

Digitale Photogrammetrie im Praktischen Einsatz

MARTIN BECKSCHÄFER, Hildesheim

1. EINLEITUNG

Seit nunmehr über 25 Jahren befindet sich die Photogrammetrie bei der KIRCHNER & WOLF CONSULT GMBH (KWC) im praktischen Einsatz. Durch den innovativen Einsatz der Geräte und die konsequente Weiterentwicklung der Anwendungssoftware durch die KWC, stellt die Luftbildmessung einen wichtigen Produktionsfaktor des Unternehmens dar.

Mit der Verfügbarkeit praxisreifer digitaler Auswertesysteme hat die KWC seit 1991 auch auf diesem Gebiet ihre ersten Erfahrungen gesammelt. Durch zahlreiche Zusatzentwicklungen wurden die Systeme den eigenen Anforderungen angepaßt, so daß heute auf einen Erfahrungsschatz von mehr als 10.000 triangulierten Modellen zurückgeblickt werden kann. Die Methoden der analytischen und digitalen Photogrammetrie sind im Hause KWC parallel im Einsatz und ergänzen sich durch die Programmierung zahlreicher Schnittstellen.

2. SYSTEMKOMPONENTEN IN DER DIGITALEN PHOTOGRAMMETRIE

Der Produktionsbereich *Stereophotogrammetrische Auswertung* wird bei der KWC im wesentlichen durch analytische Auswertesysteme vom Typ Planicomp P3 geprägt. Die sehr leistungsfähigen Geräte werden gesteuert durch Intel-basierende Arbeitsstationen vom Typ Pentium 90 MHz.

Der Produktionsbereich *Digitale Photogrammetrie* umfaßt neben dem Photoscanner der Firma ZEISS diverse Arbeitsstationen der Firma Intergraph. Während das Scanning mit einem Zeiss PS1 durchgeführt wird, werden die digitalen Aerotriangulationen an Arbeitsstationen vom Typ IP6887 bearbeitet. Diese Workstation sind zur raschen Bildverarbeitung mit Vitec-Prozessoren ausgestattet, so daß auch während der Aerotriangulation ein "roaming" der Bilder möglich ist. Die praktische Erfahrung hat gezeigt, daß dies erheblich zur Produktivitätssteigerung beiträgt.

Die Entzerrung der digitalen Luftbilder wird an einem leistungsfähigen Server berechnet, während die Mosaik an Stationen vom Typ IP6880 bearbeitet werden.

Als Softwaremodule stehen die entsprechenden Intergraph-Anwendungen zur Verfügung. Die digitalen Höhenmodelle werden mit dem Programmsystem Match-T der Firma INPHO berechnet, während die Ausgleichung der Aerotriangulation mit PATB-GPS vorgenommen wird.

Zur Steigerung der Produktivität sind alle Workstation mit einem Datenkompressionsboard (JPEG) ausgestattet. Somit werden Bildkompressionen ermöglicht, mit denen auch große Projekte -bestehend aus mehreren hundert oder tausend Bildern- wirtschaftlich zu bearbeiten sind.

Zum Austausch der Daten zwischen den Systemen wurde auf den Einsatz des vorhandenen Netzwerkes verzichtet. Die Datenübertragungsgeschwindigkeiten auf der Basis Ethernet ist zum Kopieren von mehreren hundert Bildern zu langsam. Aus diesem Grund werden die Bilder auf Exabyte-Bändern gespeichert und so zwischen den Stationen ausgetauscht. Dies hat darüber hinaus den Vorteil, daß die Archivierung des vorhandenen Datenmaterial sehr erleichtert wird, da die einmal beschriebenen Bänder nicht neu überschrieben, sondern einzeln archiviert werden.

Zur optimalen Nutzung von digitaler und analytischer Photogrammetrie wurden die Aufgaben der KWC analysiert und den entsprechenden Produktionsbereichen zugeordnet. So wird mit den analytischen Systemen die Lageauswertung von Stereobildpaaren durchgeführt und die höhenmäßige Erfassung von DTM relevanten Sonderlinien wie Bruchlinien, Aussparungsflächen, Randlinien und Höhengoten vorgenommen. Die digitalen Systeme werden ausschließlich zur Aerotriangulation, DTM-Generierung und Orthophotoerstellung eingesetzt. Zur Realisierung der Schnittstelle zwischen

analytischen und digitalen Komponenten wurden zahlreiche Eigenentwicklungen vorgenommen, um einen reibungslosen Datenaustausch zu gewährleisten. So ist es möglich, "per Knopfdruck" von einem gesamten Triangulationsblock entsprechende Austauschdateien (PEX-files, photogrammetric exchange files) zu erzeugen, mit denen dann an den analytischen Systemen die Orientierung durchgeführt werden kann.

3. USER-INTERFACES IN DER DIGITALEN PHOTOGRAMMETRIE

Zur Realisierung eines optimalen "Workflows" wurden eigene User-Interfaces für die einzelnen Produktionsschritte zu entwickelt, da die bestehenden Hilfsmittel nicht ausreichen, um den Ansprüchen einer "Massenproduktion" gerecht zu werden. Es besteht ein gravierender Unterschied zwischen der Verarbeitung von hundert zu mehreren tausend Bildern. Zur Realisierung wurden die bestehenden Hardwaresysteme mit einheitlichen Festplattenkomponenten von je 2 x 9-Gigabyte Plattenkapazität ausgestattet. Die einzelnen Plattenpartitionen wurden in Eingabe- und Ausgabeplatten eingeteilt, während für die Meßergebnisse noch eine weitere separate Einheit geschaffen wurde. Da bei der KWC auf einer Arbeitsstation teilweise mehrere Projekte parallel verarbeitet werden müssen, wurden spezielle Verzeichnisbäume entworfen, um ein Vermischen der verschiedenen Projektparameter zu verhindern.

Zur optimalen Steuerung von Entzerrungs- und Matchingprozessen wurde mit Hilfe der MDL-Programmiersprache (Microstation Developing Language) sehr umfangreiche Module entwickelt, die es gestatten, "per Mausclick" entsprechende Batch-files zur Berechnung der Bilder zu erzeugen.

Zunächst werden die Ergebnisse einer absoluten Orientierung durch ein Programm visualisiert (siehe

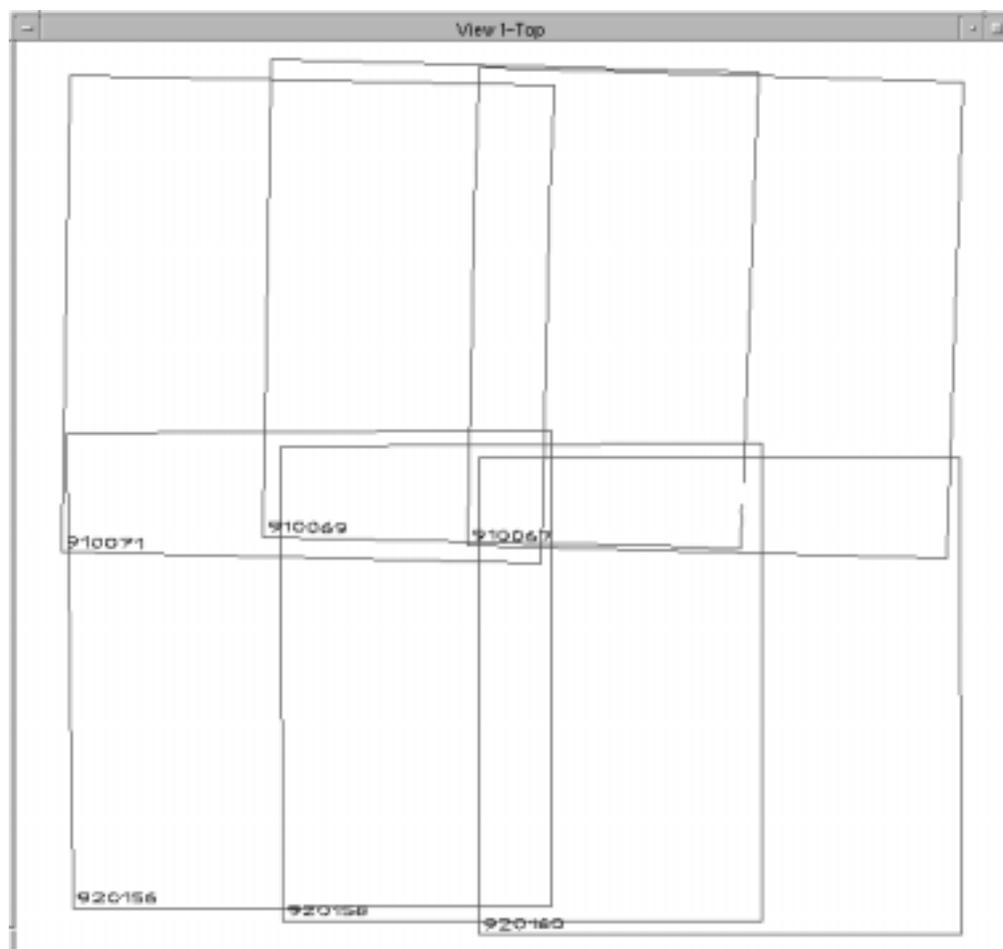


Abbildung 1.

Abb. 1). Das Ergebnis besteht aus einer Graphikdatei, in der die absolut orientierten Bilder dargestellt werden. Nachdem die zu entzerrenden Kartenblattschnitte konstruiert wurden, brauchen die Bilder und die entsprechenden Kartenblätter nur noch " angeklickt " zu werden, woraufhin ein entsprechendes Batch-file in eine Queue gestellt wird und die Ergebnisse berechnet werden können.

Auf ähnliche Art und Weise werden die Befehlsdateien für die Berechnung von digitalen Höhenmodellen generiert. Durch " Anklicken " von zwei sich überlappenden Bildern wird automatisch der Modellbereich generiert und eine Befehlsdatei für die DGM-Berechnung erstellt.

Die Vorteile dieser Vorgehensweise liegen zum einen in einer erheblichen Beschleunigung des Arbeitsprozesses, zum anderen werden Fehleingaben weitestgehend vermieden, da die Verzeichnisbäume der Dateien fest vorgegeben sind. Weiterhin erkennen die Module automatisch, wenn der für die Berechnung benötigte Plattenplatz nicht ausreicht, so daß Fehler in dem Berechnungsprozess weitestgehend vermieden werden. Es können interessante Produktionsraten erzielt werden, die erheblich über den Möglichkeiten der analytischen Arbeitsweise liegen.

4. PRAKTISCHE ERFAHRUNGEN MIT DER DIGITALEN AEROTRIANGULATION

Die Vorteile der digitalen Photogrammetrie bestehen nicht nur in einer computerunterstützten Messung der Luftbilder, sondern sind auch in der Tatsache begründet, daß gegenüber der analytischen Photogrammetrie eine innere Orientierung nur einmal durchgeführt werden muß und die Bilder dann sehr schnell in orientiertem Zustand für das System immer wieder verfügbar sind. Dieser Vorteil ist für einen produktiven Einsatz der digitalen Photogrammetrie sehr wichtig.

Zur Durchführung einer analytischen Aerotriangulation wird in der Regel mit dem ersten Bild des ersten Flugstreifens begonnen. Die Arbeit ist dann beendet, wenn das letzte Bild des letzten Flugstreifens gemessen worden ist. Weiterhin werden im wesentlichen signalisierte Punkte, gestochene Marken oder eindeutig erkennbare natürliche Punkte gemessen. Bei der Durchführung einer digitalen Aerotriangulation muß diese Vorgehensweise überdacht, und neu gestaltet werden.

Um die Vorteile der Korrelation in einem Triangulationsblock zu nutzen, sollten - soweit verfügbar - Verknüpfungspunkte gemessen werden, die eine hinreichende Textur in ihrer Umgebung aufweisen. Dies können z. B. Ackerfurchen in einem Kornfeld oder andere markante Strukturen im Gelände sein. Dachtraufen o. ä. eignen sich zur Korrelation nur bedingt, da durch den unterschiedlichen Lichteinfall Schattenwirkungen auftreten können, die eine Korrelation in der Regel verhindern.

Nach den Erfahrungen der KWC bedarf es einiger Wochen oder gar Monate, um die mit der analytischen Aerotriangulation erfahrenen Luftbildtopographen derart umzuschulen, daß sie ihre seit Jahren praktizierte Arbeitsweise ablegen und sich den Möglichkeiten des neuen Systems anpassen.

Eine noch gravierendere Änderung des bisher praktizierten Arbeitsflusses vollzieht sich in der Reihenfolge der Messungen. Einen optimalen Arbeitsfluß erreicht man durch folgende Vorgehensweise (siehe Abb. 2):

1. Durchführung der inneren Orientierung für die Bildstreifen 1-3.
2. Streifenverknüpfung des Streifens 2 mit dem Streifen 1 und 3, jeweils im 1., 10., 20., usw. Bild. Zur Streifenverknüpfung werden die Luftbilder zweier benachbarter Streifen um jeweils 90° gedreht und in einem Modell mit ca. 30% Überdeckung gemessen.
3. Relative Orientierung der Bildstreifen 1-3.
4. Vorläufige Ausgleichung der Streifen 1-3.
5. Absolute Orientierung von Streifen 2. Dies hat den Vorteil, daß die Meßpunkte aus Streifen 1 und 3 jeweils mit herangezogen werden und in Streifen 2 abgespeichert werden können. Damit ist eine sehr dichte Streifenverknüpfung realisiert.
6. Laden von Streifen 4 und 5, löschen von Streifen 1 und 2.
7. Innere Orientierung Streifen 4 und 5 gemäß Punkt 1 - Wiederholung der Schritte 1 bis 6 bis zum letzten Streifen.

- 8. Komplette Ausgleichung des Gesamtblocks.
- 9. Absolute Orientierung aller Luftbilder.

Einen schematischen Überblick zeigt Abbildung 2.

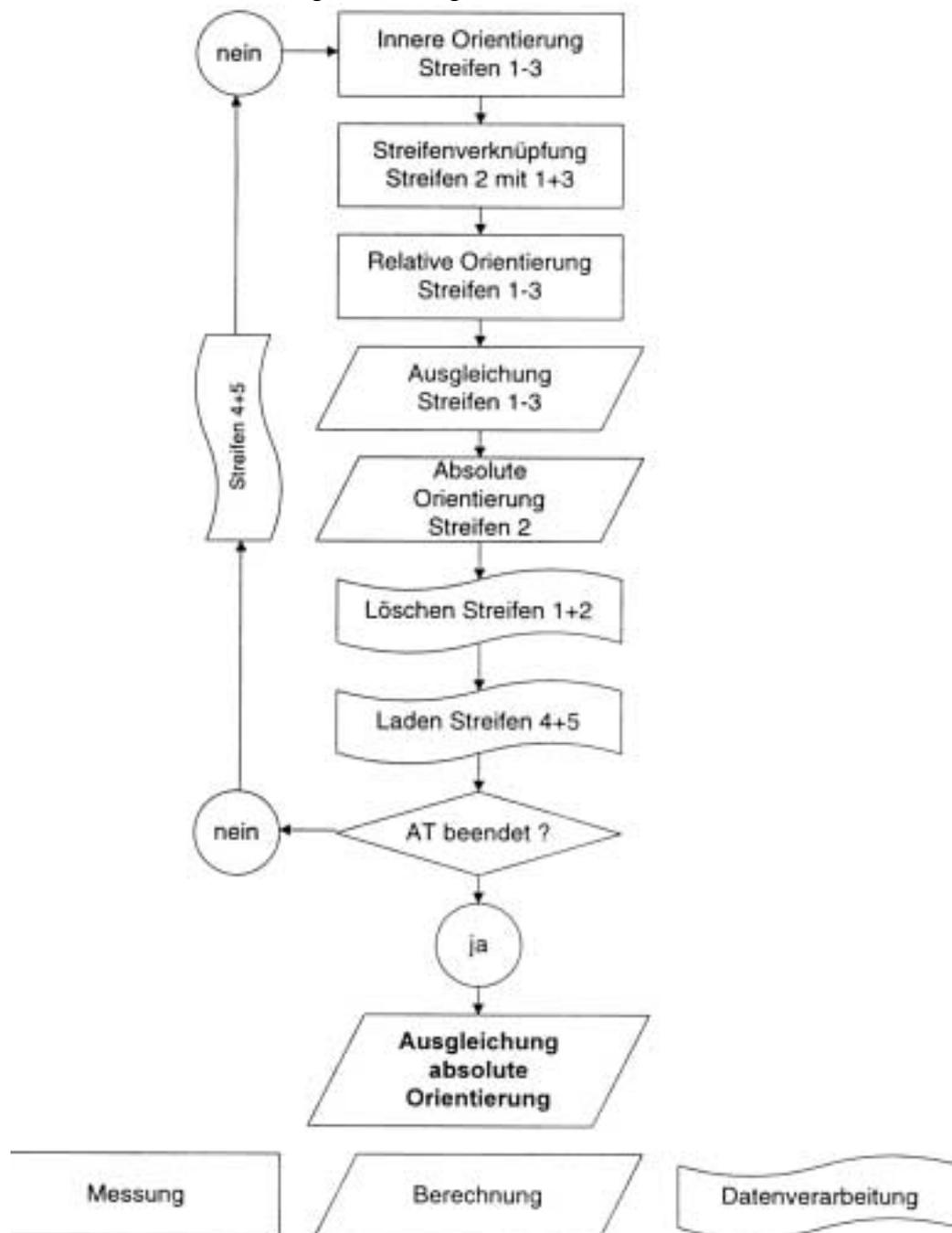


Abbildung 2.

Durch die Möglichkeit des schnellen Einladens der Luftbilder in das System, ist die oben näher beschriebene Arbeitsweise entwickelt worden und bietet gegenüber herkömmlichem Vorgehen erhebliche Vorteile. So braucht eine manuelle Streifenverknüpfung (die zudem in einem "Modell" (30%) gemessen werden kann) zunächst nur in etwa jedem 10. Modell gemessen zu werden. Eine vollständige Streifenverknüpfung aller Bilder wird dann nach genäherter absoluter Orientierung weitestgehend automatisch mit Hilfe der Korrelation vorgenommen.

Ein Vorteil der digitalen Aerotriangulation ist weiterhin darin begründet, daß durch die oben näher beschriebene Vorgehensweise eine Punktübertragung nicht mehr notwendig ist. Weiterhin beschleunigt

die Korrelation der Verknüpfungspunkte die Aerotriangulation so erheblich, daß der Aufwand zum Scannen der Bilder mehr als kompensiert wird. Die Meßpunkte brauchen nicht mehr mit höchster Präzision gemessen zu werden, vielmehr reicht ein genähertes "Anklicken" zur Identifizierung aus. Eine nachfolgende Korrelation bestimmt die Punkte und gewährleistet höchste Genauigkeit.

Die Durchführung dieses Verfahrens mit Luftbildern, die mit einer Auflösung von 30 Φ m gescannt wurden, ergab durchweg ein Sigma nach der relativen Orientierung von 3-4 Φ m. Dies bedeutet eine Genauigkeit von ca. 0.1 Pixel und ist somit mit den zu erreichenden Ergebnissen der Planicom Familie vergleichbar. Eine Steigerung der Auflösung auf 15 Φ m bringt nach den Erfahrungen der KWC für viele Aufgaben (z. B. stereophotogrammetrische Auswertung am Planicom P3) keine wesentliche Verbesserung.

Der Arbeitsprozess wird zusätzlich dadurch optimiert, daß im Verlauf einer digitalen Aerotriangulation ein deutlich besserer Überblick über die bearbeiteten Luftbilder gewährleistet ist. Während im analytischen Verfahren lediglich der Bildausschnitt des Okulars sichtbar ist, sind bei der digitalen Vorgehensweise die Bilder jeweils in einem Fenster komplett sichtbar. Dies erleichtert den Überblick über die Punktverteilung und gibt dem Operateur die Sicherheit, das Luftbildmodell komplett und ohne größere Lücken zu erfassen.

5. BEISPIEL AUS DER PRAXIS

In den vergangenen Jahren wurden bei der KWC mehr als 10.000 digitale Luftbilder aerotrianguliert. Ausgleichungsblöcke mit mehr als 1.000 Bildern wurden mit Erfolg berechnet. Das hohe Datenaufkommen stellt durch den gewählten "Workflow" kein Problem dar. Es zeigt sich jedoch, daß die Datenkomprimierung auf Dateigrößen von 25-30 MB pro Bild (bei einer Auflösung von 30 Φ m) sehr hilfreich ist. Ohne entsprechende Komprimierung wären Projekte der hier beschriebenen Größenordnung wohl kaum realisierbar.

In der Anlage 1 befindet sich ein Aerotriangulationsprotokoll mit 979 Luftbildern. Die Bilder wurden am PS1 mit 30 Φ m im JPEG Format gescannt. Die hier erreichte Genauigkeit von 7,5 Φ m (dies entspricht 3 cm im Geländesystem) erfüllt die Anforderungen der digitalen Orthophotoproduktion deutlich, und wurde daher nicht weiter gesteigert.

Zudem ist in diesem Zusammenhang zu bemerken, daß die äußere Genauigkeit eines digitalen Aerotriangulationsblockes gegenüber einem herkömmlichen analytischen Block erheblich höher einzustufen ist. Während bei der analytischen Arbeitsweise in häufig in der Praxis lediglich 10-15 Verknüpfungspunkte gemessen werden, wurden im vorliegenden Beispiel über 30 "Tiepoints" bestimmt. Weiterhin wurde jedes Bild mit dem Nachbarbild eines Streifens verknüpft, so daß eine höhere Steifigkeit des Blockes erzielt wird. Versuche im eigenen Hause haben gezeigt, daß Paßpunktabstände von mehr als 3-5 Basislängen in einem digital triangulierten Block (mit 25 - 40 Verknüpfungspunkten und einer entsprechend dichten Streifenverknüpfung) keine nennenswerten Genauigkeitseinbußen zur Folge haben.

6. ZUKUNFTSPERSPEKTIVEN DER DIGITALEN PHOTOGRAMMETRIE

Die heute auf dem Markt verfügbaren digitalen photogrammetrischen Auswertestationen sind vorwiegend unter dem Betriebssystem UNIX auf RISC Computern verfügbar. Da es bis heute kein einheitliches UNIX gibt (aber eine erhebliche Anzahl von Derivaten) und nach Meinung des Verfassers nie geben wird (selbst die Bestrebungen der *open software foundation* werden dies wohl kaum erreichen), ist es für die Entwickler sehr schwer, ein vorhandenes System auf fremde Plattformen zu portieren, um damit auf den immer schneller wachsenden Hardwaremarkt zu reagieren. Ein einheitliches Betriebssystem, das zumindest *source code Kompatibilität* gewährleistet (d.h. eine einfache Kompilierung des Quellcodes genügt, um die Software unter der neuen Hardware lauffähig zu machen), erleichtert den Systemhäusern die Entwicklung erheblich. Darüber hinaus reduziert es die

Kosten für die Labors, da wesentliche Programmodule auf einem preiswerten Personalcomputer programmiert werden können, um sie erst später auf das Zielsystem zu übernehmen.

Aus der Sicht des Endanwenders bleibt zu wünschen, daß die Systemhäuser diesen Trend erkennen und entsprechend reagieren. Sicher gibt noch zahlreiche Probleme zu lösen, da auch in einem leistungsfähigen Betriebssystem wie Windows NT noch nicht alle Kinderkrankheiten beseitigt sind. Die eindeutige Entscheidung eines namhaften Systemhauses, alle Applikationen auf NT zu portieren, stimmt den Autor hoffnungsvoll, daß andere Häuser diesem Trend folgen werden.

Dies wird nach Meinung des Verfassers zur Folge haben, daß in Zukunft eine breite Masse von Ingenieurbüros photogrammetrische Messungen durchführen wird. Nicht nur Geodäten, sondern auch Architekten und Bauingenieure werden mit der Technik umgehen können, da sich die Vorbereitung zur digitalen Stereoauswertung auf ein "Anklicken" von zwei Epipolarbildern beschränkt (Stichwort: virtual reality). Den photogrammetrischen Servicebüros bleibt die Aufgabe der Herstellung von entsprechenden Datenträgern, auf denen die prozessierten Bilddaten gespeichert sind.

Das Ergebnis wird sein, daß die Photogrammetrie in Zukunft die Möglichkeit hat, aus ihrem Schattendasein hervorzutreten um für eine breite Masse von Ingenieuren "gesellschaftsfähig" zu werden. Es obliegt den Systemherstellern, dafür die Voraussetzung durch kostengünstige und leicht zu bedienende (also WINDOWS basierende) Auswertesoftware zu schaffen.

Anlage 1

```

PATB-GPS :                                COPYRIGHT :  H.KLEIN/F.ACKERMANN 1988-1994

BLOCK ADJUSTMENT WITH BUNDLES                REVISION Oct-94

PROJECT   : Farnstaedt
USER-ID.  : KIRCHNER & WOLF CONSULT GMBH (EC)

START OF EXECUTION : 31-05-1995 15:32:28

*****
*****
**
** PROGRAM VERSION  PATB-GPS                **
**
** DIRECTORY FOR INPUT AND OUTPUT FILES :  PRESENT WORKING DIRECTORY **
** INPUT                                                    **
** BASIC DATA                FROM FILE patb.gps **
** PHOTOGRAPHS                FROM FILE patb.dat **
** CONTROL POINTS            FROM FILE patb.ppp **
**
** INITIAL VALUES FOR EXTERIOR ORIENTATION PARAMETERS ARE CALCULATED **
**
** WITH AUTOMATIC GROSS ERROR DETECTION                **
** NO CORRECTION OF SYSTEMATIC ERRORS                  **
** ADJUSTMENT WITHOUT GPS-OBSERVATIONS                  **
** NO INVERSION OF NORMAL EQUATIONS                    **
**
** ITERATION SEQUENCE WILL BE TERMINATED :              **
** AFTER STEPS FOR ERROR DETECTION                      **
** 1. IF 10 ITERATION STEPS ARE PERFORMED              **
** 2. IF CHANGE OF ADJUSTED TERRAIN COORDINATES        **
**    BETWEEN TWO ITERATION STEPS FOR ALL POINTS      < 0.010 **
**    IN THE TERRAIN SYSTEM                            **
** 3. IF CHANGE OF SIGMA LESS THAN 0.001%              **
** 4. AFTER 4 ITERATION STEPS WITH NO RE-INSERT OF ELIMINATED POINTS **
** 5. IF THE RMS-VALUE OF OBSERVATIONS DIVERGES        **
**
** INPUT FORMATS AND INPUT SEQUENCES :                  **
** PHOTOGRAPH NUMBERS      (I15,F18.3,I11)              **
** PHOTOGRAPH POINTS      (I15,2F18.3,I10)              **
** SEQUENCE OF READ IN COORDINATES OF PHOTO POINTS    = X Y **
** HORIZONTAL CONTROL      (I10,F13.3,F13.3,I5)         **
** SEQUENCE OF READ IN COORDINATES OF HORIZONTAL CONTROL POINTS = X Y **
** VERTICAL CONTROL        (I10,26X,F13.3,I5)           **
**
** READ IN IMVK                = 20                    **
**
** LIMITATIONS
** NUMBER OF POINTS IN ONE PHOTO          RESTRICTED TO 1000
** NUMBER OF CONTROL POINTS IN ONE LIST   RESTRICTED TO 105
** NUMBER OF PHOTOS IN ONE PHOTO GROUP    RESTRICTED TO 100
** DIMENSIONS OF ADDRESS MATRIX           RESTRICTED TO 70, 9
** NUMBER OF PHOTOS/SUBMATRIX             RESTRICTED TO 16
** NUMBER OF DIFFERENT FOCAL LENGTHS      RESTRICTED TO 30
** NUMBER OF POINT RECORDS                RESTRICTED TO 34
** NUMBER OF PHOTO RECORDS                RESTRICTED TO 34
**
** REQUIRED WORKING AREA FOR THESE SPECIFICATIONS = 82636
** REQUIRED SCRATCH FILE : BLKSZ = 8192 BYTES, BLOCKS= 6825
**
** BREAK UP LIMIT FOR THE SIZE OF PHOTO GROUPS = 80
**
** PHOTO NUMBERS OF THE FIRST PHOTO GROUP :
**
**                                910504
**                                920514
**                                930668
**                                940672
**                                950081
**                                960828
**                                970834
**                                980987
**                                990000
**                                100145
**                                110086
**                                120297
**                                130302
**                                140456
**                                150468
**                                916633
**                                917637
** NUMBER OF PHOTOS IN THE FIRST PHOTO GROUP = 17

```

```

**
** FOCAL LENGTH IN UNITS OF IMAGE SYSTEM AND CORRESPONDING FL-NUMBER
** NUMBER OF FOCAL LENGTHS                =    0
**
** SIZE OF PHOTOGRAPHS IN UNITS OF IMAGE SYSTEM
** IN X :      230000.000    IN Y :      230000.000
**
** STANDARD DEVIATIONS OF OBSERVATIONS :
**
** FOR IMAGE POINTS IN X AND Y IN UNITS OF IMAGE SYSTEM
** DEFAULT SET (SDS NO. 0 OR BLANK) :      2.000
** 1.ADD. STAND. DEV. IMAGE POINTS :      5.000
** 2.ADD. STAND. DEV. IMAGE POINTS :      10.000
**
** FOR CONTROL POINTS IN UNITS OF TERRAIN SYSTEM
**                                PLANIMETRY    HEIGHT
** 1.SET FOR CONTROL POINTS      :      0.050    1.000
** 2.SET FOR CONTROL POINTS      :      10.000    0.008
**
**
** PRINTOUT
** COORDINATES OF CONTROL POINTS AND RESIDUALS
**
** ADDITIONAL OUTPUT
** RESIDUALS OF PHOTO POINTS AND CONTROL      ON FILE patb.res
** ADJUSTED TERRAIN COORDINATES IN SEQUENCE  ON FILE patb.aco
** EXTERIOR ORIENTATION PARAMETERS           ON FILE patb.ori
**
*****
*****

```

```

read in image points ..... 34102
stored unsorted point records ..... 35
read in photographs ..... 979
stored unsorted photo records ..... 10
read in horizontal control points ..... 96
read in vertical control points ..... 102
stored control point records ..... 2

```

PHOTO GROUPS AND PHOTO CONNECTIONS

```

-----
photo group 1 has 17 photos
photo group 2 has 77 photos
photo group 3 has 66 photos
photo group 4 has 69 photos
photo group 5 has 73 photos
photo group 6 has 80 photos
photo group 7 has 70 photos
photo group 8 has 63 photos
photo group 9 has 61 photos
photo group 10 has 64 photos
photo group 11 has 63 photos
photo group 12 has 59 photos
photo group 13 has 62 photos
photo group 14 has 57 photos
photo group 15 has 62 photos
photo group 16 has 31 photos
photo group 17 has 5 photos

```

COMPUTATION OF INITIAL VALUES OF EXTERIOR ORIENTATION PARAMETERS

```

-----
dimensions of submatrices = ( 96 , 96 )
dimensions of address matrix = ( 70 , 10 )
maximum number of photos/submatrix = 24

```

initial iteration step

```

number of hyperrows = 49
number of hypercolumns = 6

```

sigma reached = 958.0084 (in image system)

iteration step no. 1

iteration step for error detection

```

number of hyperrows = 49
number of hypercolumns = 6

```

sigma reached = 594.0675 (in image system)

-> Details gelöscht (MB)

end of error detection

```

sigma reached =      7.5122  (in image system)

iteration step no.  18

number of hyperrows   =   67
number of hypercolumns =    8

maximum change of exterior orientation parameters :
da,db,dc = parameters of rodrigues-matrix
px,py,pz = coordinates of perspective centers (in terrain system)

           da =0.000000           px =    0.000
           db =0.000000           py =    0.000
           dc =0.000000           pz =    0.000

maximum change of adjusted terrain coordinates (in terrain system) :

           in x at point-no.      48553406           0.000
           in y at point-no.      48553406           0.000
           in z at point-no.      48553409           0.000

end of adjustment  --  due to condition 3

STATISTICS
-----

2-fold points           =  941
3-fold points           = 1734
4-fold points           = 2489
5-fold points           =  666
6-fold points           =  759
7-fold points           =  731
8-fold points           =  438
9-fold points           =   53
number of block points = 7811

number of observations =64976
number of unknowns     =29307
redundancy              =35669

```

SIGMA NAUGHT ~~7.530m~~ => 0.030m

```

END OF EXECUTION : 01-06-1995 07:21:24
PATB-GPS END

```