

Verlagspostamt: Baden bei Wien 1
Erscheinungsort: Baden bei Wien

P. b. b.

Österreichische Zeitschrift
für
Vermessungswesen
und
Photogrammetrie

SCHRIFTFÜHRUNG:

W. Hofrat i. R. Dipl.-Ing. Dr. techn.

Josef Mitter

Vorstand i. R. der Abteilung Erdmessung des
Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen
a. o. Univ.-Professor an der Techn. Universität Wien

Dipl.-Ing. Dr. techn.

Hans Schmid

o. Univ.-Professor
an der Techn. Universität Wien

Dr. phil.

Wolfgang Pillewizer

o. Univ.-Professor
an der Techn. Universität Wien

Dipl.-Ing. Dr. techn.

Helmut Moritz

o. Univ.-Professor
an der Techn. Universität Graz

Nr. 3

Jänner 1976

63. Jg.

INHALT:

Abhandlungen:

Bemerkungen des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen zu dem Artikel
„Untersuchung über Einsatzmöglichkeit der Blockausgleichung in Österreich“

Numerische Rekonstruktion räumlicher Objekte aus

Einzelbildern — Am Beispiel der Amateurbildauswertung von Unfallsituationen Robert Kostka u.

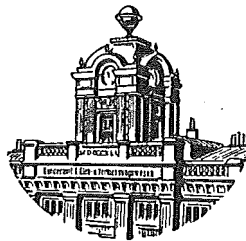
Übersicht über den gegenwärtigen Stand der digitalen Bildverarbeitung Anton Reithofer

Mitteilungen, Buchbesprechungen, englisches Inhaltsverzeichnis

Mitteilungsblatt zur „Österreichischen Zeitschrift für Vermessungswesen und
Photogrammetrie“, redigiert von Dipl.-Ing. Erhard Erker

Mitteilungsblatt zur „Österreichischen Zeitschrift für Vermessungswesen und

Photogrammetrie“, redigiert von Dipl.-Ing. Erhard Erker



Heraus gegeben vom

**ÖSTERREICHISCHEN VEREIN FÜR VERMESSUNGSWESEN
UND PHOTOGRAMMETRIE**

Offizielles Organ

der Österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung

Baden bei Wien 1976

Eigentümer, Herausgeber und Verleger: Österreichischer Verein für Vermessungswesen und
Photogrammetrie, A-1082 Wien, Friedrich-Schmidt-Platz 3 — Verantwortlicher Schriftleiter:
a. o. Univ.-Professor Dipl.-Ing. Dr. techn. Josef Mitter, 1040 Wien, Gußhausstraße 27-29.

Druck von Rudolf M. Rohrer, A-2500 Baden bei Wien

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie

Für die Schriftleitung der Zeitschrift bestimmte Zuschriften und Manuskripte sind an eines der nachstehenden Mitglieder zu richten:

Schriftleiter:

- a. o. Univ.-Professor W. Hofrat i. R. Dipl.-Ing. Dr. techn. Josef Mitter, A 1040 Wien IV, Techn. Universität, Gußhausstraße 27 – 29
- o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Hans Schmid, A 1040 Wien IV, Techn. Universität
- o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Helmut Moritz, A 8020 Graz, Techn. Universität, Rechbauerstraße 12
- o. Univ.-Prof. Dr. phil. Wolfgang Pillewizer, A 1040 Wien IV, Techn. Universität

Für die Schriftleitung des Mitteilungsblattes und Annoncenteeiles bestimmte Zuschriften sind an *Dipl.-Ing. Friedrich Blaschitz*, A 1082 Wien VIII, Friedrich-Schmidt-Platz 3, zu senden.

Die Manuskripte sind in lesbarer, druckreifer Ausfertigung, die Abbildungen auf eigenen Blättern als Reinzeichnungen in schwarzer Tusche und in möglichst großem, zur photographischen Verkleinerung geeignetem Maßstab vorzulegen. Von Photographien werden Hochglanzkopien erbeten. Es wird gebeten, jeder Arbeit eine Zusammenfassung in Englisch und eine Übersetzung des Titels in Englisch beizufügen. Ist eine Rücksendung der Manuskripte nach der Drucklegung erwünscht, so ist dies ausdrücklich zu bemerken. Bei Vorlage von Rasterklischees: Umschlag 42er Raster, Text 54er Raster

Die Zeitschrift erscheint viermal jährlich in zwangloser Folge.

Auflage: 1075 Stück

Bezugsbedingungen: pro Jahr

Mitgliedsbeitrag für den Österr. Verein für Vermessungswesen und Photogrammetrie S 200,— Postscheckkonto Nr. 1190.933

Abonnementgebühr für das Inland S 210,—
Abonnementgebühr für das Ausland S 270,—

Einzelheft ... S 60,— Inland bzw. ö.S 85,— Ausland

Alle Preise enthalten die Versandkosten, die für das Inland auch 8% MWSt.

Anzeigenpreis pro $\frac{1}{4}$ Seite 125 × 205 mm S 2200,— einschl. Anzeigensteuer
Anzeigenpreis pro $\frac{1}{2}$ Seite 125 × 100 mm S 1320,— einschl. Anzeigensteuer
Anzeigenpreis pro $\frac{1}{4}$ Seite 125 × 50 mm S 748,— einschl. Anzeigensteuer
Anzeigenpreis pro $\frac{1}{8}$ Seite 125 × 25 mm S 594,— einschl. Anzeigensteuer
Prospektbeilagen bis 4 Seiten S 1320,— einschl. Anzeigensteuer
zusätzlich 16% MWSt.

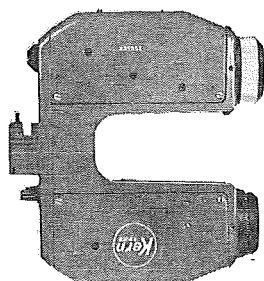
Postscheckkonto Nr. 1190.933

Telephon: (0222) 57 56 55 Kl. 32 95

Zur Beachtung: Die Jahresabonnements laufen mit dem Kalenderjahr und gelten, wie im Pressewesen allgemein üblich, automatisch um ein Jahr verlängert, sofern nicht bis zum 31. 12. des laufenden Jahres die Kündigung erfolgt.

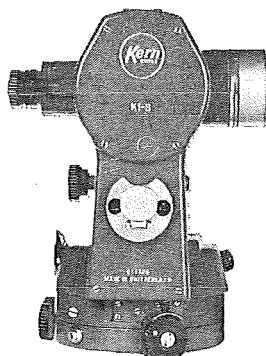
Gefördert durch das Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung

1 2 3



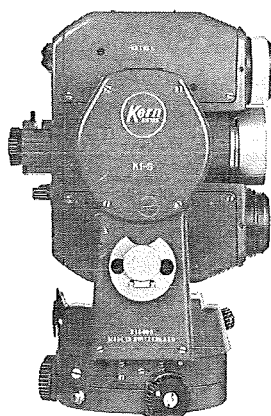
DM500

das auf das Theodolitfernrohr aufsteckbare elektrooptische Distanzmessgerät: Klein, 1,6 kg leicht und kompakt, misst es Distanzen bis 500 m und mehr auf wenige Millimeter genau. Die Messung erfolgt vollautomatisch; zur Vorbereitung sind nur drei Bedienungselemente notwendig.



DKM 2-A K1-S

der erfolgreiche Sekunden-theodolit DKM 2-A mit digitalisierter Kreisablesung (direkt $2^{\text{cc}}/1''$) oder der neue Ingenieur-theodolit K1-S mit bequemer Skalenablesung (direkt $1^{\text{c}}/0,5'$). Zwei moderne, leistungsfähige Kern-Theodolite mit automatischer Höhenkollimation.



DM500/DKM 2-A DM500/K1-S

Zwei unerreicht handliche elektronische Tachymeter. Eine einzige Zielung genügt für die Messung von Distanz, Höhenwinkel und Richtung. Alle Bedienungs- und Ablesorgane befinden sich in Augenhöhe des Beobachters. Das Fernrohr bleibt durchschlagbar. Und beim Stationswechsel lässt sich die gesamte Ausrüstung bequem auf dem Stativ tragen.

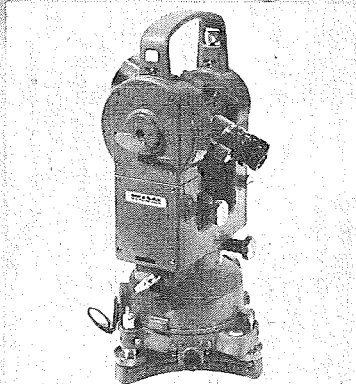
DR. WILHELM ARTAKER
1031 Wien, Reisnerstraße 6
Telefon (0222) 73 15 86
Fernschreiber: 1-2322 dr-art



Wild T2. Der Theodolit von internationalem Ruf.

Der Wild T2, wohl der bekannteste Sekundentheodolit, universal und zuverlässig, jetzt mit größerem Komfort. Angenehme, teildigitale Ablesung, 30faches Fernrohr und für den Vertikalkreis automatischer Index. Das bedeutet erhöhte Sicherheit beim Messen und beschleunigtes Ablesen der Kreise. Ein abnehmbarer Traggriff macht das Instrument noch handlicher. Made in Switzerland, serviced the world over

WILD
HEERBRUGG
CH - 9435 Heerbrugg / Schweiz



Zeitlos präzis.

ra rost

A-1161 WIEN · MÄRZSTR. 7 · TELEX: 1-3731 · TEL. 0222/92 32 31

ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN UND PHOTOGRAMMETRIE

Herausgegeben vom

Österreichischen Verein für Vermessungswesen und Photogrammetrie

Offizielles Organ

der österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung

SCHRIFTFÜHRUNG:

a. o. Univ.-Prof. W. Hofrat i. R. Dipl.-Ing. Dr. techn. Josef Mitter

o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Hans Schmid

o. Univ.-Prof. Dr. phil. Wolfgang Pillewizer

o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Helmut Moritz

Nr. 3 Baden bei Wien, Jänner 1976 63. Jg.

In eigener Sache

Dem Bericht des Schatzmeisters bei der XXVIII. Hauptversammlung kann entnommen werden, daß die finanzielle Lage des Vereines derzeit nicht sehr günstig ist. Diese Tatsache und die für das kommende Jahr zu erwartenden Erhöhungen der Postgebühren sowie der Druck- und Klischeekosten waren der Grund dafür, die Höhe des Mitgliedsbeitrages ab 1976 mit S 250, — festzusetzen. Der Vereinsvorstand hat in seiner letzten Sitzung beschlossen, auch die Abonnementpreise zu erhöhen.

Angesichts der angespannten finanziellen Lage des Vereines erlaubt sich der Vereinsvorstand folgende Bitte an seine Mitglieder zu richten:

1. Jene Mitglieder, die noch Beitragsrückstände aus den Vorjahren haben, mögen diese mittels jener Erlagscheine begleichen, die ihnen im Laufe des Jänner 1976 zugehen werden.
2. Jene Mitglieder, die ihren Beitrag für 1975 noch nicht geleistet haben, werden eingeladen, sich zu dessen Bezahlung des Erlagscheines zu bedienen, der dieser Zeitschrift beiliegt.
3. Auf Grund einer Empfehlung der XXVIII. Hauptversammlung werden alle Mitglieder eingeladen, nach Möglichkeit Spenden bzw. Vorauszahlungen auf künftig fällig werdende Mitgliedsbeiträge zu leisten.

Der Vereinsvorstand

**Bemerkungen des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen
zu dem Artikel
„Untersuchung über Einsatzmöglichkeit der Blockausgleichung
in Österreich“**

in den vorhergehenden Heften dieser Zeitschrift.

Im Zuge der gegenständlichen Untersuchung hat *Dr. Otepka* über sein Ersuchen wiederholte Male Gelegenheit gehabt, mit Fachleuten des Bundesamtes informative Gespräche zu führen und so die Methoden und Absichten der Vermessungsbehörde auf diesen Gebieten kennenzulernen.

Dr. Otepka hat es aber verabsäumt, die Schlüsse, die er aus seinen Informationen gezogen und veröffentlicht hat, mit seinen Informanden vor der Veröffentlichung abzusprechen. Das Bundesamt sieht sich daher veranlaßt, auf die seit einigen Jahren auf dem Gebiet der photogrammetrischen Blockausgleichung laufenden Arbeiten hinzuweisen.

Dr. Otepka berichtet über die im Bereich der numerischen Photogrammetrie durch Anwendung der digitalen Blockausgleichung gegebenen Aspekte.

Im speziellen handelt es sich dabei

- um alle jene Arbeiten, welche für Zwecke der topographischen Neuaufnahme (ÖK 1:50000) und die photogrammetrische Verdichtung des Festpunktfeldes (EP-Netze) durchgeführt werden und
- um zugehörige Kostenberechnungen und -gegenüberstellungen, wobei photogrammetrische Arbeitsverfahren sowohl untereinander als auch mit terrestrischen Methoden verglichen werden.

In diesen Fragen bestehen bekanntlich zahlreiche und vielgestaltige Zusammenhänge. Ausgehend von den im Rahmen der Kommission A/B der OEEPE erzielten richtungweisenden Ergebnissen hat das BAfEuV im Jahre 1972 begonnen, ein EDV-Programm für das Arbeiten in Modellverbänden auf der Basis „unabhängiger Modelle“ in Eigenständigkeit zu entwickeln.

Die Voraussetzungen zur praktischen Erprobung bestehen jedoch erst seit dem Frühjahr 1974. Seit diesem Zeitpunkt steht dem BAfEuV eine geeignete Groß-EDVA zur Verfügung.

Die notwendigen amtsinternen Umstellungen sind in der Zwischenzeit durchgeführt worden, so daß ab dem Flugjahr 1975 die Bearbeitung mittels Blockausgleichung erfolgt.

Über die Programm-Konzeption und insbesondere auch über erste Ergebnisse wird bereits in nächster Zeit berichtet werden.

Numerische Rekonstruktion räumlicher Objekte aus Einzelbildern — Am Beispiel der Amateurbildauswertung von Unfallsituationen

Von Robert Kostka und Anton Reithofer, Graz.

Resumé

Pour prouver la rectification on emploie toujours plus souvent des prises de vues faites par des amateurs. Comme méthode restitution emporte en praxis la photogrammétrie d'un image singulier. On emploie cette méthode aussi pour des objets spaciaux. Ce raport présente des systems des equations, des aspects de la précision et des discussions des travaux pratiques.

Summary

For problems of demonstration more and more photos taken by amateurcameras are used, as a method of restitution in practice photogrammetry with single images prevails. This method also is used for three-dimensional objects. Systems of equations, accuracy aspects and discussions of practical works are the contents of this report.

1. Einleitung

Auf Grund ihrer Vorzüge werden photogrammetrische Verfahren in immer größerem Maße bei nichttopographischen Meßaufgaben im Nahbereich eingesetzt. Durch die instrumentellen Entwicklungen der letzten Jahre auf dem Gebiet der Aufnahmegeräte für die Nahbildmessung (siehe z. B. [1] und [2]) sowie durch Untersuchungsergebnisse an Amateurkamern, die ihre Brauchbarkeit für bestimmte Meßzwecke beweisen (so z. B. [3] und [4]), wird der Praktiker vor die Aufgabe gestellt bzw. wird ihm die Möglichkeit geboten, Instrumentarium, Aufnahmedisposition und Arbeitsaufwand seinem speziell gestellten Problem möglichst gut anzupassen.

Je nach Aufgabenstellung finden dabei die Methoden der Stereo- und der Einbildmessung bei Aufnahme und Auswertung Verwendung; Einbildaufnahmen werden in erster Linie für ebene Objekte (z. B. Lichtschnitte) herangezogen. Anwendung findet die Einbildmessung auch beim Aufnahmeverfahren mit Zeitbasis zur Deformationsmessung, es handelt sich dabei um Wiederholungsaufnahmen oder Bildfolgen von ein und demselben Standpunkt mit gleicher Orientierung, und zur Zustandserfassung von analytisch definierten Flächen (z. B. zur Rekonstruktion von Rotationsflächen in der Architekturphotogrammetrie [5]). Eine weitere Problemstellung der Einbildmessung liegt vor, wenn aus vorhandenem Bildmaterial zur Beweisführung, für Gutachtertätigkeiten, Meßgrößen entnommen werden müssen. Man ist dabei auf die Einzelbildauswertung angewiesen, auch wenn mehrere Bilder desselben Objektes vorliegen, da die Vorbedingungen für eine sinnvolle Stereoauswertung oder für Auswerteverfahren, für die eine Verknüpfung der Bildinhalte mehrerer Aufnahmen herangezogen wird, fast nie gegeben sind. Die primäre Aufgabe dabei ist vielfach, festzustellen, ob zufolge des Aufnahmegebietes, des vorhandenen Bildmaterials, der gewählten Aufnahmedisposition und der Art des Objektes eine zweckentsprechende Auswertung überhaupt möglich ist. Dabei ist numerischen Verfahren gegenüber Analogauswertungen sowie graphischen Lösungswegen der Vorzug zu geben.

Im folgenden soll über Untersuchungen und praktische Arbeiten, die auf dem Gebiet der Einbildmessung am Institut für Allgemeine Geodäsie und Photogrammetrie der Technischen Hochschule in Graz durchgeführt wurden, berichtet werden.

2. Problemstellung und Lösungswege

Die photographische Abbildung wird u. a. in [6] so dargestellt, daß man in den Transformationsgleichungen der allgemeinen Kollineation

$$\begin{aligned}x &= \frac{a_{11} X + a_{12} Y + a_{13} Z + a_{14}}{a_{41} X + a_{42} Y + a_{43} Z + a_{44}} \\y &= \frac{a_{21} X + a_{22} Y + a_{23} Z + a_{24}}{a_{41} X + a_{42} Y + a_{43} Z + a_{44}} \\z &= \frac{a_{31} X + a_{32} Y + a_{33} Z + a_{34}}{a_{41} X + a_{42} Y + a_{43} Z + a_{44}}\end{aligned} \quad \dots(1)$$

für den Wert $z = -c$ setzt. Das bedeutet, daß eines der projektiv aufeinander bezogenen Gebilde eine Ebene, die Bildebene, ist. In ihr läßt sich das Wertepaar x, y mit

$$\begin{aligned}x &= \frac{a_1 X + b_1 Y + c_1 Z + d_1}{a_4 X + b_4 Y + c_4 Z + 1} \\y &= \frac{a_2 X + b_2 Y + c_2 Z + d_2}{a_4 X + b_4 Y + c_4 Z + 1}\end{aligned} \quad \dots(2)$$

als Funktion der Objektkoordinaten X, Y, Z darstellen. Betrachtet man einen Bildpunkt, liefert die Umkehrung Gleichungen für X, Y in der Form

$$\begin{aligned}X &= \frac{A_1' Z + B_1'}{A_4'} \\Y &= \frac{A_2' Z + B_2'}{A_4'}\end{aligned}, \quad \dots(3)$$

also Geradengleichungen. Die Zuordnung ist daher im allgemeinen nicht mehr eindeutig umkehrbar, da einem Punkt der Bildebene eine Gerade im Objektsraum entspricht.

Die Rekonstruktion des Objektes aus einer Zentralprojektion ist somit nur möglich, wenn

- 2.1 es sich um ein ebenes Gebilde handelt,
- 2.2 für die auszuwertenden Bildpunkte eine der Objektkoordinaten X, Y, Z angegeben werden kann,
- 2.3 es sich um ein analytisch definiertes Objekt handelt oder objektseigene Parameter angegeben werden können.

2.1 Ebene Gebilde

Die Gleichungen (2) liefern in ihren Umkehrungen

$$\begin{aligned}X &= \frac{a_1' x + b_1' y + d_1'}{a_4' x + b_4' y + 1} \\Y &= \frac{a_2' x + b_2' y + d_2'}{a_4' x + b_4' y + 1}\end{aligned} \quad \dots(4)$$

das Gleichungssystem für die Objektskoordinaten X, Y . Durch vier idente Punkte im Bild- und Objektskoordinatensystem können die acht Koeffizienten von (4) berechnet werden. Bei beliebiger Lage der Koordinatensysteme führt dies zu einem linearen Gleichungssystem mit acht Unbekannten, dessen Auflösung mit jedem Tischcomputer durchführbar ist. Steht für die Berechnung lediglich ein Kleinrechner zur Verfügung, so empfiehlt sich eine Vereinfachung der Auflösung des Gleichungssystems. Wählt man die Koordinatensysteme so, daß jeweils der Ursprung im identen Punkt i liegt und die $X(x)$ -Achse durch den Punkt $i + 1$ geht, also

$$X_i = Y_i = Y_{i+1} = 0 \quad \text{und} \\ x_i = y_i = y_{i+1} = 0,$$

werden die Koeffizienten d_1', d_2' und a_2' zu Null.

Weitere Möglichkeiten eines einfacheren Lösungsweges bestehen durch Einführung schiefwinkliger oder homogener Koordinaten [7], [8].

Sind mehr als vier idente Punkte gegeben, so kann man die Koeffizienten durch ein Ausgleichsverfahren bestimmen.

2.2—2.3 Räumliche Objekte

Für die Berechnung der elf Koeffizienten in den Gleichungen (2) benötigt man sechs idente Punkte, wenn keine weiteren Angaben über das abgebildete Objekt vorliegen. Für den, unter 2.2 in der Praxis häufigsten Fall, daß Z -Werte von Objektpunkten angegeben werden können, liefern die Umkehrungen von (2) Gleichungen in der Form

$$X = \frac{(A_1'Z + A_2')x + (A_3'Z + A_4')y + (A_5'Z + A_6')}{C_1'x + C_2'y + C_3'} \quad \dots(5) \\ Y = \frac{(B_1'Z + B_2')x + (B_3'Z + B_4')y + (B_5'Z + B_6')}{C_1'x + C_2'y + C_3'}$$

zur Berechnung der Objektskoordinaten X, Y .

Ist das abgebildete Objekt nach 2.3 durch die Funktion $Z = f(X, Y)$ gegeben, kann das rekonstruierte Strahlenbündel mit der Fläche zum Schnitt gebracht werden. Sind Näherungswerte der Objektskoordinaten Z der zu transformierenden Bildpunkte vorhanden, so kann die Berechnung von X, Y durch Iteration erfolgen, wenn die Bildpunkte auf einer digital darstellbaren Fläche liegen. Zusätzliche Angaben über das Objekt liefern Bedingungen, die die Anzahl der identen Punkte verringern.

Bei Überbestimmungen werden die Koeffizienten in (5) durch Ausgleich ermittelt. Für diese Rechenoperationen sind Großrechenanlagen erforderlich.

3. Genauigkeits- und Fehlerbetrachtungen

Die Genauigkeit des Auswertergebnisses ist einerseits vom Aufnahmegerät und andererseits von der Aufnahmedisposition sowie den Auswertemethoden, die auf das vorhandene Bildmaterial abgestimmt sein sollen, abhängig. Als Aufnahmegeräte kommen photogrammetrische Meßkammern und Amateurlinienkamern in Frage,

als Schichtträger finden bei der Bildkoordinatenmessung Glasplatten, Planfilme, handelsübliche Rollfilme sowie Papierabzüge Verwendung. Die Auswirkung von Verzeichnung und Filmverzug auf die Genauigkeit der Bildkoordinaten wurde am Lotlinientestfeld untersucht. Diese Untersuchungen wurden sowohl für Meßkammern als auch für eine Reihe von Nichtmeßkammern durchgeführt.

Eine Trennung des Einflusses von Verzeichnung und Filmverzug auf die Bildkoordinaten wurde nicht angestrebt, sondern eine Aufgliederung in einen linearen und einen nichtlinearen Anteil.

Als mathematisches Modell zur Darstellung dieser Einflüsse wurde nach [4] das Formelpaar

$$\begin{aligned}\Delta x &= a_1 + a_2x + a_3y + \bar{x}k_1 [(x - x_s)^2 + (y - y_s)^2] \\ \Delta y &= a_4 + a_5x + a_6y + \bar{y}k_1 [(x - x_s)^2 + (y - y_s)^2]\end{aligned}\quad \dots(6)$$

verwendet.

Der lineare Anteil von (6) wird bei der Koeffizientenberechnung für die Transformation im Formelsystem (2) bereits berücksichtigt, so daß für die Praxis lediglich der nichtlineare Einfluß von Bedeutung ist. Dieser muß bei größeren Genauigkeitsansprüchen berücksichtigt werden.

Für die Meßkammern ergaben sich Werte, die unter der Meßgenauigkeit der Bildkoordinatenmessung lagen, für die Amateurkameras ergaben sich nichtlineare Anteile dieses Einflusses bis etwa 0,1 mm. Bei Papiervergrößerungen und Polaroidfilmen wurden größere Abweichungen festgestellt.

Als Beispiel sei hier eine Fehlerfigur angeführt, die symmetrischen Charakter zeigte: Contax mit dem Objektiv Sonnar 1:1,5, $f = 50$ mm, wies mit dem Schichtträger Rollfilm Ilford FP 4, 22 DIN Schwarz-Weiß 24×36 eine maximale Abweichung der Lotlinien im Bild von 0,08 mm auf.

Bei der Wahl der Aufnahmedisposition wird die Genauigkeit der Koeffizientenberechnung neben dem Bildmaßstab durch die optimale Verteilung der identen Punkte in bezug auf das zu rekonstruierende Objekt bestimmt, das schließlich innerhalb der Paßpunktconfiguration liegen soll.

Weiters sind die Überhöhung Aufnahmestandpunkt — Objektsbereich sowie die Genauigkeit der Höhenangaben für die Ermittlung der Objektskoordinaten von entscheidender Bedeutung.

Für den Sonderfall horizontaler in der Y-Achse liegender Aufnahmerichtungen ergibt sich zur Abschätzung folgendes:

3.1 Der Einfluß der Unsicherheiten in der Bildkoordinatenmessung auf die Objektskoordinaten wird mit

$$\begin{aligned}dX &= \frac{Y - Y_o}{c} dx \\ dY &= -\frac{1}{c} \frac{(Y - Y_o)^2}{(Z - Z_o)} dz\end{aligned}\quad \dots(7)$$

im Diagramm Abb. 1 dargestellt. (Die Angabe erfolgt nur für dY/Y).

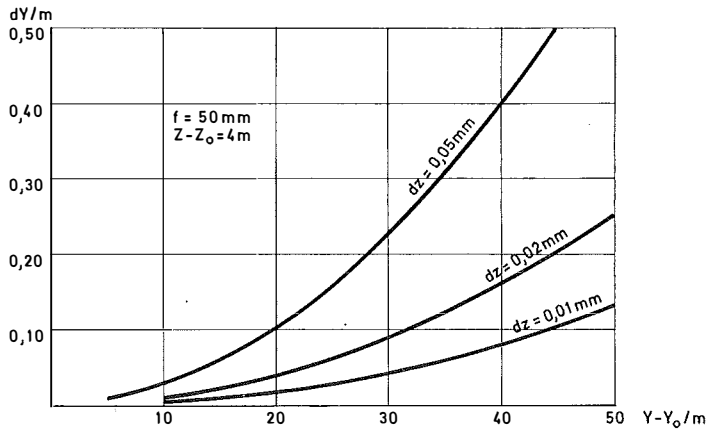


Abb. 1

Die Auswirkung der Kippung der Aufnahme auf die Genauigkeit der Objektkoordinaten X , Y lässt sich an Hand der Formeln

$$dX = \frac{(Y - Y_0) \cos \omega - (Z - Z_0) \sin \omega}{c} dx$$

$$dY = \frac{[(Y - Y_0) \cos \omega - (Z - Z_0) \sin \omega]^2}{(Z - Z_0) c} dz \quad \dots(8)$$

leicht abschätzen.

3.2 Auf Grund der Formeln (7) kann außerdem leicht die Bedeutung der Überhöhung für die Genauigkeit der Objektkoordinaten in Diagrammform angegeben werden.

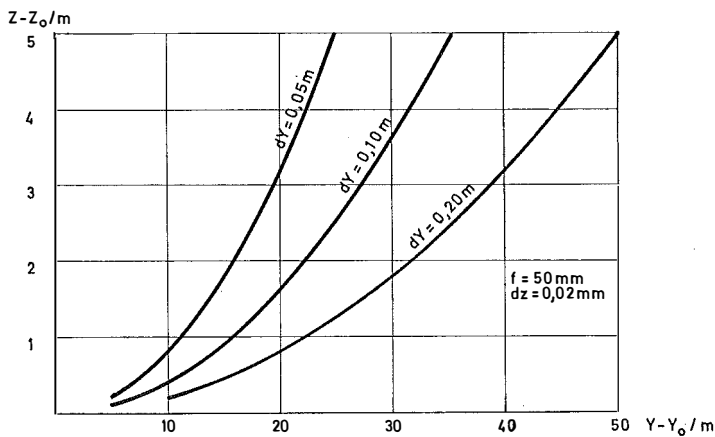


Abb. 2

3.3 Die Auswirkung eines Höhenfehlers auf Y kann durch den elementaren Zusammenhang

$$dY = \frac{Y - Y_0}{Z - Z_0} dZ \quad \dots(9)$$

angegeben werden. Er stellt in Verbindung mit den in der Praxis üblichen Aufnahme-dispositionen ein äußerst wichtiges Ergebnis dar.

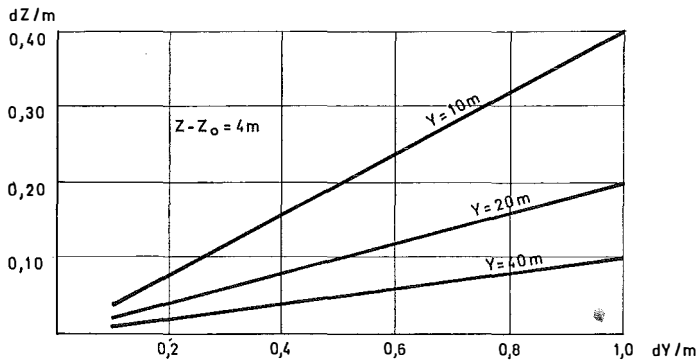


Abb. 3

Dieses Diagramm erlaubt die Abschätzung, ob das Objekt (z. B. eine Straßenfläche) bei entsprechender Aufnahmedisposition als Ebene oder als räumliches Objekt behandelt werden kann. Nomogramme würden umfassendere Abschätzungen zulassen. Für beliebige Aufnahmedispositionen werden die Fehlereinflüsse auf die Objektkoordinaten durch Unterprogramme gleichzeitig mit der Koeffizientenberechnung ermittelt.

4. Diskussion praktischer Arbeiten

Um die Formelsysteme und erstellten Programme nach Punkt 2 sowie die Abschätzungen nach Punkt 3 zu erproben, wurden einige praktische Arbeiten durchgeführt.

4.1 Das Testfeld Rosenhain

Durch einen Punktraster mit den Ausmaßen $25 \times 12\text{ m}^2$ wurde eine Straßenkuppe mit einem Ausrundungshalbmesser von 100 m simuliert. Die maximalen Höhenunterschiede im Punktfeld betragen 0,50 m. Die Aufnahmedisposition wurde so gewählt, daß die mittlere Überhöhung des Aufnahmezeitpunktes 4 m, die Aufnahmeentfernungen zwischen 20 und 60 m betragen. Aufnahmen wurden sowohl mit Meß- als auch Amateurkamern durchgeführt, verschiedene Auswertemethoden wurden angewendet.

4.1.1 Die Fläche wurde als Ebene mit einer mittleren Höhe angenähert und die Objektkoordinaten nach den Gleichungen (4) errechnet. Es ergaben sich maximale Abweichungen von den Sollwerten der Koordinaten von 0,95 m in der Aufnahme-richtung. Diese Abweichungen stimmen mit den vorausberechneten theoretischen Werten nach (9) überein.

Danach wurde das gleiche Bildmaterial nach Formel (5) ausgewertet; hier betragen die maximalen Abweichungen nur 0,08 m. Damit ist an einem praktischen Beispiel aufgezeigt, daß ein Straßenstück als räumliches Objekt zu behandeln ist und nur in Ausnahmefällen als Ebene angenähert werden kann.

4.1.2 Mit dem Bildmaterial von zwei Aufnahmegeräten wurde die Genauigkeit von verschiedenen Berechnungsmethoden untersucht und in der Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1

Kammer	Objektiv Brennweite in mm	Schichttr. Format	Auswerte- methode	mittlerer red.Fehler	mittl.Ab- weichung in X,Y	Aufnahme- entfernung in m	Idente Punkte
TAN	Orthoprotar f = 190	Platte 13 x 18	1	-	0,10 m	20 - 50	13
TAN	Orthoprotar f = 190	Platte 13 x 18	2	$\pm 0,013$ mm	0,04 m	20 - 50	13
TAN	Orthoprotar f = 190	Platte 13 x 18	3	$\pm 0,011$ mm	0,03 m	20 - 50	13
YASHICA	Yashinon f = 50	Rollfilm 24 x 36	1	-	0,20 m	20 - 50	10
YASHICA	Yashinon f = 50	Rollfilm 24 x 36	2	$\pm 0,013$ mm	0,11 m	20 - 50	10
YASHICA	Yashinon f = 50	Rollfilm 24 x 36	3	$\pm 0,013$ mm	0,10 m	20 - 50	10

Auswertemethode 1: Berechnung ohne Überbestimmung

Auswertemethode 2: Berechnung mit Ausgleich

Auswertemethode 3: Berechnung mit Ausgleich unter Einführung von Gewichten als Funktion der Aufnahmeentfernung und des Schnittwinkels des Aufnahmestrahles mit dem Objekt.

4.1.3 Als dritter Versuch wurde die analytisch definierte Straßenkuppe (Kreiszyylinder) nach Punkt 2.3 behandelt.

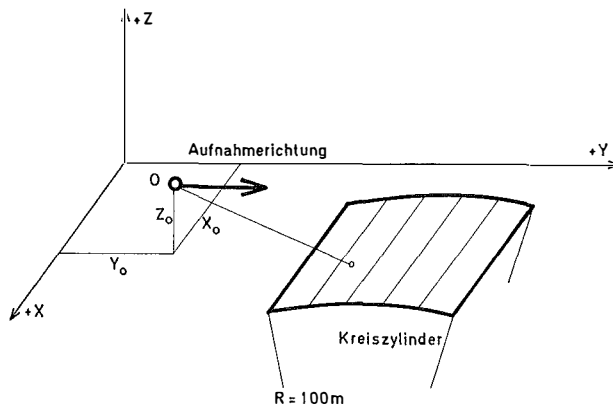


Abb. 4

Die Auflösung der Gleichungen

$$Y = k_1 Z + k_2, \quad X = k_3 Z + k_4$$

$$(Y - Y_0)^2 + (Z - Z_0)^2 = R^2$$

liefert die Objektskoordinaten X , Y . Das Ergebnis stimmt mit der Berechnung nach 2.2 überein.

4.2 Versuch Schloßberg — Spurenrekonstruktion für eine simulierte Verkehrsunfallaufnahme.

In einem verwundenen Straßenstück mit einer Längsneigung von ca. 20% wurde in einer Größenordnung, die vielen praktischen Fällen entspricht, ein Punktfeld eingerichtet. Diese Punkte, an denen auch verschiedene Signalisierungsmöglichkeiten für Bremsspuren erprobt wurden, wurden geodätisch mit Zentimetergenauigkeit eingemessen. Von drei Standpunkten *A*, *B*, *C* mit unterschiedlicher Überhöhung wurden Aufnahmen mit verschiedenen Kamern durchgeführt.

4.2.1 Die Bedeutung der Überhöhung für die Genauigkeit des Auswertergebnisses läßt sich an der Tabelle 2 ablesen.

Tabelle 2

Standpkt.	mittl. Überhöhung	Aufnahmekammer	Objektiv Brennweite in mm	mittl. Bildkoordinatenfehler	max. Objektkoordinatenfehler	Bildmaßstab
A	0,0 m	YASHICA	Yashinon f = 50	± 0,026 mm	0,28 m	100 - 400
	0,0 m	CONTAX	Biogon f = 21	± 0,019 mm	0,43 m	200 - 1000
B	2,5 m	YASHICA	Yashinon f = 50	± 0,018 mm	0,14 m	100 - 400
	2,5 m	CONTAX	Biogon f = 21	± 0,026 mm	0,14 m	200 - 1000
C	5,5 m	YASHICA	Yashinon f = 50	± 0,025 mm	0,05 m	100 - 400
	5,5 m	CONTAX	Biogon f = 21	± 0,025 mm	0,04 m	200 - 1000

Objektpunkte, für die $Z - Z_0$ kleiner als 0,50 m war, wurden nicht berücksichtigt. Bei ungefähr gleichbleibender Genauigkeit der Bildkoordinatenmessung steigt die Genauigkeit der Objektkoordinaten mit zunehmender Überhöhung in einem Maß, das sich schon nach Diagramm Abb. 2 abschätzen ließ.

4.2.2 Um die Brauchbarkeit verschiedener handelsüblicher Amateurkamern zu testen, wurden vom Standpunkt *C* Aufnahmen nach Tabelle 3 durchgeführt.

Tabelle 3

Kammer	Objektiv Brennweite in mm	Schichtträger	Identepunkte	mittl. Bildkoordinatenfehler	max. Objektkoordinatenfehler	Aufnahmeentfernung
CONTAX	Sonnar f = 50	Rollfilm schwarz-weiß	13	± 0,035 mm	0,05 m	5 - 20 m
CONTAX	Biogon f = 21	Rollfilm schwarz-weiß	13	± 0,027 mm	0,04 m	5 - 20 m
YASHICA	Yashinon f = 50	Rollfilm schwarz-weiß	10	± 0,031 mm	0,05 m	5 - 20 m
KODAK INSTAMATIC 104	-	Farbnegativ Kassettenfilm	10	± 0,038 mm	0,05 m	5 - 20 m
POLAROID ZIP	-	Polaroidfilm	8	± 0,05 mm	0,06 m	5 - 20 m

Bei entsprechender Aufnahme disposition liefern auch einfache Aufnahme geräte praktisch brauchbare Ergebnisse.

4.2.3 Um Aussagen über die in der Praxis häufig vorliegenden Papiervergrößerungen machen zu können, wurden schließlich noch verschiedene Schichtträger getestet. Um die Verzeichnung auszuschalten, wurde als Aufnahme gerät die Wild-P 32 eingesetzt.

Tabelle 4

Schicht-träger	Format in cm	max. Objekts-koordinaten-fehler
Agfa-Gevaert 22 DIN Ortho-platte Geva-chrom 32	6,5 x 9	0,03 m
Rollfilm Ilford FP 4	6,5 x 9	0,04 m
Papier Forte BH 5	8 x 12	0,08 m
Papier Tura PE-S	8 x 12	0,08 m

Wie die beiden hier angeführten Versuche zeigen bzw. wie bei zahlreichen praktischen Arbeiten zur Gutachtenserstellung festgestellt wurde, lassen sich Ergebnisse mit brauchbaren Genauigkeitsangaben nur erwarten, wenn bestimmte Richtlinien bei der Auswahl der Aufnahme disposition eingehalten werden. Im wesentlichen sind das die Paßpunktverteilung im Bildinhalt, die Wahl des Bildmaßstabes und der Aufnahme richtung sowie die Überhöhung des Aufnahme standpunktes.

Zusammenfassung

Zur Beweisführung werden immer häufiger Amateuraufnahmen herangezogen, als Auswertemethode überwiegt in der Praxis die Einbildmessung. Dieses Verfahren wird auch bei räumlichen Objekten angewendet. Formelsysteme, Genauigkeitsabschätzungen und Diskussionen praktischer Arbeiten werden im vorliegenden Bericht mitgeteilt.

Literatur

- [1] Voss, G.: Neue Geräte im System Industriephotogrammetrie des VEB Carl Zeiss, Jena, Vermessungstechnik 1973.
- [2] Kägi, R., Hardegen, L.: Wild Aufnahme- und Auswertegeräte für die Architekturphotogrammetrie, Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 1/1975.
- [3] Döhler, M.: Nahbildmessung mit Nicht-Meßkammern, Bildmessung und Luftbildwesen 2/1971.
- [4] Karara, H. M., Abdel-Aziz, Y. I.: Accuracy aspects of non-metric imageries, Photogrammetric Engineering 1974.
- [5] Grün, A.: Die photogrammetrische Rekonstruktion von Rotationsflächen aus Einzelbildern, Bildmessung und Luftbildwesen 5/1974.
- [6] Hubeny, K.: Photogrammetrie 1, Hochschulkriptenreihe, Technische Hochschule in Graz 1974.
- [7] Jordan, Eggert, Kneissl: Band IIIa/1 Photogrammetrie.
- [8] Killian, K.: Beitrag zur numerischen und graphischen Auswertung von Luftbildern, Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen 1957.

Übersicht über den gegenwärtigen Stand der digitalen Bildverarbeitung

Von *Franz Leberl* und *Alexander F. H. Götz*, Pasadena

Zusammenfassung

Digitale Bildverarbeitung ist eine Technologie, die zwar schon seit Beginn der sechziger Jahre besteht, aber erst seit 1972 rasch an Bedeutung zunimmt. Dies ist ein Ergebnis des erdumkreisenden „LANDSAT“-Satelliten (bis vor kurzem Earth Resources Technology Satellite — ERTS — genannt). LANDSAT erzeugt multispektrale Bilder der Erdoberfläche, die in digitaler Form von der US-Raumfahrtbehörde NASA zur Verfügung gestellt werden. Auswertung dieser und anderer digitaler Bilder mit Hilfe des Computers ist Inhalt der digitalen Bildverarbeitung. Der vorliegende Aufsatz gibt einen Überblick über die Geschichte, den gegenwärtigen Stand und Entwicklungen dieses Verfahrens.

Summary

Digital image processing has been in existence since the beginning of the 1960s, but it is only since 1972 that its importance has grown rapidly. This is a result of the Earth-orbiting "LANDSAT" (until recently called Earth Resources Technology Satellite — ERTS). LANDSAT produces multispectral images of the Earth's surface. These images are made available in digital form by the US space agency, NASA. Use of these and similar images with the help of a computer is the purpose of digital image processing. The present paper provides an overview of the history, current status and developments of this technology.

I. Einleitung und geschichtlicher Überblick

Die Experimente mit den multispektralen Aufnahmen aus dem erdumkreisenden "Earth Resources Technology Satellite (ERTS)" (im Februar 1975 wurde ERTS in „LANDSAT“ umbenannt) haben den raschen Aufschwung eines neuen wissenschaftlichen Werkzeuges in die Wege geleitet: „digitale Bildverarbeitung“. Ihren Ursprung hat diese Technik im Raumforschungsprogramm der Vereinigten Staaten (siehe Figur 1). Sie begann mit den elektronisch zur Erde gesandten schwarz-weißen Fernsehaufnahmen des Mondes und Mars während der Ranger- und Mariner-Projekte (*Billingsley*, 1966). Die ersten Entwicklungen zur digitalen Verarbeitung von elektronisch übermittelten Aufnahmen begannen etwa 1962 am Jet Propulsion Laboratory (JPL) in Pasadena, Kalifornien, das für das Ranger- und Mariner-Projekt verantwortlich war.

Digitale Bildverarbeitung wurde auch von einer unabhängigen zweiten Entwicklung stimuliert. An den Willow-Run-Laboratorien der Universität von Michigan war zu Beginn der sechziger Jahre erst die Infrarotzeilenabtastung (Infrared Line Scanning-IRLS) und dann die multispektrale Abtastung (Multispectral Scanning-MSS) erfunden worden. Das Resultat eines IRLS- oder MSS-Fluges war von Beginn an eine Aufzeichnung auf Magnetband, die für eine Umwandlung in digitale Form ideal geeignet war. Während man an den Willow-Run-Laboratorien versuchte, die IRLS- oder MSS-Aufzeichnung analog zu verarbeiten, begann eine Gruppe an der Purdue Universität in Indiana im Jahre 1965, die Analogdaten zu digitalisieren und im besonderen Multispektralaufnahmen im digitalen Allzweckcomputer zu verarbeiten. Das Ziel dieser Verarbeitung war die automatische Erkennung von abgebildeten Details auf Grund ihrer Intensität in verschiedenen Bereichen des sichtbaren und infraroten elektromagnetischen Spektrums.

Während also die vornehmliche Zielsetzung der Verarbeitung von Raumfahrtbildern der Verbesserung der Auswertbarkeit einer Einzelaufnahme galt, strebte die Verarbeitung von Multispektralaufnahmen ursprünglich die Automatisierung der Photointerpretation an und hatte mit einer Gruppe von Abbildungen desselben Gebietes, aber in verschiedenen Spektralbereichen, zu tun.

Digitale Bildverarbeitung führte am Jet Propulsion Laboratory zur Gründung eines "Image Processing Laboratory (IPL)" und an der Purdue Universität zum "Laboratory for Applications of Remote Sensing (LARS)". Jedoch wäre diese Entwicklung noch für längere Zeit nicht sehr schnell fortgeschritten, hätte nicht der LANDSAT-Satellit die Geowissenschaften ab 1972 mit multispektralen Abtastbildern überschwemmt. Um diese Masse von Daten verarbeiten zu können, wurde an vielen geowissenschaftlichen Instituten innerhalb (und außerhalb) der Vereinigten Staaten auf digitale Verarbeitung der Satellitendaten übergegangen. Dies führte zu einer ungewöhnlichen Popularisierung dieser Technologie und somit zu einer verstärkten Verwendung in z. B. Biomedizin, Astronomie, Nicht-destruktivem Testen usw. Überdies werden im zunehmenden Maße nicht nur solche Bilder digital verarbeitet, die von vorneherein auf Magnetband aufgezeichnet wurden, sondern auch photographische Aufnahmen werden zunehmend digitalisiert. Dies wird von einem Aufschwung einer neuen Industrie begleitet, die Instrumente zur Umwandlung von photographischen Aufnahmen in digitale Form und umgekehrt anbietet (*Heath, 1975*).

Viele Institute, welche digitale Bildverarbeitung betreiben, sind jedoch nicht kommerziell, sondern Forschungslaboratorien, Universitäten oder Kontraktforschungsgesellschaften. Es ist bis jetzt leider noch stets ziemlich teuer, ein Bild digital zu verarbeiten, so daß rein kommerzielle Verwendung von Multispektralbildern oft noch auf der zwar weniger flexiblen, aber wesentlich schnelleren und weniger kostspieligen Analogmethode beruht.

Im folgenden soll eine Übersicht darüber gegeben werden, was digitale Bildverarbeitung ist und wer sie derzeit betreibt. Schließlich wird an einem Beispiel demonstriert, was durch digitale Verarbeitung von vor allem Satellitenbildern in geowissenschaftlichen Anwendungen erreicht werden kann.

II. Was ist digitale Bildverarbeitung?

A. Digitales Bild

Um den Begriff „digitale Bildverarbeitung“ treffend erläutern zu können, ist es notwendig, erst das digitale Bild zu definieren und seine Herstellung kurz zu erklären. Diese Herstellung kann mittels elektronischer Verfahren, weiter den heute fast ausschließlich verwendeten elektromechanisch-optischen Methoden und wird in Zukunft zunehmend mit "Solid State Arrays" geschehen (*Bryant, 1974*). Umwandlung des Digitalbildes in analoge Form auf photographischem Film ist das inverse Problem. Eine kurze Übersicht über die Herstellung des Digitalbildes und Rückumwandlung in analoge Form schließt im folgenden an die Definition des digitalen Bildes an.

Es sollte an diesem Punkt darauf hingewiesen werden, daß die in der Photogrammetrie vertrauten Systeme der Differentialverzerrung (Orthophotographie) ebenfalls in die eine oder andere Klasse von Bildverarbeitungsgeräten eingeordnet werden können.

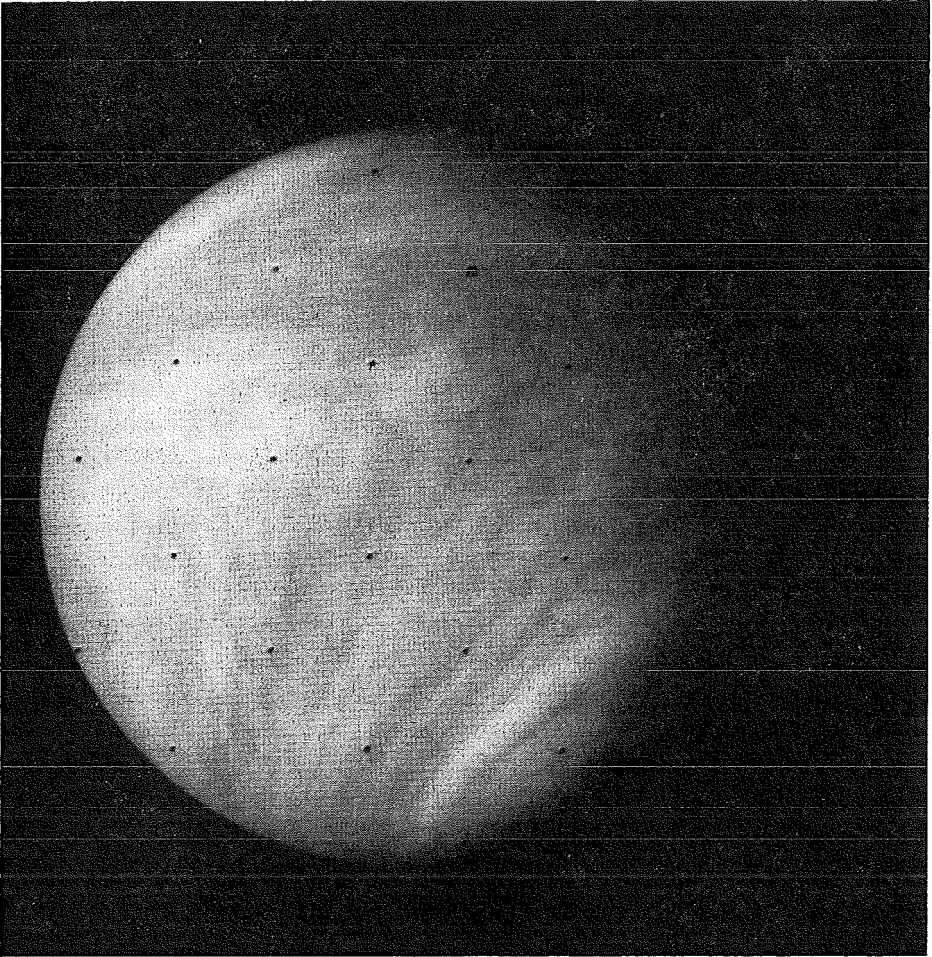


Fig. 1 a

1. Definition. Ein digitales Bild ist eine Menge von Zahlengruppen im Speicher eines Computers. Wie in Figur 2 ersichtlich, kann ein zweidimensionales Bild in einen Raster von Punkten aufgelöst werden ähnlich wie im Siebdruckverfahren. Jedes Element dieses Rasters wird durch eine Gruppe von Koordinaten beschrieben, nämlich durch eine Zahl, die den mittleren Grauwert des betreffenden Elementes beschreibt, und durch Werte, welche seine Lage im Raster festlegen. Für den kontinuierlichen Bereich von Grauwerten zwischen Weiß und Schwarz stehen meist etwa 256 oder 512 diskrete Grauwertstufen zur Verfügung. Für die Beschreibung der Lage eines Rasterpunktes werden meist die Zeilen- und Spaltennummern verwendet. Eine Masche wird im Englischen mit "pixel", kurz für "*P*icture *E*lement" oder Bildelement, bezeichnet.

Ein digitales Bild kann entweder durch Umwandlung eines analogen Bildes (typisch einer photographischen Aufnahme) erzeugt werden oder aber ein Objekt wird ohne Herstellung einer Photographie direkt so abgebildet, daß analoge Videosignale digitalisiert werden und daher eine digitale Aufzeichnung entsteht.

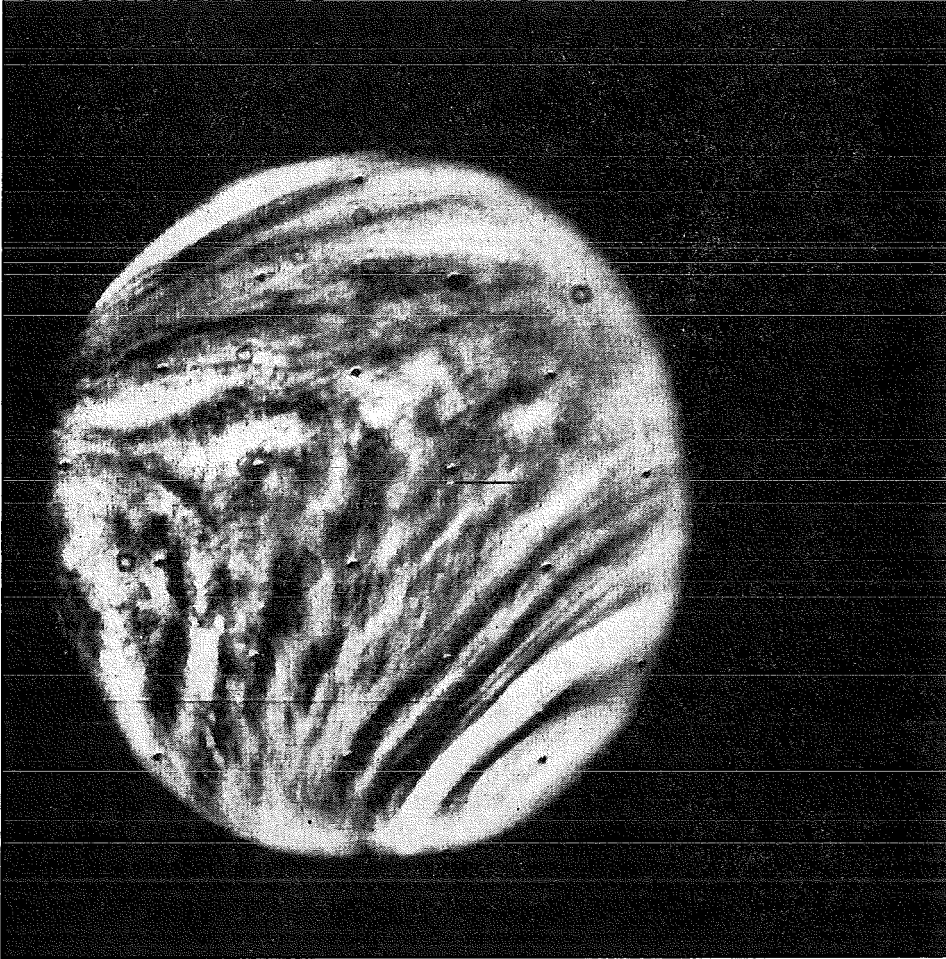


Fig. 1 b

Digitale Verarbeitung von Mariner-10-Fernsehbildern des wolkenbedeckten Planeten Venus (1973):
 (a) zeigt eine Aufnahme ohne, und (b) mit Computer-Verarbeitung

2. Elektronische Verfahren. Elektronische Verfahren beruhen auf der Videokamera, dem Bilddissektor, der Kathodenstrahlröhre und dem Elektronenstrahlgerät. Die beiden ersten Systeme, Videokamera und Bilddissektor, dienen der Herstellung von Digitalaufzeichnungen. Ein optisch auf einen Schirm projiziertes Bild wird mit der Videokamera elektronisch abgetastet und in eine Serie von elektrischen Analogsignalen umgesetzt, die in digitale Form umgewandelt werden können. Durch Videokameras erzeugte Digitalbilder werden zum Beispiel in der Raumfahrt zur Abbildung der Oberfläche von Planeten verwendet, wie in den Mariner-Projekten zu Merkur, Venus und Mars. Videokameras werden aber auch oft zur Abtastung von Photographien herangezogen (wie im General Electric [GE] Image 100, im "Image Discrimination, Enhancement, Combination and Sampling"-System [IDECS] der Universität von Kansas, dem I²S-System 101, usw.).

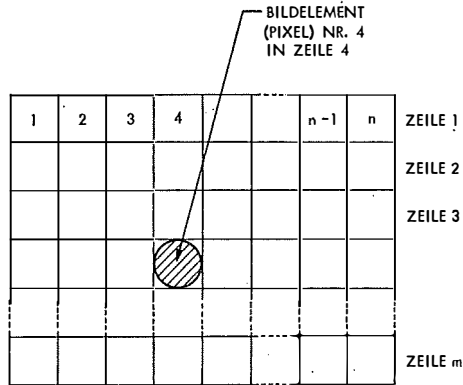


Fig. 2: Ein zweidimensionales kontinuierliches Bild kann in diskrete Bildelemente (Pixels) aufgelöst werden

Im Bilddissektor (= „Bildzerleger“) wird ein Bild Stück für Stück optisch auf eine Bilddissektorröhre projiziert. In dieser Röhre wird der Bildausschnitt durch ein lichtempfindliches Element (Photokathode) in einen Elektronenstrahl umgesetzt. Dieser Strahl ist breit und wird elektronisch in Punkte aufgelöst. Dieses Prinzip wird zum Beispiel in den Dicomed-Abtastern verwendet.

Die Kathodenstrahlröhre ist ein wohlbekanntes Instrument zum Abtasten einer photographischen Aufnahme wie auch zur Umwandlung eines Digitalbildes in eine analoge Aufzeichnung. Im Falle der Abtastung wird der Leuchtpunkt einer Röhre als punktförmige Lichtquelle verwendet, die jeweils ein Pixel einer transparenten Photographie beleuchtet. Ein Photomultiplikator mißt die Intensität des durchgesandten Lichtes und damit den Grauwert des Pixels (Figur 3).

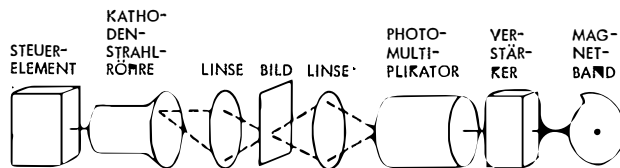


Fig. 3: Beispiel einer Abtastvorrichtung mittels Kathodenstrahlröhre und Photomultiplikator

Das Elektronenstrahlgerät (Electron Beam Recorder — EBR) dient schließlich nur dem „Ausschreiben“ eines Digitalbildes auf photographischem Film, wobei ein Elektronenstrahl direkt auf einer photographischen Emulsion schreibt. Dieses Prinzip wird in der Herstellung von LANDSAT-Bildern verwendet.

3. Elektromechanisch-Optische Verfahren. Die Gruppe der elektromechanisch-optischen Verfahren ist jene, welche derzeit am meisten für die Digitalisierung von photographischen Bildern, aber auch für die direkte Erzeugung digitaler Bilder verwendet wird. Diese Verfahren produzieren die beste Auflösung und haben den weitesten Kontrastbereich. Direkte linienweise Abtastung des Objektes geschieht mit den Infrarot-Linienscannern (IRLS) oder den Multispektralscannern (MSS), welche an Bord eines Flugzeuges, Satelliten oder anderen Fahrzeuges mitgeführt werden (IRLS und MSS wurden in dieser Zeitschrift schon beschrieben: *Leberl*, 1971). Die linienweise Abtastung führt zu zeilenweisen elektrischen Analog-

signalen, welche auf Magnetband in analoger Form oder nach Digitalumwandlung gespeichert werden. Dies ist das System, welches auch für die LANDSAT-Bilder verwendet wird.

Das Beispiel eines abtastenden Mikrodensitometers (z. B. Perkin Elmer PDS, Optronics) demonstriert elektromechanisch-optische Digitalisierung einer Photographie: eine in den zwei cartesischen Koordinatenrichtungen bewegliche transparente Photographie wird von einer Lichtquelle Punkt für Punkt abgetastet. Die Intensität des in jedem Augenblick beobachteten Punktes wird gemessen und in digitaler Form auf Magnetband gespeichert. Eine Reihe von verschiedenen elektromechanisch-optischen Systemen ist möglich, abhängig davon, ob sie für Film oder Papierabzüge gedacht sind, ob das Original auf einer Walze montiert wird oder flach liegt und welche Art von Beleuchtungsquellen verwendet wird (Figur 4).

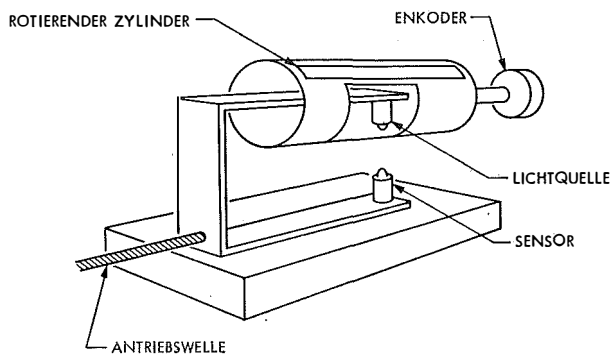


Fig. 4: Beispiel eines elektromechanisch-optischen Prinzips zur Abtastung und auch Erzeugung einer photographischen Abbildung (aus *Bryant*, 1974)

Es wurde bisher stillschweigend angenommen, daß die beschriebenen Methoden im wesentlichen das digitale Äquivalent einer photographischen Aufnahme herstellen. Das ist nicht notwendigerweise der Fall: zum Beispiel haben das Elektronenstrahlgerät und das elektromechanisch-optische Abtasten (Rasterabtasten) Möglichkeiten für die automatische Kartographie, sowohl als Digitalisier- wie auch als Zeichengerät (*Diello*, 1970).

4. Solid State Arrays. Schließlich beruht die dritte Gruppe auf den "Solid State Arrays", wie sie auf Englisch genannt werden (*Amelio*, 1974). Dies sind sehr zukunftsreiche Verfahren (*Götz*, 1975). Ein Solid State Array besteht entweder aus einer linearen oder zweidimensionalen Anordnung von lichtempfindlichen Elementen. Im zweidimensionalen Fall (Figur 5) mißt jedes Element den Grauwert eines Pixels. Die geometrische Lage dieses Bildpunktes oder seine Ordnungszahl, liegt durch die Ordnungszahl des lichtempfindlichen Elementes fest. Derzeit sind Anordnungen von 400×400 Elementen verfügbar, von denen jedes ein elektrisches Analogsignal liefert, welches in digitale Form umgewandelt werden kann. Im Gegensatz zum zweidimensionalen Solid State Array erzeugt die linienweise eindimensionale Anordnung von lichtempfindlichen Elementen (Solid State Line Scanner) in einem Augenblick nur das Bild einer Linie. Daher ist eine mechanische oder optische Abtastbewegung notwendig, um eine zweidimensionale Abbildung zu erzeugen.

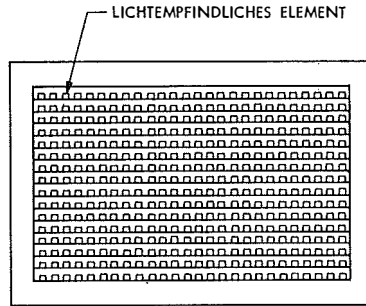


Fig. 5: Prinzip-Skizze eines "Solid State Arrays", wie er als Fernsehkamera oder zur Herstellung eines Digitalbildes verwendet werden kann

B. Verarbeitung des digitalen Bildes

Hat man ein digitales Einzelbild in einem Computer gespeichert, so kann in erster Linie mit den Grauwerten jedes Bildes manipuliert und in zweiter Linie die Lage der Bildpunkte modifiziert werden.

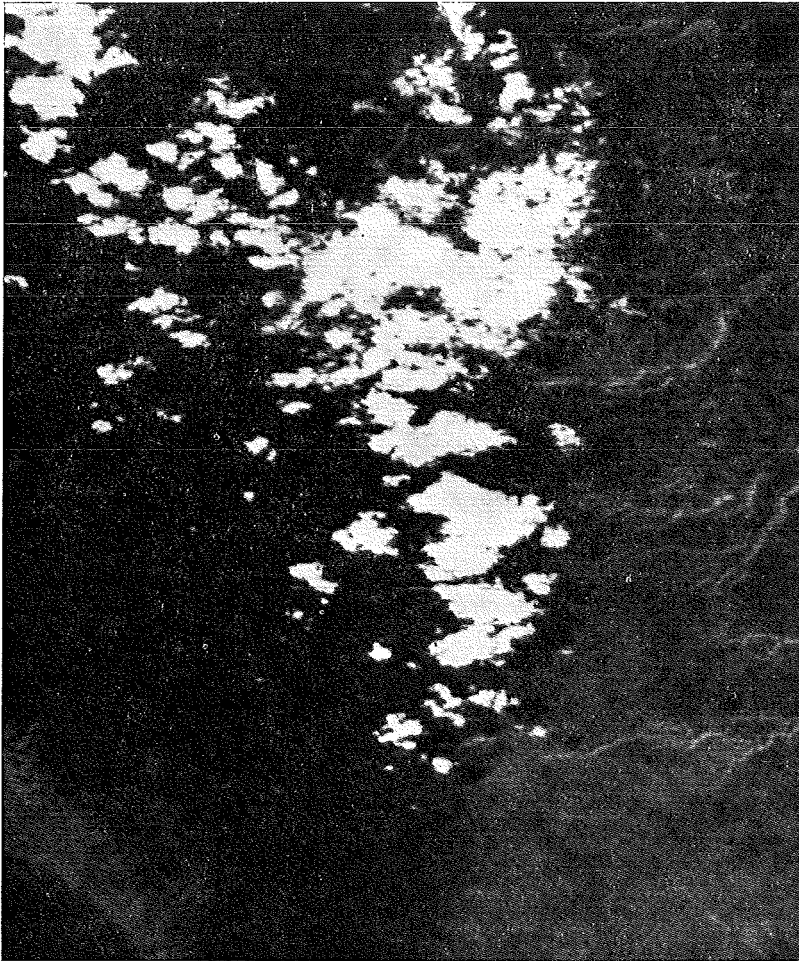


Fig. 6a

1. Einzelbild-Qualität. Falls bei Erzeugen des digitalen Bildes (Digitalisieren oder elektronisch Übersenden) Fehler aufgetreten sind, so können diese in einer relativ einfachen Fehlersuch- und Verbesserungsroutine eliminiert werden. In ähnlicher Weise kann auch ein kohärenter Störeffekt (Noise) eliminiert werden (Figur 6). Dies geschieht mittels eines digitalen Filterungsprozesses, der jedoch aufwendig ist. Schneller kann ein kohärenter Störeffekt derzeit noch in analoger Weise (optisches Filtern in der Fourier-Ebene) eliminiert werden.

Ein nächster Schritt ist das Verbessern des Kontrasts in einem Bild: die Grauwerte eines Bildes konzentrieren sich meist um einen Mittelwert mit beschränkter Streuung, so daß ein Histogramm von Grauwerten aussieht wie etwa in Figur 7 b.

Beispiel der Filterung kohärenter Störeffekte. Das linke Bild zeigt einen Teil der Landsat-(ERTS)-Aufnahme 1014-17373, MSS Band 4, jedoch mit Überlagerung einer unerwünschten Störung. Rechts ist das gefilterte Bild (aus *Götz et al.*, 1975)

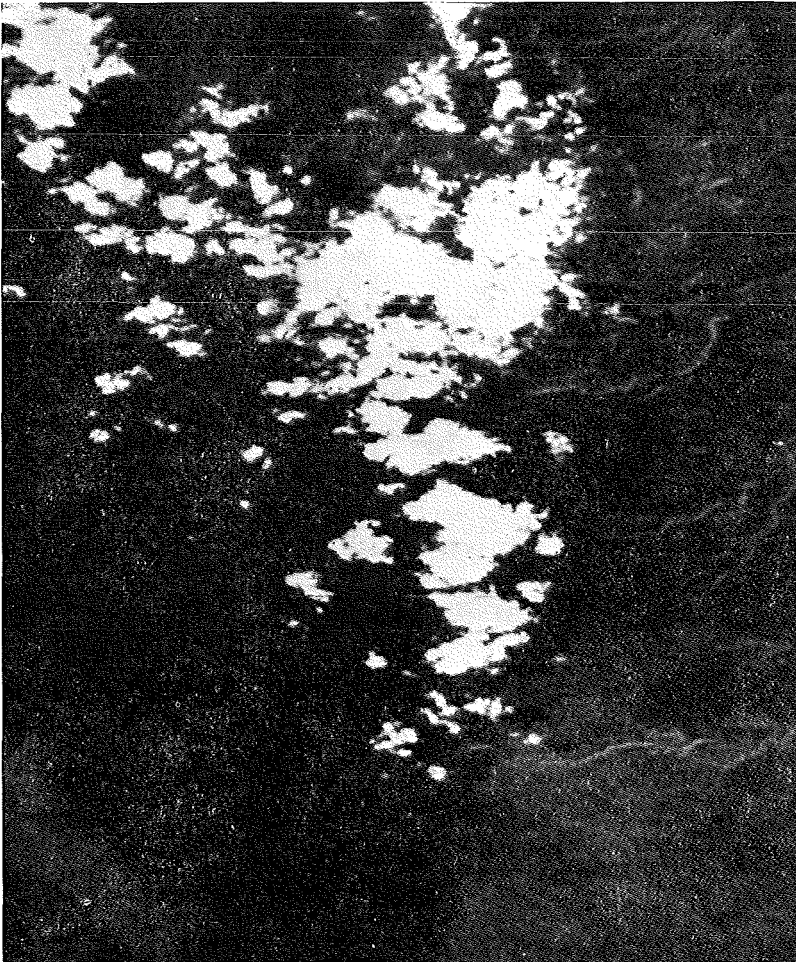


Fig. 6 b

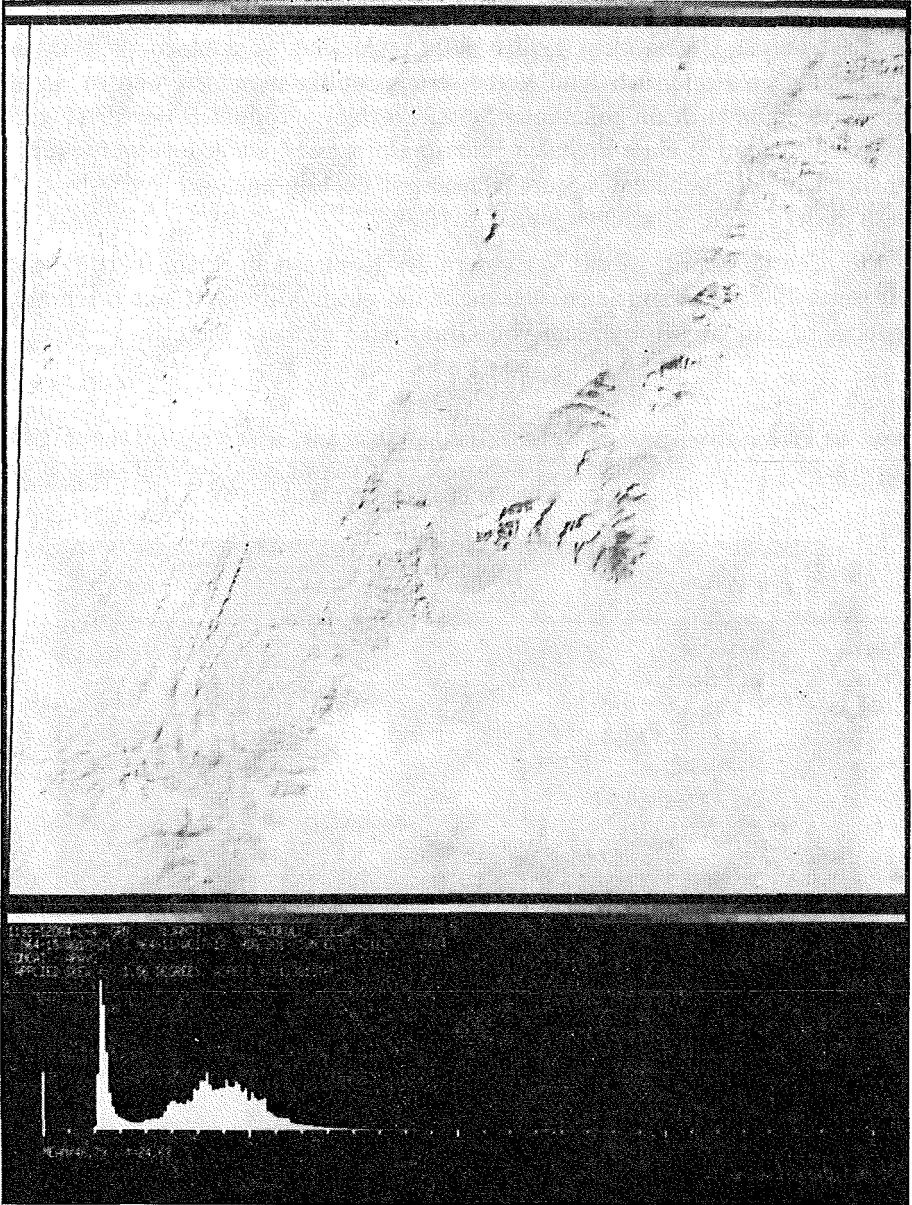


Fig. 7a + b

Figur 7a zeigt das Bild, zu dem das Histogramm gehört. Der Bereich, in dem die Grauwerte verteilt sind, kann nun erweitert werden: dies wird auf Englisch mit einem Terminus technicus "contrast stretching" (Kontrasterweiterung) genannt. Kontrasterweiterung kann linear und nicht-linear vorgenommen werden und stellt nichts anderes dar als eine Neueinteilung der Histogramm-Abszisse: die Grauwerte sind dann um einen anderen Mittelwert verteilt und haben eine andere, meist weitere Streuung. Wird der Grauwert eines Pixel mit G_a bezeichnet, der Mittelwert mit m_a ,



Fig. 7c + d

Beispiel einer Kontrasterweiterung: (a) zeigt eine Landsat(ERTS)-Aufnahme von Island, welche direkt auf Film ausgeschrieben wurde; (b) ist das Histogramm der Grauwerte des Bildes in (a); (c) zeigt das selbe Bild wie (a), aber nach einer Neuverteilung der Grauwerte (Kontrasterweiterung); (d) ist das Histogramm der Grauwerte nach Kontrasterweiterung

ist λ ein Maßstabsfaktor, und G_n, m_n der Grauwert und das Mittel nach Kontrasterweiterung, so gilt:

$$G_n = \lambda \cdot (G_a - m_a) + m_n$$

Figuren 7c und 7d zeigen das Resultat dieses Vorgehens.

Eine sehr einfache Operation führt zur Herstellung von Äquidensitäten. An sich ist jedes digitale Bild schon eine Darstellung in bis zu 256 Dichte-(Grauwert-)stufen: Das kann sehr schnell in eine Darstellung mit weniger als 256 Stufen umgewandelt werden.

Der Grauwert jedes Pixels kann auch so transformiert werden, daß dabei die umliegenden Pixelwerte mitberücksichtigt werden. Dies führt zu einem Filterungsprozeß. Dies kann zu einer Verbesserung der Bildschärfe führen, wie sie in Figur 8 demonstriert wird.

2. Einzelbild-Geometrie. Liegt ein Bild in digitaler Form vor, so ist eine geometrische Operation ziemlich einfach vorzunehmen. Im wesentlichen kann es sich hierbei um eine Entzerrung (Umbildung in eine gewünschte Projektion) handeln. Ein Beispiel ist die perspektive Aufnahme in Figur 9, welche auf digitalem Wege in

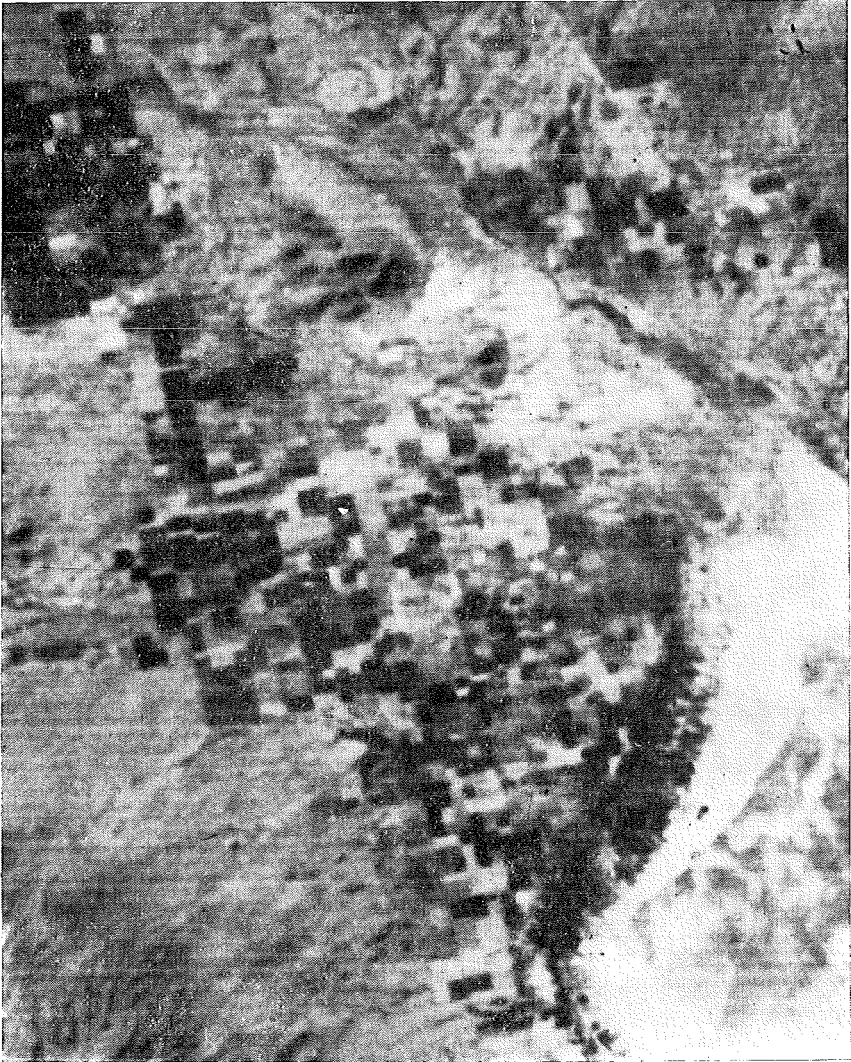


Fig. 8a

eine transversale Merkatorprojektion transformiert wurde. Teil eines jeden Bildverarbeitungssystems ist ein "rubbersheet" („Gummidecke“-) Programm. Dies ist eine interpolative Entzerrung: für eine beschränkte Anzahl von Pixels (Paßpunkten) ist die korrekte Lage bekannt. Dazwischenliegende Bildpunkte erhalten eine Lagekorrektur durch Interpolation. Eine Übersicht über typische Transformations- und Interpolationsfunktionen ist in *Steiner et al.* (1972), *Kratky* (1972) und *Konecny* (1975) enthalten. Eine häufige Anwendung von Entzerrungsprogrammen ist derzeit

Beispiel eines Filterungsprozesses zur Verbesserung der Bildschärfe. Links ist ein Ausschnitt aus dem Landsat-Bild 1102-17274 (Arizona) gezeigt, wie es von NASA auf Film zur Verfügung gestellt wird (Band 5). Rechts demonstriert die verbesserte Bildschärfe das Ergebnis eines digitalen Filterprozesses (aus *Götz et al.*, 1975)



Fig. 8b

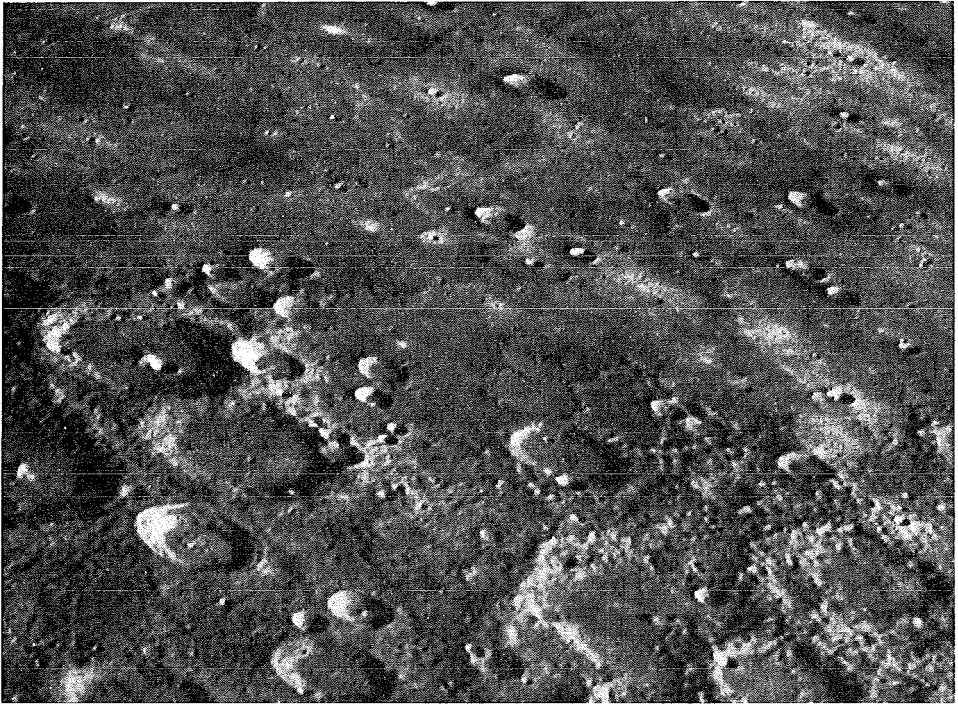


Fig. 9a

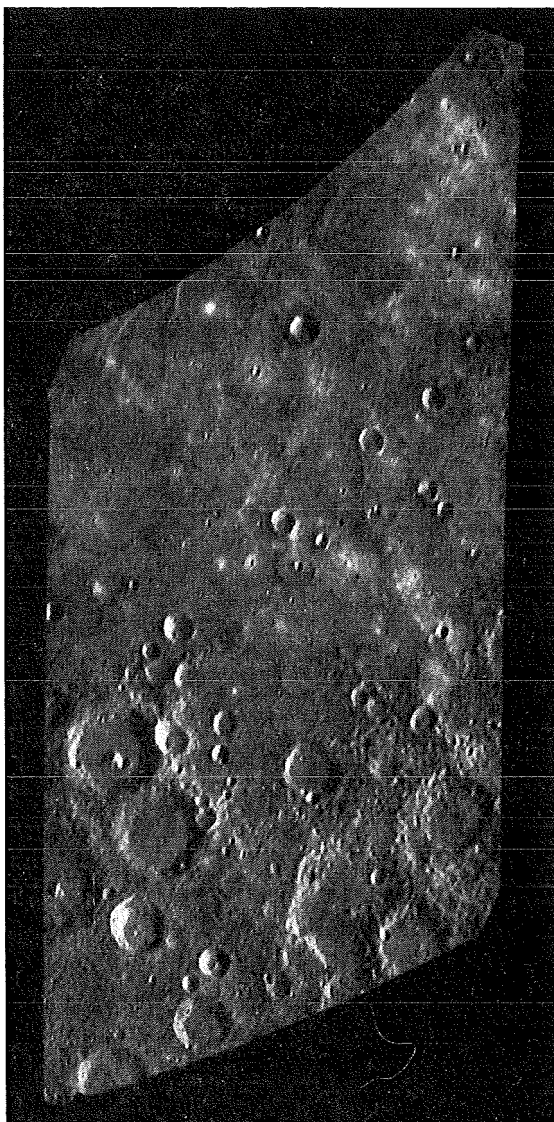
die Transformation der digitalen LANDSAT-Aufnahmen in das Kartenkoordinatensystem mit einer Reihe von Paßpunkten (Anuta, 1973; Bernstein, 1973; Götz et al., 1975).

Die wesentliche Komplizierung der digitalen Bildentzerrung ist die Tatsache, daß das entzerrte Bild wiederum eine lückenlose Aneinanderreihung von Bildelementen zu sein hat. Was passiert aber, wenn zwei ursprünglich benachbarte Pixels nach der Entzerrung 1,5 Bildelemente auseinander liegen? Nach einer Transformation ist der Raster von Bildpunkten ziemlich unregelmäßig mit Überdeckungen und Lücken. Um wiederum eine uniforme, regelmäßige Anordnung von Pixels zu erhalten, stehen mehrere Möglichkeiten offen; zum Beispiel werden Grauwerte in Schnittpunkten eines regelmäßigen Gitters interpoliert oder die Verschiebung von Pixels wird stets auf ein ganzzahliges Vielfaches der Pixelgröße abgerundet. Die interpolierten oder verschobenen Grauwerte formen das neue entzerrte Bild (Steiner, 1974).

3. Mehrfachbilder

Neben den Verfahren der Kontrasterweiterung, der Filterung und geometrischen Transformationen hat ein Bildverarbeitungssystem auch eine Anzahl Routinen, um Mehrfachaufnahmen zu manipulieren. Diese Mehrfachaufnahmen können zur Herstellung von Farbkompositen, zur automatischen Klassifizierung und zu einer Reihe von Manipulationen verwendet werden, wie: Addieren, Subtrahieren, Teilen und Multiplizieren von Grauwerten eines und desselben Pixels in den verschiedenen Spektralbereichen. Besonders das Teilen der beiden Grauwerte (G_a , G_b) eines Pixels

Fig. 9 b: Aufnahme eines Teiles des Planeten Merkur, Mariner-10-Mission: (a) vorund (b) nach Entzerrung auf digitalem Wege



in zwei Spektralaufnahmen a , b wird als sehr wirkungsvoll erfahren, so daß in dem neuen Bild mit den Grauwerten G_n

$$G_n = G_a/G_b$$

gewisse Einzelheiten sehr deutlich sichtbar werden. Der Nutzen dieses Verfahrens läßt sich in einer schwarz-weißen Illustration nicht demonstrieren, sondern würde einen Farbdruck erfordern. Im wesentlichen zeigt das Ergebnis einer Teilung von zwei Spektralaufnahmen weniger Detailreichtum als die Originale, zum Beispiel schon allein dadurch, daß Effekte der Hangneigung auf die Grauwerte ausgeschaltet werden. Dafür erhält man eine Betonung und Überhöhung spezifischer, oft sehr subtiler Unterschiede in den Spektralbereichen (Rowan *et al.*, 1974). Mit Ausnahme der

Klassifizierung dienen die Bildmanipulationen dem Zweck, die visuelle Interpretation zu erleichtern. Die Klassifizierung dagegen zielt darauf ab, die Interpretation zu automatisieren: zu jedem Pixel gehört eine Kombination von Grauwerten in den verschiedenen Spektralbereichen. Und jede Kombination entspricht einem bestimmten Detail im Objekt. Weiß man zum Beispiel, daß das Bild von Weizen eine gewisse Kombination von spektralen Grauwerten erzeugt, so kann umgekehrt geschlossen werden, daß ein Pixel mit einem gewissen Satz von Grauwerten das Bild von Weizen darstellt.

Diese Methode der Klassifizierung von Pixels könnte zu einer sehr einfachen Methode der Bildinterpretation führen, bestünde nicht das Problem, daß die Kombinationen, welche zum Beispiel zu Weizen gehören, eine ziemliche statistische Streuung haben. Dasselbe gilt für andere Objekte. Eine Klassifizierung wird also dadurch kompliziert, daß Objekte sich manchmal nur wenig in ihren spektralen Grauwerten unterscheiden.

Dynamische Vorgänge können durch multitemporale Aufnahmen analysiert werden. Mit digitaler Bildverarbeitung werden im typischen Fall zwei zu verschiedenen Zeiten gemachte Aufnahmen zur Deckung gebracht (auf Englisch "image registration" = Bildregistrierung). Hierzu wird die oben erwähnte interpolative Transformation (*Emmert und McGillem, 1973*) oder aber automatische Bildkorrelation verwendet (*Barnea und Silvermann, 1972; Anuta, 1970*). Sind zwei Bilder zur Deckung gebracht, fällt es nicht schwer, Unterschiede zu entdecken und automatisch diese Unterschiede in einem neuen Bild darzustellen. Jedoch arbeitet dieses Verfahren nur mit ziemlich großem Aufwand für eine sehr gute Bildregistrierung (*Bryant, 1975*). Beispiele eines ursprünglichen LANDSAT-Bildes und ein entsprechendes Differenzbild sind in Figur 10 gegeben.

Die Herstellung von Bildmosaiken ist eine weitere Aufgabe der digitalen Verarbeitung von Mehrfachaufnahmen. Eine große Anzahl von Karten der Planeten Mars und Merkur wurden auf diesem Wege erzeugt: die individuell optimalisierten Einzelbilder werden in die Kartenprojektion umgeformt und dann in einem interaktiven Computerprozeß zu Mosaiken zusammengesetzt. Zu diesem Zweck ist eine Korrektur der Bilder wegen der Wirkung verschiedener Beleuchtungs- und Gesichtswinkel sowie der photometrischen Funktion der Kamera vorzunehmen.

4. Entwicklungen. Die bisherige Aufzählung von Bildverarbeitungsmethoden deutete noch nicht an, wo die Gebiete derzeitiger Neuentwicklungen liegen. Hier sind vier Stichworte zu nennen: Bildregistrierung (Bildkorrelation), Klassifizierung, Hybrid-Systeme und Parallelrechner. Bisher wurden zwei überlappende Bilder zur Deckung gebracht, um Veränderungen zu analysieren. Derzeit wird aber auch daran gearbeitet, überlappende Bilder zur Deckung zu bringen, um automatisch Parallaxen zu entdecken und somit ein digitales Stereomodell zu gewinnen (*Keating et al., 1975; Gambino et al., 1974; Masry, 1975*). Der Prozeß ist ein digitales Gegenstück zu photogrammetrischen Bildkorrelatoren. Über Resultate wurde bisher noch nicht publiziert. Aber bisher erreichte Genauigkeiten liegen nach ersten informellen Berichten bei einem C-Faktor von mehr als 1000 (*Masry, 1975*). Dieser Wert entspricht in etwa der Höhengenaugkeit eines 3. Ordnungsgerätes für analoge Photogrammetrie.

Ein anderer Schritt zur Verbesserung der Bildregistrierung ist die vorherige Herstellung eines digitalen Orthophotos, in dem die Effekte des Geländereiefs eliminiert sind. Diese Effekte betreffen sowohl die Bildgeometrie wie auch die Grauwerte: letztere sind durch Hangneigung und Sonnenstand beeinflusst. Auch diese Einflüsse sollen aus einem Bild eliminiert werden.

Eine weitere interessante Entwicklung wird von der Bildverarbeitungsgruppe des astrogeologischen Zentrums des US Geological Survey verfolgt: dort werden LANDSAT-Bilder und digitale Geländemodelle zu künstlichen Stereomodellen verschmolzen (*Söderblom, 1975*).

Eine Reihe von Anstrengungen dienen dem Zweck, die automatische Klassifizierung von multispektraler Information zu verbessern. Diese Bemühungen gehen in die Richtung verbesserter statistischer Diskriminierung und der Erfassung von Einflüssen, welche die spektralen Grauwerte eines Objektes verändern, so wie Temperatur und Feuchtigkeit.

Unter dem Stichwort "Hybrid-Systeme" ist eine Kombination von digitaler und analoger Bildverarbeitung zu verstehen. Die Analogmethoden sind im wesentlichen solche, die entweder Bilder in photographischer Form belassen oder aber sie wohl abtasten, aber die erhaltenen elektrischen Analogsignale nicht digitalisieren. Analoge Bildverarbeitung geschieht also im Photolaboratorium, in einem I²S-Projektor für Multispektralbilder, im Analogverarbeiter von Dädalus, oder zum Beispiel in einem ISI-System (Interpretation Systems Inc., Lawrence, Kansas), in welchem ein Bild in der Form elektrischer Analogsignale (wie im Fernsehen) bearbeitet wird. Der Vorteil analoger Verarbeitung ist ihre Geschwindigkeit und Einfachheit, ihr Nachteil die beschränkte Flexibilität und Genauigkeit. In einem hybriden System, in dem die analoge und digitale Methode kombiniert sind, sollten die Vorteile beider Prinzipien zur Geltung kommen.

Ein Schritt zur Kostenverringerung der digitalen Bildverarbeitung ist der "Associative Array Processing"-Computer: hier wird nicht in jedem Moment eine einzige Operation in der "Central Processing Unit (CPU)" ausgeführt, sondern eine große Anzahl von Zahlen kann gleichzeitig addiert, subtrahiert, multipliziert und dividiert werden. Am Jet Propulsion Laboratory wird ein solcher Array Processor seit 1969 für digitale Bildverarbeitung verwendet, so daß Rechenzeiten seither drastisch verkürzt sind. Ein ganzes LANDSAT-Bild kann in einigen Sekunden verarbeitet werden. Ähnlich wie am JPL werden nun auch in anderen Laboratorien Array Processors zur digitalen Bildverarbeitung herangezogen, wie im MIDAS-System des Environmental Research Instituts von Michigan (ERIM) und bei den US Army Engineering Topographic Laboratories (USAETL).

C. Wer betreibt digitale Bildverarbeitung?

Seit LANDSAT (ERTS) gibt es eine rasch wachsende Reihe von Institutionen, welche digitale Bilder verarbeiten. Beschränkt man sich auf die USA, so kann festgestellt werden, daß alle NASA-Laboratorien dazu gehören, eine Anzahl von Hochschullaboratorien, einige militärische Einrichtungen, meteorologische Stellen, der US Geological Survey und eine handvoll Firmen, die alle im wesentlichen auf

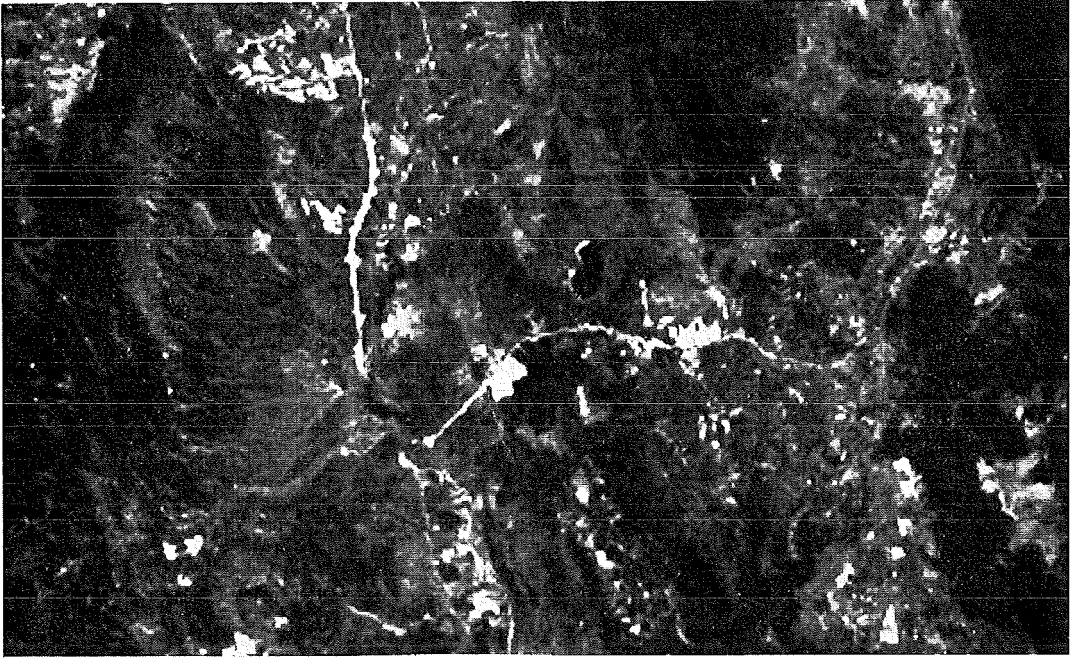


Fig. 10b



Fig. 10a

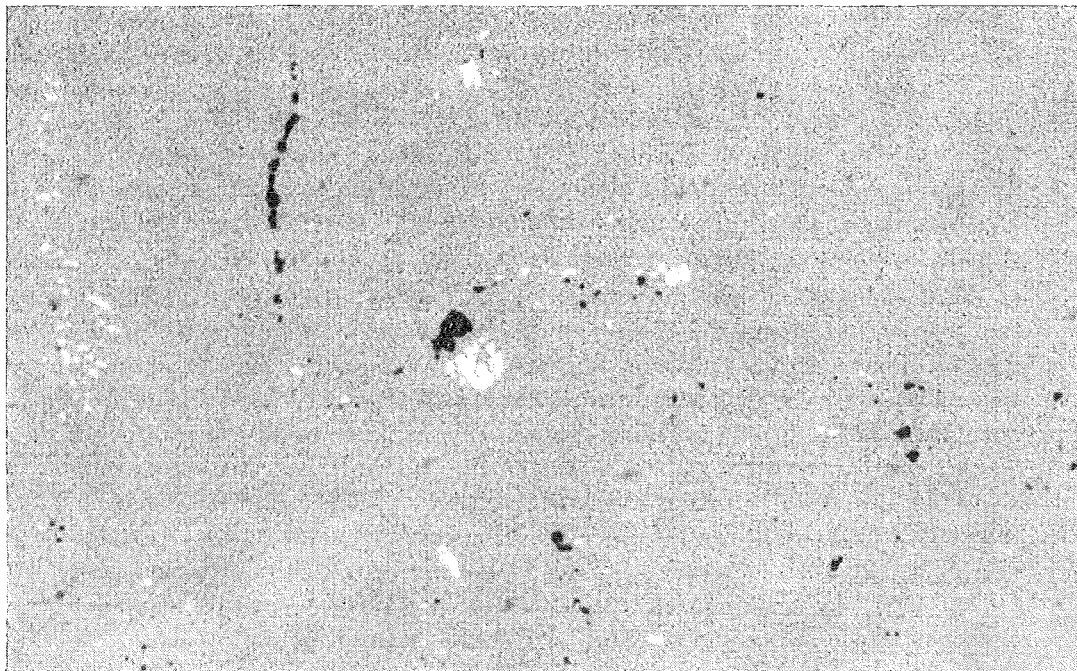


Fig. 10c

Feststellung von Veränderungen durch Subtrahieren von zwei Landsat-Aufnahmen (a, b) des Bezirkes Ventura, Kalifornien. Im Differenzbild (c) zeigen Details das Wachstum des Bezirkes an

Forschungskontrakte von Regierungsstellen ausgerichtet sind. Gegenwärtig ist die Reihe von Zentrendie digitale, Bildverarbeitung betreiben, schon unübersichtlich lang. So scheint es wirkungsvoller, einige von ihnen zu nennen, um einen Eindruck von den Entwicklungen zu geben.

Das Laboratorium für Anwendungen von Remote Sensing (LARS) an der Purdue Universität hat Kopien seiner Computer-Programme zur automatischen Klassifizierung von Multispektralaufnahmen im In- und Ausland zur Verfügung gestellt. Das Programmsystem VICAR (Video Image Communication and Retrieval) des Jet Propulsion Laboratory ist seit neuestem ebenfalls außerhalb der Vereinigten Staaten für einen Nominalbetrag von etwa US-\$ 1500,— von COSMIC, Universität von Georgia, Athens, Georgia, erhältlich.

Das amerikanische Militär entwickelt derzeit in Ft. Belvoir (Engineer Topographic Laboratories) ein digitales Verarbeitungssystem von Bildern, dessen Kernstück digitale Stereomodelle und die automatische Entdeckung von Veränderungen in multitemporalen Bildern bilden sollen (*Gambino et al.*, 1974). Stereobilder werden

auch von einem neuen Bendix-Instrument (AS-IIB-X) digital korreliert (*Scarano* und *Brumm*, 1975), und ähnliche Arbeiten werden am Stanford Research Institute bei San Francisco (*Quam* und *Hannah*, 1974), dem Jet Propulsion Laboratory (*Blasius* und *Cutts*, 1975) und an den Universitäten von Wisconsin (*Keating et al.*, 1975) und New Brunswick (*Masry*, 1975) unternommen. Eine rege Tätigkeit auf diesem Gebiet herrscht auch bei Computerfirmen, wie IBM (*Bernstein*, 1973; *Barnea* und *Silvermann*, 1972), die ja durch Erfahrungen in der viel älteren Computergraphik für Entwicklungen der digitalen Bildverarbeitung prädestiniert sind.

Eine kleine Anzahl von Privatfirmen bietet ihre Dienste für digitale Bildverarbeitung an, zum Beispiel die renommierte Earth Satellite Corporation in Washington oder GeoImages Inc. in Altadena, Kalifornien. Aber im allgemeinen machen nur Regierungsstellen von diesen Diensten Gebrauch. Wie schon früher festgestellt, ist diese Technologie für rein kommerzielle Anwendungen oft noch zu teuer. Jedoch bieten sowohl General Electric wie auch zum Beispiel das Remote Sensing Laboratorium der Universität in Kansas und andere Stellen, ihre Bildverarbeitungsdienste an. In Kansas kostet eine Stunde am IDECS-System, einem hybriden Bildverarbeitungssystem, derzeit \$ 35,— (öS 560,—). General Electric hat ein Verarbeitungssystem, „Image 100“, das man stundenweise für \$ 240,— (öS 3800,—) mieten kann und ähnliche Dienste stellen die verschiedenen NASA-Zentren für etwa \$ 100,— per Stunde zur Verfügung.

Sehr vereinfachte Versionen von digitalen Bildverarbeitungssystemen sind natürlich weniger kostspielig. Ein sehr einfaches digitales System besteht am Remote Sensing Laboratorium der Stanford Universität bei San Francisco: nur ein Mann-Jahr an Programmierarbeit steckt in der dortigen digitalen Verarbeitung von LANDSAT-Aufnahmen (*Honey et al.*, 1974).

Für die Geräte-Industrie ist digitale Bildverarbeitung langsam dabei, interessant zu werden. Optronics in Massachusetts, Dicomed in Michigan und andere (siehe *Heath*, 1975) bieten eine Reihe von Abtast- und Filmschreibegeräten an, welche dem Digitalisieren eines Bildes wie auch Umwandeln in Analogform dienen. Die Mehrzahl von Gerätefirmen macht derzeit also noch das größere Geschäft mit diesen Geräten oder aber mit analoger Bildverarbeitung, so wie I²S, ISI, Dädalus usw. Jedoch kommen seit etwa Mitte 1974 neue integrale Bildverarbeitungssysteme mit on-line-Computer auf den Markt. Das erste kommerzielle System war Image 100 von General Electric (Kosten: \$ 480.000 inklusive PDP-11/35-Computer). Acht solche Image 100 sind derzeit verkauft (April 1975). Andere neue Bildverarbeitungssysteme werden von ISI und von I²S (System 101), letzterer um etwa 1 Million Dollar, angeboten und z. B. schon an Persien verkauft, und weitere Konkurrenten können für diesen neuen Markt erwartet werden.

III. Beispiel der digitalen Verarbeitung einer LANDSAT-Aufnahme

Ein sehr illustratives Beispiel dessen, was durch relativ einfache digitale Bildverarbeitung erreicht werden kann, ergibt sich aus einer Untersuchung von *Krinsley* (1973) über die Verwendung von LANDSAT-Aufnahmen zur Straßenplanung in Persien. Dieses Beispiel wurde vor allem deswegen ausgewählt, weil es sich gut in

schwarz-weißen Bildern illustrieren läßt. Die digitale Bildverarbeitung für die Untersuchung wurde am Jet Propulsion Laboratory ausgeführt.

Im Zuge der Planung einer Straße, die Nord-Persien mit der Landesmitte verbinden sollte, bestand Unsicherheit, ob man die Trasse über weite Salzwüsten („Playas“) führen oder aber sie besser umgehen sollte. Diese Zweifel waren durch die hydrologischen Bedingungen und den damit zusammenhängenden Mängeln der Tragkraft des Bodens verursacht.

Krinsley (1973) studierte das Problemgebiet unter Verwendung von multispektralen LANDSAT-Bildern, welche während verschiedener Jahreszeiten aufgenommen waren und daher die wechselnden Bedingungen in dem Gebiet beschreiben. Jedoch ergaben die ursprünglichen, von der NASA bereitgestellten Aufnahmen nur wenig Information. Figur 11a zeigt eine der „Playas“ in Band 7 sogar nach einer Kontrasterweiterung des ganzen Bildes. Details sind in der Playa abwesend. Optimalisiert man die Kontrasterweiterung nur für das helle Gebiet, so ergibt sich plötzlich Detail in der Salzwüste, wie es in Figur 11b illustriert wird. Jedoch verursacht diese Manipulation das Verschwinden der Details außerhalb des ursprünglichen hellen Gebietes.

Krinsley (1973) ließ nun drei Bilder erzeugen, die jeweils durch Teilung der Grauwerte von kontrasterweiterten ursprünglichen LANDSAT-Spektralbildern entstanden sind: LANDSAT Band 4 wurde durch Band 7 geteilt, 5 durch 6 und 5 durch 7. Die drei Bilder wurden dann zu einem Falschfarbenbild zusammengesetzt. Das Ergebnis ist als Figur 11c in Schwarz-Weiß gedruckt. Diese Illustration demonstriert deutlich, wie der beschriebene Prozeß die Details der Umgebung des Problemgebietes erkennbar läßt und gleichzeitig in der feuchten Playa Einzelheiten zeigt. Dieses und eine Reihe ähnlicher Bilder werden dazu benutzt, um die Struktur der Salzkruste in der Playa und ihren Feuchtigkeitsgehalt zu studieren. Insgesamt führte die Verwendung dieser Methode zu einer Verkürzung der geplanten Straße um 760 km.

IV. Schlußfolgerungen

In den vorhergehenden Seiten wurde versucht, einen Überblick über die neue Technologie der digitalen Bildverarbeitung zu geben. Es wurde die Geschichte kurz skizziert, die zu der heute schon sehr umfangreichen digitalen Verarbeitung von Bildern führte. Dann wurden Verfahren angeführt, welche zur Erzeugung digitaler Bilder verwendet werden. Die Bildverarbeitung wurde in vier Gruppen behandelt: Einzelbildqualität, Einzelbildgeometrie, Mehrfachbilder und gegenwärtige Entwicklungen. Diese Aufzählung wurde schließlich durch ein ausgewähltes Beispiel einer Anwendung der digitalen Bildverarbeitung für geowissenschaftliche Zwecke illustriert.

Digitale Bildverarbeitung wird sich mit der langsam wachsenden Bedeutung der Fernerkundung und den sich ständig verringernden Computerkosten zunehmend verbreiten. Derzeit ist es zwar noch so, daß sich nur größere Institutionen den Aufbau eines umfangreichen digitalen Verarbeitungssystems leisten können und ihre Dienste stundenweise anbieten. Aber die Entwicklung tendiert dahin, kleinere, weniger kostspielige Stellen für digitale Bildverarbeitung zu schaffen und diese womöglich

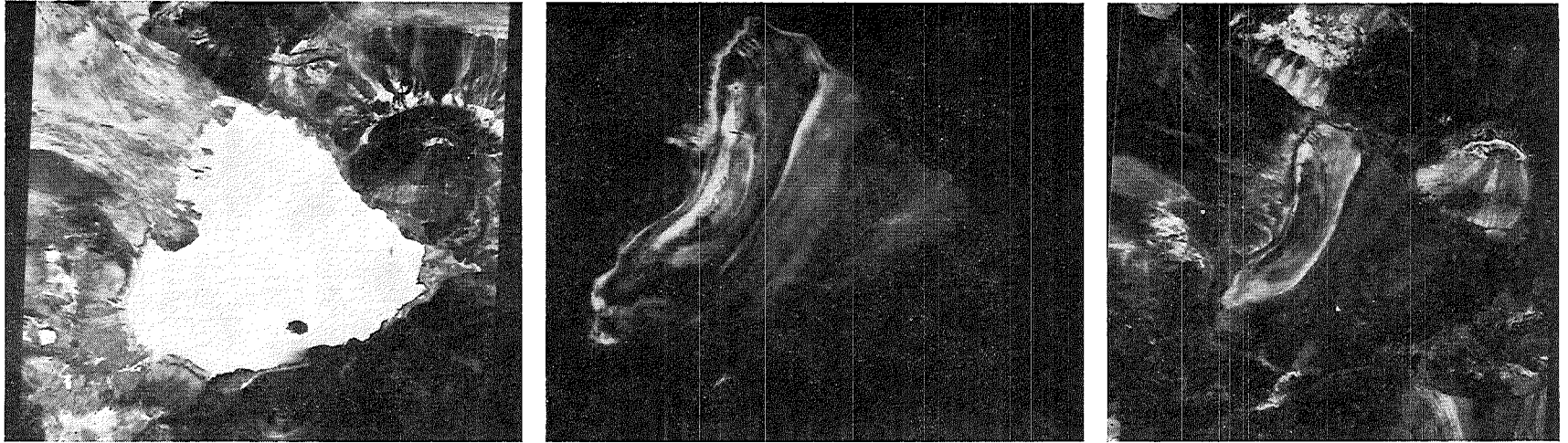


Fig. 11 a, b, c

Ausschnitt eines Landsat-Bildes (E 1061-06381-5) mit einer großen persischen Playa: (a) zeigt einen kontrasterweiterten Kanal 7; (b) demonstriert das Resultat einer für das helle Gebiet in (a) optimalisierten Kontrasterweiterung. Bild (c) ist eine Zusammensetzung von drei Bildern, welche durch Teilung von Kanälen 4/7, 5/6 und 5/7 erhalten wurden. Tonunterschiede in der Playa sind das Ergebnis von Verschiedenheiten in der Salzmorphologie und Feuchtigkeit

nicht rein digital, sondern eher hybrid anzulegen. Jedoch werden in den USA gegenwärtig an einer Vielzahl von Instituten neue Bildverarbeitungsgruppen geformt und Systeme aufgebaut. Ein typischer Fall kostet etwa 20 Mann-Jahre mit einem Allzweckcomputer wie PDP 11/45, so daß der Aufbau zum Beispiel ein Budget von \$ 200.000 per Jahr erfordert und etwa zwei Jahre dauert.

Die Anwendungsbereiche derzeit und wohl noch länger liegen vor allem in der Aufbereitung multispektraler und -temporaler Bilder für visuelle Interpretation. Die automatische Klassifizierung mittels Multispektralaufnahmen unter weitgehender Ausschaltung eines Bildinterpretieren wird wohl noch für einige Zeit das Privileg von Forschungslaboratorien bleiben.

Dank

Die in diesem Bericht enthaltenen Illustrationen wurden freundlicherweise durch das Bildverarbeitungslaboratorium des Jet Propulsion Laboratory zur Verfügung gestellt. Besonderer Dank hierfür gilt den Herren F. Billingsley, J. Mosher, N. Bryant und M. Abrams. Der Bericht selbst wurde mit Zustimmung und Förderung des US National Research Council und der US National Aeronautics and Space Administration (NASA) im Rahmen des Kontraktes NAS 7—100 verfaßt. Auch für diese Unterstützung gebührt Dank.

Bibliographie

Amelio, G. F. (1974), "Charge-Coupled Devices", *Scientific American*, Vol. 230, No. 2, February, pp. 23—31.

Anuta, P. (1970), "Spatial Registration of Multispectral and Multitemporal Digital Imagery Using Fast Fourier Transform Techniques", *IEEE Trans. on Geoscience Electronics*, GE-8, October.

Anuta, P. (1973), "Geometric Correction of ERTS-1 Digital Multispectral Scanner Data", LARS Information Note 103073, Purdue Univ., W. Lafayette, Indiana.

Barnea, D. I. und *Silvermann, H. F.* (1972), "A Class of Algorithms for Fast Digital Image Registration", *IEEE Trans. on Computers*, C-21/2.

Bernstein, R. (1973), "Scene Correction (Precision Processing) of ERTS Sensor Data Using Digital Image Processing Techniques", Third ERTS Symposium, Dec., und Technical Report TR-FSC-73-0366, IBM Corp., Gaithersburg, Maryland.

Billingsley, F. C. (1966), "Processing Ranger and Mariner Photography", *SPIE Journal* (Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers), April — May.

Blasius, K. und *Cutts, J.* (1975), "The Potential of the VICAR Program Register to Locate Features for Stereo Analysis of Topography", Unpubliziertes Memorandum, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California.

Bryant, M. (1974), "Digital Image Processing", *Optronics International Inc.*, Publ. No. 146, Chelmsford, Massachusetts.

Bryant, N. (1975), "Monitoring Urban Land Use Change via Sequential Frames of ERTS Digital Imagery", Annual Congress of the American Society of Photogrammetry, March, Washington, D. C.

Diello, J. (1970), "The Evolution of Automation in Cartography at Rome Air Development Center", Rome Air Development Center, Air Force Systems Command, Griffiss Air Force Base, Rome, New York.

Emmert, R. A. und *McGillem, C. D.* (1973), "Multitemporal Geometric Distortion Correction Utilizing the Affine Transformation", LARS Information Note 101473, Purdue Univ., W. Lafayette, Indiana.

Gambino, L. A. und Crombie, M. A. (1974), "Digital Mapping and Digital Image Processing", Photogrammetric Engineering, Vol. XL, No. 11.

Götz, A. F. H. (1975), "A Specialized CCD Imaging and Analysis System for Earth Resources Applications Problems", Sammelband des Symposium on Charge-Coupled Device Technology for Scientific Imaging Applications, Special Publication 43-21, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California.

Götz, A. F. H. et al. (1975), "Application of ERTS Images and Image Processing to Regional Geologic Problems and Geologic Mapping in Northern Arizona", Technical Report 32-1597, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California.

Heath, G. R. (1974), "Engineering Reports", Photogrammetric Engineering, Vol. XL, No. 11, p. 1347.

Honey, F. R., Prelat, A. und Lyon, R. J. P. (1974), "Stansort: Stanford Remote Sensing Laboratory Pattern Recognition and Classification System", Stanford SRSL Technical Report No. 74-4, Stanford University, Stanford, California.

Keating, T. J., Wolf, P. R. und Scarpace, F. L. (1975), "An Improved Method of Digital Image Correlation from Scanned Densitometric Data", Vortrag beim Annual Meeting of the American Society of Photogrammetry, März, Washington, D. C.

Konecny, G. und Schuhr, W. (1975), „Digitale Entzerrung der Daten von Zeilen-Abtastern“, Bildmessung und Luftbildwesen, 43. Jahrgang, Heft 4.

Kratky, V. (1972), "Image Transformations", Photogrammetric Engineering, Vol. 38, No. 5.

Krinsley, D. B. (1973), "The Utilization of ERTS-1 Generated Images in the Evaluation of Some Iranian Playas as Sites for Economic and Engineering Development", US Geological Survey Final Report - Contract S-70243-AG, MMC No. 195 A Task (30) 434-641-14-03-32, Reston, Virginia.

Leberl, F. (1971), „Remote Sensing - Neue Entwicklungen zur Wahrnehmung auf Abstand“, Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen, 59. Jahrgang, Nr. 6.

Masry, S. (1975), Persönliche Mitteilung, University of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick, Canada.

Quam, L. H. und Hannah, M. J. (1974), "Stanford Automatic Photogrammetric Research", Stanford Artificial Intelligence Report Project, Memo AIM-254, Stanford Research Institute, Stanford, California.

Rowan, L. C. et al. (1974), "Discrimination of Rock Types and Detection of Hydrothermally Altered Areas in South-Central Nevada by the Use of Computer Enhanced ERTS Images", US Geological Survey Professional Paper No. 883, zu beziehen vom US Government Printing Office, Washington, D. C.

Scarano, F. A. und Brumm, G. (1975), "A Digital Grid-Point Elevation Data Collection System", Proceedings of the Annual Convention of the American Society of Photogrammetry, March, Washington, D. C.

Söderblom, L. (1975), Persönliche Mitteilung, Astrogeological Center, US Geological Survey, Flagstaff, Arizona.

Soha, J. M. et al. (1975), "Processing of the Mariner 10 Images of Mercury", Journal of Geophysical Research, Vol. 80, No. 17.

Steiner, D. (1974), "Digital Geometric Picture Correction Using a Piecewise Zero-Order Transformation", Remote Sensing of Environment, Vol. 3, No. 4.

Steiner, D., Anuta, P., Collins, S. H. und Kratky, V. (1972), "Geometric Image Transformations", Chapter 4 of Geographical Data Handling (Ed. R. F. Tomlinson), International Geographical Union, Commission "Geographical Data Sensing and Processing".

Mitteilungen

Prof. Dr. mult. Antal Tarczy-Hornoch — 75 Jahre



Am 13. Oktober 1975 beging Prof Dr. ult. Antal Tarczy-Hornoch aus Sopron (Ödenburg), Ungarn, in voller geistiger und körperlicher Frische seinen 75. Geburtstag. Die österreichischen Geodäten übermitteln dem Jubilar aus diesem Anlaß ihre herzlichen Glück- und Segenswünsche. Außerdem sei es gestattet, den bisherigen Lebenslauf des international hochgeschätzten Forschers und Lehrers, des großen Menschen und herzlichen Freundes vieler Kollegen in aller Welt und unseres Landes zu schildern.

Der Jubilar wurde am 13. Oktober 1900 in Oroszveg, Komitat Bereg in Ungarn als Sohn des Vermessungsingenieurs Hornoch geboren. Er besuchte dort die Volksschule und legte die Matura am Gymnasium in Munkacs im Jahre 1918 ab. Im Anschluß daran leistete er den Militärdienst im Telegraphenregiment in St. Pölten. Nach Beendigung des Krieges studierte er ab 1919 an der Montanistischen Hochschule in Leoben und beendete das Studium im Jahre 1923 als Bergingenieur und im Jahre 1924 als Ingenieur Markscheider. Im gleichen Jahr wurde er mit der Dissertation „Neue Gesichtspunkte zur rechnerischen Lösung der Markscheideraufgaben“ zum Doktor der Technischen Wissenschaften promoviert. Anschließend war er wissenschaftlicher Mitarbeiter von Professor Aubell und reichte 1926 die Habilitationsschrift „Das Verwerferproblem im Lichte des Markscheiders“ in Leoben ein. Vor Beendigung des Habilitationsverfahrens erhielt er einen Ruf als Vor-

stand der Lehrkanzel für Geodäsie und Markscheidkunde an der ungarischen Montan- und Forsthochschule in Sopron (Ödenburg).

Der Jubilar ist seit 1928 mit Frau Irene Tarczy verheiratet und führt seit dieser Zeit den durch den Namen seiner Frau ergänzten Namen Tarczy-Hornoch. Aus der Ehe entstammen zwei Kinder, ein in den USA tätiger Physiker und eine ungarische Geodätin.

Auf Grund seiner hervorragenden Forschungen auf dem Gebiet der Physikalischen Geodäsie und Geophysik und des Bergwesens wurde er bereits 1946 erst zum Korrespondierenden und dann zum Wirklichen Mitglied der Ungarischen Akademie der Wissenschaften berufen. Auf seine Initiative wurde 1955 ein Forschungslabor für Geodäsie und Geophysik dieser Akademie in Sopron eingerichtet, das er bis 1972 geleitet hat. Nach der Verlegung der Hochschulausbildung der Geodäten und Geophysiker nach Budapest und der Bergingenieure nach Miskolc im Jahre 1959 blieb er in Sopron und entwickelte dort eine in der ganzen Welt beachtete Forschungstätigkeit.

Er schrieb fünf vielbeachtete Lehrbücher und publizierte über 300 wissenschaftliche Arbeiten über aktuelle geodätische und bergmännische Probleme in verschiedenen Sprachen in Fachzeitschriften verschiedener Länder, darunter auch Österreich. Außerdem stammen von ihm Vorschläge für Verbesserungen von geodätischen und bergmännischen Instrumenten und Meßverfahren.

Das wissenschaftliche Werk des Jubilars ist in der ganzen Fachwelt bekannt und stellt einen wertvollen Beitrag zu den aktuellen Problemen der Geodäsie, Geophysik und Montanistik dar. Das von ihm begründete und bis 1973 geleitete Forschungsinstitut in Sopron genießt hohes internationales Ansehen.

Prof. Tarczy-Hornoch ist Vorsitzender des Ungarischen Nationalkomitees der Union für Geodäsie und Geophysik an der Ungarischen Akademie der Wissenschaften und des Ungarischen Komitees der Kommission der Akademien der Wissenschaften sozialistischer Länder für die multilaterale Bearbeitung der Probleme „Planetare Geophysikalische Forschungen“.

Außerdem ist der Jubilar Ehrenpräsident des ungarischen Vereines für Meßtechnik und Automatisierung, Mitvorsitzender und Ehrenmitglied des Präsidiums des ungarischen Geodätischen und Kartographischen Vereines, Mitvorsitzender und Ehrenmitglied des Vereines Ungarischer Geophysiker, Ehrenmitglied und Mitglied des Präsidiums des Ungarischen Berg- und Hüttenmännischen Vereines, Ehrenmitglied des Deutschen Vereines für Vermessungswesen, Ehrenmitglied der ungarischen Gesellschaft für Verbreitung der Wissenschaft, korr. Mitglied des Deutschen Markscheidervereines.

Er erhielt zahlreiche Auszeichnungen und Ehrungen in Ungarn und im Ausland:

In Ungarn: die Aladár-Wahler-Goldmedaille und Zorkóczy-Medaille des Ungarischen Berg- und Hüttenmännischen Vereines, Lázár-Deák-Medaille des ungarischen Geodätischen und Kartographischen Vereines, Lorand-Eötvös-Erinnerungsmedaille der Gesellschaft Ungarischer Geophysiker, István-Kruspér-Medaille des ungarischen Vereines für Meßtechnik und Automatisierung, Pro-Urbe Sopron-Medaille der Stadt Sopron usw.

Im Ausland sind besonders hervorzuheben die Ernennung zum Mitglied der Bulgarischen und Französischen Akademie der Wissenschaften, der World Academy of Sciences sowie die Verleihung des Ehrendoktorates durch die Bergakademie in Freiberg, die Montanistische Hochschule Leoben, die Technische Hochschule in Graz und die Technische Hochschule in Wien.

Der Jubilar ist Hauptschriftleiter der Acta Geodaetica, Geophysica et Montanistica der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Mitglied des Redaktionskomitees der Zeitschriften „Geoexploration“ (Amsterdam), „Görlands Beiträge zur Geophysik“ (Leipzig), und „Pure and Applied Geophysics“ (Basel und Stuttgart) weiters Mitherausgeber der „Monographien der terrestrischen, solaren und kosmischen Physik“ (Leipzig).

Mit Österreich verbinden den Jubilar seit seiner Militärdienstzeit und seinem Studium in Leoben herzliche, fachliche und menschliche Beziehungen. Er nahm und nimmt regen Anteil am Geschehen an den österreichischen Hochschulen und in der geodätischen Praxis und sorgte als Direktor des Akademie-Institutes in Sopron für die Aufrechterhaltung persönlicher Kontakte.

Der Jubilar kann daher auf ein stattliches Lebenswerk in der Forschung und Lehre zurückblicken, das ihm die Wertschätzung der Fachkollegen aus aller Welt sichert und in seinem Lande Ansehen und Ehre gebracht hat.

Nur seinen Freunden war es aber vergönnt, auch den Menschen kennen zu lernen, der diese große Leistung vollbracht hat. Den wohlbeslagenen Historiker der europäischen Geschichte, der

bis ins kleinste Detail Auskunft über historische Ereignisse in jedem europäischen Land geben kann und aus dieser Sicht wertvolle Beiträge zu den Ereignissen der Mitwelt zu geben vermag. Den unbestechlichen Fachkollegen, der die Entwicklungen eines halben Jahrhunderts kritisch miterlebt und ergänzt durch die damit verbundenen menschlichen Schicksale in seinem schier unerschöpflichen, einem Lexikon gleichenden Gedächtnis bewahrt hat. Den wahrhaften, der Gerechtigkeit verpflichteten Professor, der als Bekannter mithilft, in dem ihm übertragenen Bereich die Grundlagen der wissenschaftlichen Denkweise zu erhalten und ihr den gebührenden Platz in der Gesellschaft zuzuweisen. Den seinem Lande, seiner Tradition und seiner Familie treu ergebenen Menschen und schließlich den getreuen Freund, der immer bereit ist, seine reichen fachlichen Gaben zu teilen, seine menschliche Güte zu verschenken und sein Herz zu öffnen, wann immer Zuspruch nötig erscheint.

Möge es dem Jubilar vergönnt sein, in den kommenden Jahren seine Schaffenskraft zu erhalten und die reichen Früchte seines fachlichen und privaten Lebens in Gesundheit und olympischer Ruhe einbringen zu können. Die österreichischen Kollegen werden ihm treu zur Seite stehen und hoffen für sich, an dem reichen Leben des Jubilars auch weiterhin teilnehmen zu dürfen.

Karl Rimmer

Vorankündigung:

Internationales Symposium für „Photogrammetrie in der Architektur und Denkmalpflege“ Bonn, 10. bis 15. Mai 1976

Der Landeskonservator Rheinland, Herr *Dr.-Ing. Günther Borchers*, veranstaltet unter dem Patronat des Comité International de Photogrammétrie Architecturale (CIPA) vom 10. bis 13. Mai 1976 im Landesmuseum Bonn ein Symposium „Photogrammetrie in der Architektur und Denkmalpflege“.

Interessenten werden gebeten, Vortragsmanuskripte bis 15. Dezember 1975 beim Landeskonservator Rheinland, Abtlg. Photogrammetrie, Herrn Dr. Clasen, 5300 Bonn, Bachstraße 9, einzusenden, damit die Unterlagen termingemäß gedruckt vorliegen können.

Anschließend vom 14. bis 15. Mai 1976 findet die Jahresversammlung für die Mitglieder des CIPA in Bonn statt.

F. Löschner

als deutsches Mitglied des

Comité International de Photogrammétrie Architecturale (CIPA)

Buchbesprechungen

Großmann, W.: Vermessungskunde II (Winkel- und Streckenmeßgeräte, Polygonierung, Triangulation und Trilateration). Zwölfte, erweiterte Auflage, 209 Seiten, 129 Figuren. Sammlung Göschen, Band 7469. W. de Gruyter, Berlin—New York 1975; Format 12 × 18 cm; brosch., DM 14,80.

Der vorliegende zweite Band stellt bereits die zwölfte Auflage dar und ist um 34 Seiten erweitert worden. Die Erweiterungen berücksichtigen im wesentlichen die Entwicklungen am Gerätesektor und an den damit verbundenen Aufnahmemethoden.

So ist im Abschnitt „Registriertheodolite“ zusätzlich das Geodimeter AGA 700 vorgestellt.

Neu ist das Kapitel „Orientierung mit Vermessungskreiseln“. Nach grundlegenden Betrachtungen über Kreisel und die Beschreibung der mechanischen Realisierung von Pendelkreiseln wird eine Übersicht über Kreiseltheodolite und Aufsatzkreisel gegeben. Beobachtungsverfahren und geographische Parameter schließen die Betrachtungen ab. Ebenfalls neu bearbeitet und erweitert stellen

sich die Abschnitte über Distanzmessung mit elektromagnetischen Wellen dar. Sehr ansprechend sind die dargebotenen Grundlagen, die Marktübersichten zu den elektronischen Kurzstreckenmessern sowie zu den Distanzmessern mittlerer und größerer Reichweite. Auch die entsprechenden Genauigkeitsangaben und Korrekturgrößen werden anschaulich erörtert. Zur Distanzmessung vom Flugzeug aus werden Aerodistverfahren, Impulsverfahren sowie Doppelverfahren kurz erläutert.

Der Abschnitt „Polare Aufnahme von Einzelpunkten“ berücksichtigt besonders die elektronischen Registriertachymeter. Aussagen über die Organisation des Arbeitsablaufs stellen eine Bereicherung dieser Auflage dar.

All diese Änderungen und Erweiterungen fügen sich sehr harmonisch in das Übernommene ein. Ein wenig enttäuschend für den Rezensenten ist die knappe Behandlung der aktuellen Rechen-technik in einigen Hinweisen und in dem Zusatz „Rechenautomaten“. Sehr wertvoll, vor allem für Studierende, sind aber die auf den neuesten Stand gebrachten, zahlreichen Literaturhinweise.

Der Band kann Praktikern und Studierenden wieder eindringlich empfohlen werden, sowohl hinsichtlich des aktuellen Inhalts als auch der ausgezeichneten verbalen und graphischen Darstellung.

Gerhard Palfinger

Rinner, K. und P. Meissl: IV. Fortbildungskurs für Praktiker des Vermessungswesens. Mitteilungen der geodätischen Institute der Technischen Hochschule in Graz, Folge 18, Graz 1975, Heftband im Format 21 × 29,5 cm, 290 Seiten mit 41 Abbildungen, Preis öS 130,—.

In der Zeit vom 25. bis 27. November 1974 fand an der Technischen Hochschule in Graz der IV. Fortbildungskurs für Praktiker des Vermessungswesens statt. Der Kurs behandelte die zwei Themenstellungen

„Das zukünftige Berufsbild des Vermessungsingenieurs“ und

„Datenverarbeitung im Vermessungswesen — Stand und Ausblick“.

Damit bestätigten die Veranstalter erneut ihre Einsicht in die Notwendigkeit einer kontinuierlichen und systematischen Fortbildung.

Der technische Fortschritt, der im besonderen Maße die Entwicklung des Vermessungswesens in den letzten Jahren beeinflusst hat, stellt an die Aus- und Weiterbildung stets neue Forderungen. Durch den Gebrauch neuer Technologien ist die Automation der Meß- und Rechenvorgänge so weit fortgeschritten, daß sich die Betrachtungsweisen und Zielsetzungen bei der Lösung geodätischer Aufgaben wesentlich verändert haben. Die Folge ist eine Strukturänderung im Vermessungswesen, welche die Ausbildung an den Hochschulen und die Praxis in gleicher Weise beeinflusst.

Die Frage nach der Zukunft eines Berufes wird immer aktueller, je stärker und schneller die Auswirkungen des technischen Fortschrittes in Wirtschaft und Verwaltung auf diesen Berufsstand fühlbar werden. Die genannten zwei Themenkreise müssen daher kausalbedingt neben ihrer hohen Aktualität auch die Priorität besitzen, will man in der Zukunft die geodätische Disziplin gesichert wissen.

In insgesamt 16 Vorträgen wurde das Berufsbild des Vermessungsingenieurs aus der Sicht der staatlichen Verwaltung, der freien Berufe und der Hochschulen von namhaften in- und ausländischen Vortragenden dargelegt. Damit wurde die in ganz Zentraleuropa schon seit etlichen Jahren geführte Diskussion über die Bedeutung und den Stand der Geodäsie in der Gesellschaft, über mögliche zukünftige Entwicklungstendenzen und der sich daraus ergebenden Anforderungen hinsichtlich der Aus- und Weiterbildung nach Österreich verlagert.

So differenziert und diffizil auch die aufgeworfenen Probleme waren, sie führten im wesentlichen immer auf die grundlegende Fragestellung zurück:

Wie soll sich das Berufsbild, das von den Anforderungen der Gesellschaft, der freien Berufe und der Lehre und Forschung geprägt wird, entwickeln und wie soll die Ausbildung und die Verteilung der Aufgaben zwischen den verschiedenen Ausbildungsstufen erfolgen?

Das komplexe Thema und die Verschiedenheit der Berufsbilder in den einzelnen Ländern ließen eine Entwicklung von allgemein gültigen Aussagen bzw. von Leitlinien für den zentraleuro-

päischen Raum nicht zu. Jedoch konnte im Zusammenhang mit den geführten Diskussionen und der Abschlußdebatte eine Resolution gefaßt werden. Diese wurde auch in die Institutsmitteilungen aufgenommen.

Der Schwerpunkt im Themenkreis „Datenverarbeitung im Vermessungswesen“ lag darin, der vielfach bestehenden Euphorie der Bedeutung der Datenverarbeitung eine sachliche Betrachtung der Möglichkeiten, der Grenzen und der Zweckmäßigkeiten gegenüberzustellen.

Einmal mehr wurden, um sinnlose Investitionen zu vermeiden, Erwägungen und ökonomische Betrachtungen zu den Problemen der Automation des geodätischen Zeichnens, der elektronischen Rechenhilfsmittel und des direkten Datenflusses angestellt. Aber auch den noch weit offenen Problemen und den Aspekten für eine erweiterte Zielsetzung der Datenverarbeitung wurden ein breiter Raum gewidmet. So wurden in diesem Themenkreis von den acht international anerkannten Vortragenden auch Probleme der Herstellung digitaler Geländemodelle, der Anwendung der EDV auf die Kartographie und der Informationsspeicherung und Informationsgewinnung eingehend erörtert.

Die geführten Diskussionen und das Interesse an der integrierten Firmenausstellung zeigten erneut die eminente Bedeutung, die den gestellten Themen zukommt.

In den Institutsmitteilungen sind die Eröffnungsansprachen, die Vorträge sowie je ein Verzeichnis der Vortragenden, der ausstellenden Firmen und der Kursteilnehmer abgedruckt. Außerdem wurden noch zwei Vorträge zur ersten Themenstellung, welche aber an anderer Stelle gehalten wurden, aufgenommen.

Durch diese Publikation erhalten nicht nur die Kursteilnehmer die Möglichkeit, jederzeit auf die dargebotene Information zurückgreifen zu können, sondern es können die behandelten Probleme auch an einen weit größeren interessierten Leserkreis herangetragen werden.

Dieter Sueng

Sigl, R.: Geodätische Astronomie. Sammlung Wichmann, Neue Folge, Band 7 (369 Seiten). H. Wichmann-Verlag, Karlsruhe.

Vorlesungs- und Übungstexte zu einer langjährigen Lehrveranstaltung für Geodäten an der TU München sind die Grundlage für ein im Wichmann-Verlag erschienenes Buch von Prof. *Dr.-Ing. R. Sigl* über „Geodätische Astronomie“. Darin werden in 3 Teilen mit 17 Kapiteln die Aufgaben der Geodätischen Astronomie ausführlich beschrieben. Die 7 Kapitel des 1. Teiles behandeln theoretische Grundlagen. In Teil 2 werden in 5 Kapiteln Instrumente und Hilfsgeräte beschrieben. Teil 3 mit 5 Kapiteln enthält die Verfahren der Zeit-, Orts- und Azimutbestimmung. In einem Anhang werden Auszüge aus astronomischen Tafeln für die Berechnung und numerische Beispiele für alle praktischen Aufgaben der geodätischen Astronomie mitgeteilt. Ein ausführliches Sachregister und ein Quellenachweis sind angefügt.

Mit diesem Buch wird eine von Geodäten empfundene Lücke geschlossen. Denn es gibt zwar ausgezeichnete vollständige Darstellungen der Probleme der geodätischen Astronomie im Band IIa des Handbuches der Vermessungskunde von *K. Ramsayer* und im englisch geschriebenen Lehrbuch „Spherical and practical Astronomy as applied to Geodesy“ von *I. Müller*. Doch fehlte bisher eine handliche, übersichtliche, für Studierende geeignete, moderne Darstellung des Stoffes. Und diese steht mit dem nun erschienenen Lehrbuch allen Interessierten zur Verfügung.

Das Buch ist vor allem für Studierende des Vermessungswesens gedacht. Es ist aber auch ein wichtiges Hilfsmittel für Praktiker, welche Verfahren der Geodätischen Astronomie anwenden wollen. Außerdem ist es von großer Bedeutung für theoretisch Interessierte, die darin theoretisch einwandfreie Grundlagen für bestehende Probleme beschrieben finden.

Das Buch kann allen Genannten bestens empfohlen werden. Dem Wichmann-Verlag gebührt Dank für die Herausgabe eines neuen, geodätischen Behelfes.

Karl Rimmer

Bittmann, O., und P. Meissl: Empfohlene Algorithmen zur Programmierung geodätischer Rechenaufgaben. I. Einfache Koordinatenrechnungen in der Ebene. 35 Seiten, 18 Abbildungen, Format DIN A4, Mitteilungen der geodätischen Institute der Technischen Hochschule in Graz, Folge 17, Graz 1974.

Die ständig wachsende Zahl der auf dem Markt befindlichen Klein- und Mittelklassecomputer läßt neben den hardwarebezogenen Auswahlkriterien der Qualität der angebotenen Programm-bibliotheken immer mehr Bedeutung zukommen. In vielen Fällen basiert zwar die geodätische An-wendersoftware auf althergebrachten, erprobten und anerkannten Formelapparaten, welche aller-dings ohne entsprechende Modifikation den gerade durch die Computertechnik erweiterten Mög-lichkeiten nicht mehr zur Gänze genügen. In der vorliegenden Arbeit wird nun versucht, in einer all-gemein gültigen Form Algorithmen zur Programmierung einfacher Koordinatenrechnungen in der Ebene aufzustellen.

Nach einer kurzen Einführung in das Prinzip der angegebenen Programmier-vorschläge wird neben allgemeinen Hinweisen über die Organisation einer zu erstellenden geodätischen Programm-bibliothek eine Anleitung zum Aufbau und zur Verwaltung einer Koordinatendatei in ihrer ein-fachsten Form gegeben. Im Detail werden anschließend Algorithmen der verwendeten Subroutinen, der geodätischen Hauptaufgaben, der Punktbestimmung durch verschiedene Schnittmethoden, des beideseits angeschlossenen Polygonzugs, der Flächenberechnung und Flächenteilung behandelt. Zwei Anwendungsbeispiele, über die Vermessung und Teilung eines Grundstückes sowie über die Berechnung vorläufiger Koordinaten von Triangulierungspunkten runden die in den vorhergehenden Abschnitten gegebenen Erläuterungen sinnvoll ab. Für jede der angeführten Problemstellungen sind die zu setzenden Programmbefehle schrittweise angegeben, wobei die Verwendung einer einfachen, leicht verständlichen und allgemein gültigen Symbolik die Umsetzung in eine beliebige Programmier-sprache sicherlich erleichtert. Dem in der Datentechnik wenig erfahrenen Praktiker würde allerdings die zusätzliche Angabe der verwendeten Formeln in gewohnter analytischer Darstellung eine wert-volle Hilfe zum rascheren Verstehen sein. Die bereits mehrfach vorgeschlagene und auch in dieser Arbeit konsequent durchgeführte vektorielle Formeldarstellung bewirkt in vielen Fällen nicht nur wesentlich kürzere Rechenzeiten, sondern auch Einsparung an besonders bei kleineren Maschinen wertvollem Speicherplatz. Speziell bei Computern mit Festkomma-rechnung treten an kritischen Stellen oft Rechenunschärfen oder Kapazitätsüberschreitungen auf, welche bislang größtenteils unberück-sichtigt blieben oder aber ein durchaus reelles Ergebnis verweigerten. Durch einfache, aber wirkungs-volle Umformung einiger Formeln wird bewiesen, daß diese unerwünschten Fehlereinflüsse durch relativ geringen zusätzlichen Programmieraufwand auch in größeren Bereichsgrenzen ohne weiteres ausgeschaltet werden können.

Für die Programmierung einfacher geodätischer Rechenaufgaben bietet diese Arbeit zahlreiche wertvolle Hinweise und Anregungen, zu deren Verständnis und optimaler Ausnützung allerdings Grundkenntnisse aus der Vektor- und Matrizenrechnung sowie Vertrautheit mit der zur Anwendung kommenden Programmiersprache vorausgesetzt werden müssen.

Walter Perdich

Contents

- Leberl, Franz and Alexander F. H. Götz: Current Status of Digital Image Processing.
 Kostka, Robert and Anton Reithofer: Numeric reconstruction of three-dimensional objects
 by single photos — demonstrated with the aid of interpretation of amateur photographs
 of traffic accidents.

Adressen der Autoren

- Leberl, Franz, Dipl.-Ing. Dr. techn., Forschungsbeauftragter des US National Research
 Council, Jet Propulsion Laboratory, National Aeronautics and Space Administration,
 Pasadena, Kalifornien.
 Götz, Alexander F. H., Leiter der Abteilung für Planetologie und Ozeanographie, Jet Pro-
 pulsion Laboratory, National Aeronautics and Space Administration, Pasadena, Kali-
 fornia.
 Kostka, Robert, Dipl.-Ing., Univ.-Assistent, Institut für Allgemeine Geodäsie und Photo-
 grammetrie an der Technischen Universität in Graz, Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz.
 Reithofer, Anton, Dipl.-Ing., Univ.-Assistent, Institut für Allgemeine Geodäsie und Photo-
 grammetrie an der Technischen Universität in Graz, Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz.

Österreichische Staatskartenwerke

Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen

A-1080 Wien, Krotenthallergasse 3 Tel. 42 75 46

Österreichische Karte 1:25000 (nicht fortgeführt)	13,—
Österreichische Karte 1:50000 mit Wegmarkierung (Wanderkarte)	25,—
Österreichische Karte 1:50000 mit Straßenaufdruck	22,—
Österreichische Karte 1:50000 ohne Aufdruck	20,—
Prov. Ausgabe der Österr. Karte 1:50000 mit Wegmarkierung (Wanderkarte)	16,—
Prov. Ausgabe der Österr. Karte 1:50000 ohne Wegmarkierung	10,—
Österreichische Karte 1:200000 mit Straßenaufdruck	23,—
Österreichische Karte 1:200000 ohne Straßenaufdruck	20,—
Alte Österreichische Landesaufnahme 1:25000	10,—
Generalkarte von Mitteleuropa 1:200000	
Blätter mit Straßenaufdruck (nur für das österr. Staatsgebiet vorgesehen)	15,—
Blätter ohne Straßenaufdruck	12,—
Gebiets- und Sonderkarten	
Übersichtskarte von Österreich 1:500000, mit Namensverzeichnis, gefaltet	59,—
Übersichtskarte von Österreich 1:500000, ohne Namensverzeichnis, flach	39,—
Namensverzeichnis allein	16,—
Übersichtskarte von Österreich 1:500000, Politische Ausgabe mit Namensverzeichnis, gefaltet	53,—
Übersichtskarte von Österreich 1:500000, Politische Ausgabe ohne Namensverzeichnis, flach	33,—

Neuerscheinungen

Katalog über Planungsunterlagen	S 200,—
Einzelblatt	S 10,—

Kulturgüterschutzkarten:

Österreichische Karte 1:50000 je Kartenblatt	S 67,—
Burgenland 1:200000	S 87,—

Österreichische Karte 1:50000

63 Salzburg	87 Walchensee	98 Liezen
64 Straßwalchen	97 Mitterndorf i. Steir.	116 Telfs
65 Mondsee	Salzkammergut	149 Lanersbach

Österreichische Karte 1:200000:

Blatt 47/12 Bruneck	Blatt 47/15 Graz	Blatt 47/15 Graz u. orohydr. Ausgabe
	Blatt 49/16 Brunn	

Umgebungs- und Sonderkarten:

Hochschwab 1:50000	Umgebungskarte Mayrhofen (Zillertal) 1:50000
Burgenland 1:200000	Hohe Wand und Umgebung 1:50000

In letzter Zeit berichtigte Ausgaben der Österreichischen Karte 1:50000

40 Stockerau	82 Bregenz	112 Bezau
41 Deutsch Wagram	106 Aspang	120 Wörgl
57 Neulengbach	111 Dornbirn	153 Großglockner

Österreichischer Verein für Vermessungswesen und Photogrammetrie

Friedrich-Schmidt-Platz 3, 1082 Wien

Sonderhefte zur Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie

- Sonderheft 1: *Festschrift Eduard Doležal. Zum 70. Geburtstag.* 198 Seiten, Neuauflage, 1948. Preis S 18,—. (Vergriffen.)
- Sonderheft 2: Lego (Herausgeber), *Die Zentralisierung des Vermessungswesens in ihrer Bedeutung für die topographische Landesaufnahme.* 40 Seiten, 1935. Preis S 24,—. (Vergriffen.)
- Sonderheft 3: Ledersteger, *Der schrittweise Aufbau des europäischen Lotabweichungssystems und sein bestanschließendes Ellipsoid.* 140 Seiten, 1948. Preis S 25,—. (Vergriffen.)
- Sonderheft 4: Zaar, *Zweimedienphotogrammetrie.* 40 Seiten, 1948. Preis S 18,—.
- Sonderheft 5: Rinner, *Abbildungsgesetz und Orientierungsaufgaben in der Zweimedienphotogrammetrie.* 45 Seiten, 1948. Preis S 18,—.
- Sonderheft 6: Hauer, *Entwicklung von Formeln zur praktischen Anwendung der flächentreuen Abbildung kleiner Bereiche des Rotationsellipsoids in die Ebene.* 31 Seiten. 1949. (Vergriffen.)
- Sonderh. 7/8: Ledersteger, *Numerische Untersuchungen über die Perioden der Polbewegung. Zur Analyse der Laplace'schen Widersprüche.* 59+22 Seiten, 1949. Preis S 25,—. (Vergriffen)
- Sonderheft 9: *Die Entwicklung und Organisation des Vermessungswesens in Österreich.* 56 Seiten, 1949. Preis S 22,—.
- Sonderheft 11: Mader, *Das Newton'sche Raumpotential prismatischer Körper und seine Ableitungen bis zur dritten Ordnung.* 74 Seiten, 1951. Preis S 25,—.
- Sonderheft 12: Ledersteger, *Die Bestimmung des mittleren Erdellipsoides und der absoluten Lage der Landestriangulationen.* 140 Seiten, 1951. Preis S 35,—.
- Sonderheft 13: Hubeny, *Isotherme Koordinatensysteme und konforme Abbildungen des Rotationsellipsoides.* 208 Seiten, 1953. (vergriffen)
- Sonderheft 14: *Festschrift Eduard Doležal. Zum 90. Geburtstag.* 764 Seiten und viele Abbildungen. 1952. Preis S 120,—.
- Sonderheft 15: Mader, *Die orthometrische Schwerekorrektion des Präzisions-Nivellements in den Hohen Tauern.* 26 Seiten und 12 Tabellen. 1954. Preis S 28,—.
- Sonderheft 16: *Theodor Scheimpflug — Festschrift.* Zum 150jährigen Bestand des staatlichen Vermessungswesens in Österreich. 90 Seiten mit 46 Abbildungen und XIV Tafeln. Preis S 60,—.
- Sonderheft 17: Ulbrich, *Geodätische Deformationsmessungen an österreichischen Staumauern und Großbauwerken.* 72 Seiten mit 30 Abbildungen und einer Luftkarten-Beilage. Preis S 48,—.
- Sonderheft 18: Brandstätter, *Exakte Schichtlinien und topographische Geländedarstellung.* 94 Seiten mit 49 Abb. und Karten und 2 Kartenbeilagen, 1957. Preis S 80,— (DM 14,—).
- Sonderheft 19: *Vorträge aus Anlaß der 150-Jahr-Feier des staatlichen Vermessungswesens in Österreich, 4. bis 9. Juni 1956.*
- Teil 1: *Über das staatliche Vermessungswesen,* 24 Seiten, 1957. Preis S 28,—.
- Teil 2: *Über Höhere Geodäsie,* 28 Seiten, 1957. Preis S 34,—.
- Teil 3: *Vermessungsarbeiten anderer Behörden,* 22 Seiten, 1957. Preis S 28,—.
- Teil 4: *Der Sachverständige — Das k. u. k. Militärgeographische Institut.* 18 Seiten, 1958. Preis S 20,—.
- Teil 5: *Über besondere photogrammetrische Arbeiten.* 38 Seiten, 1958. Preis S 40,—.
- Teil 6: *Markscheidewesen und Probleme der Angewandten Geodäsie.* 42 Seiten, 1958. Preis S 42,—.

Österreichischer Verein für Vermessungswesen und Photogrammetrie

Friedrich-Schmidt-Platz 3, 1082 Wien

Sonderhefte zur Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie

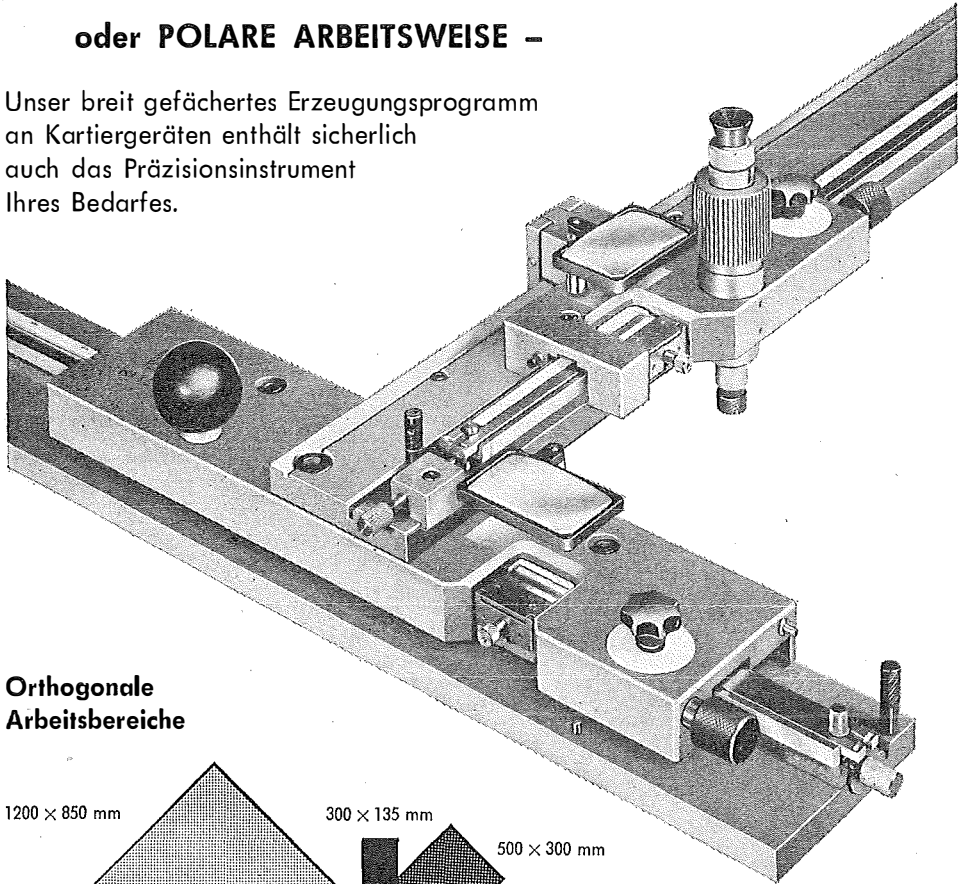
- Sonderheft 20: H. G. Jerie, *Weitere Analogien zwischen Aufgaben der Mechanik und der Ausgleichsrechnung*. 24 Seiten mit 14 Abbildungen, 1960. Preis S 32,— (DM 5,50).
- Sonderheft 21: Mader, *Die zweiten Ableitungen des Newton'schen Potentials eines Kugelsegments — Topographisch berechnete partielle Geoidhebungen. — Tabellen zur Berechnung der Gravitation unendlicher, plattenförmiger, prismatischer Körper*. 36 Seiten mit 11 Abbildungen, 1960. Preis S 42,— (DM 7,50).
- Sonderheft 22: Moritz, *Fehlertheorie der Graphisch-Mechanischen Integration — Grundzüge einer allgemeinen Fehlertheorie im Funktionenraum*. 53 Seiten mit 6 Abbildungen, 1961. Preis S 52,— (DM 9,—)
- Sonderheft 23: Rinner, *Studien über eine allgemeine, voraussetzungslose Lösung des Folgebildanschlusses*. 44 Seiten, 1960. Preis S 48,— (DM 8,—)
- Sonderheft 24: *Hundertjahrfeier der Österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung 23. bis 25. Oktober 1963*. 125 Seiten mit 12 Abbildungen, 1964. Preis S 120,— (DM 20,—)
- Sonderheft 25: *Proceedings of the International Symposium Figure of the Earth and Refraction*; Vienna, March 14th—17th, 1967. 342 Seiten mit 150 Abbildungen, 1967. Preis S 370,— (DM 64,—).
- Sonderheft 26: Waldhäusl, *Funktionale Modelle der Streifen- und Streifenblockausgleichung mit einfachen und Spline-Polynomen für beliebiges Gelände*. 106 Seiten, 1973. Preis S 100,— (DM 15,—).
- Sonderheft 27: Meyer, *Über die transalpine Ölleitung*, 26 Seiten, 1974. Preis S 70,— (DM 10,—)
- Sonderheft 28: *Festschrift Karl Ledersteger*. 317 Seiten, 1970, Preis S 200,— (DM 30,—)
- Sonderheft 29: Peters, *Problematik von Toleranzen bei Ingenieur- sowie Besitzgrenzvermessungen*, 227 Seiten, 1974. Preis S 120,— (DM 18,—)
- Sonderheft 30: Bauer, *Aufsuchen oberflächennaher Hohlräume mit dem Gravimeter*, 140 Seiten, 1975. Preis S 100,— (DM 15,—)

Dienstvorschrift Nr. 9. *Die Schaffung der Einschaltpunkte*; Sonderdruck des österreichischen Vereins für Vermessungswesen und Photogrammetrie, 129 Seiten, 1974. Preis S 100,—

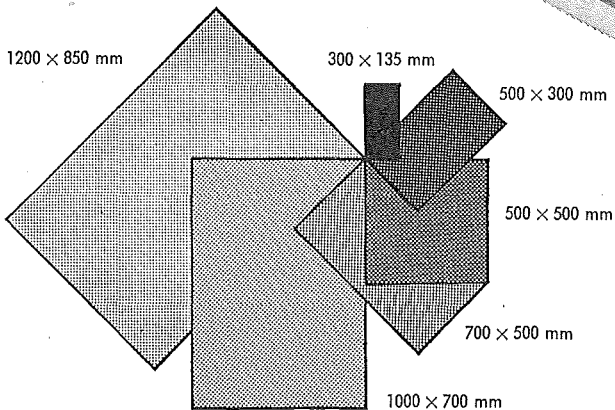
KOORDINATOGRAPHEN

Ob für ORTHOGONALE oder POLARE ARBEITSWEISE –

Unser breit gefächertes Erzeugungsprogramm an Kartiergeräten enthält sicherlich auch das Präzisionsinstrument Ihres Bedarfes.

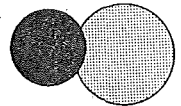


Orthogonale Arbeitsbereiche



Polare Arbeitsbereiche

300 mm ϕ 400 mm ϕ



Angebote und Prospekte direkt vom Erzeuger:

ra. rost

A-1151 WIEN · MÄRZSTR. 7 · TELEX: 1-3731 · TEL. 0222/92 32 31