

vollständig, sie zeigt aber, daß die Forst- und Holzwirtschaft Nordeuropas offensichtlich in ihrer langen Entwicklung an einem entscheidenden Wendepunkt angelangt ist. Die Notwendigkeit der Umorientierung in der Produktionsausrichtung ist erkannt, auch die Tatsache, daß die Phase der schnellen Expansion und nahezu konkurrenzloser Marktbeherrschung in Europa vorüber ist; die Frage bleibt jedoch bestehen, ob diese Erkenntnis noch früh genug gekommen ist, um die notwendigen strukturellen und organisatorischen Veränderungen in nächster Zukunft durchzuführen. Hierüber gehen auch in Schweden und Finnland die Meinungen auseinander.

#### Literatur

- ERVASTI, S. u. a.: Forestry and forest industry production alternatives in Finland, 1970–2015. Helsinki 1970 (= Folia Forestalia 88).
- HÄKKILÄ, M.: The private forestry of Oulainen, Finland: A study in forest geography. Helsinki 1974 (= Fennia 128).
- : Geographical aspects of forest returns on Finnish farms. Helsinki 1977 (= Fennia 152).
- HUTTUNEN, T.: Suomen Puunkäyttö, Poistuma ja Metsätase 1976–78 (Wood Consumption, Total Drain and Forest Balance in Finland 1976–78). Helsinki 1979 (= Folia Forestalia 376).
- Industridepartementet* (Hrsg.): Skogindustrin – nuläge och utvecklingsmöjligheter. Stockholm 1979.
- Jordbruks Departementet* (Hrsg.): Skog för framtid. Stockholm 1978 (= SOU 1978:7).

- Skogindustriernas Samarbets Utskott* (Hrsg.): Svenks skogindustri i omvandling. 2 Bde. Stockholm 1971.
- SÖMME, A. (Hrsg.): Die nordischen Länder. Braunschweig 1967.
- SOYEZ, D.: Resurskonflikter i Bergslagen. Stockholm 1978 (= Kulturgeografiskt Seminarium 14/1978).
- The National Federation of Swedish Forest Owners' Association* (Hrsg.): Swedish Forestry 78. Stockholm 1979.
- WINDHORST, H.-W.: Geographie der Wald- und Forstwirtschaft. Stuttgart 1978.
- : Die Forst- und Holzwirtschaft der Vereinigten Staaten. Wiesbaden 1979.
- : Raumgebundenheit und Raumwirklichkeit holzverarbeitender Industrien. In: Forstarchiv 51 (1980), Heft 6, S. 103–112. (1980a).
- : Probleme staatlicher Holzindustrie in Finnland und Schweden. In: Forstarchiv 51 (1980), Heft 9, S. 169–174. (1980b).
- : Forst- und Holzwirtschaft in den borealen Nadelwäldern. Paderborn 1981.

#### Statistiken

- Skogsstatistisk Årsbok 1976, 1977, 1978. Jönköping 1978, 1979, 1980.
- Statistical Yearbook of Finland 1978. Helsinki 1979.
- Yearbook of Nordic Statistics 1978 und 1979. Stockholm 1979 und 1980.
- Yearbook of Forest Products. Rom, verschiedene Ausgaben.
- Yearbook of Forest Statistics 1977/78. Helsinki 1979.
- Business Statistics 1977. Hrsg. v. U.S. Dept. of Commerce. Washington, D.C. 1978.
- U.S. Industrial Outlook 1979. Hrsg. v. U.S. Dept. of Commerce. Washington, D.C. 1979.

## BERICHTE UND MITTEILUNGEN

### DIE COMPUTER-GESTÜTZTE QUANTITATIVE LUFTBILDAUSWERTUNG MIT DEM ZEISS-STEREOCORD UND SEINEN PERIPHERIEGERÄTEN ZUR RATIONALISIERUNG DER FELDFORSCHUNGEN IN DEN GEOWISSENSCHAFTEN

Mit 2 Abbildungen, 2 Photos, 1 Tabelle und 1 Beilage

EKKEHARD JORDAN und WOLFGANG KRESSE

*Summary:* Computer-based quantitative aerial-photograph evaluation with the ZEISS-STEREOCORD and its peripheral instruments for the rationalization of field research in the earth sciences

With the expanded ZEISS-STEREOCORD system even the geoscientists working with cartographic representations are being offered a photointerpretation kit which, though requiring relatively little servicing and expenditure, offers the possibility of strictly quantitative numerical and cartographic aerial-photograph interpretation even to scientists with insignificant photogrammetric knowledge. The development, capabilities and basic manner of functioning

of the instrumental equipment, which is designed in accordance with the principle of standardized units, are shown and some data concerning precision and tolerance of error are provided. Practical experience of the application of the instrument is demonstrated on the basis of two comprehensive studies already in progress, and the considerable facilitation of field work achieved through its use are made clear. As the first result achieved by the authors a map plot of areas of Bolivia never previously worked-up is presented and the article is added to this periodical as a supplement; this is a software version of the STEREOCORD expanded by a rectified cartographic presentation.

## I. Problemstellung und Zielsetzung

Luft- und Satellitenbilder nehmen heute als Arbeits- und Forschungsmittel in den Geowissenschaften einen breiten Raum ein und sind nicht mehr zu entbehren. Nach anfänglicher Euphorie sind in den letzten Jahren dank nüchtern abklärender Überlegungen (u. a. Deutscher Kartographentag 1980) die heutigen Grenzen der Satellitenbildverwendung aufgezeigt worden; denn trotz des unzweifelhaft ansprechenden ästhetischen Eindruckes vor allem farbiger Satellitenbilder kommen wir bisher über den Mangel eines zu geringen Auflösungsvermögens für Detailuntersuchungen nicht hinweg, ganz abgesehen von grundsätzlichen geometrischen Nachteilen, die Erschwernisse bei der Erfassung von Höhenunterschieden in erdoberflächenrelevanten Dimensionen ergeben.

Durch derartige Erörterungen wurde klar abgesteckt, daß dem jeweiligen Material die jeweilige Betrachtungsdimension zuzuordnen ist. Für raumübergreifende Betrachtungen, wie etwa die Wettervorhersage in der Meteorologie, aber auch als didaktische Bereicherung in der Schulgeographie – um nur zwei Beispiele der umfangreichen Verwendung zu nennen – hat das Satellitenbild eine wichtige Funktion, während das Luftbild seinen Wert bei allen großmaßstäblichen Betrachtungen sowie in der Landesvermessung zur Kartenherstellung oder zur Beschaffung von detaillierten Planungsunterlagen in allen Sachbereichen nie verloren hat.

Die Diskussion im Bereich der Didaktik über das Umfeld Satellitenbild – Karte – Luftbild (vgl. div. Artikel in den letzten Jahrgängen der Geogr. Rdsch.) hat mehr oder weniger unbeabsichtigt die vielfältigen Notwendigkeiten des Rückgriffes auf Luftbilder konventioneller Art deutlich sichtbar werden lassen. Dies hat seinen Grund nicht unwesentlich in der Tatsache, daß auch die anwendenden Wissenschaften mehr und mehr von der überwiegend qualitativen Interpretation zu der quantitative Bedürfnisse befriedigenden Auswertung übergehen und gerade hier die Senkrechtluftbilddaufnahmen große Vorteile bieten. Die besagten Vorteile können aber nur mit höherem apparativen Auswertaufwand voll genutzt werden.

Dabei bestand bis dato das Dilemma, daß bei der fachwissenschaftlichen Photointerpretation zur präzisen kartographischen Darstellung von Luftbildinhalten auf topographische Karten zurückgegriffen werden bzw. in der Regel mit recht ungenauen Kartenskizzen vorliebgenommen werden mußte; denn es ist nun einmal eine verständliche Tatsache, daß der aus den verschiedensten Wissenschaftsdisziplinen kommende, Photointerpretation betreibende Fachwissenschaftler selten weder über eine umfassende und vertiefte Instrumentenkenntnis noch über komplizierte und teure Präzisionsgeräte des photogrammetrisch kartographischen Sektors selbst verfügen kann. Mit den von ihm verwendeten einfachen Interpretationsgeräten sind die durch Aufnahme- und Reproduktionstechnik sowie Geländeformen bedingten Maßstabsunterschiede und Verzerrungen im Luftbild nicht zu beseitigen, und er bleibt dort die Lösung schuldig oder muß sie fachfremden Personen des Vermessungswesens mit all den sich aufwerfenden Problemen überlassen, wo es auf

exakte maßstabgerechte Wiedergabe von Photointerpretationsergebnissen ankommt – etwa bei der Bearbeitung für geologische, geomorphologische und vegetationskundliche Kartenwerke aber auch forst- und agrarwirtschaftliche Karten oder wo gar quantitative angewandte Bildauswertung, die über reine Zählungen hinausgeht, sinnvoll wäre. Die andere Möglichkeit, sich in das komplizierte Instrumentarium einzuarbeiten, scheitert in der Praxis am zeitlichen Aufwand bzw. an der Verfügbarkeit der Geräte und damit am Kostenaufwand.

Dieser Tatsache Rechnung tragend, wurde von CARL ZEISS – Oberkochen ein Stereomeßgerät entwickelt, das auch dem photogrammetrischen Laien erlaubt, fehlerdefinierte Auswertungen bis zu mittleren Genauigkeitsansprüchen aus sich stereoskopisch überdeckenden Bildern selbst vorzunehmen. Unter dem Namen STEREOCORD G2 wurde es auf den Markt gebracht. Es handelt sich dabei um ein Nebenprodukt der voll auf Automatisierung abgestellten neuen photogrammetrischen Geräteserien. Durch den Einsatz von programmierbaren Rechnern und einigen konstruktiven Änderungen war man in der Lage, ein mit recht hohem Orientierungsaufwand arbeitendes älteres Modell, das weit verbreitete STEREOTOP, so zu verbessern und doch gleichzeitig in seiner Handhabung zu vereinfachen, daß es heute auch dem nicht mit speziellen photogrammetrischen und kartographischen Arbeitstechniken vertrauten Luftbildinteressenten möglich ist, sich seine Karten für verschiedenste Belange völlig entzerrt aus dem Luftbild selbst herzustellen und darüber hinaus zahlreiche quantitative Aussagen über Luftbildinhalte zu machen. Der Bildeinstellungsaufwand ist dabei nur geringfügig größer als bei dem einfachen STEREOPRET.

Die wenigen Jahre des bisherigen praktischen Einsatzes haben darüber hinaus gezeigt, daß dieses STEREOCORD weit mehr Möglichkeiten in sich birgt, als dies seinerzeit von den aus der Photogrammetrie stammenden konstruktiven Vätern des Gerätes vorhersehbar war. Die Rückkoppelung und der Gedankenaustausch der meist aus der nichtphotogrammetrischen Anwendungspraxis kommenden Nutzer hat zu Anregungen geführt, das STEREOCORDsystem insbesondere über seine Peripheriegeräte weiter auszubauen. Hierzu bietet geradezu die Entwicklung der Tischcomputertechnik immer größere Möglichkeiten.

Da hiermit auch weiten Kreisen der Geowissenschaften neue Dimensionen der quantitativen Luftbildinterpretation mit verzerrungsfreier kartographischer Darstellung eröffnet werden, sollen an dieser Stelle die Prinzipien der Funktionsweise des Gerätes, der Entwicklungsstand und die weiteren Ausbauvorhaben sowie einige praktische Beispiele der Durchführung von Projekten und Kartierungen vorgestellt werden, um an ihnen die Einsparmöglichkeiten für Feldarbeitszeit zu verdeutlichen.

## II. Die Grundprinzipien von Aufbau und Funktion des STEREOCORD G2

Das STEREOCORD-System besteht in seiner einfachen Ausführung aus 3 Komponenten (vgl. Photo 1)

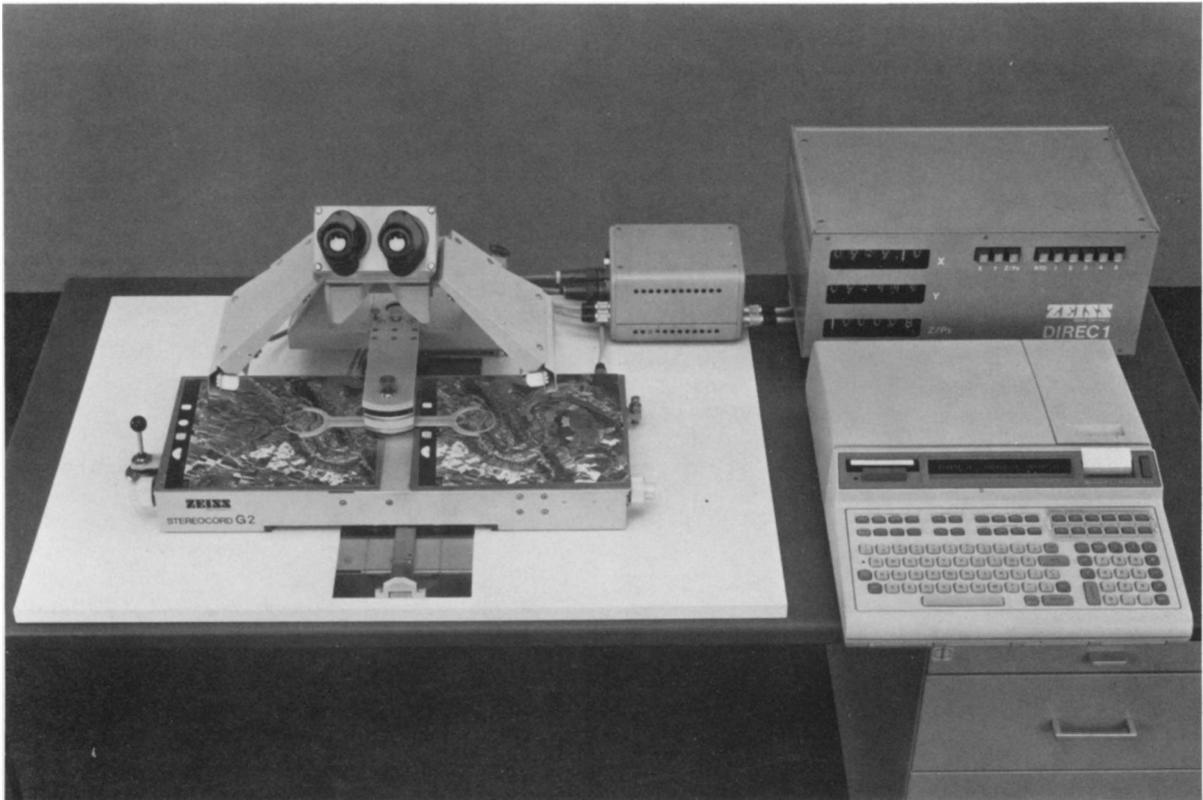


Photo 1: Die übliche STEREOCORD-Ausrüstung für Aufgaben im numerischen Bereich mit dem Grundgerät STEREOCORD G 2, dem DIREC 1 und dem Tischrechner HP 9815 (Werkphoto CARL ZEISS – Oberkochen)

The usual STEREOCORD kit for tasks in the numerical sphere with the basic instrument STEREOCORD G 2, the DIREC 1 and the desk-top calculator HP 9815

1. dem eigentlichen STEREOCORD G 2 als mechanisch-optischem Grundgerät zur Betrachtung und Messung von Stereobildpaaren,
2. dem elektronischen Gerät DIREC 1 zur Anzeige, Zählung und Weiterleitung gemessener Daten sowie zum Abruf von Rechnerprogrammen und
3. dem Tischcomputer zur Verarbeitung der Messungen und Bereitstellung der Ergebnisse.  
Neben diesen instrumentellen 3 Hardware-Komponenten müssen als wichtiger weiterer Bestandteil
4. die Software, d. h. die bestehenden Rechnerprogramme für den Ablauf der Meßvorgänge genannt werden. Sie steuern gewissermaßen die Meßdurchführung und sind der Schlüssel für die erstaunlich vielfältigen Möglichkeiten des Gerätesystems.

Diese Basisausrüstung läßt sich erweitern durch ein vielfältiges Zusatzprogramm an Geräten der Peripherie und des Zubehörs, mit denen auch umfangreiche Sonderwünsche erfüllt werden können.

Das Grundgerät besteht im Prinzip aus einem Spiegelstereoskop, unter dem ein Meßwagen über eine gemeinsame Grundplatte in x- und y-Richtung wie ein Kreuzschlitten geführt werden kann. Zum Zwecke der Messung werden im Meßwagen befindliche Linearschrittgeber über ein feingeteiltes Schienensystem bewegt, das in Form eines gegeneinander verschiebbaren Achsenkreuzes angeordnet ist. Zur Parallaxenmessung ist die rechte Bildträgerplatte des Meßwagens gegen die linke feststehende über Rändelsschrauben beweglich. Eine Meßbrücke mit Meßmarken schließlich bildet den Bezugspunkt zu Bildinhalten.

Der Aufbau des elektronischen Gerätes DIREC 1 wird den Benutzer in der Regel nicht interessieren. Dagegen stellt sich beim 3. Hardware-Bestandteil, dem Rechner, die Frage nach den verwendbaren Rechnertypen. Hier kann grundsätzlich jeder Tischrechner Einsatz finden, doch hat die Praxis gezeigt, daß besonders der nicht photogrammetrische Benutzer auf die bereitstehende Software angewiesen ist, aber auch der selbst Programmierende die Vorteile einer bereitstehen-

den Software zu schätzen weiß. Da jedoch bei der Vielfalt des auf dem Markt befindlichen Rechnerangebots aus ökonomischen Gründen eine Beschränkung notwendig ist, wird die Software nur für Rechner-Typen der Hewlett-Packard Modelle angeboten. Auch die Verfasser haben mit dieser Kombination weitergearbeitet, und sie wird mit fortschreitender Entwicklung immer zwingender; denn die bisher bestehende Software zu programmieren, wäre ein Jahres-Zeitaufwand! Gehen wir daher in den folgenden Darlegungen der Funktionsweise vom Einsatz der bestehenden Software aus. Durch ihre Ausfeilung wurde schließlich die hochgradige Benutzerfreundlichkeit und Störunanfälligkeit des Geräte-Systems erreicht.

Das STEREOCORD-Grundgerät allein ermöglicht bereits die qualitative Auswertung von Einzelbildern und Stereobildpaaren, und mit dem anschließbaren Pantographen können lagemäßig nicht entzerrte graphische Auswertungen vorgenommen werden und dem Luftbild geometrisch ähnliche Zeichnungen ausgeführt werden.

Hierzu sind die Bilder nur auf dem Meßwagen einzulegen und gegebenenfalls stereoskopisch auszurichten. Die abklappbare Vergrößerungsvorrichtung erlaubt die Ganzfeldbetrachtung und stufenweise Ausschnittvergrößerung der Bildinhalte. Insgesamt erreicht man die beim STEREOPRET gegebenen Auswertemöglichkeiten.

Bei der Verbindung mit dem DIREC 1 erhält man zusätzlich die digitale Anzeige der Bildkoordinaten und der x-Parallaxe und kann mit Hilfe der Meßmarken wie mit dem Stereomikrometer relative Höhenunterschiede erfassen.

Die große Fülle von Auswertungsmöglichkeiten ergibt sich schließlich durch den Anschluß eines Rechners über ein Interface. Damit werden über die Bildorientierung und den Einsatz von Transformationsgleichungen die Berechnung und Anzeige von Geländekoordinaten, Höhen, Entfernungen, Winkeln, Neigungen, Flächen, Volumina möglich, und die spezielle Kombination all dieser Fähigkeiten läßt praxisbezogene Sonderprogramme für Planung, Geologie, Forstwirtschaft etc. zu. Noch attraktiver für die Geo- und

Raumwissenschaften wird die Erweiterung dieses Systems über einen Interfaceanschluß mit einem automatischen Zeichengerät, dem XY-Plotter. Hierdurch wird nun auch das Computer-gesteuerte Zeichnen mit der vollentzerrten Luftbildkartierung in amtlicher Kartengenauigkeit möglich. Vor allem thematische Karten über Profile bis zur Signaturenzeichnung lassen sich vollautomatisch vom Interpretieren aus dem Luftbild bis zum Stadium der vollendeten Rohkarte ausplotten. Selbstverständlich können auch topographische Inhalte punkt-, linien- und flächenhaft ausgezeichnet werden, und über eine Höhenkotenkarte kann man eine Höhenschichtenkarte entwerfen.

Zu Zwecken der Datenverarbeitung kann neben dem Plotter auch jedes andere lieferbare Peripheriegerät wie Lochstreifenstanzer, Magnetbandkassette und Drucker an den jeweiligen Rechner angeschlossen werden.

Der Weg bis zu dieser Vervollkommnung ist gekennzeichnet durch die revolutionäre Entwicklung auf dem Kleincomputersektor. Als 1975 das STEREOCORD vorgestellt wurde (HOBBIE 1976), beschränkte sich die Erprobung des Prototyps noch auf die Modelle 9810 und 9830 der Hewlett Packard Tischrechnerserie mit nur 51 Datenspeichern und 500 Programmschritten für den ersteren. Heute, nur gut 5 Jahre später, stehen bei gleichen Kosten mit dem HP85 nicht nur 16 000 byte, sondern darüber hinaus ein im Rechner integrierter Bildschirm zur Verfügung. Dies ist und wird sowohl der Verbesserung der Genauigkeit durch die Verwendung komplizierterer und damit präziserer Transformationsgleichungen als auch der Benutzerfreundlichkeit zugute kommen. Schon bei der Umstellung auf den HP9815 im Jahre 1977/78 wurden Verbesserungen vorgenommen (vgl. MOHL 1980). Die damit erreichten Genauigkeiten sind in Tabelle 1 (aus MOHL 1980, S. 185) wiedergegeben und stellen Tests an praktischen Beispielen dar. Überträgt man die Größenordnungen auf die von den Autoren auf der gleichen Basis am selben Rechnertyp erstellten Plotterprogramme, so entspräche dies etwa der Strichstärke des Plotterstiftes. Verwendet man statt der im Test benutzten Papierbildabzüge

Tabelle 1: Ergebnisse von Untersuchungen über erreichbare Genauigkeiten mit dem STEREOCORD G2 (aus MOHL 1980, S. 185)

Test objects	Eichstätt	Forbach 1	Forbach 2	Schorndorf
Data				
focal length	153,18 mm	152,55 mm	152,55 mm	139,60 mm *)
flight height	2600 m	570 m	595 m	20 m
photo scale	1:17000	1:3740	1:3900	1:145
$\varphi_1$	-1,081	-2,094	-0,377	no relative orientation
$\omega_2$ grads	0,298	1,393	2,918	
$\varphi_2$	-0,798	-2,648	-0,955	
$\Delta\Omega$ grads	1,282	1,825	-1,804	29,923
$\Delta\Phi$	-0,232	-2,579	3,274	-0,319
$\mu_{xy}$ m	1,1 m = 65 $\mu$ m	0,22 m = 59 $\mu$ m	0,42 m = 108 $\mu$ m	0,007 m = 48 $\mu$ m
$\mu_{hg}$ m $\hat{=}$ % · hg	0,7 m $\hat{=}$ 0,027 %	0,06 m $\hat{=}$ 0,011 %	0,16 m $\hat{=}$ 0,027 %	0,014 m $\hat{=}$ 0,07 %

die viel maßtreueren Negative oder Filmpositivmaterial – dies ist beim Einsatz des Zubehörs für Durchlichtbetrachtung jederzeit möglich – so wird bereits eine Genauigkeit erreicht, die für den Plottergebrauch überflüssig ist. Da für den rechnerischen Bereich eine Genauigkeitssteigerung aber stets von Vorteil ist (hier geht es z. B. um Längen, Flächen und Volumenberechnungen), wird bei der jetzt in Arbeit befindlichen Umstellung auf die neueste Rechnermodellserie HP 9835 und 85 eine weitere Verbesserung auf verschiedensten Ebenen angestrebt. Damit wird es in Zukunft auch dem Laien möglich sein, Längen, Flächen und die meisten Höhen viel präziser aus dem Luftbild abzugreifen, als dies aus der stets mit Papierverzug behafteten Karte möglich ist. Die Flächenbestimmung ist ohnehin mit dem STEREOCORD einfacher und präziser, da es mit seinen Meßmarken über den Rechner einen eleganten Planimeter darstellt. Selbstverständlich sind der Präzisionssteigerung fest definierte Hardwaregrenzen gesetzt, die sich aus den Gerätekennkonstanten ergeben.<sup>1)</sup>

Auch für die Gestaltung der Zeichenprogramme ergeben sich durch die neuen Computer erhebliche Verbesserungen, die einerseits in der Einbeziehung des Bildschirms liegen, andererseits aber durch die erweiterte Rechnerkapazität Programmvereinfachungen und damit Operationsbeschleunigungen bewirken, die z. B. bei Flächenschraffuren die effektive Zeichenzeit deutlich verringern. Des weiteren wird hiermit auch die Programmierung komplizierter Signaturen und Symbole möglich. Durch den augenblicklichen Stand der instrumentellen Entwicklung (neueste Gerätekombination

vgl. Photo 2) ist die Grundlage gegeben, nunmehr die als Möglichkeit skizzierten Fähigkeiten des STEREOCORD-Gerätesystems auf dem graphischen Sektor mit angemessenem Aufwand voll in die Tat umzusetzen, und wir hoffen, für diesen Bereich in absehbarer Zeit die entsprechende Software bereitstellen zu können.

Der praktische Anwender wird von vielen dieser Grundlagen gar nicht tangiert. Ihm ist eine leicht verständliche Anleitung an die Hand gegeben, nach der er die Operationsschritte durchführt. Die Anleitung enthält eine ausführliche Beschreibung aller Programmabläufe einschließlich der notwendigen Bildvorbereitungsschritte. Daneben ist als wichtigster Teil für den Benutzer eine Operationskurzbeschreibung mit einer Dreigliederung in Maßnahme/Erläuterung/Rechner-Ausdruck beigefügt, die nebeneinander angeordnet sind, so daß man sofort einen Überblick über die notwendigen Operationsschritte: Rechner, – DIREC – oder Fußtastendruck bzw. STEREOCORD-Einstellung, die Alternativen und die Rechnerreaktion bekommt. So sind Fehler stets offenkundlich, und es kann zu ihrer Ausmerzung zu bestimmten Programmabschnitten zur Wiederholung zurückgekehrt werden. Dem Geübten schließlich reicht das je einseitige Orientierungs- bzw. Meßprogrammschema in Form eines Flußdiagramms als Gedächtnisstütze für den Programmablauf.

Im Routinefall müssen danach (1) zunächst die Luftbilder nach der üblichen Methode für die stereoskopische Betrachtung und Auswertung präpariert werden, um die Kantungen schon beim Einlegen der Bilder ins Gerät zu berücksich-

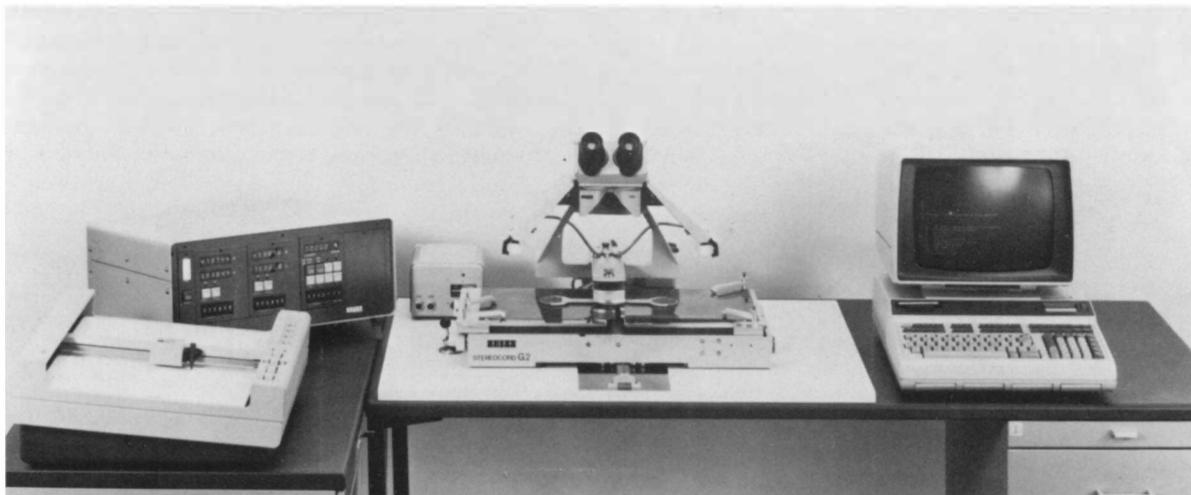


Photo 2: Eine der zukünftigen STEREOCORD-Ausrüstungen für Aufgaben im numerischen und kartographischen Bereich mit dem STEREOCORD G 2, dem DIREC 12, dem Tischrechner HP 9835 mit Bildschirm und dem Plotter HP 9872 A (Werkphoto CARL ZEISS – Oberkochen)

One of the future STEREOCORD kits for tasks in the numerical and cartographic sphere, with the STEREOCORD G 2, the DIREC 12 and the desk-top calculator HP 9835 with video screen and HP 9872 A plotter

<sup>1)</sup> Interessenten können diese beim Gerätehersteller Carl ZEISS D-7082 Oberkochen, Postfach 13 69/80, erfragen.

tigen. Ist der Einlegevorgang nach Anleitung abgeschlossen, kann die Arbeit mit dem Computer beginnen. (2) Nach Einsatz der Programmkassette müssen die Bildkenndaten: Bildnummer, Brennweite und Flughöhe eingegeben und die Bildhauptpunkte eingestellt werden. Danach erfolgt die relative Orientierung zur gegenseitigen parallaxenfreien Zuordnung der beiden Bilder. Nach der Berechnung der Parameter der relativen Orientierung geht das Programm über (3) zur absoluten Orientierung. Hiermit wird der geometrische Zusammenhang zwischen den Bildern und dem realen Gelände hergestellt, indem dem Rechner für einige Punkte des Bildmodelles (maximal 6) die Landeskoordinaten und Höhen mitgeteilt und durch Punkteinstellung im Bildpaar mit den Bildkoordinaten korreliert werden. Die Landeskoordinaten für die sog. Paßpunkte erhält man im einfachsten Falle als Hoch- und Rechtswerte durch Abgreifen aus amtlichen topographischen Karten oder von Landesvermessungsinstitutionen direkt. Da die Endgenauigkeit stark von der Exaktheit der Paßpunkte abhängt, ist hier eine sinnvolle Aufwand-Nutzenüberlegung zweckmäßig. Nach Beendigung dieser Schritte mit den abschließenden automatisch ablaufenden Berechnungen ist das Bildpaar bereit zu allen bereits erwähnten numerischen und graphisch-kartographischen Auswertemöglichkeiten, und es kann wahlweise zu den vorliegenden angewandten Programmen übergegangen werden.

Dabei ist der Auswerter mit umfangreichem Formelwerk und mehr oder weniger komplizierten Gleichungen, zu deren Veranschaulichung die augenblicklich Verwendung findenden Transformationsgleichungen in Abb. 1 wiedergegeben sind, nirgends in Berührung gekommen. Ja, vielfach wird aufgrund der kurzen Rechenzeiten nicht einmal im Entferntesten geahnt, was sich im „Rechnerkopf“ abspielt. Für den gesamten zuvor geschriebenen Orientierungsablauf benötigt man nach einer gewissen Einarbeitung im Höchstfalle 10–15 Minuten.

In Zukunft wird auf den neuen Rechnern durch den Bildschirminsatz die Kurzanleitung über diesen laufen und mit der Einbeziehung der Rahmenmarken in den Orientierungsvorgang eine zusätzliche Erleichterung einhergehen.

### *III. Der praktische Einsatz des STEREOCORDs in 2 Untersuchungsvorhaben*

Ende 1978 wurde ein deutsches Entwicklungshilfeprogramm zur Einrichtung eines Ökologischen Instituts an der Universität La Paz in Bolivien zum Zwecke der Lehre, Forschung und Beratung begonnen. (GTZ Projekt: Ökologie Universitätspartnerschaft La Paz – Bolivien.) Es war klar, daß in einem derart weitflächigen, überwiegend dünnbesiedelten Lande der angewandten ökologischen Luftbildinterpretation für die Kontrolle und Kartierung bestimmter Zustände gewichtige Bedeutung beizumessen ist. Auf der Anschaffungsliste stand daher auch ein in der Bedienung einfaches, aber Fehler-definierbaren quantitativen Ansprüchen genügendes Photointerpretationsgerät. Als die Grundausstattung des STEREOCORDs Ende 1979 endlich vor Ort in

Betrieb genommen werden konnte, stellte sich sehr bald heraus, daß die kartographische Darstellung mit Hilfe des abgeschlossenen Pantographen in vielen Fällen wenig Ähnlichkeit mit den Inhalten der entsprechenden amtlichen topographischen Karte hatte. Der Grund war klar: in Luftbildern, die teilweise über 5000 m relativen Höhenunterschied innerhalb eines Bildes aufweisen, sind 5 cm Lageversatz bei dieser Verfahrensweise durchaus „normal“ und auch theoretisch ableitbar (SCHWIDEFSKY / ACKERMANN 1976, S. 33). Die Erfahrungen zwangen somit zur sofortigen Zusatzbestellung eines Plotters. Inzwischen mußte, da der Auslandseinsatz zeitlich beschränkt war, mit den Feldarbeiten des vorgesehenen Interpretationsprojektes begonnen werden. Das Vorhaben hatte die Erstellung eines ökologischen Musterblattes in Anlehnung an die amtlichen topographischen Karten Boliviens im Maßstab 1 : 50 000 zum Inhalt. Die Auswahl des Blattes war so zu treffen, daß den Gesamtprojekterfordernissen Rechnung getragen werden konnte (Lehre, Forschung und Beratung). Da die Einarbeitung in eine weitgehend unbekannte Vegetation sehr zeitaufwendig ist, lag es nahe, die Erfahrungen von B. RUTHSATZ aus dem nördlichen Argentinien zu nutzen und, um gleichzeitig für die studentische Ausbildung hinreichend übersichtlich zu bleiben, ein Gebiet mit aufgelockerter Vegetation aus dem südlichen Altiplano zu wählen. Es war von vornherein sicher, daß für die Feldarbeiten nur sehr beschränkte Zeit im Rahmen eines Lehr- und Forschungspraktikums mit Studenten zur Verfügung stehen würde. So mußte ein Kompromiß gefunden werden: Die Feldarbeiten auf die Kartierung von Transekten zu konzentrieren und die pflanzensoziologischen Aufnahmen so repräsentativ wie möglich auszuwählen, während die flächendeckende Kartierarbeit mit den erstellten Feldunterlagen und den erworbenen Feldkenntnissen mit Hilfe des Luftbildes auszuführen geplant war. Um ein Gebiet zu wählen, das auch die nötigen Grauwertdifferenzierungen im Luftbild enthält, aber andererseits auch hinreichend zugänglich und durch Wege erschlossen ist, um die knappe Feldarbeitszeit optimal nutzen zu können, wurde schließlich das Blatt Mina Corina auserwählt. Selbstverständlich stehen für die Auswertung nur die herkömmlichen panchromatischen Luftbilder zur Verfügung.

Die Geländearbeiten wurden im April 1980 durchgeführt.

Mit der Einführung in den Gebrauch des STEREOCORDs wurde im Juni mit 2 Gruppen von je 4 Wochenstunden begonnen. Die teilnehmenden Studenten waren verpflichtet worden, einen einführenden einsemestrigen Photointerpretationskurs zu absolvieren, so daß sie mit den Grundkenntnissen der Luftbildgeometrie vertraut waren. Nach 6 Unterrichtseinheiten war man in der Lage, das gesamte numerische Softwareangebot von der Bildvorbereitung über die Paßpunktbeschaffung, Orientierung bis hin zur Flächen- und Volumenbestimmung am STEREOCORD selbständig zu nutzen. Dann aber kam die Ernüchterung; als endlich die zutreffende Plotteranleitung nachgeliefert war, stellte sich heraus, daß eine Software für die STEREOCORD-DIRECT-Rechner-Plotter Verbindung noch nicht existierte. Die gesamten graphisch-kartographischen Möglichkeiten des

## List of transformation equations used in COORD D:

INPUT = X', Y', PX  
measurement data  
taken over from  
DIREC



Reduction of DIREC coordinates to principal points:

$$\begin{aligned} x' &= X' - 1000 \\ y' &= Y' - 1000 \\ x'' &= X' - PX - b'' \end{aligned} \quad (1)$$

Computation of coordinates referred to left-hand photo ( $x^*$ ,  $y^*$ ,  $z^*$ ): true-vertical photos:

$$\begin{aligned} x^* &= a_{11} \cdot x' + a_{13} \\ y^* &= a_{21} \cdot x' + a_{22} \cdot y' + a_{23} \\ z^* &= a_{31} \cdot x' + a_{32} \cdot y' + a_{33} \end{aligned} \quad (2)$$

right-hand photo ( $x^{**}$ ,  $z^{**}$ ):

$$x^{**} = c_{11} \cdot x'' + c_{13} \quad (3a)$$

$$z^{**} = c_{31} \cdot x'' + c_{32} \cdot y' + c_{33} \quad (3b)$$

The coefficients  $a_{ik}$  and  $c_{ik}$  are given below.

Computation of effective  $\bar{x}^*$ -coordinate in left-hand true-vertical photo:

$$\bar{x}^* = z_0^* \left( \frac{x^*}{z^*} - \frac{x^{**}}{z^{**}} \right) \quad (4)$$

Computation of level difference between datum  $H_0$  and height of the point set in the STEREOCORD:

$$\Delta h = h_G \left[ 1 - \frac{b^*}{\bar{x}^*} \left( 1 + \frac{x^{**}}{z^{**}} - \tan \Delta \phi \right) \cdot \tan \Delta \phi \right] \quad (5)$$

Computation of ground coordinates:

$$\begin{aligned} X &= x^* \cdot \frac{(\Delta h - h_G)}{z^*} \\ Y &= y^* \cdot \frac{(\Delta h - h_G)}{z^*} \end{aligned} \quad (6) \quad X, Y \text{ as referred to left-hand nadir}$$

DISPLAY in RT-DISPLAY



$$H = H_0 + \Delta h \quad (7)$$

OUTPUT: Point number  
 $\bar{X}$   
 $\bar{Y}$   
H  
upon depression of  
foot control



$$\begin{aligned} \bar{X} &= X_0 + A \cdot X - 0 \cdot Y \\ \bar{Y} &= Y_0 + A \cdot Y + 0 \cdot X \end{aligned} \quad (8) \quad \bar{X}, \bar{Y} = \text{state plane coordinates if } X_0, Y_0, A, 0 \text{ have been determined by means of ABSORIENT.}$$

In the above mentioned transformation equations  $b''$ ,  $b^*$  and  $z_0^*$  are calculated as follows:

$$b'' = X'_{Hr} - PX_{Hr}$$

$$b^* = b' \cdot \cos \varphi_1 - f \cdot \sin \varphi_1 \quad \text{where } b' = X'_{Hr} - 1000$$

$$z_0^* = -(b' \cdot \sin \varphi_1 + f \cdot \cos \varphi_1)$$

$$Hr = \text{principal point right}$$

STEREOCORD-Systeme waren also noch nicht programmiert.

Wenn im gewählten Kartierungsblatt auch nicht Höhenunterschiede von 5000 m auftreten, sondern „nur“ ca. 2000 m, so war eine behelfsweise Kartierung mit Pantograph bei der Struktur der gewählten Karte doch nicht möglich: denn die wenigen Wege, die das Blatt durchziehen, und die sonstigen Orientierungsmöglichkeiten hätten auf der geometrischen Basis ein zu ungenaues und unbefriedigendes Ergebnis erbracht. Es mußte also eine Programmierung der Plotterfunktion in Angriff genommen werden; andererseits auch deshalb, weil dem Counterpart die beschaffte Ausrüstung nicht in halbgebrauchsfähigem Zustand hinterlassen werden konnte.

Die Software im numerischen Bereich war als Grundlage für die gestellten Kartierungsprogrammieraufgaben ausgefeilt genug und auch an den notwendigen Schnittstellen zugänglich, während andere Bereiche aus verständlichen Gründen vom Hersteller gegen Kopie geschützt sind. Zusätzlich kam uns freundlicherweise Firma ZEISS-Oberkochen durch die Auslistung der entsprechenden Programmteile der Grundsoftware für unseren weiteren Programmaufbau entgegen. Am Ende stand schließlich ein Programm, das innerhalb der Plotterdimensionen eine bestimmbare Kartengröße mit Achsenkreuz oder Gitternetz (von bestimmtem Abstand) in ebenfalls bestimmtem Maßstab auszeichnen läßt. Hierin können dann alle Bildinhalte durch An- und Umfahren mit der Meßmarke wahlweise in punkt- oder linienhafter Darstellung als Punkte, Linien oder Flächen automatisch eingezeichnet werden.

In die notwendigen Arbeitsschritte am Gerät wurden die Arbeitsgruppen daraufhin eingewiesen; dies erforderte etwa eine Unterrichtseinheit. Darüber hinaus mußten viele methodische und grundsätzliche Kartierungsinhalte behandelt werden. War für die einführenden Arbeiten im numerischen Bereich des STEREOCORDs die Grauwertdifferenzierung der Papierpositive noch voll hinreichend, so zeigte sich sehr bald unter dem Zwang, eindeutig begrenzte Areale auszuscheiden, daß die Qualität der Abzüge viele Wünsche offenließ. Hier genossen wir die freizügige Unterstützung des IGM – La Paz –, das uns umgehend besser zeichnende Filmdiaspositive überließ. Dies wiederum erforderte den Einsatz des Durchlichtzusatzes, der ohne Schwierigkeiten montiert werden konnte. In Abwägung der nun feiner möglichen Abstufung mit den aus den Geländeaufnahmen und erster Tabellenarbeit sich abzeichnenden Karteneinheiten wurde der Legendenschlüsselentwurf überarbeitet und als Grundlage für die Luftbildkartierung festgelegt. Zur Unterstützung der Luftbildinterpretation wurde in einem weiteren Satz Luftbilder eine Vielzahl von farbigen und panchromatischen terrestrischen Bildern mit Aufnahmezeitpunkt und Blickwinkel vermerkt.

Da die Universität La Paz im Zusammenhang mit dem Putsch im Juli 1980 geschlossen wurde, konnten die Kartierungen bisher nicht so weit forciert werden, daß präsentierfähige Kartenergebnisse vorliegen. Die endgültige Bearbeitung des Vorhabens läßt sich ohnehin erst abschließen, wenn die letzten Pflanzenbestimmungen vorliegen.<sup>2)</sup>

Andererseits dürfte das Beispiel gezeigt haben, wie trotz aller Schwierigkeiten das STEREOCORD mit seinen Peripheriegeräten eine wichtige Hilfe zur Einsparung von Feldarbeitszeit darstellt, und noch zugleich unter Beweis gestellt haben, daß dies mit einem Benutzerkreis möglich war, der völlig ohne photogrammetrische Vorkenntnisse in den Gerätegebrauch für den Bereich des bio- und geowissenschaftlichen Sektors eingearbeitet wurde. Selbst wenn wegen der Verquickung des Lehr- und Forschungsauftrages der Feldarbeitsaufwand nicht genau festlegbar ist, so dürfte er doch durch die Einbeziehung des STEREOCORDs auf einen Bruchteil der sonst bei derartigen Kartierungen üblichen Geländezeit eingeschränkt worden sein.

Um letztlich die Darstellung von Kartierergebnissen unter Benutzung des STEREOCORD-Systems nicht schuldig zu bleiben, soll kurz ein weiteres Forschungsprojekt vorgestellt werden, bei dem derartige Ergebnisse vorliegen. Im Rahmen einer umfangreicheren glazialhydrologischen Untersuchung stellten sich für Regionalplanungen einige Sonderfragen zu Wasserreserven und deren Nutzbarmachung für fischwirtschaftliche Nutzung, Agrarflächenbewässerung, Spülwassernutzung für Trennvorgänge im Minenbereich sowie energiewirtschaftliche Nutzung. In allen Fällen waren Höhenangaben, Flächengrößen und die Lagebestimmung der Wasserreserven erwünscht, bei den Gletschern zusätzlich eine Unterscheidung zwischen der Größe der Grundfläche und der wirklichen Oberfläche. Theoretisch gab es 3 Alternativen zur Bewältigung der gestellten Aufgaben:

1. Die Datenbeschaffung aus Karten: sie hätte für kleinere Seen und die wirklichen Gletscheroberflächen zu sehr unbefriedigenden, allenfalls sehr groben Schätzwerten geführt, schied aber aus, weil Karten für den größten Teil des betreffenden Gebietes noch gar nicht existierten.
2. Feldmessungen: wären bei der Unzugänglichkeit des Gebietes ein jahrelanges Unternehmen geworden und waren daher praktisch nicht verwendbar.
3. Die Auswertung von Luftbildern: Diese liegen in verschiedenen Maßstäben flächendeckend vor. Paßpunkte waren in Zusammenarbeit mit Dr. JACOBSEN vom Institut für Photogrammetrie der Universität Hannover Anfang 1978 (vgl. JORDAN et al. 1980, S. 29) für diesen Raum auf dem Wege der Aerotriangulation erstellt worden und konnten mit den festgelegten Genauigkeitsgrenzen bereitgestellt werden.

War ursprünglich die Auswertung mit WILD-B8-Instrumenten geplant, so wurde zur Aufgabenstellung die STEREOCORD-Ausrüstung für die numerische Auswertung einsetzbar, und es konnte so ein viel schnellerer und eleganter Lösungsweg beschritten werden. Die Lagekoordinaten waren zwar zunächst nur als Rechnerausdruck lieferbar und auch die reale Gletscheroberfläche nur näherungsweise und mit einigen Umständen berechenbar, doch konnte das Ergebnis mit einem Tageszeitaufwand in hinreichender Genauigkeit vorgelegt werden. Mittlerweile konnte auch die kartographische Darstellung in Form eines Plotterausdruckes

<sup>2)</sup> Die Ergebnisse der Kartenbearbeitung werden zusammen mit B. RUTHSATZ zu einem späteren Zeitpunkt veröffentlicht.

nachgeliefert werden und mit dem inzwischen erstellten Rechenprogramm die Werte für die reale Oberfläche – einer auch für andere hängige Lagen sehr wichtigen Angabe – ergänzt werden. Als Beispiel ist eine solche mehrfarbig angelegte Plotterkarte in ihrer ursprünglichen Form als Schwarzweiß-Beilage dieses Artikels gedruckt worden. Sie hat zum Inhalt einen Ausschnitt aus der südlichen Quimsa Cruz und wurde aus dem bereits an anderer Stelle dieser Zeitschrift veröffentlichten Luftbild (JORDAN 1979, S. 302) und seinem Folgebild gewonnen. Seen, Schwemmhalde und Ortsgrundrisse sind geschlossen umfahren, Gletscherumrisse gepunktet dargestellt. Die kräftige Linie gibt die Hauptwegführung wieder; alles weitere ist der Legende zu entnehmen. Es handelt sich um den Comibol (Staats-) Minenkomplex Caracoles. Die dem Luftbildmodell immanenten Fehlerbereiche der Orientierung sind als Beispiel des Rechnerausdrucks für die verwendeten Paßpunkte in Abb. 2 wiedergegeben. Sie geben am dargestellten Beispiel einen Einblick in die Fehlerdimensionen, die maßstabsadäquat am STEREOCORD in Kauf genommen werden können. Das STEREOCORD hat damit auch in diesem speziellen Anwendungsfall seine Überlegenheit gegenüber anderen Methoden bewiesen und für die Flächenvorstudien die Feldarbeit völlig eingespart.

3 ITERATIONS		-----	
X-Y-RESIDUALS		H-RESIDUALS	
-----		-----	
XY-CONTR-PNT 1		H-CONTR-PNT 1	
RX=	-6.68 M	RH=	0.61 M
RY=	-2.76 M		
XY-CONTR-PNT 2		H-CONTR-PNT 2	
RX=	15.57 M	RH=	-4.72 M
RY=	5.16 M		
XY-CONTR-PNT 3		H-CONTR-PNT 3	
RX=	-8.35 M	RH=	2.12 M
RY=	-5.19 M		
XY-CONTR-PNT 4		H-CONTR-PNT 4	
RX=	-3.49 M	RH=	3.48 M
RY=	-4.54 M		
XY-CONTR-PNT 5		H-CONTR-PNT 5	
RX=	-2.38 M	RH=	1.62 M
RY=	-0.89 M		
XY-CONTR-PNT 6		H-CONTR-PNT 6	
RX=	-2.38 M	RH=	-3.11 M
RY=	-0.89 M		
		SO MEANS:	
		RMS XY=	6.79 M
		RMS H=	2.93 M
		-----	

Abb. 2: Der Rechnerausdruck der Fehlerberechnungen für die absolute Orientierung des Luftbildmodelles, das für die beigefügte Plotterkarte verwendet wurde

The calculator's expression of error calculations for the absolute orientation of the aerial-photograph model, which was used for the accompanying map plot

#### IV. Ausblick<sup>3)</sup>

Betrachtet man im zweiten Anwendungsfall die Geräteanschaffung unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten, so wird die günstige Kosten-Nutzen-Relation des STEREOCORD-Systems deutlich. Da zudem seine Genauigkeit in den meisten Anwendungsbereichen voll ausreicht, wird man in den wenigsten Fällen auf die um fast eine Zehnerpotenz teureren Spezialinstrumente der Photogrammetrie zurückgreifen müssen. Es kommt hinzu, daß das Baukastensystem die Anschaffung in Etappen erleichtert.

In der komplexen Luftbildinterpretation ist bis heute nur eine beschränkte Automatisierung der Bildbearbeitung denkbar, die sich auf Schritte nach vollzogener Bildinhaltsdeutung erstreckt. Dementsprechend ist für jedes Gerät ein ständig ausgelasteter Operateur erforderlich. Da die Handhabung des STEREOCORDs aber leicht und schnell erlernbar ist, können Routineauswertungen, wie sie u. a. in vielen Bereichen der Topographie auftreten, von angelerntem Personal durchgeführt werden. Hierin liegt auch eine Chance für Entwicklungsländer; es steht ihnen ein relativ störunanfälliges, preiswertes, aber Arbeitskraft-intensives Gerät moderner Technologie zur Verfügung, das die in diesen Ländern üblichen unproportional hohen Wartungskosten minimiert.

Im Augenblick ist zwar die Umstellung auf die neue Rechnerserie mit der Bearbeitung der graphischen Software ein vorrangiges Bedürfnis, aber mit Sicherheit birgt das Gerät noch manche Erweiterungsmöglichkeiten in sich!

#### Literatur

- ANTE, U. & BUSCHE, D.: Hindernisse beim Einsatz von Satellitenbildern im Geographieunterricht, in: Geogr. Rdsch. 31, 1979, H. 2, S. 82–86.
- BRUCKER, A.: Welche Möglichkeiten bietet der Einsatz von Landsat-Bildern im Geographie-Unterricht? in: Geogr. Rdsch. 30, 1978, H. 7, S. 283.
- FAUST, H. W.: Das STEREOCORD G2, seine Anwendung in der messenden Luftbildinterpretation, in: Veröff. z. 35. Photogrammetrischen Woche 1975 in Stuttgart, 6 S.
- FINKE, H. & FAUST, H. W.: STEREOCORD G2 – Anwendung in der Planungspraxis, in: Vermessungswesen u. Raumordnung, Jg. 39, 1977, H. 5, S. 225–241.

<sup>3)</sup> Da ohne die vielseitige Unterstützung die bisherigen Ergebnisse nicht erreichbar gewesen und die zukünftigen Vorhaben nicht durchführbar wären, sei ausdrücklich auch an dieser Stelle ein Wort des Dankes ausgesprochen an:

die GTZ und die Projektkollegen in Bolivien für die Mittelbereitstellung zur Beschaffung der STEREOCORD-Grundausstattung und die verständnisvolle Behandlung der Erweiterungswünsche, das IGM (Instituto Geografico Militar) in La Paz für die Bereitstellung von Karten- und Luftbildmaterial sowie Paßpunktdaten und Firma CARL ZEISS-Oberkochen für die zahlreichen Hinweise und ständige Kooperationsbereitschaft selbst über die weite Distanz.

- GEIPEL, R.: Kritische Betrachtungen bei der Interpretation eines U-2 Luftbilds von New York-Manhattan, in: Geogr. Rdsch. 31, 1979, H. 5, S. 218–222.
- HOBBIE, D.: The ZEISS G-2 STEREOCORD: a simple stereoplotter for computer supported plotting, in: Photogrammetric Record 47, 1976, 8, S. 563–582.
- JORDAN, E.: Grundsätzliches zum Unterschied zwischen tropischem und außertropischem Gletscherhaushalt unter besonderer Berücksichtigung der Gletscher Boliviens, in: Erdkunde Bd. 33, 1979, H. 4, S. 297–309.
- JORDAN, E. et al.: The glacier inventory of Bolivia, in: IAHS-AISH Publ. No. 126, 1980, S. 25–32.
- MOHL, H. & FAUST, H. W.: Computer-Aided Interpretation of Aerial Photography using the STEREOCORD G2, in: ISPIUFRO-Symposium, Freiburg, 1978, 7 S.
- MOHL, H.: Conception and accuracy of the program system for the STEREOCORD G2, in: XIV. Kongreß d. Int. Ges. f. Photogrammetrie, Hamburg 1980, S. 177–186.
- PATZER, W. & VOLLMAR, R.: Die Auswertung von Satelliten- und Luftbildern, in: Geogr. Rdsch. 32, 1980, H. 3, S. 122–123.
- RUTHSATZ, B.: Pflanzengesellschaften und ihre Lebensbedingungen in den Andinen Halbwüsten Nordwest-Argentiniens, Dissertationes Botanicae Bd. 39, Vaduz 1977, 168 S.
- RUTHSATZ, B. & MOVIA, C. P.: Relevamiento de las estapas andinas del noreste de la Provincia de Jujuy – Republica Argentina, Fundacion para la Educacion, la Ciencia y la Cultura, Buenos Aires 1975, 127 S.
- SCHNEIDER, S.: Luftbild und Luftbildinterpretation, Lehrbuch d. Allg. Geographie Bd. XI, Berlin/New York 1974, 530 S.
- SCHWIDEFSKY, K. & ACKERMANN, F.: Photogrammetrie, Stuttgart 1976, 7. Aufl., 384 S.

## WASSER UND RAUM IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Mit 1 Abbildung

PETER FRANKENBERG und WILHELM LAUER

Im Jahr 1979 erschien der hydrologische Atlas der Bundesrepublik Deutschland<sup>\*)</sup> als eine exemplarische Dokumentation über den immer wichtiger werdenden „Rohstoff Wasser“ in allen seinen Aspekten, ein Ergebnis langjähriger Arbeit mehrerer Wissenschaftler unter der Gesamtleitung von R. KELLER, finanziell unterstützt von der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Die wissenschaftliche wie wasserwirtschaftliche Bedeutung dieses Werkes ist gleich hoch zu veranschlagen. Die genaue Kenntnis der hydrologischen Verhältnisse wie Wasserbilanz, Wasserhaushalt, Dynamik und räumliche Verteilung des Wassers und Wasserbeschaffenheit werden für einen dicht besiedelten und weitgehend industrialisierten Raum wie die Bundesrepublik Deutschland immer wichtiger.

Geht man davon aus, daß das Nutzwasser für den Menschen und seine Wirtschaft nur dem Überschuß an Wasser im Wasserhaushalt entnommen werden kann – nämlich dem Betrag, um den der Niederschlag die Verdunstung übersteigt –, so wird rasch klar, daß der Bilanzierung des Wasserhaushaltes in den verschiedenen Regionen eine entscheidende Rolle in der Raumplanung zukommt. So gilt eine Vielzahl der Karten des Atlaswerkes der Darstellung der Einzelkomponenten des Wasserhaushaltes und ihrer Zusammenschau in Raum und Zeit.

Die hydrologische Bestandsaufnahme des Atlaswerkes basiert auf der klimatologischen Periode 1931 bis 1960. Der Leitmaßstab der Kartendarstellungen der wesentlichen hydro-

drologischen Parameter ist 1:2 Mio, hydrogeologische Karten sind in 1:1 Mio dargestellt, Verdunstungs- und Strahlungskarten im Maßstab 1:4 Mio.

Ein Kernstück des hydrologischen Atlas sind zweifellos 17 Abflußkarten, die Auskunft über Güte, Temperatur, Härte, Chlorid- und Schwefelstoffgehalt der Fließgewässer geben. Wir erfahren weiterhin Auskünfte über folgende Themenbereiche:

Geographische Grundlagen, Meßstellennetz, Wassereinnahme, klimatologische Grundlagen, Verdunstung, Abfluß, Wasserbeschaffenheit.

1. Zu den ‚geographischen Grundlagen‘ gehören geologische und pedologische Karten, eine hydrogeographische Übersichtskarte von Mitteleuropa und eine detaillierte, nach Einzugsgebieten differenzierte Gewässernetzkarte, in der auch die kleinsten Wasserläufe verzeichnet sind. Für eine Wasserbilanzierung, die sich an den Realitäten der Landschaft orientiert, sind überdies die Karten der Feldkapazität der Böden und des pflanzenverfügbaren Wassers im Wurzelraum der Leitböden von großem Interesse. Dazu treten Karten der Luftkapazität und der Wasserdurchlässigkeit der Böden.

2. Die Karte der Stationsdichte des Beobachtungsnetzes zeigt große räumliche Disparitäten auf: hohe Dichtewerte z. B. im Taunus und im Harz, wenig Klimastationen in der Eifel oder im südwestdeutschen Schichtstufenland. Karten der Pegelmeßstellen und des Meßnetzes für physikalische und chemische Wassergüteuntersuchungen weisen ebenfalls kein homogenes Stationsnetz aus. Insgesamt gestatten die Meßnetze jedoch durchaus engmaschige raumrelevante Aussagen.

3. Für Niederschlagsmessungen (Niederschlag bearbeitet von SCHIRMER) standen 1977 2554 Stationen zur Verfügung. Den bei den Messungen auftretenden Fehlbetrag der Nie-

<sup>\*)</sup> Hydrologischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland, im Auftrage der Deutschen Forschungsgemeinschaft unter der Gesamtleitung von R. KELLER, herausgegeben von: U. DE HAAR, R. KELLER, H. J. LIEBSCHER, W. RICHTER, H. SCHIRMER. Boppard, 1979; Atlas, Einltg. und 68 Kartenblätter mit 103 Ktn.

Die computergestützte quantitative Luftbildauswertung mit dem ZEISS-STEREOCORD und seinen Peripheriegeräten zur Rationalisierung der Feldforschungen in den Geowissenschaften

# PLOTTERKARTE DER CORDILLERA QUIMSA CRUZ (SUEDTEIL)

## BOLIVIEN

JORDAN/KRESSE 1988

### LEGENDE

- S. = See
- Gl. = Gletscher
- F. = (Grund-)flaeche [ha]
- G. = Grundflaeche [ha]
- O. = Oberflaeche [ha]
- H. = Hoehe [m]

Masstab 1 : 50 000

