

# **Die Herstellung der Luftbildkarte 1:5000 in digitaler Form beim Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen**

**ULRICH DÜREN, WOLFGANG MICHALSKI und HANS-PETER STÖCKLER, Bonn**

## **ZUSAMMENFASSUNG**

Das Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen hat damit begonnen, das Luftbildkartenwerk 1:5000 als Bestandteil der Deutschen Grundkarte (DGK 5) in digitaler Form herzustellen und so neben der analogen auch die digitale Form für vielfältige Anwendungen bereitzustellen. Das eingesetzte System mit den Komponenten Scanner, Bildverarbeitungssystem, Archivierungsmedium und Film-Belichter garantiert einen optimalen Datenfluß mit einem Minimum an notwendiger Interaktion. Ziel ist ein Produktionsumfang von ca. 1800 Karten pro Jahr.

## **ABSTRACT**

The Surveying and Mapping Agency of Northrhine-Westfalia has started to produce its Orthophoto Map 1:5000, a part of the German Basic Map (DGK 5), in a fully digital way, thus providing a digital map beside the analog one for a lot of new applications. The used system, consisting of scanner, imaging system, archive medium and film plotter guaranties an optimal data-flow with a minimum of interaction. Goal is a production rate of about 1800 mapsheets per year.

## **1. EINLEITUNG**

Das Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen begann im Jahre 1969 mit der Herstellung der Luftbildkarte 1:5000 in analoger Form. 1980 lag das Luftbildkartenwerk mit ca. 9000 Blättern für die Landesfläche geschlossen vor. Die begleitenden administrativen Maßnahmen bestanden zum einen darin, daß die Luftbildkarte im Grundkartenerlaß von 1970 zum Bestandteil der Deutschen Grundkarte 1:5000 erklärt wurde, zum anderen, daß für sie ab 1978 ein von Amts wegen vorgegebener 6jähriger Erneuerungsturnus eingeführt wurde [Pape 1982].

Der technische Herstellungsprozeß basiert auf Luftbildern im Maßstab 1:12 500, die mit Hilfe des Orthoprojektors Orthocomp Z 2 der Firma Zeiss optisch-mechanisch in ein analoges Halbton-Orthophoto im Maßstab 1:5000 umgebildet werden. Ein reprotechnischer Kopierprozeß führt unter Anreicherung von Kartenrahmen und -schrift zu einem gerasterten Transparentstück, das als Vervielfältigungsvorlage beim Lichtpaus- oder Druckverfahren dient. Dabei ist die dezentrale Vervielfältigungsmöglichkeit durch das technisch einfache Lichtpausverfahren für die örtlichen 54 Katasterämter, die beim Vertrieb der Luftbildkarte mitwirken, von großer praktischer Bedeutung. Das 6jährige Erneuerungsprogramm erfordert eine Produktionsrate von ca. 1500 Blättern pro Jahr oder 8 Blättern pro Tag.

## **2. AUSGANGSSITUATION**

Die Entwicklung der graphischen Datenverarbeitung und der zunehmende Einsatz digitaler Daten haben zu neuen Formen der Aufgabenerledigung in der öffentlichen Verwaltung und privaten Wirtschaft geführt. Dieser Bedarf schließt in zunehmendem Maße digitale Informationen über die Topographie der Erdoberfläche ein, die als topographische Basisdaten für digitale raumbezogene thematische Bearbeitungen unverzichtbar sind.

Das Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen hat sich in vielfältiger Weise auf diese Entwicklung eingestellt und für das Luftbildkartenwerke 1:5000 entschieden, neben der analogen Form auch die digitale Form bereitzustellen. Erste Überlegungen im Jahre 1989 führten zu dem Ergebnis, daß ggf. die Analog-/Digitalwandlung nicht auf dem konventionell hergestellten analogen Orthophoto aufzusetzen, sondern am Original-Fliegerfilm vorzunehmen war. Hiermit stand gleichzeitig fest, ein seit über 20 Jahren kontinuierlich entwickeltes, zur Perfektion ausgereiftes Arbeitsverfahren aufgeben zu müssen. Die Entscheidung für das Konzept zur Umstellung auf die digitale Bearbeitungsweise fiel einige Monate später, nachdem ein Systemanbieter sich bereit erklärte, sein digitales Bildverarbeitungssystem für die speziellen Produktionsanforderungen des Landesvermessungsamtes weiterzuentwickeln. Als weitere Konsequenz dieser Entscheidung entfallen bei der digitalen Produktion alle Möglichkeiten, die ein analoges Halbton-Orthophoto bisher geboten hat, d.h. photographische Vervielfältigungen und Vergrößerungen als echte Halbtöne. Beim digitalen Orthophoto ist eine analoge Ausgabe mit vertretbarem technischem Aufwand nur in gerasterter Form möglich.

### 3. GRÜNDE FÜR DIE UMSTELLUNG AUF EINE DIGITALE BEARBEITUNG

Sicherlich war und ist das Ziel faszinierend, mit dem Orthophoto in digitaler Form über einen Datenbestand von hoher Informationsdichte und verzüglicher geometrischer Qualität verfügen zu können, der mit wirtschaftlichen und zu großen Flächenleistungen fähigen Verfahrenstechniken für die Landesfläche zügig aufgebaut und aktuell gehalten werden kann. Zeigt es sich doch immer wieder, daß Nutzer digitaler topographischer Informationen drei Hauptanforderungen an die Daten stellen, und zwar Aktualität, Homogenität und volle Gebietsdeckung. Die Hardwareentwicklung der letzten Jahre machte es erst möglich, an einen Umstieg auf digitale Verfahren für die Produktionspraxis zu denken.

Darüber hinaus waren weitere Gesichtspunkte maßgebend :

- Für Umweltinformationssysteme stellen digitale Orthophotos bzw. Luftbildkarten eine logische Ergänzung der GIS-Datenbanken dar. Dieser Bedarf muß von den Landesvermessungsämtern befriedigt werden.
- Bei der Fortführung des Digitalen Landschaftsmodells DLM 25 des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems ATKIS [AdV 1989] wird das digitale Orthophoto eine wesentliche Informationsquelle an interaktiven Hybrid-Arbeitsplätzen darstellen. Um die topographischen Informationen der digitalen Luftbildkarte hierbei arbeitsorganisatorisch effektiver einbinden zu können, ist die Verkürzung des Erneuerungsturnus von 6 auf 5 Jahre geplant.
- Bildverarbeitungstechniken versprechen bessere Möglichkeiten, zu einem landesweiten Standard bezüglich der radiometrischen Eigenschaften der Orthophotos zu gelangen.
- Aus den digitalen Orthophotos können direkt analoge Luftbildkarten in verschiedenen Maßstäben abgeleitet werden.
- Bestimmte Formen der Auswertung von Orthophotos, z.B. an einem hybriden graphischen Arbeitsplatz, sind nur mit digitalen Bildern möglich.
- Es wird erwartet, daß die digitale Produktion und Auswertung von Orthophotos wirtschaftlicher ist als die analoge.
- Mit der digitalen Bildverarbeitung ist gleichzeitig auch die Möglichkeit zur Bearbeitung anderer Daten, z.B. Fernerkundungsdaten, gegeben.
- Die digitale Bildverarbeitung bietet die Möglichkeit, Kartenschrift, Kartenrahmen und Orthophoto mit wenig Aufwand zu integrieren.
- In Zukunft wird ggf. eine automatische Extraktion der topographischen Information aus Luftbildern mit Hilfe von Mustererkennungsverfahren möglich sein.

Als Schlußfolgerung aus diesen Überlegungen beschloß das Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen 1990, die Herstellung der Deutschen Grundkarte 1:5000 (Luftbildkarte) nach und nach auf eine digitale Bearbeitung unzustellen und aus diesem Grund ein Bildverarbeitungssystem für die Realisierung dieses Ziels zu beschaffen. Die Entscheidung fiel dabei auf das System SIP 200 der Fa. SIGNUM, München.

#### **4. ANFORDERUNGEN AN HARD- UND SOFTWARE**

Ziel des Einsatzes der digitalen Bildverarbeitung im Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen ist primär die Herstellung eines flächendeckenden Karten- bzw. Datenwerks mit periodischer Erneuerung. Die daraus resultierenden speziellen Aspekte für ein Bildverarbeitungssystem sind im folgenden dargestellt.

Es besteht sicherlich ein großer Unterschied zwischen den Anforderungen an ein System zur Bearbeitung vielfältiger individueller und stark unterschiedlicher Aufgaben mit unterschiedlichen Eingabedaten, Ausgabe der Ergebnisse in verschiedenen Maßstäben und Blattschnitten und einem System, das lediglich eine im Kern gleichartige Bearbeitung aller Eingabedaten erfordert. Bei letztgenannten Systemen kann z.B. eine graphische Benutzeroberfläche eher störend sein, da der Bearbeiter in den seltensten Fällen eine Auswahl zu treffen hat, sondern nach einem fest vorgegebenen Ablaufplan arbeitet.

Hinzu kommt, daß bei einem Produktionssystem für die Herstellung eines Kartenwerks eine wichtige Komponente der optimale Datenfluß ist. Es ist entscheidend, die notwendigen Daten, d.h. die Ergebnisse der vorgeschalteten Aerotriangulation oder die vorhandenen Paßpunkte, die Ergebnisse der Vordigitalisierung, das Digitale Geländemodell sowie die Information über die Blattnamen und -nummern für den geforderten Bereich im richtigen Zeitpunkt vorliegen zu haben. Dieser Datenfluß kann nach unseren Erfahrungen am besten von derjenigen Stelle realisiert werden, die die Herstellung der Luftbildkarte auch bisher betreut hat. Für das Programmsystem bedeutet dies die Notwendigkeit einer Offenheit und Modularität, die es ermöglicht, eigene Programme und Prozeduren leicht integrieren zu können und sie mit den vorhandenen Modulen zu Einheiten zusammenzufassen; erst damit ist eine Anpassung an die vorhandene Infrastruktur der jeweiligen Stelle möglich.

Für die wenigen interaktiven Schritte ist ein schneller Zugriff auf die Bilddaten notwendig. Dazu sind die Bilddaten in speziellen Strukturen, z.B. Kacheln abzulegen und ggf. auf real-time Platten vorzuhalten.

Was die Geschwindigkeit des Systems anbelangt, so sollte eine Produktionsrate von ca. 10 Orthophotokarten pro Tag erreicht werden, um den o.g. Erneuerungsturnus zu gewährleisten. Dabei werden aus Zeit- und Vervielfältigungsgründen zunächst nur Schwarzweiß-Luftbildkarten hergestellt. Abhängig von der Entwicklung der Ausgabehardware und der damit verbundenen Vervielfältigungsmöglichkeiten ist die Herstellung von Farbluftbildkarten ein mittelfristiges Ziel.

Die Hardwareausstattung setzt sich folgendermaßen zusammen (Bild 1):

- Scanner
- Bildverarbeitungssystem
- Speichermedium incl. Laufwerk
- Laser-Raster-Plotter

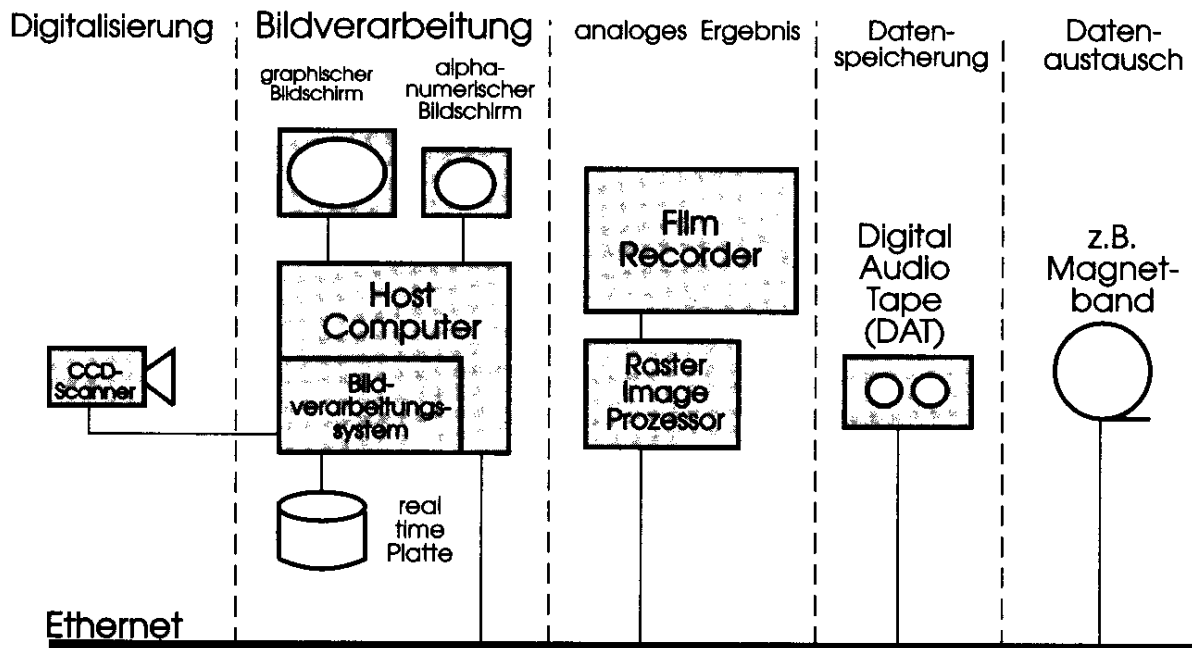


Bild 1: Hardwareausstattung.

## 5. TECHNISCHER HERSTELLUNGSPROZESS

Der Prozess der digitalen Orthophotoherstellung kann grob in 5 Schritte aufgeteilt werden (Bild 2):

- Scannen der Luftbilder (5.1)
- radiometrische Verbesserung (5.2)
- geometrische Transformation (5.3)
- Archivierung der Daten (5.4)
- Ausgabe der analogen Bilder (5.5)

### 5.1 Scannen

Um ein Luftbild mit digitalen Mitteln bearbeiten zu können, ist es notwendig, die Bilder durch einen Prozess der Analog/Digital-Wandlung in digitale Form zu überführen. Für diese Aufgabe steht dem Landesvermessungsamt NRW ein SIGNUM-HIRES Scanner zur Verfügung. Es handelt sich dabei um einen von der Fa. Signum in Zusammenarbeit mit dem Landesvermessungsamt entworfenen Prototypen. Dieser Scanner wurde speziell für die Zwecke des Scannens von Luftbildern konzipiert. Er arbeitet mit einer hochauflösenden CCD-Kamera der Fa. Kontron, PROGRES 3000, in Verbindung mit einem Zeiss Objektiv [Lenz 1989, SIGNUM 1990]. Es handelt sich um einen Flächensensor, wobei für jede Aufnahme eine Fläche von etwa 2500 x 2000 Pixeln genutzt wird. Damit wird das Bild in 20 etwas überlappenden Teilbildern aufgenommen (Bild 3). Inhomogenitäten aufgrund uneinheitlicher Ausleuchtung der Aufnahme­fläche werden mit Hilfe eines von einem transparenten Film erstellten Referenzbildes ausgeglichen. Dieses Referenzbild muß von Zeit zu Zeit erneuert werden. Ebenso wird die strenge Parallelität zwischen Sensorfläche und Bildfläche kalibriert. Über eine Korrelation der überlappenden Teile werden Verschiebungsvektoren zwischen den Teilbildern gerechnet und diese zu einem Gesamtmosaik zusammengefügt. Damit liegt das Luftbild in digitaler Form für die weitere Bearbeitung vor.

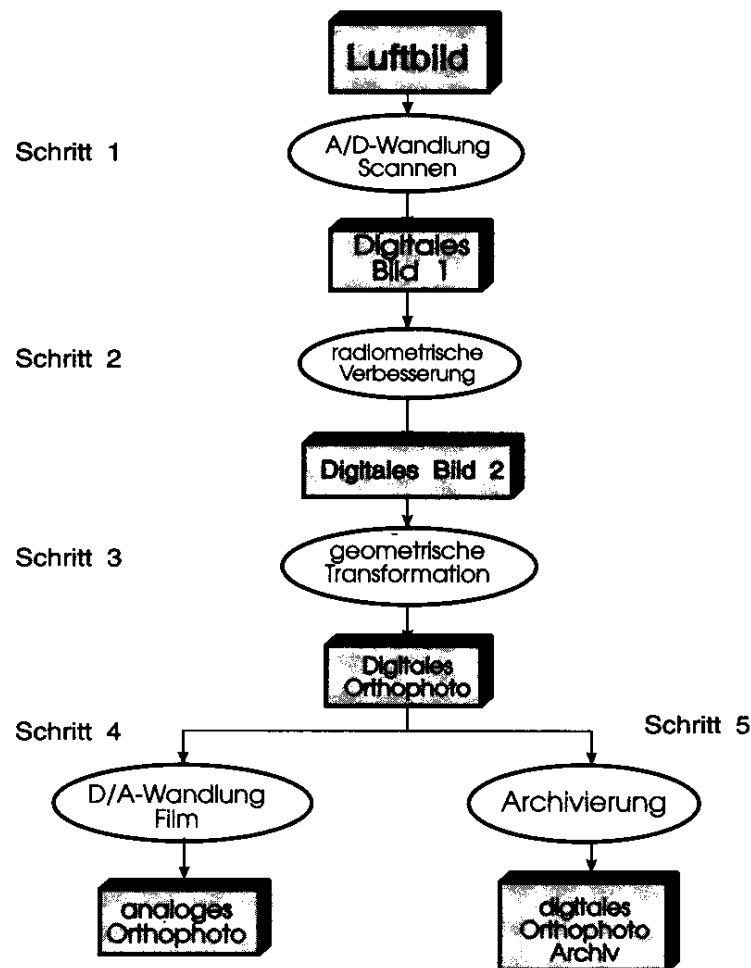


Bild 2: Schritte der digitalen Orthophotoherstellung.

Die Luftbilder im Bildmaßstab 1:12500 werden mit einer Auflösung von  $25 \mu$  gescannt, so daß für ein Photo der Größe  $23 \times 23$  cm ca. 85 MByte Speicherplatz benötigt werden. Für eine farbige Aufnahme ist der dreifache Speicherplatz zu veranschlagen.

Der HIRES-Scanner in der genannten Konfiguration bietet eine Reihe von Vorteilen:

- Scannen von Schwarz/weiß- und Farbbildern mit dem gleichen Sensor
- Digitalisierung in ca. 8 Sekunden pro Teilbild
- Speicherung direkt auf einer Real-time-disc zur interaktiven Bearbeitung
- Verkleinerung der Auflösung ohne Änderung des Scanner-Setups durch den programmierbaren Kamera-Sensor. Vergrößerung der Auflösung durch Objektivwechsel möglich
- Der Scanner kann mit den Filmspulen des Fliegerfilms geladen werden. Dadurch ist es nicht notwendig, den Originalfilm zu zerschneiden.
- Diese Option schafft die Möglichkeit für Batch-Prozesse, indem die zu scannenden Bilder vorprogrammiert werden.

## 5.2 Radiometrische Verbesserung

Das Hauptziel bei der radiometrischen Verarbeitung der Luftbilder ist eine Verbesserung des visuellen Eindrucks. Bedingt durch viele Faktoren, z.B.

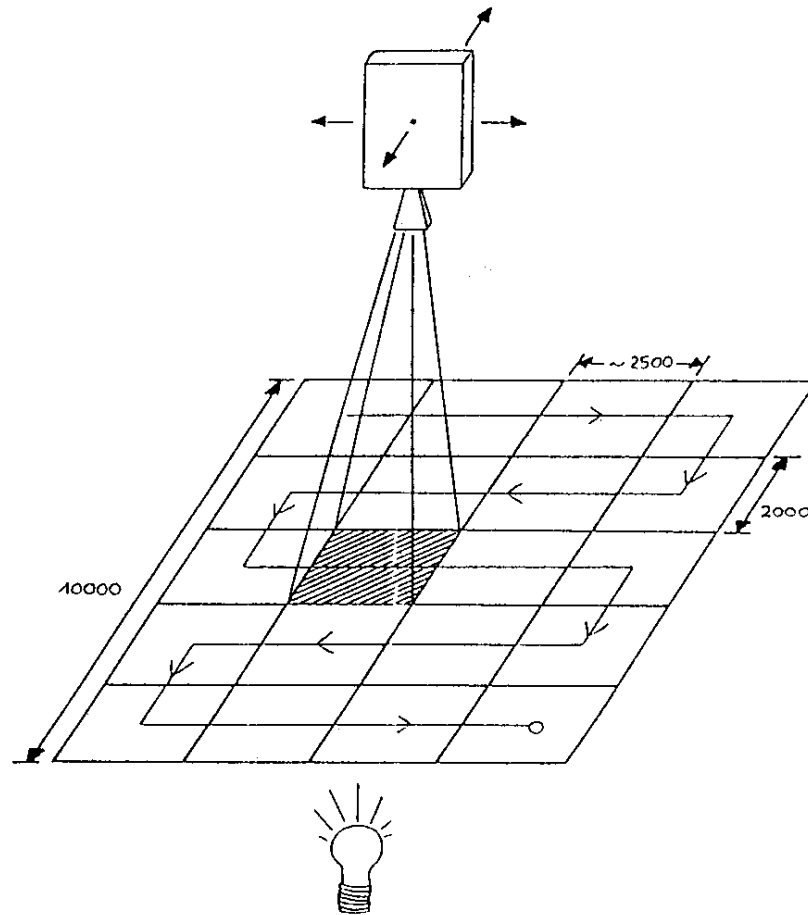


Bild 3: Scannerprinzip

- Zeitpunkt der Aufnahme (Belichtungsrichtung und -höhe)
- Streuung des Lichtes an Luftmolekülen und Aerosol
- Hot Spot, Totalreflexe

können bei einem Luftbild starke Kontrastunterschiede - bei einem Farbbild zusätzlich Farbverschiebungen - auftreten, die vor allem bei Bildverbänden sehr störend wirken.

Bei der analogen Herstellung von Orthophotokarten werden daher bereits am Anfang des Produktionsprozesses elektronische Kontrastausgleichsgeräte eingesetzt. Alle Zwischenprodukte werden möglichst in einem photographischen Standarddichtebereich gehalten, bei der Aufrasterung wird jedes Orthophotonegativ densitometrisch gemessen und dann so belichtet, daß die vorgegebenen Standardrasterwerte erreicht werden.

Die digitalen Bildverarbeitungstechniken versprechen hier mehr Möglichkeiten. So sollte es möglich sein, nicht nur globale radiometrische Veränderungen (Kontrastausgleich, Farbtransformation) vorzunehmen, sondern auch lokale (Verstärkung von zu geringen Dichteunterschieden - z.B. in der schattenlosen Zone -, Beseitigung von Störstellen wie Schmutz, Kratzer usw.). Außerdem soll ein Standard bezüglich der Grauwertverteilung - bei Farbaufnahmen auch bei der Farbkorrektur - erreicht werden, damit der visuelle Eindruck am Bildschirm mit der analogen Ausgabe bis hin zum Druck übereinstimmt.

### 5.3 Geometrische Transformation

Um die Beziehung zwischen Landeskoordinatensystem und Bildkoordinatensystem herstellen zu können, sind 3 Transformationen notwendig:

- Beziehung zwischen Landessystem und theoretischem Kamerasystem (Kollinearitätsgleichungen)
- Beziehung zwischen theoretischem und tatsächlichem Kamerasystem
- Beziehung zwischen tatsächlichem Kamerasystem und Bild

Um die Berechnung durchführen zu können, sind folgende Eingabedaten notwendig:

- das digitale Luftbild
- eine Vorabdigitalisierung der Rahmenmarken und der Paßpunkte auf einem Photoabzug als Näherungswerte
- Näherungswerte der Rahmenmarken im Bild, je nach Scanner-Setup und Modell der Luftbildkammer
- eine Liste der Paßpunkte für das jeweilige Bild mit deren Landeskoordinaten
- die Kalibrierungswerte für die Luftbildkammer
- in Gebieten mit nicht ausreichender Paßpunktbesetzung Orientierungswerte aus einer Aerotriangulation
- ein rasterförmiges digitales Geländemodell

Mit diesen Eingabedaten wird die geometrische Transformation in 3 Schritten durchgeführt (Bild 4).

#### 1. Schritt: Berechnung der Transformationsparameter

Zur Berechnung der inneren Orientierung müssen die Positionen der Rahmenmarken im digitalen Bild gemessen werden. Dies geschieht entweder interaktiv am Bildschirm durch Positionierung des Cursors oder automatisch mit Hilfe von Mustererkennungsverfahren.

Die Parameter der äußeren Orientierung können auf 3 alternative Weisen bestimmt werden:

- a) Das Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen verfügt für ca. 2/3 seiner Landesfläche über bekannte topographische Paßpunkte. Dies sind i.d.R. markante Punkte von Gebäuden, z.B. Giebel oder Ecken. Bei Vorliegen einer genügenden Anzahl dieser Punkte im Luftbild werden diese in einem Photoabzug markiert und mit den Rahmenmarken grob digitalisiert. Die digitalisierten Paßpunkte werden in das Bild auf dem graphischen Bildschirm projiziert und vom Bediener genau positioniert. Mit den gemessenen Bildkoordinaten und den bekannten Landeskoordinaten wird dann ein räumlicher Rückwärtsschritt berechnet, der die Parameter der äußeren Orientierung liefert.
- b) Für den Fall, daß nicht genügend topographische Paßpunkte für das Interessengebiet vorliegen, wird im Vorfeld eine Aerotriangulation durchgeführt. Die Ergebnisse daraus werden direkt als Orientierungsparameter übernommen.
- c) Die dritte Möglichkeit zur Bestimmung der äußeren Orientierung besteht in einem am Institut für Photogrammetrie der Universität Bonn (IPB) entwickelten Verfahren zur automatischen Detektion und Messung der Paßpunkte im Bild mit Hilfe von Mustererkennungsverfahren [Schickler 1992]. Voraussetzung für dieses Verfahren ist das Vorliegen dreidimensionaler Paßpunktmodelle. Das Landesvermessungsamt und das IPB bereiten z.Z. eine Umstellung der bisher zweidimensionalen Paßpunktskizzen vor.

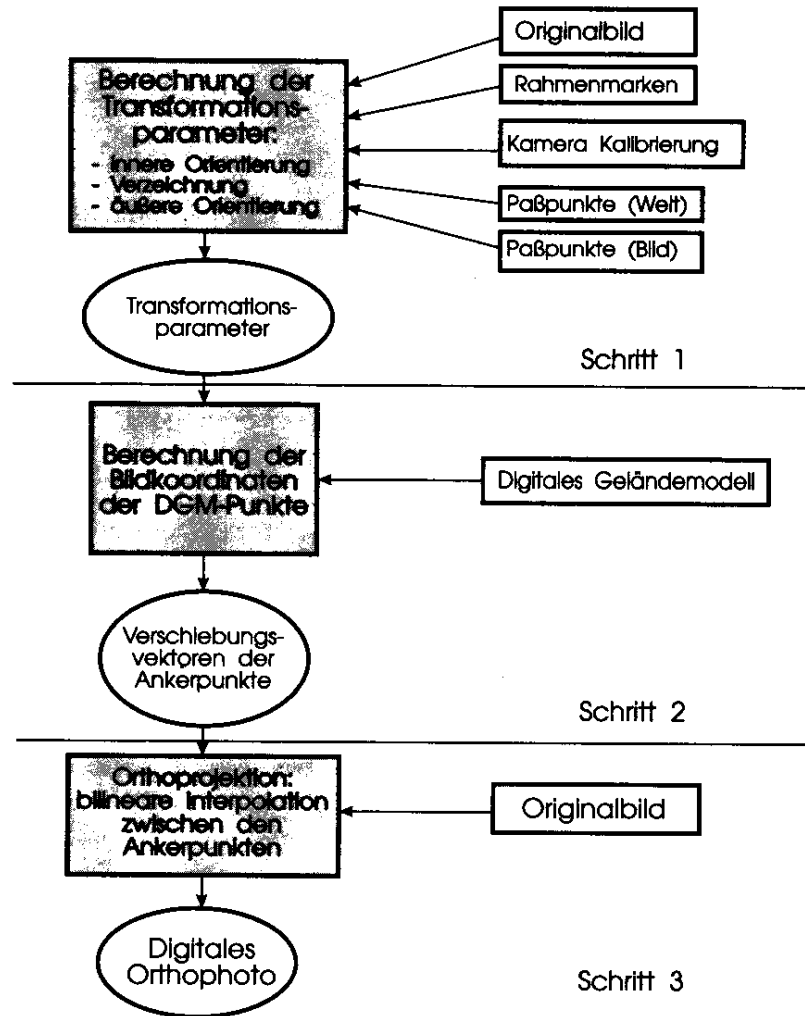


Bild 4: Schritte der geometrischen Transformation.

## 2. Schritt: Berechnung der Bildkoordinaten der DGM-Punkte

Um Rechenzeit zu sparen, werden die strengen Transformationsgleichungen nur für die Punkte des digitalen Geländemodells (DGM), die sogenannten Ankerpunkte [Wiesel 1985], durchgerechnet. Die Ergebnisse dieses Prozesses, die Bildkoordinaten der Ankerpunkte, werden in einer Datei abgespeichert und im nächsten Schritt benutzt.

In Nordrhein-Westfalen liegt ein digitales Geländemodell im 10 m-Raster für die Herstellung von Orthophotos flächendeckend vor. Es wurde aus den Profilmessungen für die analoge Orthophotoherstellung abgeleitet. Die Genauigkeit liegt bei etwa 3 bis 5 m.

## 3. Schritt: Erzeugung des Orthophotos

Für die Erzeugung des Orthophotos wird die indirekte Methode gewählt. Dabei werden aus den bekannten Bildpositionen der Ankerpunkte die Bildkoordinaten aller anderen Pixel der zu erzeugenden Orthophotomatrix durch einfache lineare Interpolation berechnet.

Bei diesem Schritt kann die gewünschte Auflösung des Ergebnisbildes, d.h. die Anzahl der zu erzeugenden Spalten und Zeilen, vorgegeben werden. Sie sollte in etwa der Auflösung beim Scannen des Luftbildes entsprechen. Dies bedeutet unter Berücksichtigung des Maßstabsunter-



schiedes zwischen Luftbild 1:12 500 und resultierendem analogem Orthophoto 1:5000 eine Auflösung von ca.  $62 \mu$ , d.h. eine Bodenauflösung von 30 cm.

Nachdem die Position der Orthophotopixel im Bild bekannt ist, muß ihnen noch ein Grauwert zugewiesen werden. Dieser, als Resampling bezeichnete Vorgang, ist je nach der Anzahl der für die Grauwertbestimmung genutzten Bildpunkte und der Interpolationsmethode mehr oder weniger rechenaufwendig [Wiesel 1991]. Um optimale Ergebnisse zu erhalten, ist nach unseren Erfahrungen eine bikubische Interpolation durchzuführen.

#### 5.4 Archivierung

Das Ergebnis der bisherigen Schritte ist ein radiometrisch verbessertes, digitales Orthophoto mit ca.  $6400 \times 6400$  Bildelementen und einem Speichervolumen von ca. 42 Mbyte. Es sind zwei weitere Schritte durchzuführen.

1. Archivierung der Daten
2. Analoge Ausgabe der Daten auf Film für Reproduktionszwecke

Für die Datenarchivierung bestehen eine Reihe von Möglichkeiten, z.B. Magnetplatten, Magnetbänder oder -kassetten, wiederbeschreibbare magneto-optische Platten, DAT-Bänder oder nicht löschbare optische Platten. Für den ersten Produktionszyklus haben wir uns entschieden, die preiswerteste Lösung einzusetzen, das DAT-Band. Die Kosten betragen pro Band ca. 30,- DM für eine Speicherkapazität von ca. 1,2 GByte. Die einmaligen Kosten für das Laufwerk betragen etwa 5.000,- DM. Da die Zugriffshäufigkeit auf die Daten relativ gering ist, reicht die Geschwindigkeit dieses Speichermediums aus.

Die Daten werden zweimal unabhängig voneinander archiviert und getrennt aufbewahrt. Zu jedem Orthophoto wird ein Historienfile während der Bearbeitung gefüllt, in dem die Spezifikationen des jeweiligen DGK 5-Blattes und des DGM sowie die durchgeführten Arbeitsschritte festgehalten werden. Diese Datei wird einerseits mit dem Orthophoto archiviert, andererseits auch zu Auskunftszwecken auf einer Platte ständig vorgehalten.

#### 5.5 Analoge Ausgabe

Auch künftig wird ein bestimmter Nutzerkreis die Luftbildkarte in analoger Form verlangen. Dem wird auch weiterhin durch die bewährte dezentrale Verkaufsstrategie bei den Katasterämtern Rechnung getragen. Dort geschieht auch die Vervielfältigung auf der Grundlage eines gerasterten Films im Lichtpausverfahren.

Um dies zu gewährleisten, wurde ein Laser-Film-Recorder der Fa. Linotype-Hell beschafft, der in Verbindung mit einem dazugehörenden Raster-Image-Prozessor die Ausgabe der Daten realisiert. Der Raster-Image-Prozessor arbeitet mit PostScript, woraus eine Reihe von Vorteilen entstehen:

- PostScript ist ein Standard in der Druckindustrie
- Für PostScript-Anwendungen steht eine große Anzahl von Schriftfonts zur Verfügung, u.a. auch die meisten der in den topographischen Karten der Landesvermessungsämter benötigten Schriften.
- PostScript erlaubt die Integration von Raster- und Vektordaten, ohne diese im Vorfeld zu rasterisieren.
- Es gibt eine Vielzahl von Satz- und Graphikprogrammen, die in der Lage sind, PostScript-Dateien zu exportieren. In Verbindung mit der Möglichkeit, den Belichter indirekt

in ein Netzwerk, z.B. Ethernet, zu integrieren, ist eine Nutzung von anderen Anwendungen aus direkt möglich.

Die genannten Fähigkeiten werden genutzt werden, um bei der Ausgabe Kartenrahmen und Kartenschrift mit den Bilddaten zu verbinden. Dazu wird die Orthophotodatei in das PostScript-Format umgewandelt. Der Kartenrahmen wird unter Nutzung einer zentralen DGK 5-Informationsdatei, in der u.a. der Blattname und die Koordinaten des Umrings abgelegt sind, automatisch als PostScript-Datei erzeugt. Für die Karteninnenschrift wird eine Schriftdatenbank aufgebaut, aus der bei Bedarf die aktuelle Schrift für ein Kartenblatt in eine PostScript-Datei entladen wird. Die 3 genannten PostScript-Dateien können dann zusammenkopiert und gemeinsam belichtet werden.

## 5.6 Zeiten

Im folgenden sind die durchschnittlichen Zeiten für die einzelnen Schritte angegeben:

1. Vorbereitungsarbeiten		15 Min.
(Vordigitalisieren der Rahmenmarken und der Paßpunkte, Zusammenstellen der benötigten Eingabedaten wie DGM, Einstellwerte, Paßpunkte etc.)		
2. Scannen		45 Min.
3. Innere und äußere Orientierung		5 Min.
4. Orthoskopische Entzerrung	linear	10 Min.
	bikubisch	20 Min.
5. Archivierung		14 Min.
6. Formatumwandlung in PostScript		6 Min.
7. Ausgabe auf Laser-Belichter		18 Min.

Die Schritte 2 bis 6 können weitgehend ohne Bediener im Stapelbetrieb ablaufen, während parallel dazu vorbereitende Arbeiten und Fehlerbehebungen durchgeführt werden.

Der zeitlich aufwendigste Schritt, das Scannen, kann über Nacht erfolgen, so daß die angestrebte Produktionszahl von 10 Luftbildkarten pro Tag erreicht wird.

## 6. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Das Ziel des Landesvermessungsamtes Nordrhein-Westfalen bleibt die Produktion eines landesweiten Luftbildkartenwerks im Maßstab 1:5000 mit einem 5jährigen Erneuerungsturnus. Das Kartenwerk umfaßt ca. 9000 Blätter, von denen pro Jahr etwa 1800 neu hergestellt werden. Die Herstellung erfolgt aus den genannten Gründen auf digitalem Wege. Zusätzlich zu dem digitalen Ergebnis wird eine analoge Orthophotokarte erzeugt. Das eingesetzte System, bestehend aus Scanner, Bildverarbeitungssystem, Archivierungsmedium und Film-Belichter, garantiert einen optimalen Datenfluß mit einem Minimum an erforderlicher Interaktivität durch den Bediener. Fast alle notwendigen Schritte können in einem Stapelbetrieb durchgeführt werden. Für den Operateur ist es die Hauptaufgabe, diesen Stapelbetrieb vorzubereiten und die erforderlichen Daten bereitzustellen. Die zeitaufwendigen Arbeitsschritte können über Nacht im Batch-Betrieb ablaufen.

Die folgende Tabelle faßt die wichtigsten Produktionsdaten zusammen:

Maßstab des Luftbildes	1:12500
Größe des Luftbildes	23 x 23 cm
Scanauflösung	400 Linien/cm (= 25 $\mu$ )
Anzahl Zeilen und Spalten	9200 x 9200
Datenvolumen (unkomprimiert)	85 MB
Maßstab des Orthophotos	1:5000
Größe des Orthophotos	40 x 40 cm
Auflösung des Orthophotos	160 Linien/cm (=62,5 $\mu$ )
Anzahl Zeilen und Spalten	6400 x 6400
Datenvolumen (unkomprimiert)	42 MB
Bodenauflösung	30 cm
Druckraster	60 Linien/cm
Belichtungsauflösung	1000 Linien/cm
Anzahl druckbarer Grauwerte	256

## 7. REFERENZEN

- Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) (1989): Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem (ATKIS), Bonn
- Gerhard, A. (1991): Digital Orthoprojection: Scanning, Handling and Processing of Aerial Images, in Digitale Photogrammetric Systems, Ebner, Fritsch, Heiptke (Hrsg.), Wichmann Verlag, Karlsruhe
- Lenz, R. (1989): Digitale Kamera mit CCD-Flächensensor und programmierbarer Auflösung bis zu 2994 x 2320 Bildpunkten pro Farbkanal, in Mustererkennung 1989, Informatik Fachberichte 219, Springer Verlag
- Pape, E. (1982): Das Luftbildkartenwerk von Nordrhein-Westfalen, in Nachrichten aus dem öffentlichen Vermessungsdienst NRW, Heft 2
- Schickler, W. (1992): Modelbased Absolute Orientation, in proceedings of First Course in Digital Photogrammetry, Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen, Bonn
- SIGNUM Computer GmbH (1990): SIGNUM HIRES Kamera, München
- Wiesel, J. (1991): Digitale Orthophototechnik, in Digitale Bildverarbeitung, Bähr/Vögtle (Hrsg.), Wichmann Verlag, Karlsruhe
- Wiesel, J. (1985): Herstellung digitaler Orthophotos, in Digitale Bildverarbeitung, Bähr (Hrsg.), Wichmann Verlag, Karlsruhe