

Konzeption zum Aufbau eines digitalen Luftbildarchivs in Niedersachsen

ROBERT WINTER, Hannover

1. EINLEITUNG

In der Landesluftbildsammlung sind seit 1953 über 500 000 Luftbilder von ganz Niedersachsen archiviert. Jährlich kommen ca. 7 500 Luftbilder (5 000 s/w, 2 500 c) hinzu. Darüber hinaus werden noch ca. 300 000 Luftbilder der Alliierten aus dem 2. Weltkrieg aufbewahrt.

Aus der Landesluftbildsammlung werden Auskünfte erteilt und auf photographischem Wege Auszüge erstellt:

- Luftbildkontaktkopien auf Fotopapier oder auf Film
- Luftbildvergrößerungen des vollen Bildformats oder eines Bildausschnitts
- Luftbildentzerrungen des vollen Bildformats oder eines Bildausschnitts.

Als Geräte werden eingesetzt:

MARK IV c (Log Etronics) für Luftbildkontaktkopien
SEG V und VI (ZEISS) für Luftbildvergrößerungen und -entzerrungen

Folgende Zahlen kennzeichnen den durchschnittlichen Jahresbedarf:

10 500 Luftbildkontaktkopien (davon 9 000 s/w und 1 500 c)
6 500 Luftbildvergrößerungen und -entzerrungen

Allein für die Fortführung der Deutschen Grundkarte 1 : 5 000 (DGK5) werden pro Jahr ca. 2 500 Luftbildentzerrungen benötigt.

Angesichts der technologischen Fortschritte beim Übergang von der analytischen zur digitalen Photogrammetrie stellt sich bei anstehenden Geräteersatzbeschaffungen das Problem, wie die Vorteile der digitalen Photogrammetrie

- Automatisierung
- Wiedergabe des Luftbildes auf dem Bildschirm
- hohe Luftbildstabilität
- einfache Bildnachbearbeitung

für die unterschiedlichen fachlichen Anwendungen genutzt werden können.

In diesem Beitrag wird über die bisherigen Überlegungen und Erprobungen beim Niedersächsischen Landesverwaltungsamt - Landesvermessung - berichtet. Insbesondere wird ein Konzept zum Aufbau und zur Nutzung eines digitalen Luftbildarchivs vorgestellt.

2. AUSBAUSTUFEN FÜR EIN DIGITALES LUFTBILDARCHIV

Folgende Anwendungen der digitalen Photogrammetrie sind erkennbar:

- Aufbau eines digitalen Luftbildarchivs
- Digitale Luftbildauskunft
- Bearbeitung und Ausgabe von digitalen Kontaktbildern
- Bearbeitung und Ausgabe von digitalen Orthobildern
- Automatische Berechnung von digitalen Geländemodellen

Bei der Realisierung dieser Aufgaben müssen verschiedene Anforderungen erfüllt werden:

- Die digitalisierten Luftbilder müssen mit einer genügend hohen - aber aus Speicherplatzgründen nicht zu hohen - Auflösung vorliegen
- neue Verfahren dürfen nicht unwirtschaftlicher sein als bisherige
- neue Verfahren sollen in den bisherigen Arbeitsablauf integrierbar sein.

Entsprechend den Anforderungen der o. g. Anwendungen werden folgende Ausbaustufen für ein digitales Luftbildarchiv unterschieden:

Ausbaustufe 1:	50 dpi	Digitale Luftbildauskunft
Ausbaustufe 2:	300 dpi	Digitale Kontaktbilder
Ausbaustufe 3:	900 dpi	Digitale Orthobilder; automatische DGM-Berechnung

Der Speicherplatzbedarf für ein Luftbild einschließlich Nebenabbildungen im Format 25 cm x 23 cm ergibt sich wie folgt:

Ausbaustufe	Auflösung	Speicherplatzbedarf	Faktor
1	50 dpi	500 x 460 = 0,23 MB	1
2	300 dpi	3000 x 2760 = 8,28 MB	36
3	900 dpi	9000 x 8280 = 74,52 MB	324

In der *Ausbaustufe 1* dienen die digitalisierten Luftbilder zur Visualisierung am Bildschirm und damit zur besseren und schnelleren Kundenberatung im Luftbildvertrieb. Es ist daher ausreichend, wenn jeweils nur ein 50 dpi-Luftbild pro DGK5-Blatt gespeichert wird.

Der Speicherplatzbedarf für ganz Niedersachsen beträgt einmalig:

$$12\,500 \text{ Luftbilder} \times 0,23 \text{ MB/Luftbild} = \mathbf{2,9 \text{ GB}}$$

Diese Datenmenge läßt sich mit einer PCX-spezifischen Komprimierung (Zählbytes) ohne Datenverlust auf 1,95 GB reduzieren und damit z. B. auf 3 CD-ROM 650 MB Speicherkapazität ablegen. In Verbindung mit dem Programm **Präsentations- und Auskunftssystem (PAS)** können somit digitalisierte Luftbilder von der gesamten Landesfläche an Nutzer für Übersichtszwecke am Bildschirm kostengünstig vertrieben werden.

In der *Ausbaustufe 2* dienen die digitalisierten Luftbilder zur Bearbeitung und Ausgabe von digitalen Kontaktbildern. Es erscheint sinnvoll, daß jedes Jahr nur die neuen Bildflüge (ca. 1/5 der Landesfläche) mit 300 dpi-Auflösung gescannt und in das digitale Luftbildarchiv aufgenommen werden.

Der Speicherplatzbedarf wächst somit pro Jahr um

$$5\,000 \text{ Luftbilder} \times 8,3 \text{ MB/Luftbild} = \mathbf{41,5 \text{ GB}}$$

Nach 5 Jahren hätte man von der gesamten Landesfläche aktuelle digitale Kontaktbilder vorliegen und könnte daraus einen großen Teil der jährlich zu fertigenden Kontaktkopien als digitale Kontaktbilder ausgeben. Soweit ältere Bildflüge noch nicht digitalisiert worden sind, könnten übergangsweise auch digitale Kontaktbilder ohne Abspeichern des Bildes gemacht werden. Dabei ist anzustreben, daß Scanner und Drucker als "digitales Kontaktkopiergerät" verwendet werden.

In der *Ausbaustufe 3* stellen die mit 900 dpi digitalisierten Luftbilder nur einen Zwischenschritt auf dem Weg zum Endprodukt dar. Es ist daher ausreichend, nur die jeweils benötigten Luftbilder zu digitalisieren und ggfs. nach Fertigstellung eines daraus abgeleiteten Orthobildes wieder zu löschen. Soweit möglich sollten die mit hohem Rechenaufwand erstellten Orthobilder in das digitale Luftbildarchiv aufgenommen werden.

Einen besonderen Stellenwert werden die digitalen Orthobilder als Ersatz für photographische Luftbildentzerrungen im Maßstab 1 : 5 000 zur Fortführung von ATKIS erfahren. Es erscheint daher sinnvoll, daß jedes Jahr nur die digitalen Orthobilder der neuen Bildflüge (ca. 1/5 der Landesfläche) mit 900 dpi Auflösung in das digitale Luftbildarchiv aufgenommen werden.

Der Speicherplatzbedarf wächst somit pro Jahr um

$$2\,500 \text{ Orthobilder} \times 74,5 \text{ MB/Orthophoto} = 186 \text{ GB}$$

Nach 5 Jahren hätte man von der gesamten Landesfläche ein aktuelles digitales Orthobildmosaik und könnte daraus einen großen Teil der jährlich zu fertigenden Vergrößerungen und Entzerrungen als digitale Orthobilder ausgeben.

3. REALISIERUNGSMÖGLICHKEITEN - HARDWARE

Die folgenden Ausführungen stellen das Ergebnis eigener Untersuchungen und von Nachfragen bei Herstellerfirmen dar.

3.1 Scanner

Die Digitalisierung von Luftbildern soll mit Hilfe von Scannern erfolgen, die möglichst folgenden Anforderungen genügen:

- Bildformat: mind. 25 cm x 23 cm
- Auflicht- und Durchlichtfähigkeit
- Rollfilmverarbeitung
- Scanauflösungen 50, 300 und 900 dpi
- hohe geometrische Genauigkeit
- radiometrische Auflösung von 256 Graustufen

Als Scanner für die Ausbaustufen 1 und 2 eignet sich z. B. der

SHARP-Scanner JX-610

max. Auflösung: 600 dpi

Bildformat: DIN A3

Als Präzisions-Scanner für die Ausbaustufe 3 bieten sich nur spezielle photogrammetrische Systeme an, z. B. der in Zusammenarbeit von ZEISS und INTERGRAPH entwickelte

Photoscan PS1

max. Auflösung: 7,5 um = 3 384 dpi
 Bildformat: 26 cm x 26 cm

3.2 Massenspeicher

Der Speicherplatzbedarf in der Ausbaustufe 1 ist konstant. In den Ausbaustufen 2 und 3 entsteht ein jährlich wachsender hoher Speicherplatzbedarf:

Ausbaustufe 1: 3 GB (einmalig)
 Ausbaustufe 2: 42 GB (jährlich)
 Ausbaustufe 3: 186 GB (jährlich)

Das Abspeichern dieser hohen Datenmengen stellt auch in Verbindung mit der Forderung nach einem schnellen Zugriff bei der Benutzung ein heute bereits technologisch zu bewältigendes Problem dar. Mögliche Massenspeicher sind z. B.

SONY-Datenrecorder DIR-1000

19 mm-Magnetband/Schrägspur
 Kapazität: max. 96 GB/Kassette
 Datentransferate: max. 32 MB/sec

Magneto-optische Laufwerke (MOD)

Magneto-optische Laufwerke stellen als Kombination aus Laser und magnetischen Schreibköpfen eine der neuesten Technologien dar.

MO-Platte: 5 1/4 "
 Kapazität: max. 900 MB
 Datentransferate: max 900 KB/sec

Festplatten

Festplatten sind hinsichtlich Zugriff auf die abgelegten Datenmengen heute noch unübertroffen. Es erscheint daher sinnvoll, die Daten, auf die häufig zugegriffen werden muß, auf Festplatten zu speichern. Dies gilt z. B. für digitalisierte Luftbilder, die nach dem Scannen noch bearbeitet werden müssen. Die Daten können nach der Bearbeitung von der Festplatte entfernt und auf anderen Massenspeichern abgelegt werden.

3.3 Ausgabegeräte

Die Ausbaustufen 1, 2 und 3 sind durch unterschiedliche Auflösungen der digitalisierten Luftbilder gekennzeichnet. Die Auflösungen sind auch im Hinblick auf eine möglichst 1 : 1-Wiedergabe bei den Ausgabegeräten gewählt worden:

Ausbaustufe	Auflösung	Ausgabegerät	Luftbildprodukt
1	50 dpi	Bildschirm	Visualisierung
2	300 dpi	Thermosublimationsdrucker	Kontaktbild
3	3 900 dpi	Filmbelichtungsgerät	Orthobild

In der *Ausbaustufe 1* müssen für eine möglichst originalgetreue Darstellung des digitalisierten Luftbildes auf dem Bildschirm folgende Bedingungen erfüllt werden:

- Darstellung vom 256 Graustufen
- Pixeldichte horizontal = vertikal
- Bildschirmauflösung = Scannerauflösung

Für eine maßstabsgetreue Abbildung eines mit 50 dpi gescannten Luftbildes eignet sich z. B. ein

VGA-Bildschirm

Auflösung: 640 x 480 Bildpunkte

In der *Ausbaustufe 2* hängt die Akzeptanz der Bearbeitung von digitalen Kontaktbildern von folgenden Bedingungen ab:

- Wiedergabe von Luftbildern in Fotoqualität
- Druckgeschwindigkeit: größer 10 Luftbilder pro Stunde
- Auflösung: mind. 300 dpi
- Druckfläche: mind. 25 cm x 25 cm
- Ausgabe auf Papier und Film

Insbesondere die Forderung nach Fotoqualität läßt sich z. Z. nur mit Thermosublimationsdruckern erfüllen.

Das Grundprinzip der Thermosublimation sei kurz erläutert: Über einen Thermokopf wird Wachs auf drei bis vier Farbfolien so stark erhitzt, daß es verdampft und sich diffus auf dem nicht mit den Farbfolien in Berührung stehenden Papier niederschlägt. Der Thermosublimationsdrucker kann die Menge des Wachses, das er zum Verdampfen bringt, in 256 Stufen je Farbfolie steuern. Der Thermosublimationsdrucker kann immer mit seiner vollen Auflösung drucken, unabhängig davon, wieviele Farben er darstellen muß. Er muß das Bild nicht rastern, sondern kann die Echtfarben darstellen.

Für die Druckausgabe eines mit 300 dpi gescannten Luftbildes als digitales Kontaktbild in Fotoqualität eignet sich z. B. der

Thermosublimationsdrucker

MITSUBISHI S6600-30

In der *Ausbaustufe 3* sollen digitale Orthophotos bearbeitet und ausgegeben werden. Hier bestehen folgende Anforderungen:

- Wiedergabe von digitalen Orthobildern in Fotoqualität
- Druckgeschwindigkeit: größer 2 Luftbilder pro Stunde
- Auflösung: mind. 900 dpi
- Druckfläche: mind. 55 cm x 55 cm (DGK5-Format)

Als Ausgabegeräte bieten sich spezielle reproduktionstechnische Systeme an, z. B.

Filmbelichtungsgerät Linotronic 830

Linotype-Hell

Präzisions-Rasterplotter BG 3800

angeboten von ZEISS in Verbindung mit PHODIS

3.5 Rechner

Die in den Ausbaustufen 1, 2 und 3 eingesetzten Rechner haben unterschiedliche Aufgaben:

Ausbaustufe 1:

Der Rechner verwaltet die Datenbank für die Auskunft aus dem digitalen Luftbildarchiv und kann digitalisierte Luftbilder mit 50 dpi Auflösung auf dem Bildschirm darstellen.

Ausbaustufe 2:

Der Rechner steuert die Digitalisierung der Luftbilder auf dem Scanner mit 300 dpi (Nachbearbeitung, Abspeichern). Gleichzeitig werden gespeicherte digitale Kontaktbilder auf dem Thermosublimationsdrucker ausgegeben.

Ausbaustufe 3:

Der Rechner steuert die Digitalisierung der Luftbilder auf dem Präzisions-Scanner mit 900 dpi (Nachbearbeitung, Abspeichern). Daneben erfolgt auf dem Rechner die Berechnung digitaler Orthobilder und die automatische DGM-Berechnung.

Gleichzeitig werden gespeicherte digitale Orthobilder auf dem Filmbelichtungsgerät oder Präzisions-Rasterplotter ausgegeben.

4. REALISIERUNGSMÖGLICHKEITEN - SOFTWARE

Die eingesetzte Software muß in den Ausbaustufen 1, 2 und 3 folgenden Leistungsanforderungen genügen:

Ausbaustufe 1:

Die Software wird zur Vereinfachung der Arbeitsabläufe im Auskunftsbereich eingesetzt. Folgende Komponenten sind erforderlich:

- rechnergestützte Auftragsbearbeitung
- Schnittstelle zu einer Datenbank mit geographischen Informationen, Informationen über Bildflüge und Luftbilder
- Darstellung digitalisierter Luftbilder und Topographischer Karten für Übersichtszwecke
- Ausgabe digitalisierter Luftbilder auf einem Drucker als Arbeitsunterlage

Als Lösung bieten sich die selbst erstellten Programme

Luftbildnachweis (LUNA) und
Präsentations- und Auskunftssystem (PAS) an.

Ausbaustufe 2:

Die Software wird vor allem zur Steuerung der Digitalisierung der Luftbilder benötigt. Folgende Komponenten sind erforderlich:

- Schnittstelle zum Scanner
- Nachbearbeitung digitalisierter Luftbilder
- Ansteuerung des Druckers

Als Lösung bietet sich kommerzielle Standard-Bildverarbeitungssoftware z. B. ADOBE Photoshop an.

Ausbaustufe 3:

Die Software wird zur Berechnung digitaler Orthobilder und zur automatischen DGM-Berechnung benötigt. Als Lösung kommt nur spezielle photogrammetrische Bildverarbeitungssoftware z. B. PHODIS und TopoSURF von ZEISS in Frage.

5. KONZEPTION EINER SYSTEM-KONFIGURATION

Die angestrebte Systemkonfigurationen für den Aufbau und die Nutzung eines digitalen Luftbildarchivs ist in Abbildung 1 dargestellt.

Ausbaustufe 1:

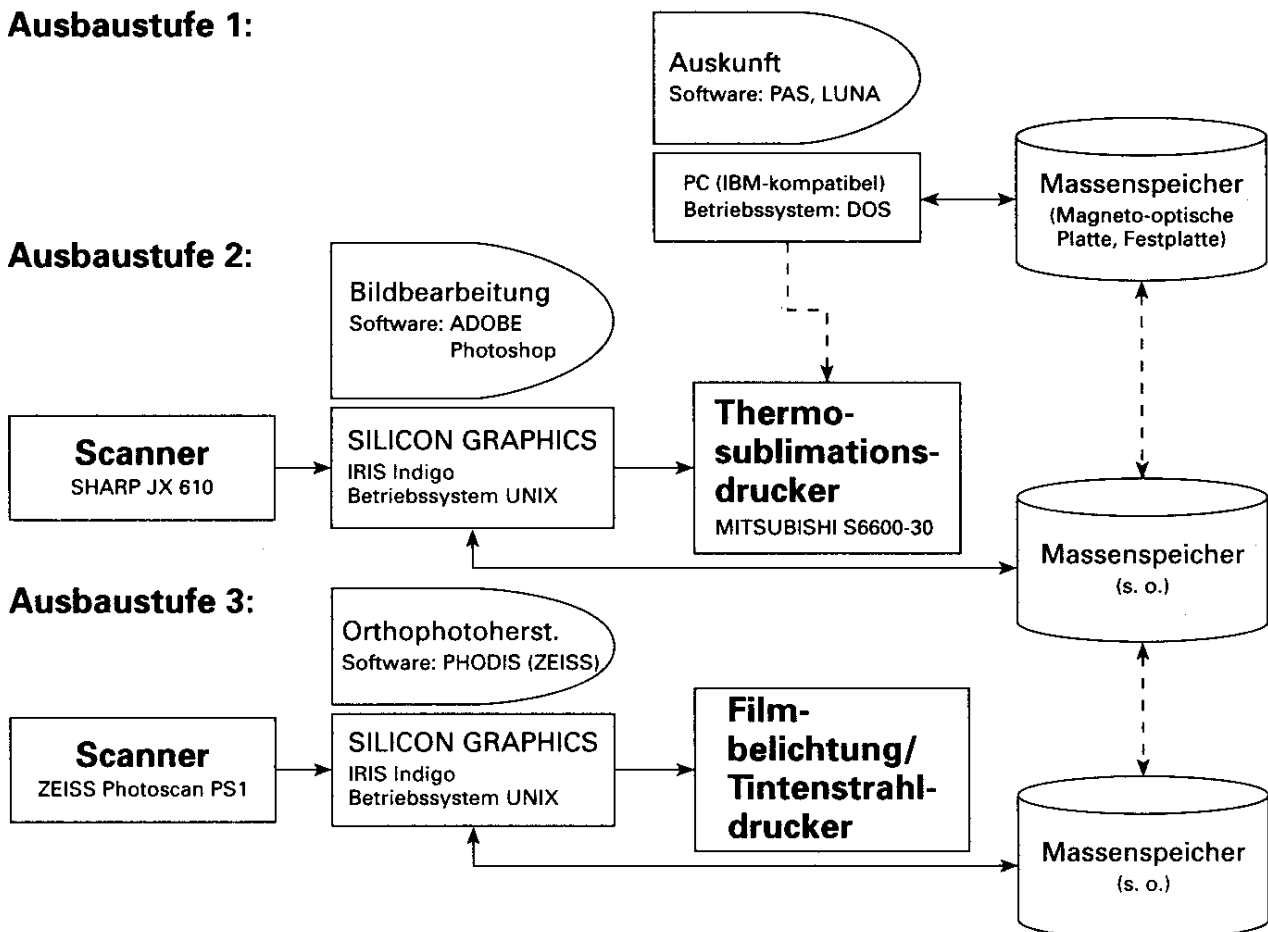


Abbildung 1: Systemkonfiguration

In der Ausbaustufe 1 wird als Rechner für Auskunftszwecke ein IBM-kompatibler PC vorgeschlagen. Die erforderliche Software für die Luftbildauskunft

- Luftbildnachweis LUNA
- Präsentations- und Auskunftssystem PAS

steht zum größten Teil bereits zur Verfügung. Als Rechner in den Ausbaustufen 2 und 3 kommt vorrangig eine Workstation von SILICON GRAPHICS Typ IRIS-Indigo unter dem Betriebssystem

UNIX in Frage, da dieser Rechner aufgrund seiner Architektur besonders zur digitalen Bildverarbeitung geeignet ist. In der Ausbaustufe 2 kann auf diesem Rechner die Standard-Bildbearbeitungssoftware ADOBE Photoshop eingesetzt werden. In der Aufbaustufe 3 gehört dieser Rechner zum Lieferumfang des Photoscan PS1.

Die Datenerfassung in den Ausbaustufen 1 und 2 wird zusammen betrachtet. Der Scanner kann für die Digitalisierung der Luftbilder mit Auflösungen von 300 dpi als auch 50 dpi eingesetzt werden. Als Scanner wird der SHARP-Scanner JX-610 vorgeschlagen. Es wird mit der Auflösung digitalisiert, mit der das digitalisierte Luftbild wieder ausgegeben werden soll. Für die Ausbaustufe 3 wird ein Präzisions-Scanner Photoscan PS1 benötigt.

In der Ausbaustufe 2 muß die Ausgabe von digitalen Kontaktbildern auf Thermosublimationsdruckern erfolgen, da nur diese einen photographischen Eindruck vermitteln. In der Ausbaustufe 3 wird ein Filmbelichtungsgerät bzw. Tintenstrahldrucker benötigt.

Als Massenspeicher werden für die langfristige Speicherung Magnetbandkassetten bzw. magneto-optische Platten und für die kurzfristige Speicherung, z. B. bei der Berechnung von Orthobildern, Festplatten empfohlen.

6. WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG

Vor der Einführung neuer Verfahren muß deren Wirtschaftlichkeit nachgewiesen werden. Hierzu liegen Platzkostenberechnungen vor, die den Verbrauch oder die zeitliche Inanspruchnahme von Produktionsfaktoren (Sachgüter, Dienstleistungen und menschliche Arbeitskraft) berücksichtigen. Folgende Ergebnisse sollen hier wiedergegeben werden:

- Kosten für die Herstellung digitaler Kontaktbilder (auszugsweise)

Anschaffungskosten	120 000 DM
Fertigungsstundensatz	114 DM
Gesamtherstellungskosten pro Kontaktbild (digital)	23 DM
pro Kontaktkopie (analog)	27 DM

- Kosten für die Herstellung digitaler Orthobilder (auszugsweise)

Anschaffungskosten	
. PhotoScan PS1	550 000 DM
. PHODIS-Berechnung und Ausgabe	600 000 DM
Fertigungsstundensätze	
. PhotoScan PS1	189 DM
. PHODIS-Berechnung und Ausgabe	197 DM
Gesamtherstellungskosten pro Orthobild (digital)	129 DM
pro Orthophoto (analog)	1 500 DM

7. SCHLUBFOLGERUNGEN

Eine Gegenüberstellung der Investitionskosten für die Einführung digitaler photogrammetrischer Verfahren und der Herstellungskosten digitaler Luftbildprodukte zeigt, daß die neuen Verfahren den herkömmlichen überlegen sind. Hinzu kommen eindeutige Produktverbesserungen aus dem Vergleich bisher gefertigter photographischer Entzerrungen zu digitalen Orthobildern.

Die Umsetzung dieses Konzepts zum Aufbau und zur Nutzung eines digitalen Luftbildarchivs in Niedersachsen erscheint daher fachlich und wirtschaftlich durchsetzbar.

8. LITERATUR

Kölling, K., Hartmann, P.: Konzeption zum Einsatz digitaler photogrammetrischer Verfahren in der niedersächsischen Landesvermessung (unveröffentlichte Vertiefungsarbeit der Vermessungsreferendare)