

DATENGEWINNUNG, DATENAUFBEREITUNG UND DATENVERWENDUNG FÜR DEN ORTHOCOMP Z 2

K. Tönnessen und K.H. Ellenbeck, Bonn

1. Einleitung

Der Aufbau des Luftbildkartenwerks von Nordrhein-Westfalen ist eng mit der Entwicklung und Anwendung der Orthophototechnik verknüpft. In diesem Sinne zeigt auch das hier zu behandelnde Thema, wie sich das Herstellungsverfahren der Luftbildkarte im Laufe von 12 Jahren verändert und weiterentwickelt hat. Es liegt nahe, zunächst einige Fakten über dieses Kartenwerk aufzuzeigen.

Mit der Anschaffung des Orthoprojektors GZ 1 im Jahre 1969 begann die Herstellung der Luftbildkarte 1:5000 als neuer Bestandteil des Grundkartenwerks in Nordrhein-Westfalen. Die Luftbildkarte ist als Weiterentwicklung der früher hergestellten Bildpläne 1:5000 anzusehen. Heute liegt sie nicht nur für die gesamte Landesfläche, das sind 8632 Blätter, geschlossen vor, sondern wurde in manchen Gebieten schon mehrfach erneuert.

Die Luftbildkarte wurde zunächst bedarfsorientiert für kleinere Gebiete hergestellt. Dies führte zu einer inhomogenen Beschaffenheit dieses Kartenwerks und damit zu einer Einschränkung in seiner Nutzung. Deshalb wurde 1978 ein Programm aufgestellt, die Luftbildkarte von Amts wegen in Großblöcken zu bearbeiten und alle Blätter der Landesfläche in einem 6jährigen Turnus zu erneuern. Nach diesem Arbeitsprogramm sind jährlich etwa 1000 Blätter über Orthoprojektion zu entzerren. Die technischen Voraussetzungen für eine Erneuerung waren schon frühzeitig durch das Speicherverfahren (1970) und die Möglichkeit der Wiederverwendung von Speicherplatten (1973) geschaffen worden. Bis heute liegen rund 6000 Speicherplatten mit einem Herstellungswert von 3,5 Mill. DM vor. Im Jahre 1980 betrug der Anteil der über "Wiederverwendung" bearbeiteten Orthophotos bereits 80 %.

Obwohl somit schon günstige Bedingungen vorlagen, wurde ebenfalls 1978 die Anschaffung eines leistungsfähigeren analytischen Orthophotosystems ins Auge gefaßt. Nach Abwägung von Vor- und Nachteilen der in Frage kommenden Systeme fiel in unserem Hause die Entscheidung für den Orthocomp Z 2 mit dem HP 1000-Rechner.

Wir sind der Auffassung, daß die nachfolgenden Ausführungen zur Datengewinnung, Datenaufbereitung und Datenverwendung deutlich machen werden, daß der Orthocomp Z 2 unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Geräte, insbesondere des seit 3 Jahren eingesetzten Planicom C 100, sowie unter Ausnutzung und Weiterentwicklung schon praktizierter Verfahren eine optimale Lösung darstellt.

2. Datengewinnung

Zur rechnerunterstützten Steuerung des neuen analytischen Orthophotosystems Orthocomp Z 2 werden digitale Daten benötigt.

Die Daten lassen sich gliedern in:

1. Geländedaten
 - a) Paßpunkte
 - b) Höhenprofile (geradlinig und untereinander parallel)
2. Bilddaten
 - a) Innere Orientierung
 - b) Äußere Orientierung
 - c) Dichteumfang des Projektionsdias
3. Sonstige Daten
 - a) Blattschnitt des Orthophotos
 - b) Angaben zum Filmmaterial
 - c) Angaben zur Blattbeschriftung

Die Paßpunktbestimmung und die Gewinnung von Höhenprofilen stellen den arbeitsintensivsten Teil der Datengewinnung dar. Demgegenüber sind andere Daten, wie z.B. der Blattschnitt des Orthophotos oder die Angaben zum Filmmaterial standardmäßig vorgegeben.

Der Dichteumfang der Projektionsdias wird mit Hilfe eines Kontrastausgleichsgerätes auf einen für die Folgearbeiten günstigen Standard gebracht. Hierzu werden die Dichtewerte bereits im Photolabor bei der Diaherstellung gemessen und registriert und nicht - wie es auch möglich wäre - am Orthocomp Z 2.

2.1. Paßpunktbestimmung

Wenn für jedes zu projizierende Bild genügend eindeutig identifizierbare Paßpunkte vorhanden sind, dann können deren Bildkoordinaten direkt am Orthocomp Z 2 gemessen und über einen räumlichen Rückwärtsschnitt die Daten der äußeren Orientierung unmittelbar berechnet werden. In diesem Fall können die Bilder also sofort nach der Befliegung im Orthocomp Z 2 entzerrt werden, ohne sie zuvor in einem photogrammetrischen Auswertegerät orientiert zu haben. Diesem Idealfall versuchen wir durch Schaffung eines dauerhaften topographischen Paßpunktfeldes näher zu kommen, welches im Zuge von Aerotriangulationen aufgebaut wird.

Auch wenn später das topographische Paßpunktfeld die Voraussetzungen für eine direkte Orientierung der Bilder im Z 2 nicht in allen Fällen erfüllen kann, insbesondere in den Gebieten, in denen sich keine dauerhaften topographischen Details finden lassen, so wird man für die dann noch notwendige Aerotriangulation auch in diesen Gebieten ohne terrestrische Arbeiten auskommen.

Das Verfahren der Aerotriangulation wird nach der Methode der unabhängigen Modelle durchgeführt. Als Ausgleichsprogramm steht das PAT-M 43 in HP 1000-Version zur Verfügung. Für die gesamte Paßpunktbestimmung zur Herstellung der DGK 5 (graphische Stereoauswertung, Einzelbildentzerrung, Orthoprojektion) werden jährlich ca. 3600 Modelle trianguliert. Dieser Arbeitsumfang kann nur mit Hilfe eines leistungsfähigen Systems bewältigt werden. Die Gerätekonfiguration dieses Systems (s. Abb. 1) umfaßt den Planicom C 100 mit dem entsprechend ausgerüsteten HP 1000-Rechner (256 KB Memory und 35 MB Plattenspeicher), den PSK 2 und zur Vorbereitung das Punktmarkiergerät PM 1. Zur Berechnung und weiteren Systementwicklung kommt eine entsprechende Rechnerperipherie hinzu:
 3 Bildschirmterminals, Printer, Plotter, Magnetbandgerät.

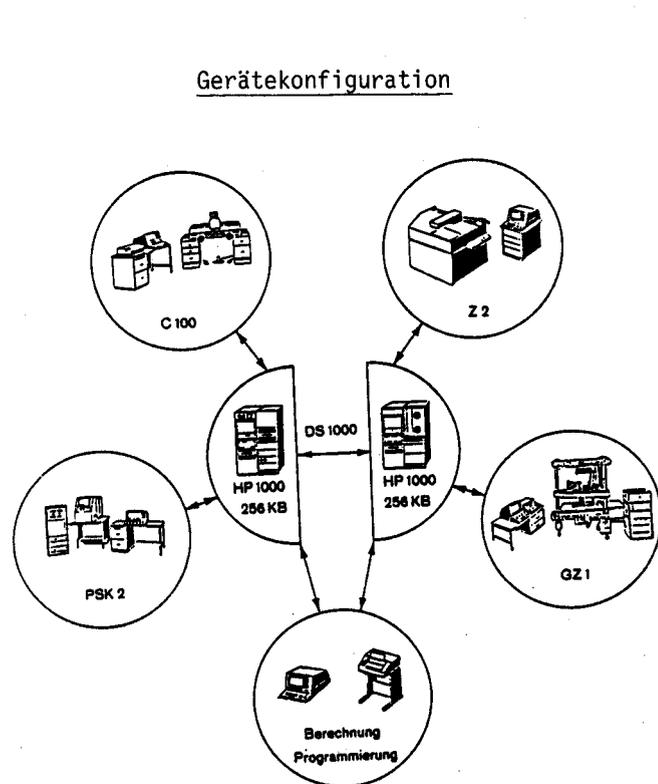


Abb. 1

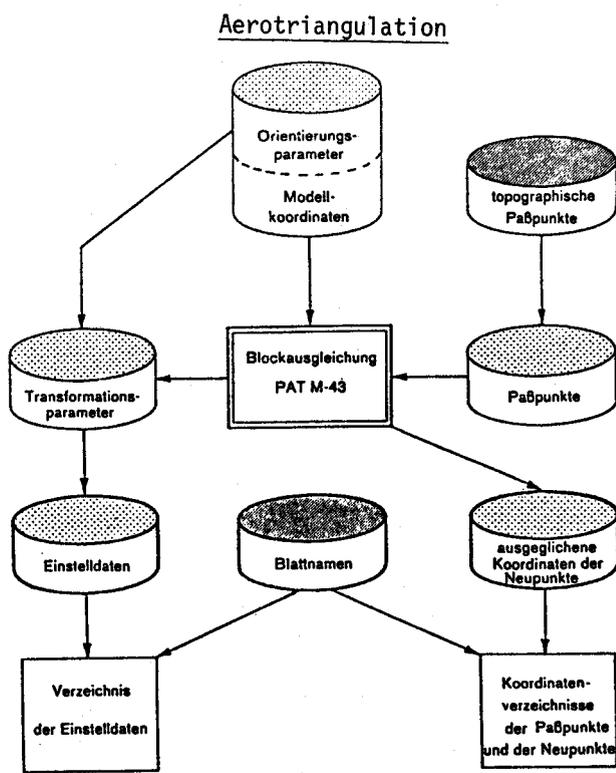


Abb. 2

Aus den Messungen am C 100 und am PSK 2 werden letztlich neben den Modellkoordinaten auch die berechneten Daten der relativen Orientierung abgespeichert. Es ist somit möglich, nach der Blockausgleichung über die ausgeglichenen Transformationsparameter der Modelle sowohl Einstelldaten für Analoggeräte als auch die Daten der äußeren Orientierung der benutzten Meßbilder abzuleiten. Die Ergebnisse der Aerotriangulation (Paßpunktkoordinaten und Einstelldaten) werden zusammen mit Informationen aus einer permanenten Datei der DGK-Blattnamen sortiert ausgegeben (s. Abb. 2).

2.2. Bestimmung der digitalen Profildaten

Die Erfassung der Höhenprofile ist im Orthophotoprozess unbestritten der kosten- und zeitmäßig aufwendigste Teil. Grundsätzlich kommen zur Datenerfassung Verfahren in Betracht, die entweder von einer noch durchzuführenden Messung und Registrierung, z.B. von Höhenpunkten, Höhenprofilen und Höhenlinien ausgehen, oder auf der Grundlage vorliegender Ergebnisse deren Digitalisierung und Aufbereitung vorsehen.

Für den Anwender gilt es, aus diesen Möglichkeiten diejenige auszuwählen, die zur Erfüllung seiner Ziele sich als wirtschaftlichste herausstellt, und die zudem kurzfristig die benötigten Daten bereitstellen kann. In Nordrhein-Westfalen liegen für sämtliche bisher über Orthoprojektion bearbeiteten Luftbildkarten Profilspeicherplatten vor. Deshalb war der Weg für eine Digitalisierung der vorhandenen ca. 6000 Speicherplatten vorgezeichnet.

Vor der eigentlichen Beschreibung der Digitalumsetzung wird an einige wesentliche Fakten des GZ 1 - Speicherverfahrens erinnert (s. Abb. 3).

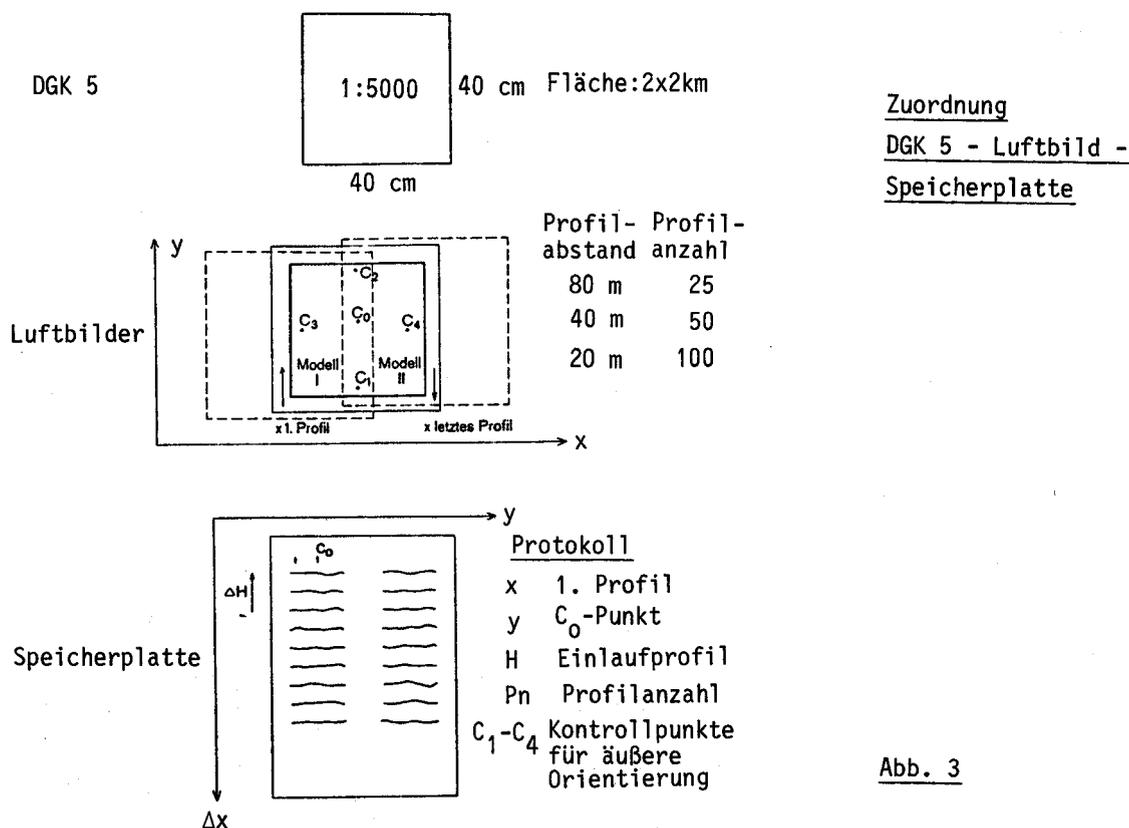


Abb. 3

Für die Luftbildkarte 1:5000 wird Bildmaterial im Maßstab 1:12 000 bis 1:13 000 verwendet. Wichtigster Gesichtspunkt für die Bildflugplanung ist, daß die Fläche eines Kartenblattes von einem Bild, nämlich dem Projektionsdia, vollständig gedeckt wird und die Höhenerfassung in zwei Modellen je Luftbildkarte gewährleistet ist. Die Modelle werden nacheinander an einem Stereoauswertegerät absolut orientiert, die Geländeprofile exakt in Nord-Süd-Richtung gemessen und im

Speichergerät SG 1 auf einer beschichteten Glasplatte aufgezeichnet. Die Zuordnung der Speicherplatte bzw. der Höhenprofile zum Landessystem wird durch wenige, in einem Protokoll aufgeführte Informationen eindeutig festgelegt: x-Wert des 1. Profils und Profilabstand, y-Wert des auf der Speicherplatte eingravierten C₀-Punktes und die Höhe des Einlaufprofils. Für Kontrollzwecke werden zusätzliche Kontrollpunkten (C-Punkte), im Protokoll festgehalten. Somit sind vom alten Orthophotoverfahren her die Voraussetzungen für eine weitere Nutzung der Speicherplatten gegeben.

Für die praktische Realisierung der Digitalumsetzung mußten jedoch die instrumentellen Voraussetzungen durch Ergänzung der vorhandenen Geräte erst noch geschaffen werden. Hierzu sind GZ 1 und LG 1 mit Analog-Digital-Wandler (in diesem Fall Rotationsimpulsgeber) und dem Datenerfassungs- und Übertragungsgerät Ecomat 12 ausgestattet worden (s. Abb. 4).

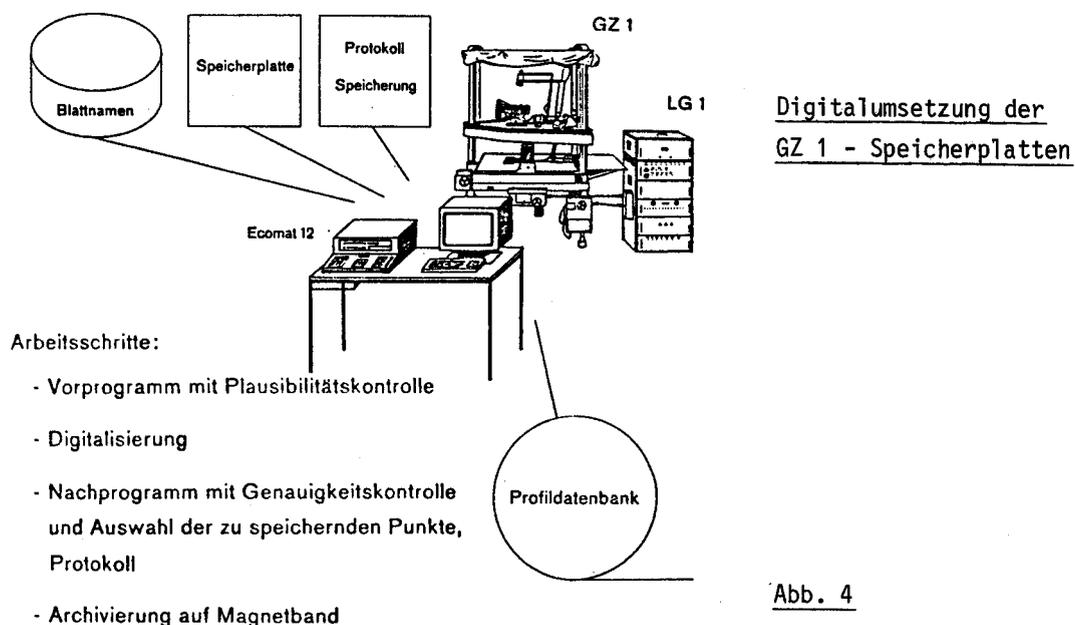


Abb. 4

Zur Registrierung der Daten wurde der direkte Anschluß an den HP 1000-Rechner des Orthocomp Z 2 gewählt (s. Abb. 1). Zusammen mit einem Bildschirmterminal bietet diese Konfiguration gegenüber einer Registrierung auf Magnetband den Vorteil, daß der gesamte Arbeitsablauf von Dialogprogrammen unterstützt und überprüft wird.

Die Digitalumsetzung ist in 4 einzelne unabhängige Arbeitsschritte - Vorbereitung, Registrierung, Nachbereitung und Archivierung - aufgeteilt.

Vorbereitung

In der Vorbereitung werden in einem Vorprogramm die Daten der Analoogspeicherung aus dem Protokoll am Bildschirmterminal eingegeben und vom Programm auf ihre Plausibilität geprüft.

Da jedes Blatt über die Gauß-Krüger-Koordinaten der linken unteren Ecke aufgerufen wird, kann zu Beginn bereits durch Abruf des Blattnamens aus der permanenten Blattnamendatei das Blatt eindeutig identifiziert werden. Die folgenden Plausibilitätskontrollen beziehen sich z.B. auf die Übereinstimmung von Profilabstand und Profilanzahl und damit auf die Abdeckung des Kartenblattes, die verfahrensbedingt richtige Anordnung der Kontrollpunkte C₀ bis C₄ sowie die Rechtwinkligkeit des Blattschnittes.

Die eingelesenen und daraus berechneten blattspezifischen Daten werden vom Vorprogramm auf Magnetplatte abgespeichert. Ferner wird der später benötigte Platz für die Profildaten reserviert. Dabei wird vom Programm für das zu bearbeitende Blatt eine 3stellige Ordnungsnummer vergeben, die für den gesamten Ablauf der Digitalumsetzung zur Adressierung aller Daten dient. Da die Profildaten in sogenannten "General-Files" abgespeichert werden, ist damit die Organisation und

Benennung der Datenfiles vorgegeben. Ein General-File wird systembedingt mit FILxxx bezeichnet (xxx = 3stellige Nummer). Damit liegt es nahe, zur eindeutigen Zuordnung das File der blattspezifischen Daten (Speicherplattendaten = SPD) mit der gleichen Nummer aber anderen Kennbuchstaben zu benennen: SPDxxx. In gleicher Weise werden später die Daten zur Steuerung der Z 2-Belichtung organisiert (s. Abb. 6).

Registrierung

Zur eigentlichen Registrierung wird die Speicherplatte in das Lesegerät eingelegt, LG 1 und GZ 1 werden in gewohnter Weise mechanisch gekoppelt und Referenzwerte am Ecomat eingestellt. Nach programmgesteuerter Übergabe aller im Vorprogramm berechneten Transformationsparameter und Steuergrößen erfolgt unter Verwendung von Unterprogrammen aus dem Plani-AS-Programm-Paket die Registrierung der Höhenprofile als simulierte Orthoprojektion mit höchstmöglicher Geschwindigkeit.

Um im Parallelbetrieb von Digitalumsetzung und Z 2-Steuerung den HP 1000-Rechner durch die Registrierung möglichst wenig zu belasten, wurde zur Registrierung ein Zeitinkrement gewählt. Dadurch entfallen die Real-Time-Berechnungen von zurückgelegten Wegen bzw. Höhenunterschieden sowie Interpolationen von Ausgabedaten, wie sie bei anderen Registriermethoden erforderlich sind. Im Normalfall werden vom Rechner alle 60 msec die aktuellen Raumkoordinaten vom Ecomaten abgegriffen und im Rechnerspeicher gesammelt. Jeweils im x-Sprung des LG 1 (4 bis 8 sec) werden die angesammelten Daten eines Profils ins Landessystem transformiert und in das reservierte Datenfile auf Magnetplatte abgespeichert.

Die Registrierung mit einem Zeitinkrement von 60 msec ergibt eine Punktfolge mit 6 m Abstand im Profil und je nach Anzahl der Profile insgesamt 10 000 bis 40 000 registrierte Punkte je Luftbildkarte. Die Registrierung dauert dementsprechend 15 min bis zu einer Stunde und in Ausnahmefällen 1 1/2 bis 2 Stunden, so daß je Arbeitstag mit 4 bis 12 Digitalumsetzungen gerechnet werden kann.

Da der Registriervorgang automatisch abläuft, ist das Bildschirmterminal in dieser Zeit frei für die Vorbereitung neuer Digitalumsetzungen oder für die Nachbereitung bereits registrierter Daten. Hierin zeigt sich im besonderen Maße der Vorteil der direkten programmgesteuerten Registrierung. Bis zur Archivierung der Profildaten auf Magnetband können mit diesem Verfahren die Daten zusammenhängender Gebiete (etwa 50 bis 100 Blätter) i.d.R. über 2 - 3 Wochen auf Magnetplatte gesammelt werden.

3. Datenaufbereitung

Nachbereitung der Digitalumsetzung

Die registrierten Daten werden zunächst in einem Nachprogramm geprüft. Die Prüfung erstreckt sich auf Registrierlücken, Koordinatensprünge im Y- und Z-Wert, die richtige Zuordnung von Lage und Höhe der Profile, sowie die vollständige Deckung des Kartenblattes. Als Beispiel sei die Überprüfung von Lage und Höhe der Profile mit Hilfe der C-Punkte angesprochen. Hierbei werden die aus den Registrierungen interpolierten Höhen der C-Punkte, die früher bereits zur Überprüfung der Einstellwerte am Orthoprojektor GZ 1 dienten, mit den ursprünglichen, im Speicherplattendaten-File abgelegten Werten verglichen. In der Regel liegen die Abweichungen in der Größenordnung der Erfassungsgenauigkeit. Die Erfahrung hat gezeigt, daß es sinnvoll ist, die angesprochenen Prüfungen bereits während der Registrierung durchzuführen, um unmittelbar nach Abschluß der Registrierung Art und Umfang evtl. Fehler beurteilen zu können.

Da die zunächst registrierte Punktmenge von 10 000 bis 40 000 Punkten je Digitalumsetzung in Anbetracht der mehr als 6000 zu digitalisierenden Speicherplatten Probleme hinsichtlich Archivierung und Datenverwaltung erwarten ließ, mußte danach getrachtet werden, die Anzahl der Punkte des Geländemodells zu reduzieren. Das Kriterium zur Auswahl von Punkten wurde aus den Genauigkeitsanforderungen abgeleitet. Die Abtastgenauigkeit im Lesegerät LG 1 hat sich aus der wiederholten Digitalisierung derselben Profile im Mittel zu $\pm 0,3$ m in der Höhe ergeben. Dies entspricht einem Betrag von ± 6 μ m auf der Speicherplatte. Ein Höhenfehler von $\pm 0,3$ m bewirkt in extremer Lage am Blattrand des Orthophotos einen Lagefehler von $\pm 0,05$ mm. Da ein Lagefehler dieser Größenordnung für die Geometrie des Orthophotos ohne Bedeutung ist, wurde dieser Betrag auch als Schranke für den zulässigen Fehler der Punktauswahl festgesetzt. In Abhängigkeit vom radialen Ab-

stand r wird somit als Höhengenaugigkeit für die Punktauswahl gefordert:

$$\Delta Z = \Delta r \frac{h_g}{r} = \frac{\text{const.}}{r} \quad (1)$$

Mit $\Delta r = \pm 0,05$ mm in der Projektion 1:5000 ($\pm 0,25$ m im Gelände) und einer Flughöhe h_g von etwa 1800 m ergibt sich:

$$\Delta Z = \pm \frac{450}{r} \quad [\text{m}] \quad (2)$$

Unter Berücksichtigung, daß die für die Orthoprojektion ausgewählte Punktmenge auch dann noch der geforderten Genauigkeit gerecht wird, wenn bei einem neuen Bildflug der Nadirpunkt bis zu 200 m vom Mittelpunkt des Kartenblattes abweicht, geht die obige Gleichung über in:

$$\Delta Z = \pm \frac{450}{r+200} \quad [\text{m}] \quad (3)$$

Durch diesen Ansatz wird für jedes Profil ein Fehlersaum (s. Abb. 5) definiert, der im Verlaufe des Profils wegen des sich ändernden radialen Abstandes zur Blattmitte unterschiedlich groß ausfällt. Ziel des Auswahlverfahrens ist es, die in regelmäßigen Abständen registrierte Punktfolge auf ein Polygon weniger Punkte zu reduzieren, das vollständig innerhalb des Fehlersaums verläuft. Damit ist sichergestellt, daß der durch die Auflösung der kontinuierlichen Profilhöhen in diskrete Höhenwerte mit anschließender Punktauswahl hervorgerufene Lagefehler die Größenordnung von $\pm 0,05$ mm im gesamten Orthophoto 1:5000 nicht überschreitet. Im Ergebnis führt die vorgestellte Punktauswahl dazu, daß nur noch 10 bis 20 % der tatsächlich digitalisierten Punkte erforderlich und in einer Datenbank zu verwalten sind.

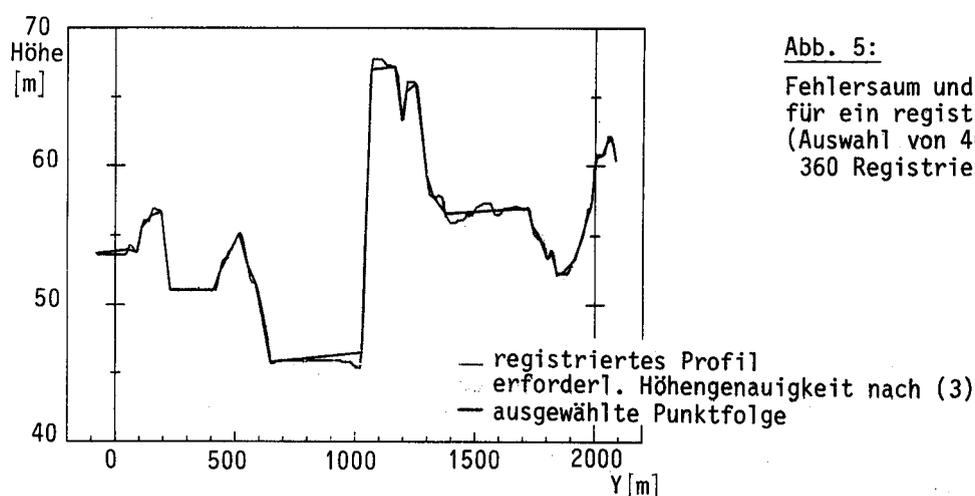


Abb. 5:
 Fehlersaum und Auswahlpolygon
 für ein registriertes Profil
 (Auswahl von 40 Punkten aus
 360 Registrierungen)

Die enge Fehlerschranke für die Punktauswahl sagt jedoch nichts über die absolute Höhengenaugigkeit der analog gespeicherten Profile aus; diese ist - wie im folgenden noch gezeigt wird - bedingt durch den Bildmaßstab 1:13 000 und die dynamische Erfassungsmethode schlechter. Die digital umgesetzten Profildaten bieten erstmalig die Möglichkeit, einen Einblick in die Höhengenaugigkeit der Profile zu gewinnen. In den Überlappungsbereichen der Nachbarblätter können die Höhen ausgewählter Punkte bzw. ganzer Profile miteinander verglichen werden. So ist es im Zuge der Datenaufbereitung routinemäßig vorgesehen, für jedes Blatt die Höhen der Blattecken zu interpolieren und die Durchschnittshöhen für alle Blattränder aus den Profildaten zu ermitteln.

Für die Blattecken stehen in der Regel 4, für die Blattränder 2 Höhenangaben aus unabhängigen Profilspeicherungen zur Verfügung. Diese Angaben stellen eine wesentliche Beurteilungsgrundlage für die Güte der vorliegenden Geländedaten dar und zeigen ggf. Fehler der Profilspeicherung auf. Der am häufigsten auftretende Fehler der Speicherung liegt darin begründet, daß die Höhenerfassung in Waldgebieten prinzipiell Schwierigkeiten bereitet und demzufolge vereinzelt Abwei-

chungen von 10 m und mehr vorkommen können. Im ganzen kann jedoch festgestellt werden, daß die Genauigkeit der Profilmessungen in der Größenordnung von 1 - 2 m den Erwartungen entspricht.

Archivierung

Die zunächst auf Magnetplatte gesammelten ausgewählten Profildaten werden bei der Archivierung mit den blattspezifischen Daten auf Magnetband abgespeichert. Dabei sind die Blätter des Luftbildkartenwerks in der Weise einem Magnetband zugeordnet, daß mindestens die Profildaten für zwei TK 25-Blätter - das sind bis zu 72 Blätter der DGK 5 - auf einem Band abgelegt werden können. Insgesamt werden 50 Magnetbänder bei einer Schreibdichte von 800 bpi ausreichen, um die Profildaten für sämtliche Orthoprojektionen in Nordrhein-Westfalen zu archivieren.

Nach jeder Archivierung werden die vom Programm verwalteten Inhaltsverzeichnisse der entsprechenden Magnetbänder aktualisiert und die übertragenen Datenfiles gelöscht, wodurch Platz auf der Magnetplatte frei wird und die Ordnungsnummern für die Digitalumsetzung weiterer Speicherplatten wieder zur Verfügung stehen.

4. Datenverwendung

Nach der Datenaufbereitung stehen somit zur Steuerung des Orthocomp Z 2 vier Dateien zur Verfügung (s. Abb. 6), nämlich die Datei der Einstelldaten, der Blattnamen, der Paßpunkte und der Profilhöhen.

Art und Umfang der Steuerung der Orthoprojektion am Z 2 werden durch die Anforderungen der Steuerprogramme festgelegt. Vom Hersteller sind 3 verschiedene Datensätze vorgesehen: die sogenannten "Parameter", die Profildaten und die Angaben zur Blattbeschriftung. Die Organisation der Dateneingabe wurde dabei offengehalten (Terminal, Magnetband, Magnetplatte). Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, in einem Vorbereitungsschritt die Daten so zusammenzustellen, daß sie für die jeweilige Orthoprojektion in direktem Zugriff auf Magnetplatte zur Verfügung stehen. Die Profildaten (FILyyy) werden dabei vom entsprechenden Band der Profildatenbank gelesen. Die Parameter (PARyyy) werden aus den permanenten Dateien der Blattnamen und der topographischen Paßpunkte zusammengestellt und durch Angaben aus der Profildatenbank ergänzt. Die Blattbeschriftung (PRIyyy) besteht aus Informationen zur Identifizierung und weiteren kartographischen Bearbeitung des jeweiligen Blattes. Dabei handelt es sich um:

- Blattname und Blattnummer (TK/DGK-Nr.)
- Bildflugdatum, Freigabenummer und Freigabedatum
- Datum der Belichtung.

Diese Datenvorbereitung wird für ein Arbeitsgebiet in einem Zuge durchgeführt. Bei der Orthoprojektion können anschließend die Blätter durch Aufruf der Z 2-Programme ohne Unterbrechung abgearbeitet werden. Im folgenden wird die Handhabung und Verwendung der Programme für unseren Standardfall beschrieben (Abb.7):

1. PARAM Übernahme der Parameter aus dem jeweiligen Datenfile PARyyy und der Profildaten aus FILyyy.
 Hinzu kommt die - z.Zt. noch manuelle - Eingabe der Orientierungsdaten am Bildschirmterminal.
2. ORIENT Herstellen der Inneren Orientierung und Kontrolle der eingegebenen Äußeren Orientierung durch Überprüfen der automatisch angefahrenen topographischen und ggf. signalisierten Paßpunkte.
3. DENSITY Dichtemessung. Dieser Programmteil entfällt, da die relevanten Dichtewerte bereits im Zuge der Diaherstellung bestimmt werden. Zudem halten wir die individuelle Dichtemessung im Z 2, im Hinblick auf eine einheitliche photographische Qualität des Luftbildkartenwerks, für zu aufwendig und noch mit zu vielen Problemen behaftet.
4. SCAN Belichtung des Orthophotos. Vor der eigentlichen Belichtung des Orthophotos mit SCAN müssen die Werte für Spaltlänge, Geschwindigkeit und Graukeil eingestellt und gegebenenfalls notwendige Filter eingelegt werden.

Der Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit, Graukeil und Filter ist zur Zeit Gegenstand spezieller Untersuchungen mit dem Ziel, den Kontrastumfang der fertigen Luftbildkarte programmgesteuert zu definieren und zu vereinheitlichen.

Die Spaltlänge sowie die Lage des ersten Profils bei der Belichtung ist durch unser Prinzip - exakt in den gemessenen Profilen zu belichten - festgelegt.

- 5. PRINT Einbelichtung der Blattecken als Kreuze und der im File PRIyyy abgespeicherten Beschriftung.
- 6. LIST Protokollausgabe. Auf die Ausgabe eines Protokolls verzichten wir in der Regel, da die meisten Informationen entweder in der Blattbeschriftung oder in den permanenten Datensätzen festgehalten sind.

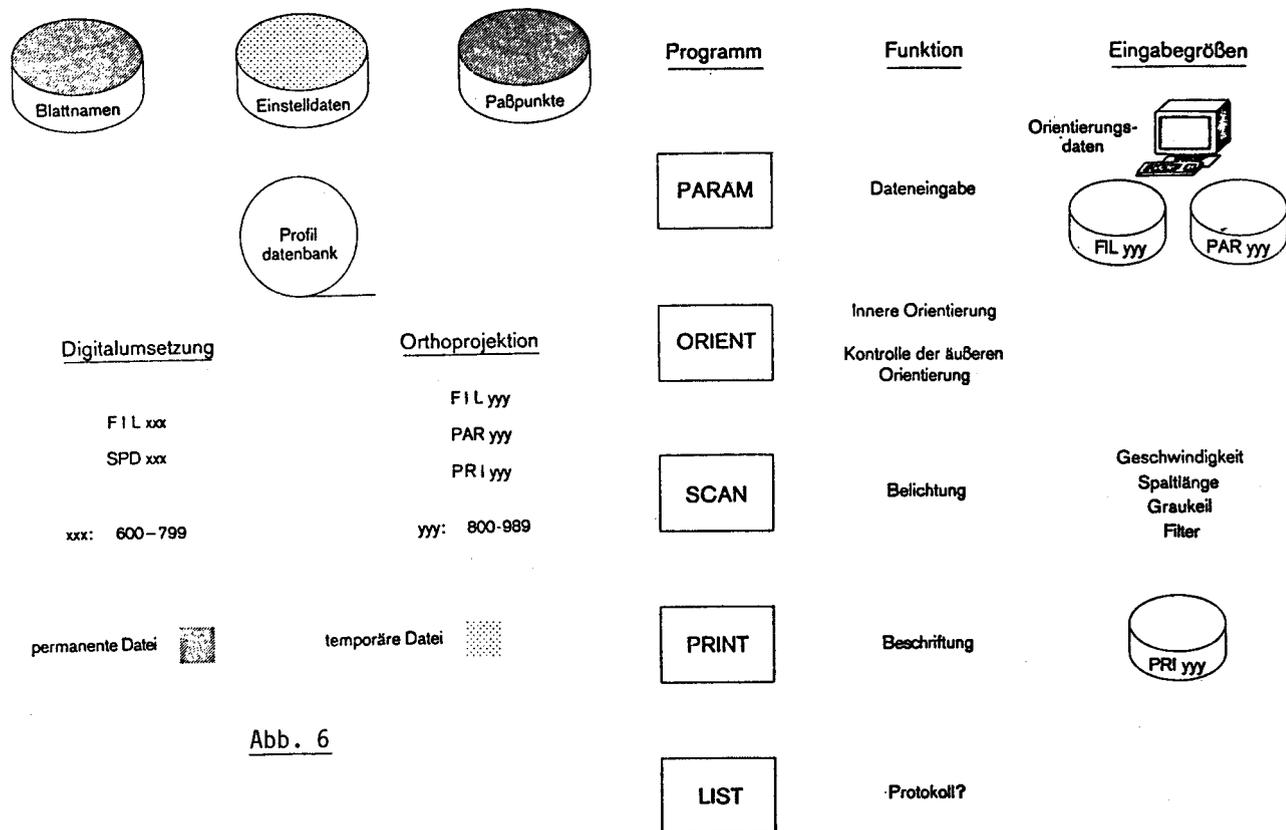


Abb. 6

Daten-Files - Z2-Rechner

Ablauf am Orthocomp Z2

Abb. 7

5. Schlußbetrachtung

Das vorgestellte Konzept mit seinen in allen Schritten rechnerunterstützten Arbeitsabläufen ist heute die Grundlage für eine turnusmäßige flächendeckende Neubearbeitung der Luftbildkarte 1:5000 in Nordrhein-Westfalen mit der Herstellung von jährlich über 1000 Orthophotos. Dabei zeichnet sich das Verfahren der Digitalumsetzung durch seine einfache und wirtschaftliche Datengewinnung aus. Die wesentlichen Gesichtspunkte sind:

1. Die Speicherplatten liegen vor.
2. Die Profile erfüllen die Voraussetzung für ihre direkte Verwendung im Orthocomp Z 2.

3. Die Digitalumsetzung erfolgt mit vorhandenen Geräten und durch in der Handhabung wohlvertrautes Personal.
4. Digitalumsetzung und Orthoprojektion laufen im Parallelbetrieb.

Trotz einer Reihe von Anfangsschwierigkeiten, die einerseits in Gerätestörungen ihre Ursache hatten und andererseits darin begründet lagen, daß wegen des zunächst fehlenden Parallelbetriebes die tägliche Arbeitszeit an dieser Geräteeinheit auf 4 - 6 Stunden beschränkt bleiben mußte, sind die Voraussetzungen für eine Auslastung des Orthocomp Z 2 heute gegeben. Die Leistungsfähigkeit dieses Verfahrens wird durch die im ersten Jahr erhaltenen Daten für ca. 1000 Orthoprojektionen bestätigt.

Der Zeitbedarf für eine Digitalumsetzung ist durch dieses Konzept fast ausschließlich auf die Abfahrzeit im Lesegerät LG 1 beschränkt. Hinzu kommen 5 - 10 Minuten für manuelle Tätigkeiten beim Einlegen der Speicherplatten, beim Koppeln der Geräte und Starten des Programms. Für ein "Normalblatt" mit 56 Profilen, d.h. 40 m Profilabstand, ist etwa eine halbe Stunde für die Digitalumsetzung anzusetzen.

Diese Zeitangabe steht in Einklang mit der Bearbeitungszeit eines entsprechenden Blattes am Orthocomp Z 2. Zur reinen Belichtungszeit, die sich aus Trommelgeschwindigkeit und Profilanzahl errechnen läßt und z.B. bei 56 Profilen und 50 mm/sec etwa 15 Minuten beträgt, kommt eine für jedes Blatt nahezu konstante Zeit von ca. 25 Minuten hinzu. Dieser Anteil setzt sich zusammen aus 15 - 20 Minuten für die Programmabläufe zur Dateneingabe und Orientierung sowie 5 - 10 Minuten für die Blattbeschriftung und den Filmwechsel.

Die Ergebnisse der Belichtung am Orthocomp Z 2 sind im Vergleich zur GZ 1-Belichtung, bedingt durch die deutlich bessere Optik, von besserer photographischer Qualität und aufgrund des Entzerrungsprinzips nach Sekanten auch von besserer geometrischer Genauigkeit. Um diesen geometrischen Genauigkeitsgewinn voll auszunutzen, halten wir es für erforderlich, daß die Informationen der vorhandenen analogen Daten der Speicherplatten unmittelbar ohne Interpolation verwendet werden, d.h.

1. daß die ausgewählten Profildaten registrierte Werte sind und
2. daß die Belichtung in genau den durch die Profilmessung vorgegebenen Profilen abläuft.

Unter diesen Gesichtspunkten wird die Profilhöhendatenbank, die in ihrer Gesamtheit ein erstes digitales Höhenmodell für etwa 2/3 der Landesfläche Nordrhein-Westfalens mit einer mittleren Absolutgenauigkeit von 1 - 2 m darstellt, für die Orthoprojektion im Großen und Ganzen ausreichen. Es bleibt zu prüfen, ob diese Datenbank wegen der in Waldgebieten mehrfach schlechteren Absolutgenauigkeit auch für andere Zwecke, z.B. für Voruntersuchungen zur Trassenführung der Straßenbauverwaltung, geeignet sein wird.

Im Ganzen zeigt die Gerätekombination Digitalumsetzung/Orthocomp Z2 deutliche und für die Praxis wichtige Vorteile gegenüber dem GZ 1. Aufgrund des vorgestellten, weitgehend automatisierten Verfahrens beschränkt sich die Arbeit an den Geräten im Wesentlichen auf die Steuerungs- und Kontrollfunktionen, so daß die bis zu 5-fach höhere Belichtungsgeschwindigkeit gegenüber dem Orthoprojektor GZ 1 auch tatsächlich zu einer deutlich höheren Arbeitsleistung führt. Nach unseren bisherigen Erfahrungen ergibt sich ein Verhältnis von 10 zu 3 Orthophotos zu Gunsten des neuen Systems Z 2. Damit wird das neue System auch den quantitativen Erwartungen in hohem Maße gerecht.

Literatur

- [1] I. Arch, E. Pape: Zur Wiederverwendung von Speicherplatten beim Orthoprojektor GZ 1. BuL 42 (1974), S. 19-21.
- [2] L. Ottoson: Establishment of a high density terrain elevation data base in Sweden. Presented paper, 9th International Conference on Cartography, ICA Maryland, USA, 1978.
- [3] D. Hobbie: Interaktive Erfassung und Aufbereitung photogrammetrischer Daten mit dem Zeiss-AS-Programmsystem für Minicomputer. 37. Photogrammetrische Woche 1979 in Stuttgart.
- [4] K. Kraus: Moderne Orthophototechnik. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 4/79, S. 65-69.
- [5] H.W. Faust: Orthocomp Z 2, der analytische Orthoprojektor von Carl Zeiss. Presented Paper, XIV ISP-Kongreß Hamburg 1980, Kommission II, und BuL 48 (1980), S. 110-119 (engl. Fassung).
- [6] H. Ebner, B. Hofmann-Wellenhof, P. Reiß, F. Steidler: HIFI - Ein Mini-computer-Programmsystem für Höheninterpolation mit finiten Elementen. ZfV 5/1980, S. 215.
- [7] H. Rüdener: Experimentelle Genauigkeitsanalyse digitaler Höhenmodelle. Presented Paper, XIV ISP-Kongreß, Hamburg 1980, Kommission II/IV.
- [8] H. Rüdener: Analytische Plotter-Programme zur objektiven on-line Punktdichtenbestimmung in digitalen Höhenmodellen. Presented Paper, XIV ISP-Kongreß, Hamburg 1980, Kommission II/IV.
- [9] K.H. Ellenbeck, K. Tönnessen: Datengewinnung für die analytische Orthoprojektion durch Digitalumsetzung der GZ1-Speicherplatten. BuL 49 (1981), S. 1-7.
- [10] E. Pape: Das Luftbildkartenwerk von Nordrhein-Westfalen. Geodätisches Kolloquium der Universität Bonn, Juli 1981, unveröffentlicht.

Zusammenfassung

Im Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen wurde die Herstellung der Luftbildkarte 1:5000 Anfang des Jahres 1981 vom analog gesteuerten Orthoprojektor GZ 1 auf das analytische Orthophotosystem Orthocomp Z 2 umgestellt. Für einen wirtschaftlichen Einsatz dieses neuen Systems ist eine schnell zu beschaffende, große Anzahl digitaler Profildaten erforderlich. Dieses Problem wurde durch Digitalisierung der für die gesamte Landesfläche vorliegenden GZ 1-Speicherplatten gelöst. Zur digitalen Erfassung wurde die Gerätekombination GZ 1/LG 1 mit Impulsgebern und einem Ecomat 12 ausgestattet. Die dreidimensionalen Geländekoordinaten der analogen Profile werden auf dem Wege einer simulierten Orthoprojektion im on-line Anschluß mit dem HP 1000-Rechner des Z 2 gewonnen. Der Rechner steuert und überprüft die Datenerfassung und die Aufbereitung der registrierten Daten bis zur Bereitstellung für die Belichtung am Z 2. Dabei ist die Reduktion der Profildaten auf die für die Orthoprojektion wesentlichen Informationen die wichtigste Aufgabe der Datenaufbereitung. Zur dauerhaften Archivierung werden die Profildaten blattweise gegliedert in größeren Organisationseinheiten (TK 25) auf Magnetband abgespeichert. Sie bilden zusammen mit den permanenten Dateien der DGK-Blattnamen und der dauerhaften topographischen Paßpunkte die Grundlage der Orthoprojektion. Zur Steuerung des Z 2 werden die permanenten Dateien jeweils durch die aktuellen Daten der äußeren Orientierung, die bei der Aerotriangulation gewonnen werden, ergänzt. Damit ist es möglich, Orthophotos aufgabengerecht für große Befliegungsgebiete zusammenhängend und wirtschaftlich herzustellen.

Data acquisition, data editing and data application for the Z2 Orthocomp

Abstract

At the State Survey Office of North Rhine-Westphalia the production of the 1:5000 photomap was switched from the GZ 1 orthoprojector with analog control to the Orthocomp Z 2 analytical orthophotosystem in early 1981. For the cost-effective use of this new system it is essential that a large quantity of profile data be readily available. This problem was solved by digitizing the GZ 1 storage plates which existed for the total area to be covered. For the digital recording of the data the instrument combination GZ 1/LG 1 was equipped with pulse generators and

an Ecomat 12. The three-dimensional ground coordinates of the analog profiles were obtained through simulated orthoprojection in on-line connection to the HP 1000 computer of the Z 2. The computer controls and monitors the data acquisition and editing of the recorded data until they are for the exposure on Z 2. The most important function of data editing in this process is the reduction of the profile data to the information relevant for the orthoprojection. For permanent filing, the profile data are arranged by map sheets and stored on magnetic tape in larger organizational units (1:25,000 topographic map). Together with the permanent data files of the sheet designations of the Basic Map of Germany and the permanent topographic control points, they form the basis of the orthoprojection. For the control of the Z 2, these permanent data files are supplemented with the current data of the exterior orientation obtained during aerotriangulation. This method permits producing jointless orthophotos of large aerial coverage in a cost-effective way and for any specific application.

Saisie, traitement et exploitation des données entrant dans le programme de l'Orthocomp Z 2

Résumé

Depuis le début de l'année 1981, l'Office de Topographie du Land Rhénanie du Nord-Westphalie réalise la photcarte 1:5000 au moyen de l'orthoprojecteur analytique Orthocomp Z 2, effectuée jusqu'alors au moyen de l'orthoprojecteur GZ 1 à commande analogique. Pour garantir une utilisation rentable de ce nouveau système, il faut un grand nombre de données de profil numériques rapidement accessibles. On a résolu ce problème par la digitalisation des plaques-mémoires GZ 1 disponibles pour la superficie totale du Land. Afin d'effectuer la saisie numérique, l'ensemble des appareils GZ 1/LG 1 fut équipé de générateurs d'impulsions et d'un Ecomat 12. On obtient les coordonnées-terrain tridimensionnelles des profils analogiques au moyen d'une orthoprojection simulée par raccordement on-line au HP 1000 du Z 2. L'ordinateur commande et contrôle la saisie des données et le traitement des données enregistrées jusqu'à leur disponibilité pour l'exposition sur le Z 2. La réduction des données de profil aux informations essentielles pour l'orthoprojection est alors la tâche principale du traitement des données. Pour effectuer une mise en archive à long terme, les données de profil sont mémorisées - feuille par feuille - en grandes unités (TK 25) sur bande magnétique. Conjointement avec les fichiers permanents des noms de feuille de la DGK (carte de base nationale) et des points de contrôle topographiques, elles constituent la base de l'orthoprojection. Pour effectuer la commande du Z 2, les fichiers permanents sont respectivement complétés par les données actuelles de l'orientation extérieure obtenues au cours de l'aérotriangulation. Ainsi on peut réaliser de façon rentable les orthophotos pour une vaste région survolée.

Recopilación, preparación y utilización de datos para el Orthocomp Z 2

Resumen

A principios de 1981, el Servicio de Geodesia de Renania del Norte-Westfalia ha convertido la confección de la ortofotocarta 1:5000 del ortoprojector analítico GZ 1 al sistema analítico Orthocomp Z 2. Para la utilización económica de este nuevo sistema es preciso recopilar rápidamente una gran cantidad de datos digitales de perfiles, problema que se ha resuelto mediante la digitalización de las placas de almacenamiento del GZ 1, disponibles para toda el área del Land Renania del Norte-Westfalia.

Para tal fin, se ha equipado la combinación instrumental GZ 1/LG 1 con generadores de impulsos y un Ecomat 12. Las coordenadas terreno tridimensionales de los perfiles analógicos se obtienen por ortoproyección simulada en conexión directa (on-line) con ayuda del computador HP 1000 del Z 2. El computador manda y controla la recopilación de los datos y la preparación de los mismos hasta ponerlos a disposición para la exposición en el Z 2. En este caso, la tarea más importante que tiene la preparación de datos es la de reducir los datos de perfiles a las informaciones esenciales para la ortoproyección. Con el fin de archivarlos en forma permanente, los datos de perfiles se almacenan en cinta magnética, hoja por hoja y agrupados en unidades organizatorias mayores (TK 25, o sea mapa topográfico 1:25 000). Constituyen la base de la ortoproyección, junto con los ficheros permanentes de los nombres de hojas del Mapa Básico Alemán y de los puntos de apoyo topográficos duraderos. Para mandar el Z 2, se completan los ficheros permanentes cada vez por los datos actuales de la orientación exterior, obtenidos por aerotriangulación. De este modo resulta factible confeccionar exentos de lagunas y económicamente ortofotogramas que cubran áreas muy amplias, orientados hacia el problema planteado.

Dipl.-Ing. K. Tönnessen und Dr.-Ing. K.H. Ellenbeck,
Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen,
D-5300 Bonn 2, Muffendorfer Str. 19 - 21