

DAS ZEISS - STEREOCORD G2,

EIN EINFACHES STEREOMESSGERÄT FÜR RECHNER-UNTERSTÜTZTE AUSWERTUNGEN

von D. Hobbie, Oberkochen

1. Einführung

Für die klassischen Aufgaben der Photogrammetrie steht heute ein breites Spektrum von Präzisions-Auswertegeräten zur Verfügung. Neben Geräten zur photographischen Auswertung und Komparatoren sind es vor allem die nach dem Analogprinzip arbeitenden Stereoauswertegeräte, die zusammen mit reichhaltigem Zubehör derzeit den weitaus überwiegenden Anteil aller photogrammetrischen Arbeiten bewältigen. Die Namen PLANIMAT, PLANICART und PLANITOP stehen für ein zeitgemäßes System solcher Analog-Auswertegeräte, die je nach Ausstattung graphische und digitale Aufgaben ermöglichen.

Zahlreiche Anwender photogrammetrischer Methoden können jedoch das Leistungsvermögen dieser Präzisions-Auswertegeräte nicht ausschöpfen, da sie nur einfache oder überwiegend punktweise Messungen auszuführen haben. Dieser Personenkreis, im allgemeinen unter dem Begriff Photointerpreten zusammengefaßt, gehört vorwiegend folgenden Disziplinen an: Geographie, Geologie, Hydrologie, Land- und Forstwirtschaft, Landesplanung und Raumordnung, Umweltschutz etc. Für diesen Kreis gibt es bisher eine große Zahl verschiedenster Interpretationsgeräte mit mehr oder weniger einfachen Mitteln für Messung und Zeichnung. Geräte, wie z. B. STEREPRET, für qualitative Interpretation und das STEREO TOP für einfache graphische Auswertungen haben eine weite Verbreitung erfahren.

Diese Reihe wurde jetzt um das STEREOCORD erweitert, einem einfachen Stereomeßgerät, das in Verbindung mit einem Tischrechner oder Minicomputer Meß- und Rechenaufgaben im Real-Time-Betrieb (on line) bewältigt. Tischrechner und Minicomputer schaffen heute zu relativ geringen Anschaffungskosten viele neue und schnelle Möglichkeiten und sind einfach bedienbar und programmierbar. Insbesondere die Tischrechner sind im Begriff, das unabdingbare Handwerkszeug des mit Meß- und Rechenaufgaben beschäftigten Personenkreises und damit auch des quantitativ arbeitenden Photointerpreten zu werden. Es lag deshalb nahe, auch einfache Stereomeßgeräte an Tischrechner anzuschließen.

Das STEREOCORD G2 ist das Ergebnis einer unter dieser Zielsetzung begonnenen Entwicklung, die, wie sich bereits gezeigt hat, auch für einige Randaufgaben in der Photogrammetrie sowie für Polizei und Militär von Interesse sein wird. Mehrere Stellen in Nordamerika haben sich für den eigenen Bedarf ähnliche Vorrichtungen gebaut [1, 2].

An dieser Stelle sei Mr. Malcolm H. MacLeod, Toronto, für interessante Anregungen zu der Entwicklung des STEREOCORD gedankt. Das STEREOCORD und seine Möglichkeiten sollen in den folgenden Abschnitten beschrieben werden.

2. System-Konzeption

Das ZEISS STEREOCORD - System (Fig. 1) besteht aus dem mechanisch-optischen Grundgerät STEREOCORD G2 als Betrachtungs- und Meßeinrichtung für Stereobildpaare, dem elektronischen System DIREC 1 zur Zählung, Anzeige und Übertragung der gemessenen Daten sowie für Aufruf von im Rechner gespeicherten Programmen, aus einem Interface sowie einem handelsüblichen Tischrechner zur Verarbeitung der Messungen und Ausgabe des Ergebnisses. Verfügbare Zusätze und Peripherie-Einheiten sowohl zum STEREOCORD als auch zum Rechner runden das System ab: für das STEREOCORD der bereits vom STEREO TOP her bekannte Durchlichtzusatz, der Pantograph sowie Sonder-Meßmarken, außerdem besondere Betrachtungseinrichtungen; für die Rechner je nach Fabrikat Drucker, Bandkassette, Lochstreifenstanzer, xy-plotter etc. (Fig. 2).

Die serienmäßige Software besteht im wesentlichen aus einem einfachen, aber wirksamen Betriebssystem, das den üblichen Meßvorgang durch geeignete Programmsteuerung unterstützt und damit die eigentliche Rechner-Bedienung während bestimmter Meßaufgaben überflüssig macht. Dadurch wird erreicht, daß der Benutzer des STEREOCORD keine Erfahrung im Umgang mit Tischrechnern oder Minicomputern benötigt. Einige Benutzer-Programme zur Demonstration der Anwendungsmöglichkeiten sind ebenfalls Bestandteile der Grund-Software.

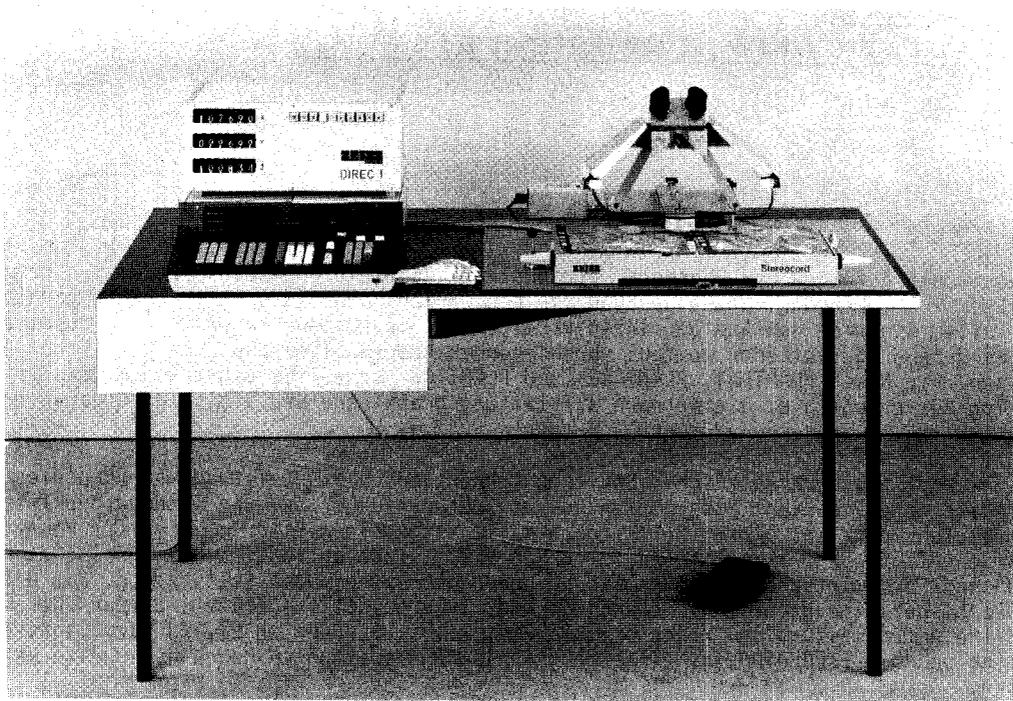


Fig. 1 ZEISS STEREOCORD G 2

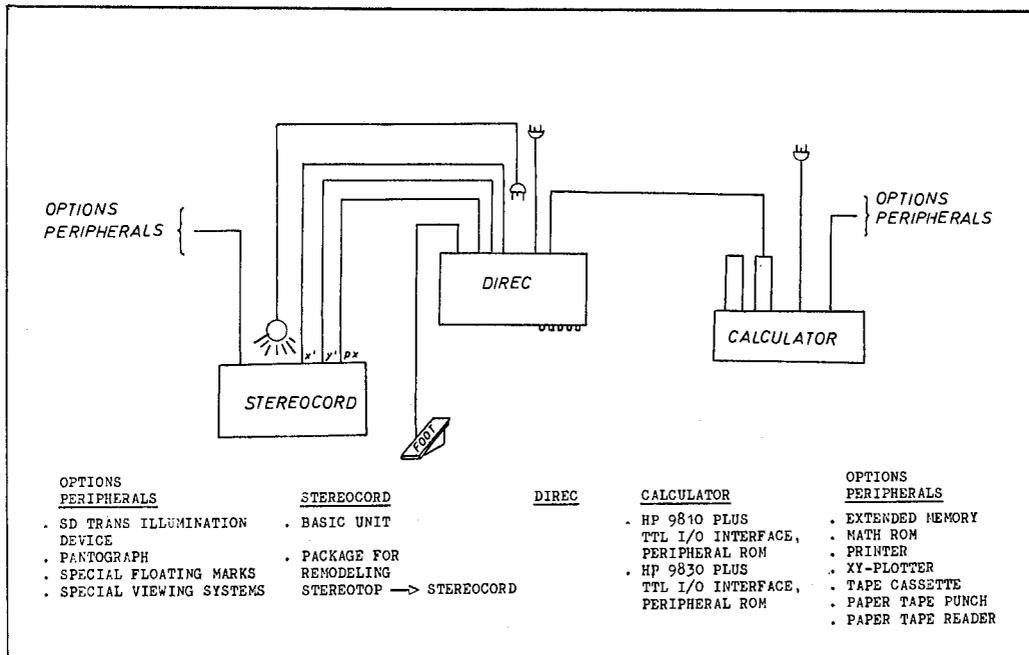


Fig. 2 Konfiguration des STEREOCORD - Systems bei Anschluß von Hewlett-Packard-Rechnern der 9800-Serie

Auf Grund bisheriger Erfahrungen werden es die meisten Benutzer vorziehen, für ihre oft sehr speziellen Aufgabenstellungen eigene Programme zu schreiben. Die bei Tischrechnern üblichen Programmiersprachen sind leicht erlernbar und ermöglichen dem Benutzer die kurzfristige Erstellung der verschiedenartigsten Anwendungs-Software. Das übersichtliche Betriebssystem sowie die leicht abzuwandelnden und zu erweiternden Demonstrations-Programme unterstützen derartige Maßnahmen. Aus diesem Grund ist die Entwicklung weiterer Anwendungsprogramme nicht vorgesehen. Zu gegebener Zeit wird jedoch ein Verzeichnis von bei Benutzern des STEREOCORD vorhandenen Programmen erstellt und periodisch ergänzt werden, das den Erfahrungs- und Programm-Tausch fördern wird.

3. Das mechanisch-optische Grundgerät STEREOCORD

Das mechanisch-optische Grundgerät besteht aus einer Grundplatte, der Bildwagengruppe und dem optischen Aufbau. Der auf der Grundplatte befestigte y' -Linearimpulsgeber dient gleichzeitig als Führungsschiene für die y -Bewegung eines (äußerlich nicht sichtbaren) Zwischenwagens, der zwei Abtastköpfe für die Linearimpulsgeber für x' und y' trägt und die Kreuzschlittenanordnung des Bildwagens bestimmt. Der x' -Linearimpulsgeber dient ebenfalls als Führungsschiene und ist fest mit dem Bildwagen verbunden. Die Bewegung des Bildwagens gegenüber der Grundplatte ist freizügig, der Zwischenwagen übernimmt die Zerlegung in die Meßrichtungen x' und y' . Die Geradlinigkeit der x' - und y' -Verschiebungen ist durch das Profil der Führungsschienen gewährleistet, die Rechtwinkligkeit der Führungen zueinander wird mit Hilfe der exzentrisch gelagerten Führungskugellager des Zwischenwagens justiert.

Der Bildträger für das linke Bild ist mit dem Bildwagen fest verbunden. Die Meßgrößen x' , y' entsprechen damit unmittelbar Bildkoordinaten des linken Bildes. Der Bildträger für das rechte Bild läßt sich gegenüber dem gemeinsamen Bildwagen parallaktisch in x' und y' verschieben. Die Verschiebung erfolgt über Meßspindeln durch Verdrehung der Parallaxenränder p_x an der linken und p_x an der rechten Seite des Bildwagens. Die p_x -Verschiebung wird über Rotationsimpulsgeber abgegriffen.

An einem im hinteren Teil der Grundplatte verankerten Block sind Meßmarkenbrücke, Spiegelstereoskop und Beleuchtung befestigt. Die leicht wechselbaren Meßmarkenplatten sind unmittelbar über der Bildebene angebracht und in der Höhe im Hinblick auf verschiedene Materialstärken der Stereobilder verstellbar. Die Betrachtung erfolgt mittels Spiegelstereoskop und austauschbaren Feldstechervorsätzen für 3- und 6-fache Vergrößerung.

Die technischen Daten der STEREOCORD-Grundeinheit sind:

Input

Format:	bis zu 9 1/2" x 9 1/2"
Material:	Papierabzüge Film- oder Glas-Transparente mit SD Trans Illumination Device
Brennweite:	unbegrenzt
Aufnahmeneigungen:	Die Aufnahmerichtungen der beiden Stereobilder sollten innerhalb weniger Grad parallel zueinander sein. Die Auswertbarkeit ist dann nur begrenzt durch die verwendeten Transformationsprogramme (s. Abschnitt 6).

Messung

Bereiche:	$x' = 240$ mm $y' = 240$ mm $p_x = +25$ mm
Auflösung:	jeweils 0,01 mm
Genauigkeit:	$\sigma_{x'} = 0.02$ mm $\sigma_{y'} = 0.02$ mm $\sigma_{p_x} = 0.01$ mm

Die Genauigkeit der Geländekoordinaten ist abhängig von den verwendeten Transformationsprogrammen und gegebenenfalls von den Aufnahmeneigungen.

Betrachtung

- Vergrößerung: 1-fach,
 mit Feldstechervorsatz 3- oder 6-fach
- Meßmarken: schwarze oder rote Punktmeßmarken mit
 Durchmesser 0,10 mm, 0,18 mm oder 0,28 mm
- y-Parallaxe: Korrekturbereich ± 15 mm

Als Erweiterung zur STEREOCORD-Grundeinheit kann das bereits vom STEREO TOP her bekannte Zubehör wie verschiedenartige Meßmarken, unterschiedliche Feldstecherlupen für das Spiegelstereoskop, der Durchlicht-Zusatz für Betrachtung von transparenten Bildern sowie der Pantograph mit einem Vergrößerungsbereich von 0,2 bis 5-fach gegenüber dem Bildmaßstab verwendet werden. Im Gegensatz zum STEREO TOP ist der Pantograph fest mit dem Bildwagen gekoppelt und ermöglicht keine lagemäßig entzerrte Kartierung, sondern lediglich eine dem linken Bild geometrisch ähnliche Darstellung.

Ein STEREO TOP kann in ein STEREOCORD umgebaut werden. In diesem Fall werden vom STEREO TOP die Grundplatte und das komplette Betrachtungssystem sowie evtl. vorhandenes Zubehör übernommen. Infolge des eingeschränkten x'-Meßbereiches des STEREO TOP (gegeben durch die Abmessungen der STEREO TOP-Grundplatte) von ca. 190 mm ist dann auch der STEREOCORD-Meßbereich entsprechend begrenzt. Diese Begrenzung gilt ebenfalls bei Anwendung des Durchlicht-Zusatzes.

4. Die elektronische Einheit DIREC 1

Das elektronische System DIREC 1, ein grundsätzlich für alle herkömmlichen Rechnerfabrikate und zahlreiche photogrammetrische Geräte verwendbarer, serienmäßiger ZEISS-Baustein, gliedert sich in einen Daten-Teil und einen Programm-Teil (Fig. 3).

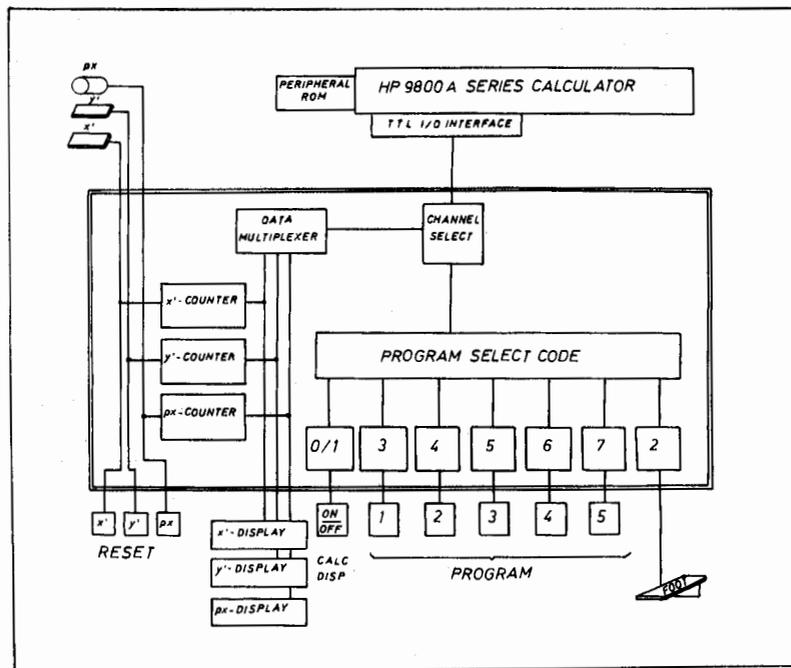


Fig. 3 Blockdiagramm des elektronischen Bausteins DIREC 1 bei Anschluß von Hewlett-Packard-Rechnern der 9800-Serie

Der Daten-Teil zählt die Impulse der Impulsgeber x' , y' und px und zeigt sie in drei 6-stelligen Anzeigefeldern an der Frontplatte an. Die Zähler können auf den Wert 1000.00 (zur Vermeidung negativer Werte) zurückgesetzt werden. Bei Anforderung vom Rechner werden die drei Koordinaten sequentiell über ein allgemeines Daten-Interface an diesen übertragen.

Der Programm-Teil ermöglicht im Zusammenwirken mit dem im Rechner geladenen Grund-Programm (Betriebssystem) den Aufruf von Benutzer-Programmen. Bei Betätigung der Programm-Tasten bzw. der Fußtaste wird eine entsprechende Code-Ziffer in einem dafür vorgesehenen DIREC-Register gesetzt, das vom Rechner zu bestimmten Zeiten abgerufen wird. Das Operating-System analysiert die Code-Ziffer und leitet die vorgesehenen Schritte ein, im allgemeinen den Start des gewählten Benutzerprogramms.

5. Der Rechner

Die Konzeption der STEREOCORD/DIREC 1 - Kombination erlaubt den Anschluß von Tischrechnern und von Minicomputern. Die Erprobung des Prototyps beschränkt sich zur Zeit noch auf den Anschluß an Tischrechner, da diese für den Betrieb eines STEREOCORD-Systems besonders geeignet erscheinen.

Als Beispiel soll im folgenden die jeweils erforderliche Minimal-Konfiguration für die Modelle 10 und 30 der Hewlett-Packard 9800-Serie genannt werden.

Bei Verwendung des HP 9810 ist bereits die Grundausstattung mit 500 Programmschritten und 51 Datenspeichern voll ausreichend. Ein Drucker oder ein Math-ROM (beides Zusätze) sind für die serienmäßigen Programme nicht erforderlich. Auch der HP 9830 ist in seiner Grundausstattung mit 1760 Worten Speichergröße bereits ausreichend. Auch hier ist ein Drucker zwar nicht notwendig, jedoch nützlich. Beide Tischrechner-Modelle benötigen für den Anschluß an das DIREC das Daten-Interface TTL I/O-Interface (ASCII) HP 11202 sowie ein je nach Rechner unterschiedliches Peripherie-ROM.

Über den Rechner steht jeweils das gesamte, vom Rechner-Hersteller angebotene Programm der Peripherie-Geräte zur Verfügung, wie z. B. Drucker, Magnetband-Kassette, Lochstreifen-Leser und -Stanzer, xy-Plotter etc.

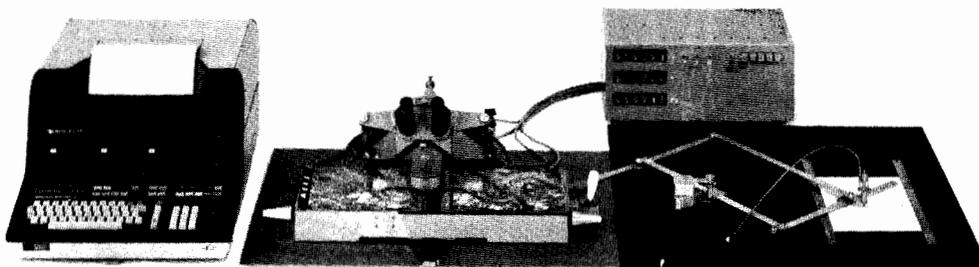
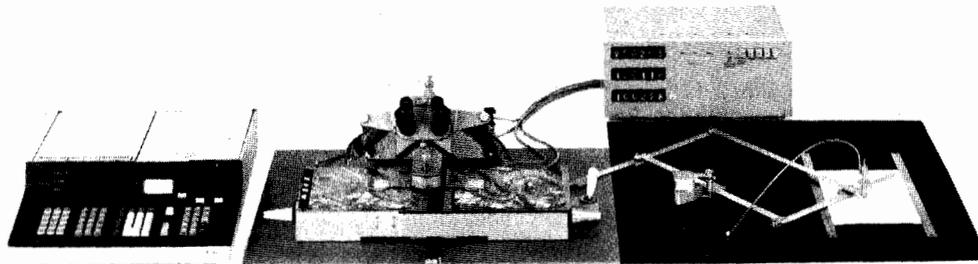


Fig. 4 ZEISS STEREOCORD G 2 (Prototyp)
mit Pantograph-Zusatz, angeschlossen
Hewlett-Packard-Rechner der 9800-Serie
oben: mit HP 9810
unten: mit HP 9830

6. Die Programme

Die serienmäßige Ausstattung mit Programmen umfaßt das Betriebssystem, einen Satz von Orientierungs-Programmen sowie einen Satz von Anwendungs-Programmen. Die Programme liegen bisher vor für den Rechner HP 9810 (auf Magnetkarten) und für den HP 9830 (auf Magnetband-Kassette).

6.1. Das Betriebssystem

Das Basic Operating System STEREOCORD (BOSS), das in drei Versionen A, B und C zur Verfügung steht, muß jedem zu ladenden Programm-Satz vorangestellt sein. Es besteht aus einem Real-Time-Programm "RT DISPLAY", den Unterprogrammen "RECORD" und "CONFIRM" zur Fußtasten-Aktivierung sowie einer Subroutine "COORD" in den Versionen A, B oder C zur Transformation von Bild- in Geländekoordinaten und einer Subroutine "SWITCH" zur Abfrage der DIREC-Programm-Tasten. Die Betriebssysteme BOSS A, BOSS B und BOSS C unterscheiden sich lediglich in den mathematischen Transformations-Gleichungen der Subroutine COORD A, B oder C. Eine Erweiterung um andere Transformations-Gleichungen (COORD D, COORD E etc.) wäre denkbar und allenfalls nur durch die Möglichkeiten des verwendeten Rechners begrenzt.

Wird ein Programm-Bestand in den Rechner geladen und von der Rechner-Tastatur aus mit dem ersten Programmschritt gestartet, veranlaßt das Betriebssystem BOSS X (mit $X = A, B$ oder C) den Start des Real-Time-Programms RT DISPLAY. Gewissermaßen als "Freizeit-Beschäftigung" ruft RT DISPLAY in einem ständigen Zyklus die Subroutine COORD X auf, welche die Bildkoordinaten x', y', px vom DIREC abrufen und in Geländekoordinaten X, Y, H transformiert. Die Auffrischung der Geländekoordinaten geschieht mit dem HP 9810 etwa einmal pro Sekunde, wobei die reine Rechenzeit etwa 0,1 (COORD A) bis 0,2 sec (COORD C) beträgt und die übrige Zeit für die Anzeige der Geländekoordinaten verwendet wird. Die Dauer der Anzeige kann durch eine geringfügige Programmänderung variiert werden. Mit dem DIREC-Schalter "CALC DISP" = off wird die Anzeige unterdrückt und dann eine Auffrischungs-Frequenz von 5 bis 10 mal pro sec erreicht, was für kontinuierliche Registrierung oder für kontinuierliches Zeichnen an einem xy-Plotter der Rechnerperipherie von Vorteil ist.

Ruft nun der Benutzer über eine der Programmwahl-Tasten 1 bis 5 des DIREC eines der geladenen Programme auf, so wird dieses durch die Subroutine "SWITCH" gestartet.

Im allgemeinen ist es die Aufgabe der gestarteten Anwender-Programme, aus der Messung einiger Punkte des Stereomodells irgendwelche Daten zu berechnen. Die Struktur des Betriebssystems BOSS X ermöglicht die Messung von Punkten unter Kontrolle durch das Anwender-Programm mittels Aufruf des Unterprogramms RECORD. RECORD veranlaßt wie RT DISPLAY die zyklische Auffrischung der Geländekoordinaten durch die Subroutine COORD X so lange, bis die Fußtaste betätigt wird. In diesem Fall wird die Abarbeitung des Anwender-Programms an der unterbrochenen Stelle fortgesetzt. Für jede einzelne Registrierung innerhalb eines Anwender-Programms ist an der gewünschten Programm-Stelle ein eigener Aufruf von RECORD notwendig.

Aus den Anwender-Programmen ergeben sich im allgemeinen Zwischen- oder Endergebnisse, die angezeigt oder ausgedruckt werden sollen. Das Unterprogramm CONFIRM ermöglicht einen Programm-Halt mit gleichzeitiger Anzeige von Zwischenergebnissen so lange, bis die Fußtaste betätigt wird. In diesem Fall hat die Fußtaste nicht die Funktion einer Registrierauslösung, sondern einer Bestätigung von Zwischenergebnissen mit der Aufforderung weiterzumachen. Am Programmschluß wird CONFIRM im allgemeinen dazu benutzt, das Endergebnis zu bestätigen, damit anschließend das STEREOCORD-System in sein "Freizeit"-Programm RT DISPLAY zurückspringen kann.

Soll das Betriebssystem BOSS X die Kontrolle an das Rechner-Tastenfeld zwecks manueller Bedienung zurückgeben, so ist lediglich die Rechnertaste "STOP" zu drücken. Es können dann in üblicher Weise Daten ein- oder ausgegeben, Aufgaben "von Hand" gerechnet oder neue Programme geladen werden. Mit "END, CONTINUE" (beim HP 9810) bzw. "CONT, EXECUTE" (beim HP 9830) wird die Kontrolle an BOSS X zurückgegeben.

Die Abfrage der DIREC-Schalter durch die Subroutine SWITCH geschieht innerhalb des Real-Time-Programms RT DISPLAY und der beiden Unterprogramme RECORD und CONFIRM. Damit ist gewährleistet, daß immer dann, wenn der Rechner "wartet" oder frei für neue Aufgaben ist, eine eventuelle Betätigung der DIREC-Tasten wahrgenommen wird. SWITCH sorgt zusätzlich dafür, daß bei "CALC DISP" = on eine programmierte Verzögerung der Programmbearbeitung stattfindet, damit bei RT DISPLAY und RECORD die durch COORD X berechneten Geländekoordinaten, bei CONFIRM der jeweilige Inhalt des Anzeigeregisters auch tatsächlich angezeigt wird.

Die Subroutinen COORD A, B und C unterscheiden sich, wie bereits erwähnt, nur in den benutzten Transformationsgleichungen. Diese Gleichungen sind in Fig. 5 und 6 dargestellt. COORD A berücksichtigt lediglich den Einfluß von Geländehöhenunterschieden, COORD C zusätzlich in guter Näherung den Einfluß der Aufnahmeeneigungen $\varphi_1, \omega_1, \varphi_2, \omega_2$ und von bz. COORD B stellt eine Zwischenlösung dar. Die Gleichungen von COORD C weichen von einer strengen Lösung darin ab, daß $\cos v = 1, \sin v = v$ und Produkte $\sin \cdot \sin = 0$ gesetzt sind und daß einige Korrekturglieder für die Geländehöhe H, die bei großer Modellhöhenausdehnung wirksam werden [47], nicht berücksichtigt sind. Im Vergleich zum STEREOTOP ist jedoch die Rechnung exakter, da unter anderem der sogenannte φ -Zylinder korrigiert wird [37]. Diese Vernachlässigungen sind bei geringen Bildneigungen und Höhenunterschieden praktisch nicht spürbar.

Die Verwendung einer strengen Lösung COORD D wäre möglich und für Sonderaufgaben wie Auswertung von großen Bildneigungen und Schrägaufnahmen von Interesse. Für viele Arbeiten der quantitativen Interpretation, bei der die Messung von relativen Größen überwiegt, dürfte jedoch bereits COORD A ausreichen und damit eine Orientierung überflüssig machen.

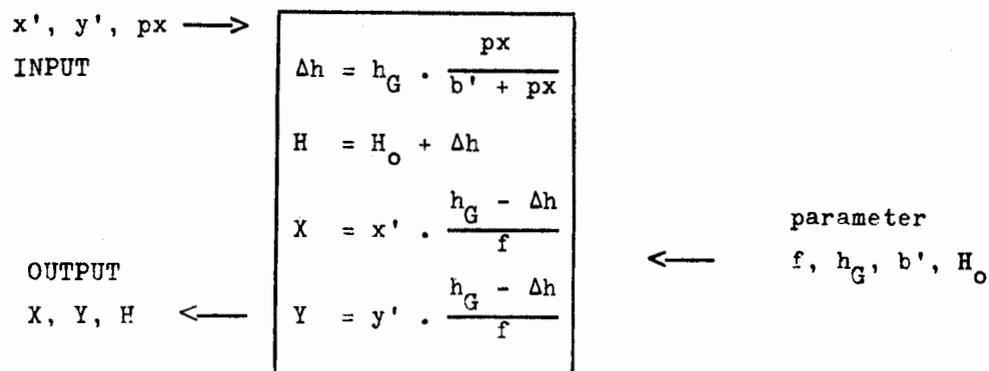


Fig. 5 Transformationsgleichungen für Subroutine COORD A

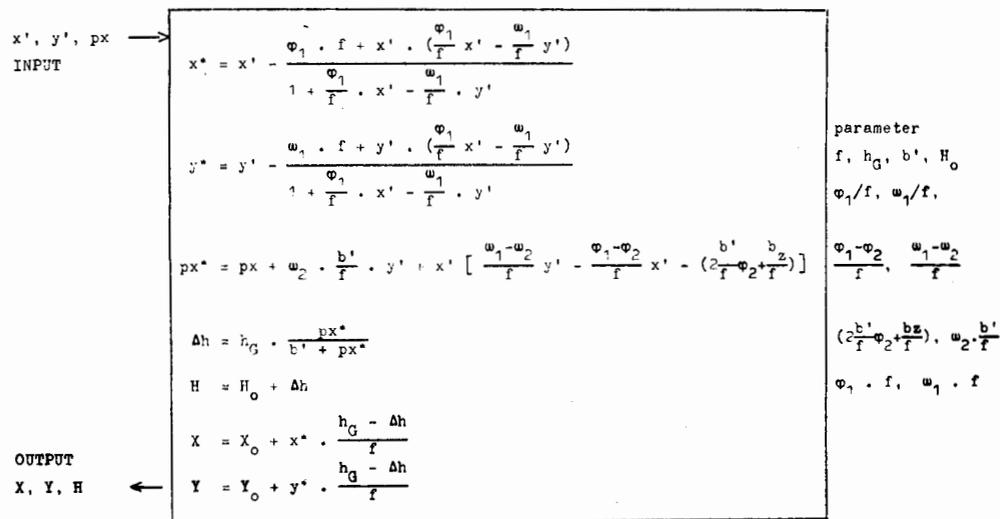


Fig. 6 Transformationsgleichungen für Subroutine COORD C

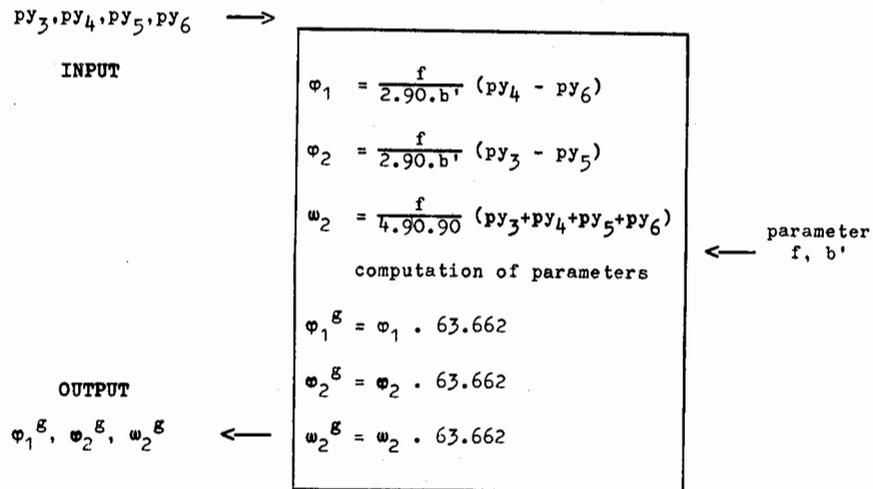


Fig. 7 Berechnung der relativen Orientierung mit RELORIENT B/C

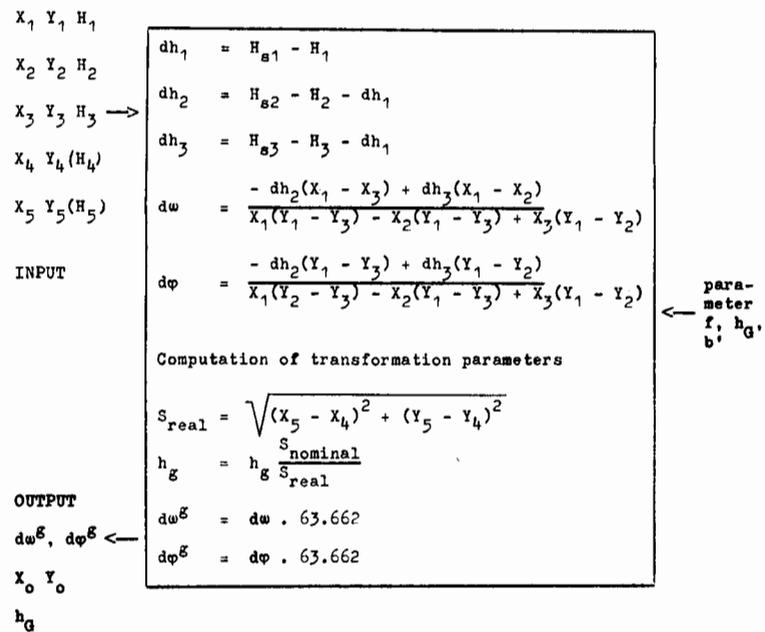


Fig. 8 Berechnung der absoluten Orientierung mit ABSORIENT B/C

6.2. Orientierungs- und Anwendungsprogramme

Die Orientierungs-Programme bestehen aus je einem Programm zur relativen und absoluten Orientierung sowie zur Berechnung von Transformations-Parametern aus Einstelldaten, d. h. aus bekannten Orientierungsdaten. Die relative Orientierung mittels RELORIENT B/C setzt die genäherte Auskantung der Bilder (wie in allen Stereoskopen, im STEREORET und STEREOTOP üblich) voraus, so daß nur die y-Parallaxen in den Gruberpunkten 3, 4, 5 und 6 gemessen werden, indem jeweils ein definierter Modellpunkt nacheinander im linken und rechten Bild monokular eingestellt und durch Betätigung der Fußtaste registriert wird. Anschließend werden die Orientierungs-Daten entsprechend den Gleichungen in Fig. 7 berechnet und anschließend zur Berechnung der Transformationsparameter für COORD C bzw. COORD B verwendet.

Die absolute Orientierung ABSORIENT B/C besteht aus den Abschnitten Horizontierung und Maßstabsangleichung. Die Rechenformeln sind in Fig. 8 angegeben. Für die Horizontierung müssen drei beliebig angeordnete Höhenpunkte mit bekannter Sollhöhe gemessen werden, für die Maßstabsangleichung zusätzlich im Anschluß an die Bestätigung der Horizontierung durch CONFIRM die zwei Endpunkte einer Strecke mit bekannter Soll-Länge. Die Maßstabsangleichung erfolgt durch Korrektur des Parameters Flughöhe hg. Die Soll-daten müssen jeweils vor Beginn von ABSORIENT B/C eingegeben worden sein.

PARORIENT B/C berechnet aus bekannten, vorher einzugebenden Orientierungs-Daten $\varphi_1, \omega_1, \varphi_2, \omega_2, b_z$ die für COORD C und COORD B notwendigen Transformationsparameter.

Als Beispiele für Anwender-Programme werden serienmäßig Programme zur Berechnung von Raumstrecken (SPADIST), Horizontalentfernungen (HORDIST), Böschungs- oder Vertikalwinkel (SLOPE) sowie Flächen (schrittweise mit PLANAREA-STEP oder kontinuierlich mit PLANAREACONT) angeboten. Die Flußdiagramme der Orientierungs- und Anwendungsprogramme sind in Fig. 9 bis 13 dargestellt und geben weitere Hinweise auf den Programmablauf. Auf Grund der einfachen und übersichtlichen Programmstruktur ist es für den Benutzer einfach, sich weitere Programme abzuleiten bzw. neu zu entwerfen.

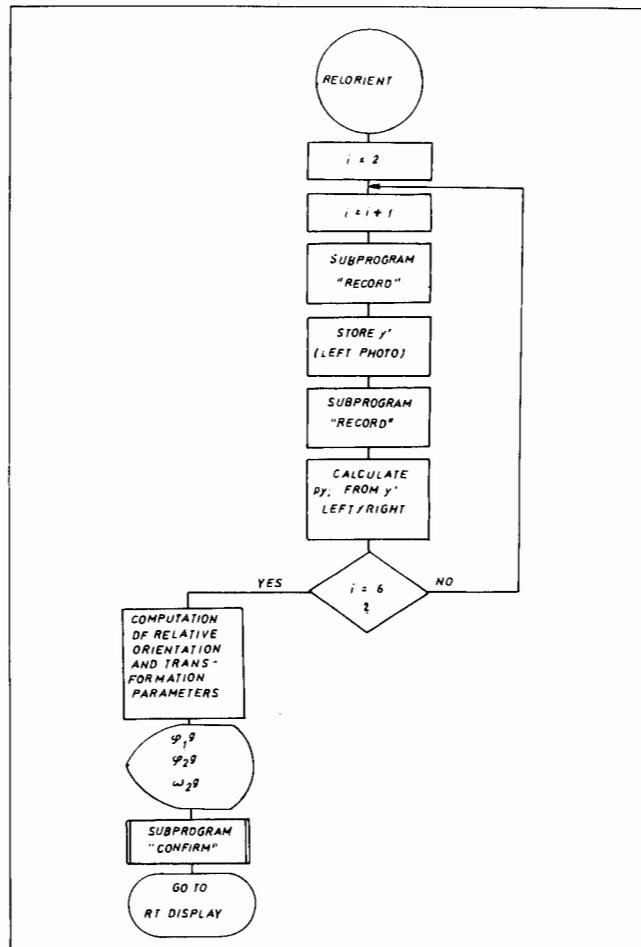


Fig. 9 Flußdiagramm zu RELORIENT B/C

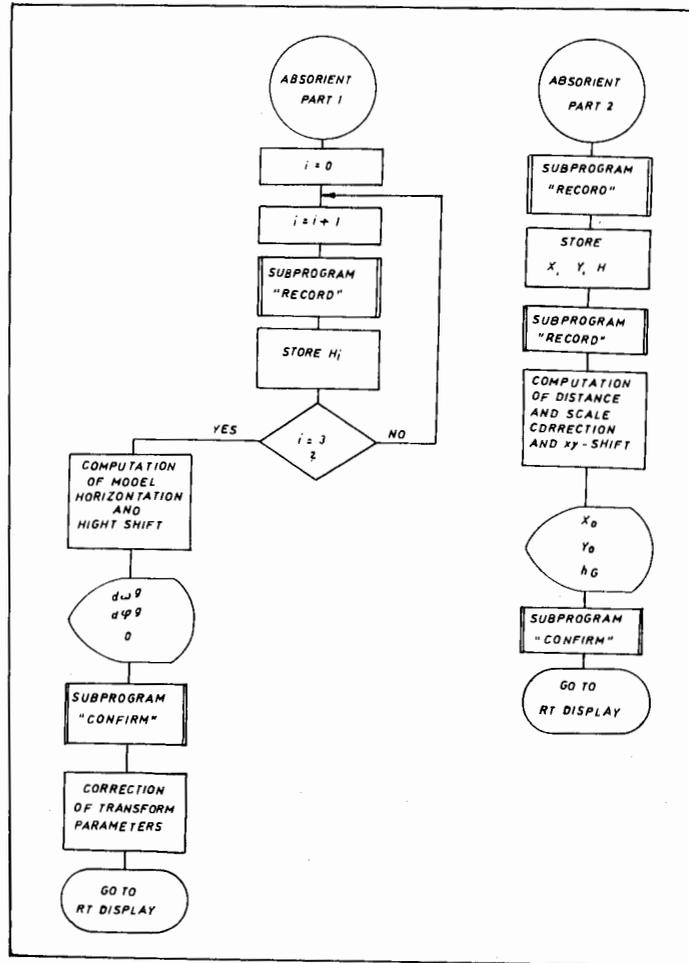


Fig. 10

Flußdiagramm zu ABSORIENT B/C

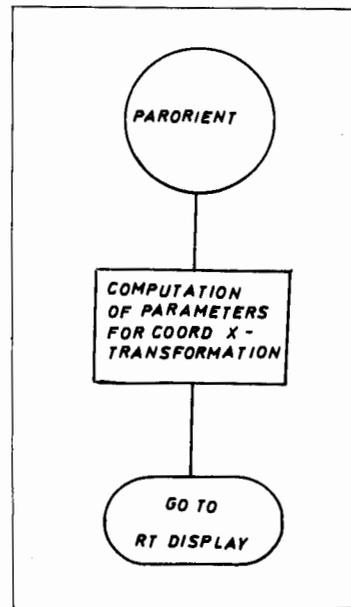


Fig. 11 Flußdiagramm zu PARORIENT B/C

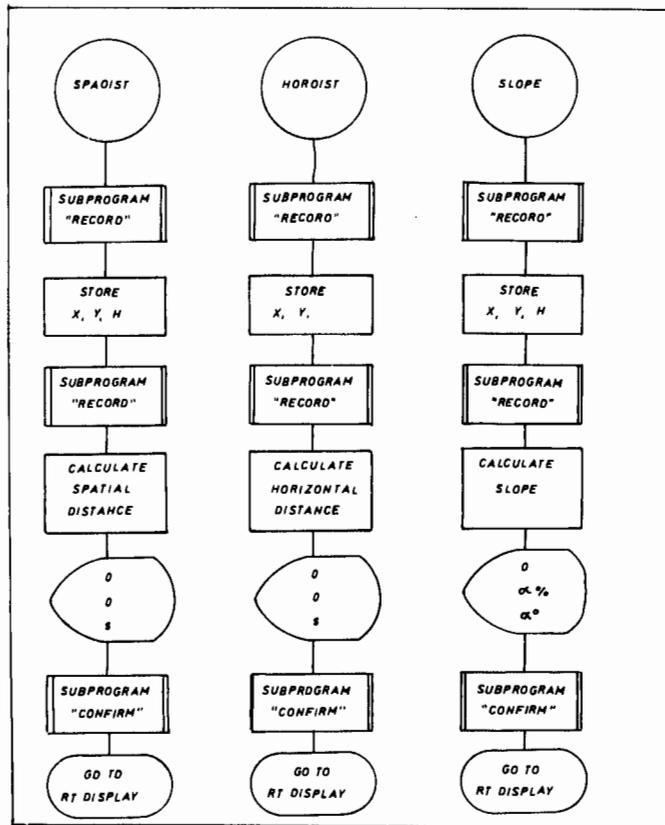


Fig. 12

Flußdiagramm zu SPADIST, HORDIST und SLOPE

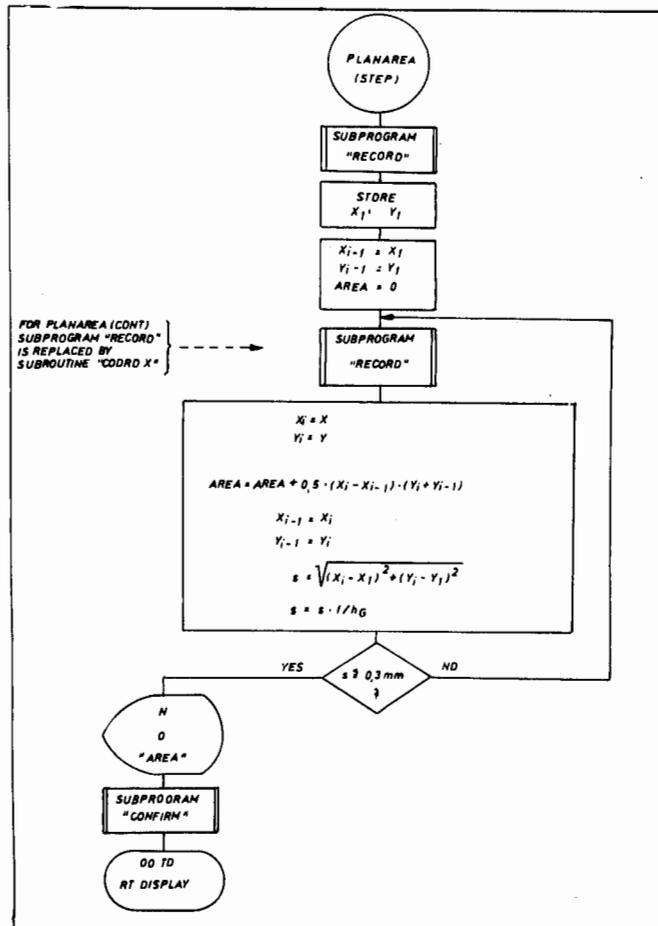


Fig. 13

Flußdiagramm zu PLANAREA

7. Leistung des STEREOCORD G2-Systems

Bereits das mechanisch-optische Grundgerät für sich ermöglicht die rein qualitative Interpretation von Stereo-Bildpaaren, mit dem Pantograph ist zusätzlich grobe graphische (nicht entzerrte) Auswertung möglich. Der Anschluß des DIREC liefert die digitale Anzeige der Bildkoordinaten x' , y' des linken Bildes und der x-Parallaxe.

Erst in Verbindung mit einem Rechner eröffnen sich die vielfältigen Möglichkeiten wie laufende Berechnung und Anzeige von Geländekoordinaten, Bestimmung von Strecken, Relativ-Höhen, Winkeln, Böschungen, Flächen, Volumina und Orientierungs-Daten sowie einfache Weiterverarbeitung dieser Ergebnisse wie z. B. im Hinblick auf statistische Verteilungen, Vergleich mit Soll-daten etc.

Mit den Peripherie-Einheiten zum Rechner erweitern sich die Anwendungen um Datenregistrierung für komplexe off line-Berechnungen auf allgemeinen EDV-Anlagen (Lochstreifen-Stanzer, Bandkassette) und um einfache, entzerrte Kartierung (xy-Plotter). Ein xy-Plotter bietet im Vergleich zu sonstigen photogrammetrischen Zeichentischen zwar bescheidene, aber für bestimmte Anwendungen voll ausreichende Möglichkeiten. Entsprechend den gegebenen Formaten und Rechengeschwindigkeiten ist punktwises und halbautomatisches Zeichnen mit Kartengenauigkeit, aber auch kontinuierliches Zeichnen denkbar.

Mit den gegebenen Betriebssystemen BOSS A bis BOSS C ist nicht nur die Auswertung von genäherten Senkrechtaufnahmen möglich, auch genähert horizontale Aufnahmen von Stereomeßkammern lassen sich ohne Einschränkung auswerten. Nach Modifikation von RELORIENT B/C wären auch terrestrische Aufnahmen mit nicht streng parallelen Aufnahmeachsen orientierbar und damit auswertbar.

Die Auswertung beschränkt sich nicht nur auf Stereomodelle. Auch Einzelbilder oder jede graphische Darstellung kann bis zu einem Format von $9\frac{1}{2}'' \times 9\frac{1}{2}''$ ausgemessen werden. Das STEREOCORD G2 kann somit auch als Digitalisier-Einrichtung bzw. in Verbindung mit der Grund-Software als digitales Meßlineal bzw. als digitales Planimeter verwendet werden.

Diese Vielseitigkeit dürfte für zahlreiche Aufgaben in den verschiedensten Anwendungsfällen von Interesse sein. Darüber wird getrennt berichtet werden [5].

Die bisherigen Erfahrungen mit dem Prototyp haben gezeigt, daß das STEREOCORD G2 auch ohne Vorkenntnisse in photogrammetrischen Methoden und der Bedienung von Tischrechnern sowie ohne große Einarbeitungszeit von jedem Interessenten benutzt werden kann. Ein zusätzlich zum Manual mitgegebener Operation Quick Guide und Program Quick Guide ermöglichen das Vorgehen nach Art einer Checkliste.

Die Arbeitsgeschwindigkeit ist sehr hoch und praktisch nur durch die manuellen Tätigkeiten, wie Bilder einlegen, Programme laden, Soll-daten eingeben oder Modellpunkte einstellen, begrenzt. Die Rechenzeit für Orientierungs- und Anwendungsprogramme bleibt beim HP 9810 jeweils unter einer Sekunde und ist damit vernachlässigbar. Es hat sich gezeigt, daß das Einlegen eines Stereomodells vom Einschalten des Gerätes ab bis einschließlich relativer und absoluter Orientierung bequem innerhalb von 15 Minuten durchgeführt werden kann. Wurde ein Fehler gemacht, kann relative oder absolute Orientierung in jeweils 2 bis 3 Minuten wiederholt werden. Die Bestimmung von Meßgrößen wie Strecken, Winkel etc. erfordert einschließlich Laden des entsprechenden Programms weniger als 1 Minute. Ist das Programm bereits geladen, fällt praktisch als Zeitaufwand nur die Einstellung zweier (bzw. mehrerer) Punkte an.

Wie bereits bei der Zusammenstellung der technischen Daten des STEREOCORD-Grundgerätes erwähnt, beträgt die Auflösung sowohl der Linearimpulsgeber für x' und y' als auch des Rotationsimpulsgebers für ρ_x $10\ \mu\text{m}$. Die Meßgenauigkeit für x' , y' darf auf Grund von Gittermessungen zu ca. $20\ \mu\text{m}$ Standardabweichung über den gesamten Meßbereich erwartet werden und wird vor allem durch die Einstellgenauigkeit bei freihändiger Bildwagenführung bedingt. Die Meßgenauigkeit der x-Parallaxe ergab sich beim Prototyp gegenüber einem Glasmaßstab zu $7\ \mu\text{m}$ bei Einstellung jeweils aus einer Richtung. Bei Einstellung aus unterschiedlichen Richtungen muß mit etwa $12\ \mu\text{m}$ mittlerer Abweichung gerechnet werden. Wird, wie allgemein üblich, die Meßmarke immer von oben auf die Modellfläche aufgesetzt, bleibt also die Genauigkeit der x-Parallaxenmessung innerhalb $10\ \mu\text{m}$.

Messungen von Gittermodellen (15 Punkte) unter Verwendung von BOSS C haben folgende Genauigkeiten, bezogen auf den Bildmaßstab, ergeben:

Gittermodell	$\sigma_o = \sigma_{xy}$	σ_p	σ_z	σ_z/Z
$v = 0^g$	0,05	0,08	0,07	0,5
$v = 1^g$	0,05	0,07	0,07	0,5
$v = 4^g$	0,17	0,25	0,25	1,6
	mm	mm	mm	%

Hierzu ist zu bemerken, daß Filmgitter benutzt wurden, die im Entzerrungsgerät SEG 5 von einem Glasgitter abgeleitet wurden. Die Gitter wurden so eingelegt, daß sich Modelle mit divergierenden Aufnahmeachsen ergaben. Die Neigungskomponenten betragen 0.7^g bzw. 2.7^g . Der instrumentelle Fehleranteil dürfte etwa $\sigma_{xy} = 0.03$ bis 0.04 mm, $\sigma_p = \sigma_z = 0.05$ bis 0.06 mm ≈ 0.3 % betragen. Bei Verwendung von BOSS C ist ein etwa quadratisches Ansteigen der Fehler mit wachsender Aufnahme neigung zu erwarten (Fig. 14).

Messungen von Stereomodellen (Weitwinkel, $9'' \times 9''$, Papier- und Korrektostat-Abzüge) mit Aufnahme neigungen von 2.5 bis 4^g und Höhenausdehnungen bis zu etwa 10 % der Flughöhe ergaben Lagegenauigkeiten von 0.1 bis 0.2 mm im Bildmaßstab und Höhengenaugigkeiten von 0.7 bis 2 % der Flughöhe.

Aus diesen Ergebnissen wird deutlich, daß die Genauigkeit des STEREOCORD G2 in serienmäßiger Ausstattung für die vorgesehenen Aufgaben voll ausreicht.

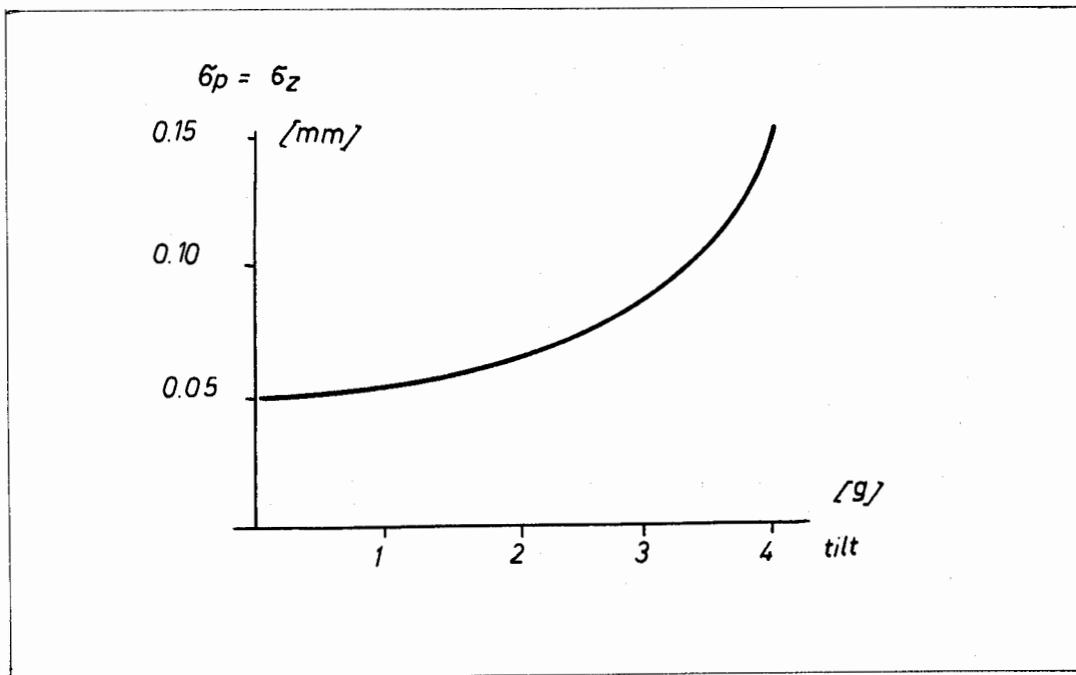


Fig. 14 Modellgenauigkeit des STEREOCORD G 2 bei Gebrauch des Betriebssystems BOSS C in Abhängigkeit von der Aufnahme neigung

Literatur:

- [1] Armistead, John G.:
Photogrammetric System to
Support the Field Army
Special Print of USAETL,
Fort Belvoir, Virginia 22060
- [2] Brun, R.:
A new Stereotope - Digitizer System
for measuring and processing
Tree Data from large-scale
Aerial Photographs
Forest Management Institute (Canada),
Information Report FMR-X-41
January, 1972
- [3] Deker, H.:
Theorie und Praxis des Stereotop
Bildmessung und Luftbildwesen 2/1956,
S. 56 ff
- [4] Jerie, H.G.:
Errors in height and planimetry in
the Stereotop due to its approximate
solution of the double resection in space
Photogrammetria 56/57, S. 117 ff
- [5] Faust, H.-W.:
Das STEREOCORD G2, seine Anwendung in
der messenden Luftbildinterpretation
Veröffentlichung zur
35. Photogrammetrischen Woche 1975
in Stuttgart

Das ZEISS - STEREOCORD G2,
ein einfaches Stereomeßgerät für rechner-unterstützte Auswertungen
von D. Hobbie, Oberkochen

Zusammenfassung:

Das Stereomeßgerät STEREOCORD G2 von CARL ZEISS, Oberkochen, für einfache Auswertungen wird vorgestellt und hinsichtlich Funktionsweise, Leistung und Anwendungsmöglichkeiten beschrieben. Die Grundausstattung des STEREOCORD besteht aus mechanisch-optischem Grundgerät zur Betrachtung und Ausmessung von Stereobildpaaren, aus der elektronischen Einheit DIREC 1 zur Zählung und Anzeige von Bildkoordinaten x' , y' , px und einem handelsüblichen Tischrechner zur Berechnung von Geländekoordinaten XYH . Mit entsprechenden Rechnerprogrammen, die vom DIREC aus durch nur einen Tastendruck angewählt werden können, läßt sich eine Vielzahl von Berechnungen in Verbindung mit rechner-gesteuerten Messungen ausführen. Ein umfangreiches Spektrum von Peripherieeinheiten für STEREOCORD und Tischrechner gewährleistet vielseitige, überwiegend punktweise Auswertemöglichkeiten. Das Gerät wird damit für den großen Kreis der quantitativ arbeitenden Photointerpreten, aber auch für Randaufgaben in der Photogrammetrie von Nutzen sein.

Abstract:

The paper describes the operation, output rate and uses of the G-2 STEREOCORD stereoplottter by CARL ZEISS of Oberkochen, designed for simple plotting work. The basic equipment of the STEREOCORD consists of a basic opto-mechanical unit for viewing and measuring stereo pairs, the electronic DIREC-1 unit for counting and displaying image coordinates x' y' px and a commercial desk calculator for computing the XYH ground coordinates. With suitable programs that can be directly selected by pressing a key on the DIREC unit, a multitude of calculations can be made in conjunction with calculator-controlled measurement. A wide choice of peripheral units for the STEREOCORD and the desk calculator make the equipment suitable for many different plotting jobs, above all in the point-by-point mode. As a result, the instrument will not only be of great use in quantitative photointerpretation, but also in marginal areas of photogrammetric work.

Le STEREOCORD G 2 - son emploi pour l'interprétation métrique des photographies aériennes

Résumé

L'exposé décrit le STEREOCORD G 2 développé par CARL ZEISS, Oberkochen, comme simple appareil stéréorestituteur. Il mentionne son principe de fonctionnement, son rendement et ses possibilités d'emploi. Le STEREOCORD G 2 se compose d'une unité de base optique-mécanique pour l'observation et la mesure des couples de clichés stéréoscopiques, d'une unité électronique DIREC 1 pour le comptage et l'affichage des coordonnées-image x' y' px et d'un calculateur de table de type courant pour le calcul des coordonnées-terrain XYH. Avec des programmes adéquats chissables à partir de l'unité DIREC 1 au moyen d'une touche, on peut exécuter des multitudes de calculs à partir des valeurs que fournissent les mesures pilotées par le calculateur. De nombreuses unités périphériques sont disponibles pour le STEREOCORD G 2 et pour le calculateur de table. Elles offrent des possibilités de restitution très variées, la plupart point par point. Le STEREOCORD G 2 se révèle particulièrement utile pour les photointerprètes chargés de travaux quantitatifs, ainsi que pour les tâches secondaires de la photogrammétrie.

El STEREOCORD ZEISS G 2 - un estereorrestituidor sencillo apoyado de computadores

Se presenta el estereorrestituidor STEREOCORD G-2 de CARL ZEISS, Oberkochen para restituciones sencillas y se describen su funcionamiento, su capacidad y sus aplicaciones. El equipo básico del STEREOCORD consiste en una unidad básica óptico-mecánica para la observación y medición de pares de fotos estereoscópicas, la unidad electrónica DIREC-1 para el cómputo y la indicación de las coordenadas de la imagen x' y' px y de una calculadora de sobremesa comercial para el cálculo de las coordenadas XYH del terreno. Con los correspondientes programas de cálculo, que pueden elegirse pulsando un botón en el DIREC, es posible ejecutar una multitud de cálculos relacionados con mediciones controladas por calculadora. Una amplia gama de unidades periféricas para el STEREOCORD y la calculadora de sobremesa garantiza numerosas posibilidades de restitución, predominantemente punto a punto. El instrumento así será muy útil para el gran círculo de fotointerpretes que trabajan cuantitativamente, pero también para tareas marginales de la fotogrametría.