

## **General Disclaimer**

### **One or more of the Following Statements may affect this Document**

- This document has been reproduced from the best copy furnished by the organizational source. It is being released in the interest of making available as much information as possible.
- This document may contain data, which exceeds the sheet parameters. It was furnished in this condition by the organizational source and is the best copy available.
- This document may contain tone-on-tone or color graphs, charts and/or pictures, which have been reproduced in black and white.
- This document is paginated as submitted by the original source.
- Portions of this document are not fully legible due to the historical nature of some of the material. However, it is the best reproduction available from the original submission.

04

STIR

Special

"Made available under NASA sponsorship in the interest of early and wide dissemination of Earth Resources Survey Program information and without liability for any use made thereof."

77-10035

CR-149136

# DIGITALE BILDVERARBEITUNG

(E77-10035) DIGITAL IMAGE PROCESSING  
(Zurich Univ.) 59 p HC A04/MF A01 CSCL 05B

N77-11496

G3/43 00035  
Unclas

KLAUS SEIDEL

29760

RECEIVED BY  
NASA STI FACILITY  
DATE:

DCAF NO. 314400

PROCESSED BY  
 NASA STI FACILITY  
 ESA - SDS  AIAA

RECEIVED

JUN 24 1976

SIS/902.6



TECHNISCHER BERICHT - ZÜRICH 1976

Original photography may be purchased from  
EROS Data Center  
10th and Dakota Avenue  
Sioux Falls, SD 57198

Dr. Klaus Seidel, Photographisches Institut ETHZ, Clausiusstr. 25, CH 8006 Zürich

**ORIGINAL CONTAINS  
COLOR ILLUSTRATIONS**

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen des Nationalfonds-Projektes "Quantitative Analyse von Aufnahmen der Erderkundungssatelliten ERTS und SKYLAB (EREP)" ausgeführt, das die Grundlage zur Zusammenarbeit zwischen dem Geographischen Institut der Universität Zürich (Prof. H. Häfner) und dem Photographischen Institut der ETHZ (Prof. W.F. Berg) in den Jahren 1973-1976 bildete.

Aus dieser Tätigkeit gingen die Dissertationen von R. Gfeller und R. Binzegger hervor. Dieser Bericht beschreibt das technische Vorgehen, das wir bei der Analyse des für alle Beteiligten neuen Datenmaterials eingeschlagen haben.

Mein Dank gilt den genannten Herren, besonders R. Binzegger, der mich mit seiner geduldigen und besonnenen Art beim Aufbau und bei der Durchsicht des Manuskripts sehr unterstützt hat.

Zürich, im März 1976

Klaus Seidel

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

## INHALT

	Einleitung	1
1	Vorverarbeitung und Neuformatierung der Original-Bilddaten	3
2	Möglichkeiten der bildmässigen Darstellung eines Blocks der Random-Access-Files	5
3	Bildmässige Darstellung digitaler Datensätze	8
3.1	Bild-Display-Möglichkeiten	8
3.2	Schwarz-Weiss- und Farb-Darstellung digitaler Datensätze	8
3.2.1	Kontinuierliche Datensätze	8
3.2.2	Diskrete Datensätze	9
3.3	Das Bildverarbeitungssystem PHOTOMATION P 1700	9
3.4	Programm-Optionen am PHOTOMATION-System	11
4	Digitale Klassifikation von Bildinformation und Darstellung der Resultate	14
4.1	Digitale Klassifikationsmethoden	14
4.2	Klassifikation nach vorgegebenen Stichproben	16
5	Zusammenfassung	21
6	Literatur	22
	 Anhang	
A	Programmbibliothek PHOTOS	
B	Technische Daten des PHOTOMATION-Systems	
C	PHOTOMATION Control Program: PHOTOS 7-9	
D	Beschreibung des "Zürcher Datenformat"	

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY



## EINLEITUNG

In den letzten Jahren ist der Bedarf an Bildverarbeitungs- und Auswerteverfahren stark gestiegen. Einmal hat die Menge der angebotenen, analysierten Information zugenommen (Luftbilder, Satellitenaufnahmen), zum anderen soll die Auswertung objektiviert werden und quantitativ erfolgen.

Eine Reihe von Aufnahmen sind für den Betrachter überhaupt erst dann annehmbar, wenn die relevante Information in Vorverarbeitungsschritten sichtbar gemacht werden kann (Venus-Fernerkundungsbilder, Elektronen-Mikroskop-Aufnahmen aus dem 3 Å-Bereich).

In jedem Fall sind quantitative Bildanalysen und Vergleiche an automatisierbare Methoden gebunden. Anwendungsbeispiele aus den verschiedenen Sachgebieten wie Biologie, Medizin oder Fernerkundung zeigen ferner, dass zur Isolierung der interessierenden Bildinformation ähnliche bis gleiche Methoden benutzt werden. Dies führt zur akademischen, einer technischen Hochschule angemessenen Aufgabe, die theoretischen Grundlagen der BILDVERARBEITUNG zusammenzutragen.

Mit dem Nationalfonds-Projekt "Quantitative Analyse von Aufnahmen der Erdkundungssatelliten ERTS und SKYLAB (EREP)" haben wir in den Jahren 1974-1976 gelernt, diese Daten als Mittel zur Schneeflächen- und Landnutzungskartierung einzusetzen. Ziel dieser ersten Stufe einer als längerfristig zu betrachtenden Forschungsarbeit war neben dem Kennenlernen dieser für uns neuen Datenquelle, das Studium der Analysemöglichkeiten an Erdkundungssatellitenbildern.

In diesem Stadium hat sich die Dateninterpretation mit Hilfe digitaler Methoden wegen ihrer Flexibilität als besonders nützlich erwiesen. Dieses Vorgehen wurde wesentlich dadurch unterstützt, dass die ETHZ das Bildabtast- und Aufbelichtungssystem PHOTOMATION uns zur Verfügung stellte. Mit diesem Gerät ist es einmal möglich, Bilder zu digitalisieren und zum anderen lässt sich Digital-Information wieder bildmässig darstellen.

Mit dieser Tätigkeit wurde am Photographischen Institut der ETHZ die Grundlagenforschung in dem Sachgebiet BILDVERARBEITUNG erheblich vertieft. Aus dem Versuch einer systematischen Gliederung unseres Vorgehens lässt sich erkennen, welche Themen zur Bearbeitung anliegen. Das Sachgebiet BILDVERARBEITUNG lässt sich in die Bereiche (s. Tab. 1)

- Datenvorverarbeitung
- Datenklassifikation
- Datenkorrelation

gliedern. In der Vorverarbeitung werden einmal die Daten aufbereitet (Störungsbehebung,

Tab. 1:

### B I L D V E R A R B E I T U N G

DATENVORVERARBEITUNG		DATENKLASSIFIKATION	DATENKORRELATION
BILDAUFBEREITUNG	BILDVERBESSERUNG		
-Störungsbehebung (radiometrische und geometrische Restaurierung)	-Änderung der radiometrischen Skala (Lichter, Schatten) nach Bildgütekriterium	-Zuordnungstechnik (Signatur, geometrische Anordnung)	-Darstellung der Ergebnisse (mit Aufbereitung für Betrachter)
-Mosaikierung			-Änderungserkennung bezüglich anderer Informationsquellen
-Umformatieren	-Kanten-, Kontur-Erkennung		
	-Raumfrequenz- Filterung		
allgemein		problemorientiert	

Mosaikierung, Umformatierung), zum anderen werden problemorientierte Umformungen so eingeführt, dass die nachfolgende Klassifizierung besser zum Zug kommt. Darunter versteht man radiometrische und geometrische Abänderungen des Bildinhalts (Licht- und Schattenaufteilung, Kanten- und Kontur-Erkennung, Raumfrequenzfilterung), die sich sichtbar als Bildverbesserung äussern.

Die nachfolgende Trennung der relevanten von der irrelevanten Information wird als Klassifikation bezeichnet. Der digitale Klassifizierungsalgorithmus beinhaltet folglich eine Technik, mit der es möglich ist, ein Bildelement aufgrund seiner spektralen und/oder aufgrund seiner Umgebung (geometrische Anordnung) einer Kategorie zuzuordnen. Aufgabe der Datenkorrelation ist es schliesslich, die gefundenen Ergebnisse zu bewerten; es folgt also immer ein Vergleich der extrahierten Information mit der Information aus einer anderen Datenquelle. Aus diesem Vergleich liest der Interpret das Ergebnis seiner Aufgabenstellung ab, die seinem Bildverarbeitungsproblem zugrunde lag.

Im folgenden wird über das Vorgehen bei der Auswertung von LANDSAT- Bildern berichtet. Die Verarbeitung und Auswertung der Bildinformation erfolgte ausschliesslich digital in einem Computer.

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

## 1. VORVERARBEITUNG UND NEUFORMATIERUNG DER ORIGINAL-BILDDATEN

Seitdem grosse und leistungsfähige Computer zur Verfügung stehen, ist es möglich, Bildinformation digital zu verarbeiten. Das digitalisierte Bild besteht dann aus abzählbar vielen Bildpunkten (pixels) und jeder Bildpunkt wiederum wird durch ein oder mehrere diskrete Werte charakterisiert. Die weitere Aufteilung in mehrere Werte pro pixel kommt zustande, weil ein Farbbild z.B. durch verschiedene Filter angesehen werden kann, die dann Kanäle oder Bänder genannt werden. Erfolgt die Registrierung der Bildinformation in mehr als einem (spektralen) Band, so spricht man von einem multivariaten Datensatz.

In der digitalen Bildverarbeitung treten normalerweise grosse Bilddatenmengen auf. So enthält z.B. ein LANDSAT-MSS-Bildsatz (MSS = Multispektralscanner)

4 Kanäle zu je  
2340 Bildzeilen mit bis zu  
3300 Bildpunkten zu je  
8 bit Information.

Dies liefert  $2.5 \cdot 10^8$  bit pro Aufnahme. Dies wiederum entspricht etwa der Speicherkapazität von zwei Magnetbändern (bei 800 bpi). Vergegenwärtigt man sich, dass diese Information etwa durch ein fotografische Farbbild, beziehungsweise durch vier Schwarz-Weiss-Bilder der Grösse  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  wiedergegeben werden kann, dann erhält man einen Eindruck von der möglichen "Packungsdichte" im fotografische Film, dessen Grenzwert bei etwa  $3 \cdot 10^6 \text{ bit/cm}^2$  liegt. Weitere Angaben und Vergleiche bezüglich der Speicherkapazität der verschiedenen Medien findet man bei J.C. DAINTY and R. SHAW (1974).

Bei der Analyse multispektraler Daten kann man unterscheiden zwischen Programmen, welche die gelieferten Daten für die Systemeigenheiten am eigenen Rechenzentrum zurechtmachen und solchen, welche Korrekturen jeglicher Art und Klassifikationen nach gegebenen Kriterien vornehmen. Für diese Aufgaben steht eine Reihe von Programmen sowohl am Rechenzentrum der Universität Zürich als auch am Rechenzentrum der ETHZ zur Verfügung, die jetzt zu Programmbibliotheken zusammengefasst werden (siehe Anhang A).

Bei der Verarbeitung grosser Datenmengen in einem Computer muss die stark systemabhängige Input/Output-Organisation gut beachtet werden. Die uns von der NASA überlassenen LANDSAT-Daten liegen auf computer-kompatiblen 9-Spur-Magnetbändern (CCT) nach IBM-Standard vor. Um die Daten für das von uns benutzte CDC-Rechenzentrum der ETHZ (RZETH) neu zu formatieren, wurde wie in Fig. 1.1 skizziert vorgegangen:

1. Am Rechenzentrum der Universität Zürich (RZU mit IBM 370/155) werden die Originalbänder mit Blocklängen von etwa 3300 bytes à 8 bit mittels dem Programm U2000 (siehe Anhang A) in zwei gleiche, etwa halblange Blöcke aufgespalten, um damit dann die 9-Spur-Magnetbandleseinheit des CDC-Systems zu benutzen. Diese Einheit verträgt nur Blocklängen bis zu 2000 byte. \*)
2. Die bei dieser Konversion entstehende Datenstruktur wird dann mit Hilfe des Programms MMM3 (siehe Anhang A) in CDC-Scope-Files übertragen. \*\*)
3. Diese CDC-7-Spur-Rohdaten-Files bilden die Basis für die nächsten Verarbeitungsprogramme:
  - a) Ermittlung der Scanlinien-Normierungsfaktoren mittels Programm DASH2 (siehe Anhang A) nach einer Methode von N. GRAMENOPOULOS (1973). Das Einfügen solcher Faktoren erweist sich bei den LANDSAT-Daten "der ersten Generation" als notwendig, weil im Satelliten

\*) Seit Oktober 1975 ist es am PHOTOMATION-System des Photographischen Institutes ETHZ direkt möglich, 9-Spur-Magnetbänder auf 7-Spur-Bänder zu kopieren.

\*\*\*) Diese Umformung erfolgt mit der unter \*) angegebenen Möglichkeit künftig mit dem Programm DATA16.

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

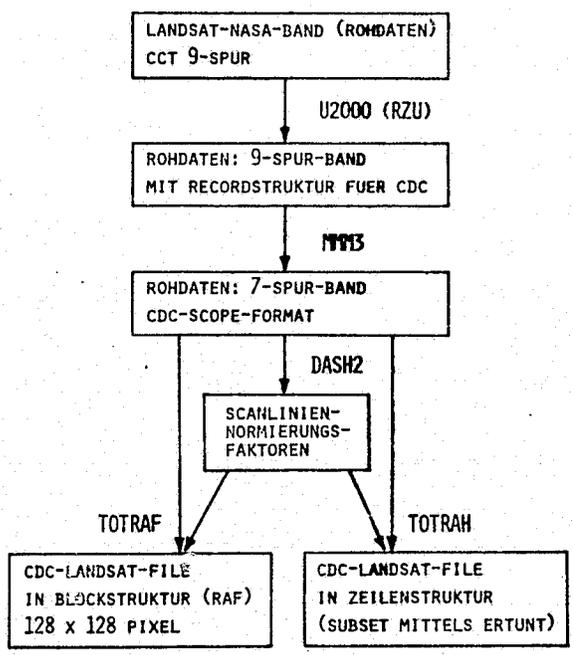


Fig. 1.1: Vorgehen bei der Vorverarbeitung und Neuformatierung der LANDSAT-Daten

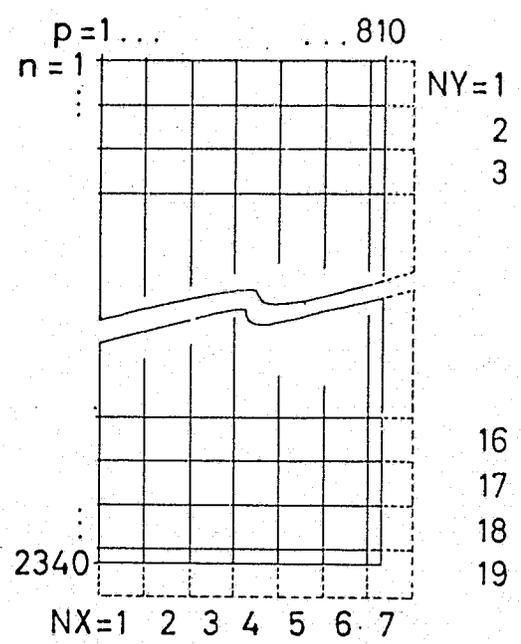


Fig. 1.2: Blockstruktur der LANDSAT-Daten:  
n Scanlinie - NX Kolonnenblockindex  
p Pixel - NY Zeilenblockindex

jeweils sechs Scanlinien simultan registriert werden und die unterschiedliche Empfindlichkeit der sechs Sensoren in der globalen Vorverarbeitung durch die NASA anfänglich nicht genügend gut berücksichtigt worden ist. Wir verringern mit dieser systematischen, radiometrischen Korrektur unter anderem die auffällige Streifenbildung bei der Rekonstruktion eines Bildes (siehe Tab. 2)

Tab. 2: Scanlinien-Normierungsfaktoren eines LANDSAT-Bildes  
Beispiel: E-1076-09440 "BODENSEE" (1. Streifen)

Scanlinie	Kanal 4	Kanal 5	Kanal 6	Kanal 7
1	1.0302	1.0060	0.9172	0.9932
2	0.9856	0.9943	1.0396	0.9903
3	0.9922	1.0045	1.0112	1.0058
4	0.9991	1.0092	0.9929	1.0135
5	0.9952	0.9942	1.0168	0.9749
6	0.9988	0.9922	1.0328	1.0239

- b) Erstellen der endgültigen CDC-Datenfiles unter Benutzung der Scanlinien-Normierungsfaktoren für zwei unterschiedliche Arbeitsweisen:
  - Aufbau einer Blockstruktur in Random-Access-Files (RAF) durch Aufteilung eines Bildes in Abschnitte von je 128 x 128 Bildpunkten. Diese Blöcke lassen sich durch Angabe von drei Indices (gemäss Fig. 1.2) nämlich  
 Kolonnenblockindex NX mit  $NX = 1, \dots, 7$  - Zeilenblockindex NY mit  $NY = 1, \dots, 19$   
 Kanalnummer k mit  $k = 1, \dots, 4$   
 aufrufen. Die Formatierung der Daten in dieser Blockstruktur bietet sich bei vorwiegender Verwendung der Computer-Standard-Peripherie an. Es können Programme benutzt werden, die im 2. Kapitel beschrieben sind.
  - Aufbau einer Zeilenstruktur für sequentielles Arbeiten, welche die Auswahl beliebig dimensionierter Unterböcke (subsets) erlaubt. Die Original-LANDSAT-Daten werden mit dem Programm TOTRAH (siehe Anhang A) so umgeformt, dass für jede Scanlinie die Information für jeden Bildpunkt in den vier Kanälen nebeneinandersteht. Jede Multi-Kanal-Scanlinie bildet einen logischen Record. Ein Bildfile besteht aus einem kompletten

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

Streifen oder einem mittels ERTUNT (siehe Anhang A) gewählten Ausschnitt davon. In zwei Header-Records befindet sich ferner alpha-numerischer Text und die den Ausschnitt definierenden Scanliniennummern. Im Dezember 1975 wurde von den an der digitalen Bildverarbeitung interessierten Gruppen an der Universität Zürich und an der ETHZ ein neues Datenformat beschlossen, das die Kommunikation und Austauschbarkeit der Daten zwischen den verschiedenen Auswertesystemen vereinfachen soll (siehe Anhang D: "Zürcher Datenformat").

In den folgenden Kapiteln werden die am Photographischen Institut ETHZ entwickelten Programme beschrieben, die für jede der genannten Arbeitsweisen zur Verfügung stehen.

## 2. MÖGLICHKEITEN DER BILDMÄSSIGEN DARSTELLUNG EINES BLOCKS DER RANDOM-ACCESS-FILES

Die Verarbeitung der in digitaler Form vorliegenden Bilddaten in einem Computer ist stark von den peripheren Gegebenheiten des Rechenzentrums abhängig. Je nach Fragestellung können die Resultate sehr umfangreich und komplex werden, so dass sie oft für den Benutzer erst dann überschaubar sind, wenn sie ihm wieder in bildmässiger Form angeboten werden.

Leider erlaubt die Standardperipherie eines Rechenzentrums, die bildmässige Darstellung von Datensätzen nur recht schlecht zu simulieren. Es werden dann relativ kleine Datensätze (nach meist recht mühsamer Programmierarbeit) auf dem Drucker (line printer) oder dem graphischen Zeichengerät (plotter) wiedergegeben (siehe dazu Bildbeispiele in Fig. 2.1, 2.2, 2.3).

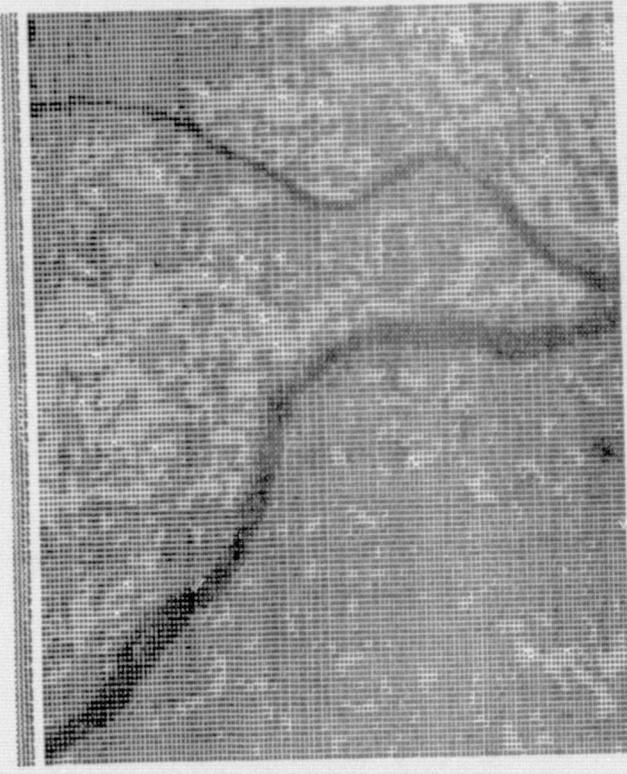
Es steht am RZETH ein Reihe von Programmen zur Verfügung, mit denen die Verarbeitung der in Blockstruktur aufgelösten LANDSAT-Daten (erzeugt mittels Programm TOTRAF) möglich ist. Die Blöcke der Grösse 128 x 128 pixel sind auf Random-Access-Files gespeichert und per Index aufrufbar (NX Kolonnenblockindex, NY Zeilenblockindex, k Kanalnummer gemäss Fig. 1.2). Diese Struktur kommt der Verwendung der Standardperipherie eines Computers sehr entgegen.

Die Auswertung der Daten innerhalb eines Blocks basiert auf der Kenntnis des statistischen Verhaltens und der Darstellungsmöglichkeiten dieses Blocks. Nach der Auswahl eines interessierenden Blocks lassen sich folgende Programme aufrufen:

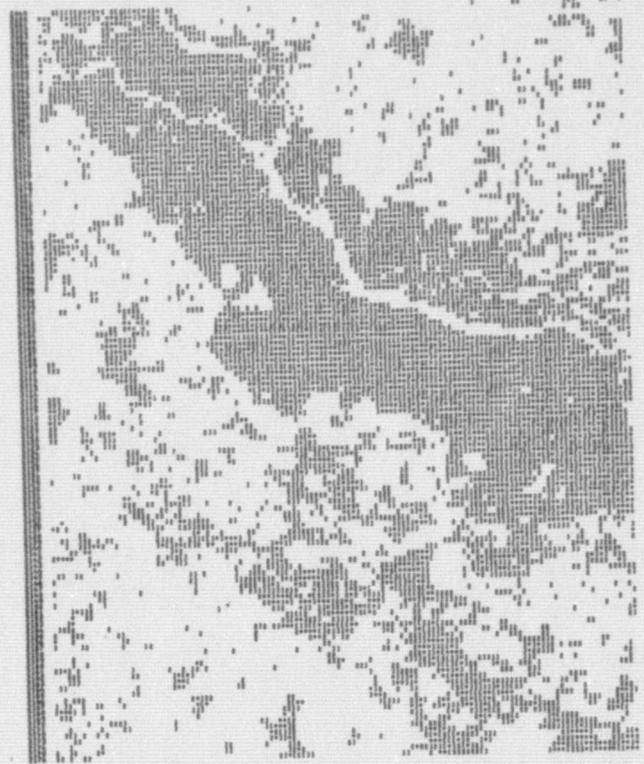
1. Ermittlung der Häufigkeitsverteilung der Messwerte (oft auch Videowerte genannt) eines 128 x 128er Blocks in ausgewählten Kanälen mittels Programm RAFHIS (siehe Anhang A).  
Ferner ist es möglich, mit Hilfe des Programms RAFUNT die statistischen Grunddaten (Mittelwert, Standardabweichung, häufigster Videowert) eines Ausschnitts eines Blocks herauszugreifen und einen Test auf Homogenität des Ausschnitts durchzuführen (Ausreissertest).
2. Graphische Darstellung der Daten eines Blocks:  
Programm RAFPRI liefert eine Grautondarstellung eines Blocks durch Uebereinanderdrucken verschiedener Charaktere (line printer, siehe Fig. 2.1). Es ist die Wiedergabe von etwa 8 Grautönen (Dichtewerten) möglich.  
Programm RAFSYM ermöglicht die Darstellung der Messwerte durch vorgebbare Charaktere (aus dem Drucker-Zeichensatz, Fig. 2.1).  
Programm RAFFL liefert eine Grautondarstellung mittels der Filmplot-Einheit: Auf Kleinbildfilm (36 x 24 mm) werden durch Wahl gewisser Symbole bis zu 8 unterscheidbare Grautöne erzeugt (Fig. 2.2).

LRIS TAPL 2 20-1-1974  
KONTROLLOUTPUT MITTEL P I C T U R E 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

LRIS TAPL 2 20-1-1974  
KONTROLLOUTPUT MITTEL P I C T U R E 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20



( a )



( b )

Fig. 2.1: Bildmässige Darstellung der Daten in Blockstruktur (128 x 128 Pixel) mittels Drucker (line printer):  
(a) Programm RAFPRI (b) Programm RAFSYM

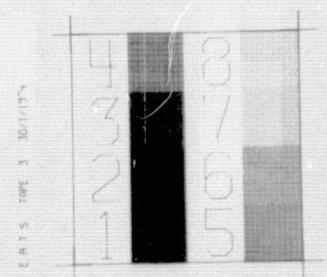
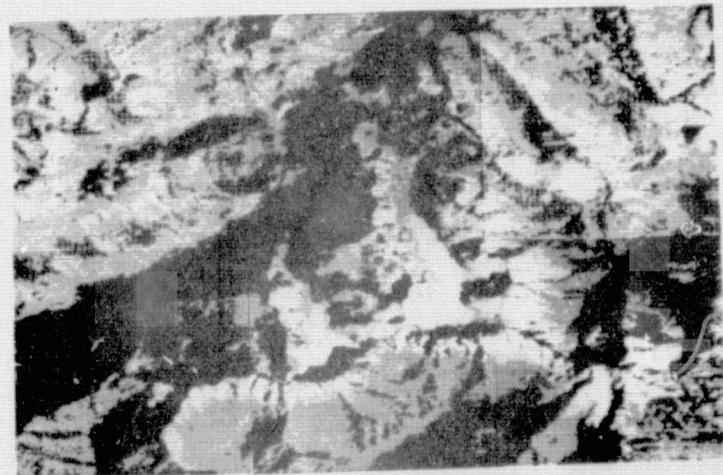


Fig. 2.2: Bildmässige Darstellung der Daten (128 x 128 Pixel) mittels Filmplot-Einheit (CDC 6400/6500 am RZETH) Programm RAFFL

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

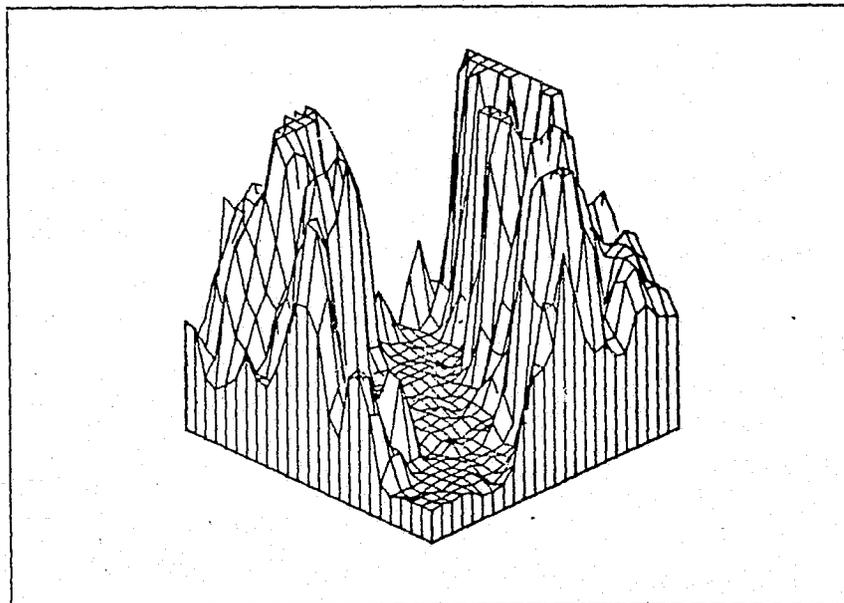


Fig. 2.3: Dreidimensionale Darstellung der Blöcke (128 x 128 Pixel)  
mittels DIGIGRAPHIC-Display - Programm BBRUED

Programm BBRUED liefert eine dreidimensionale Darstellung der Videowerte in Funktion ihrer Ortskoordinaten innerhalb eines Blocks am DIGIGRAPHIC-Bildschirm-Terminal \*). Alle Parameter lassen sich interaktiv setzen und die Resultate am DIGIGRAPHIC-Display beurteilen (Fig. 2.3). Diese interaktiv setzbaren Parameter sind:

NX, NY, k	Blockindices
XSTART, XEND, XINC	Koordinaten und Inkremente zur Wahl eines Ausschnitts
YSTART, YEND, YINC	dto.
ZMIN, ZMAX	Grenzen des darzustellenden Video-Bereichs
ZVIEW, ZCEN	Parameter zur Angabe des Blickwinkels

Diese und Teile der im nächsten Kapitel beschriebenen Programme dienen dazu, die digitalen Bilddaten kennenzulernen, um die für die geplanten Klassifizierungsverfahren notwendigen Stichproben richtig legen zu können.

Die hier beschriebene Arbeitsweise ist für die Bearbeitung grosser Datenmengen, wie zum Beispiel bei der routinemässigen Auswertung von Satellitenbildern, recht umständlich. Es ist die Anschaffung eines Bildbelichtungssystems gerechtfertigt, das dann zur Rekonstruktion der digitalen Resultate in Bildern mit fotografischer Qualität besonders geeignet ist. Die Anwendung eines solchen Systems ändert die Arbeitsweise grundlegend und führt zu Programmen, wie sie im nächsten Kapitel beschrieben sind.

\*) Seit April 1975 ist die CDC-DIGIGRAPHIC-Einheit im RZETH leider ausser Betrieb gesetzt und es sieht so aus, als ob sie nie wieder zur Verfügung stehen würde.

### 3, BILDMÄSSIGE DARSTELLUNG DIGITALER DATENSÄTZE

#### 3.1 BILD-DISPLAY-MÖGLICHKEITEN

Die visuelle und bildmässige Kontrolle der im Computer bearbeiteten Datensätze setzt den Benutzer erst in die Lage, wirkungsvolle Verarbeitungsroutinen aufzusetzen. Mit Hilfe sogenannter BILD-DISPLAY-EINHEITEN ist es möglich, den digitalen Charakter der darzustellenden Information zu verwischen und dem Auge des Betrachters einen "glatten" oder "analogen" Eindruck vorzutäuschen. Erst diesen Eindruck kann er entsprechend seiner Erfahrung beurteilen.

Man unterscheidet zwischen Bildschirm-Einheiten, die unter direkter Kontrolle (on line) des die Daten verarbeitenden Rechners stehen und Systemen, die in einem separaten Arbeitsgang (off line) die digitale Information in Bilder umsetzen. Diese Bilder werden dann meist in irgendeiner Form gedruckt oder aufbelichtet, sodass sie in dauerhafter Form (hard-copy) vorliegen. Der Vorteil der on-line-Einheiten liegt darin, dass sie einen schnellen Zugriff zu den Daten erlauben und dass sich der Einfluss der Verarbeitungsroutinen direkt beobachten lässt, falls sie für interaktives Rechnen programmiert sind. Im Gegensatz dazu sind off-line-Systeme oft langsam arbeitende Wiedergabe-Einheiten, die es jedoch erlauben, aus den Daten Bilder mit hoher Qualität zu rekonstruieren.

Das uns zur Verfügung stehende PHOTOMATION-System setzt im off-line-Verfahren die Digitaldaten in Bilder fotografischer Qualität um. Bevor wir nun die Möglichkeiten mit diesem System besprechen, müssen noch einige Gedanken zur Bildwiedergabe im allgemeinen vorausgeschickt werden.

#### 3.2 SCHWARZ-WEISS- UND FARB-DARSTELLUNG DIGITALER DATENSÄTZE

Die Darstellung von Datensätzen ist für den Interpreten zu deren Beurteilung eine wichtige Stufe. Hier erkennt er im Vergleich mit anderen Informationsquellen, ob seine Vorlage oder das Rechenergebnis die von ihm aufgestellten Bedingungen erfüllt:

1. richtige und/oder geeignete Wahl des Ausschnitts
2. Kontrolle bezüglich geometrischer und radiometrischer Fehler
3. Beurteilung des Zuordnungsalgorithmus

Da die Bilddaten wieder "analog" in ihrer Gesamtheit dargestellt werden, sind sie mit einem Blick überschaubar. Diese für den Betrachter gewohnte Situation befähigt ihn zu der oben genannten Qualitätsbeurteilung.

Man kann ferner zwischen Schwarz-Weiss- und Farb-Darstellungen unterscheiden. Dabei können die Daten als "kontinuierliche" oder "diskrete" Datensätze auftreten.

##### 3.2.1 KONTINUIERLICHE DATENSÄTZE

In einem kontinuierlichen Datensatz treten alle Werte oder breitere Bänder des Video-Bereichs auf. Dieser Dynamikbereich ist durch das Auflösungsvermögen des digitalisierenden und registrierenden Empfängers gegeben:

Auflösung	4 bit	Bereich	0... 15
	6 bit		0... 63
	8 bit		0... 255
	12 bit		0...4096

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

Bei der Darstellung eines solchen Datensatzes wird normalerweise sein Dynamikbereich in den Dynamikbereich des Registriermediums abgebildet. Ein handelsüblicher, fotografischer Schwarz-Weiss-Film zum Beispiel liefert nach dem Belichten und Entwickeln optische Dichten zwischen 0 und 3.0. Bei unserem PHOTOMATION-System ist der Grautonbereich des Films in 256 Stufen unterteilt (8 bit Auflösung) und die Zuordnung der Daten zu jedem einzelnen Wert dieses Bereichs erfolgt mit Hilfe der Uebertragungstabelle (TC = Transfer Characteristic). Das menschliche Auge vermag nicht diese 256 verschiedenen Grautöne auf dem fertigen Film aufzulösen. Die Grenze liegt bei etwa 30 Grautönen.

Bei der Darstellung multivariater Datensätze gibt es zwei Möglichkeiten:

1. Schwarz-Weiss-Darstellung nach der oben beschriebenen Methode in jeder einzelnen Variablen (Kanal)
2. Einfärben von zwei oder drei solcher Variablen-Auszüge in den drei Grundfarben. Aus der Ueberlagerung solcher Farbauszüge entstehen die sogenannten FALSCHFARBENBILDER (siehe dazu Bildbeispiel: NOAA-Wettersatellitenbild in Fig. 3.3).

Zu beachten bleibt, dass in solchen Darstellungen jeder Grau- oder Farbton ganz bestimmte Merkmale der vorgegebenen Information repräsentiert.

### 3.2.2 DISKRETE DATENSÄTZE

Im Gegensatz zu den kontinuierlichen Datensätzen treten bei den diskreten vergleichsweise nur wenige Werte des Dynamikbereichs auf. Diese Werte kann man als Kategorie- oder Klassennummern (Symbole) betrachten, wie sie zum Beispiel als Resultat einer multivariaten Landnutzungskartierung auftreten. Die Darstellung eines solchen Datensatzes mit Hilfe von Grau- oder Farbtönen ist dann sinnvoll, wenn man im fertigen Bild für jeden Bildpunkt die zugehörige Klasse aufgrund seines Grau- oder Farbtönen eindeutig ausmachen kann. Dies setzt voraus,

1. dass die einzelnen Bildpunkte nicht zu klein wiedergegeben werden und
2. dass nur eine beschränkte Anzahl von Grau- oder Farbtönen benutzt wird.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass bei der Rekonstruktion mit Hilfe von Schwarz-Weiss-Tönen bis zu 4 Klassen in einem Bild gut unterschieden werden können. Bei der Farbwiedergabe hingegen können bis zu 20 Klassen eindeutig ausgemacht werden (siehe Bildbeispiel: Mailand in Fig. 4.4).

### 3.3 DAS BILDVERARBEITUNGSSYSTEM PHOTOMATION P 1700

Seit April 1974 steht am Photographischen Institut ETHZ das PHOTOMATION-System P 1700 der Firma OPTRONICS INTERNATIONAL, Chelmsford/Mass. zur Verfügung. Dieses Gerät gehört in die Klasse der off-line-Bildverarbeitungsgeräte, das durch Verwendung eines Prozessrechners eine gewisse Flexibilität erhalten hat.

Das PHOTOMATION-System erlaubt

- a) transparente, fotografische Vorlagen abzutasten (read scan) und zu digitalisieren. Die Information wird dabei auf einem Magnetband (CCT) gespeichert.
- b) Ferner kann Digitalinformation von einem Magnetband auf fotografischen Film aufbelichtet werden (write scan), so dass nach der Entwicklung die Information bildmässig sichtbar wird.

Dieses Filmabtast- und Aufbelichtungsgerät besteht aus folgenden Komponenten:

- aus dem Trommelscanner mit getrennter Lese- und Schreibeinheit (technische Einzelheiten siehe Anhang B)
- dem Prozessrechner ALPHA 16 (Speicherkapazität 32 kbyte à 16 bit)
- zwei Magnetbandstationen (9-Spur und 7-Spur)
- einem Lochstreifenleser und einem Lochstreifenstanzer
- einem Fernschreibterminal, das die Kommunikation mit dem Rechner ermöglicht

Es können alle Datensorten von Magnetbändern zu Bildern verarbeitet werden, wenn sie nur geeignet formatiert sind. Die Verwendung eines Prozessrechners bei der Uebertragung der Daten

Vorlage - Computer - Magnetband (read scan)

oder

Magnetband - Computer - Film (write scan)

erlaubt deren programmierbare Beeinflussung, solange sie sich im Kernspeicher des Computers befinden. Das Bild wird linienweise übertragen und das einzelne Pixel ist durch seine Position (geometrische Lage) innerhalb der Linie und durch seinen Videowert gekennzeichnet. Folglich beziehen sich die zwei naheliegenden und grundlegenden Manipulationen auf das gezielte Aendern der Videowerte und deren Lage innerhalb der Zeile (siehe PHOTOMATION Control Program im Anhang C).

Beim Aufbelichten eines Magnetband-Files kann diese Aenderung der Videowerte mit Hilfe einer einzugebenden Uebertragungscharakteristik (TC) vorgenommen werden. Diese Charakteristik wird im Rechner in Form einer Tabelle gespeichert und jedem Eingabe-Videowert (input) wird ein Belichtungswert für den Film (output) zugeordnet. Da jeder Belichtungswert auf dem Film zu einem Grauton wird, liefert zum Beispiel jede neue Tabelle eine neue Tonreproduktion des Datenfiles.

Auf der anderen Seite lässt sich eine neue Skalierung in Scanlinienrichtung dadurch erreichen, dass (im linearen oder nicht-linearen Massstab) gewisse Pixel vervielfacht oder weggelassen werden. Eine Skalierung senkrecht zur Scanlinienrichtung lässt sich dementsprechend dadurch erreichen, dass gewisse Scanlinien vervielfacht oder weggelassen werden. Erst aufwendigere, noch zu entwickelnde Verfahren werden Interpolationen bei diesem digitalen Vergrössern oder Verkleinern möglich machen.

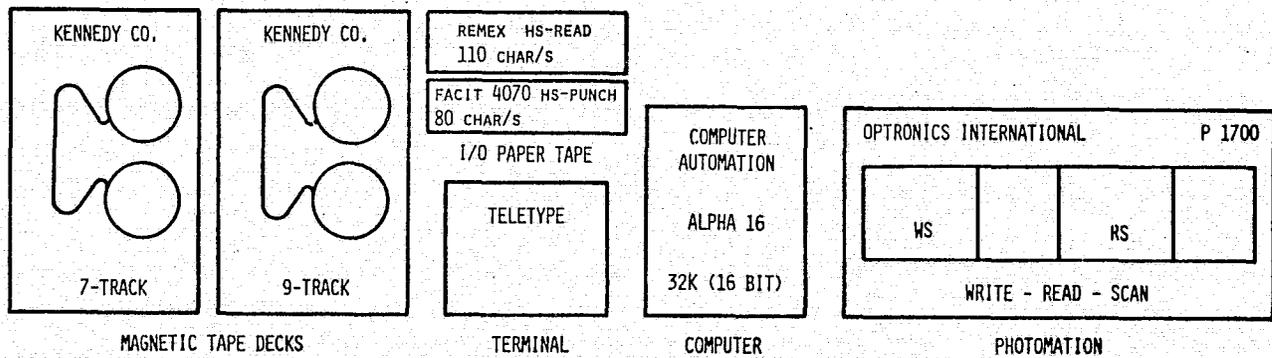


Fig. 3.1: Das PHOTOMATION-System P 1700 am Photographischen Institut ETHZ

### 3.4 PROGRAMM-OPTIONEN AM PHOTOMATION-SYSTEM

Das PHOTOMATION Control Program PHOTOS 7-9 steuert über den Prozessrechner ALPHA 16 die im PHOTOMATION-System (siehe Fig. 3.1) vorhandenen, peripheren Einheiten. Dem Benutzer stehen zur Verarbeitung von Bildern folgende Optionen zur Verfügung (Stand: Dezember 1975):

- Abtasten einer transparenten Filmvorlage, falls Farbvorlage auch Farbauszüge; Wahl des Dynamik-Bereichs je nach Dichteumfang (density range: 2.0 ND oder 3.0 ND)
- Aufbelichten eines Datenfiles auf fotografischen Film, der nach der Entwicklung einen bildmässigen Eindruck vermittelt. Dabei lässt sich (über das Terminal direkt steuerbar)
- ein Ausschnitt wählen,
  - dieser Ausschnitt linear oder nicht-linear vergrössert wiedergeben,
  - eine gewünschte Tonreproduktion (TC) dem Bild unterlegen und
  - ein Raster (grid) über das Bild legen.

Neben diesen Hauptgruppen gibt es noch Optionen, die das Kennenlernen der Bildinformation und die Benützung des Systems erleichtern:

- Häufigkeitsverteilung (Histogramm) eines Magnetbandfiles, zum Beispiel um beim Aufbelichten eine geeignete Uebertragungs-Charakteristik (TC) eingeben zu können.
- Eingabe- und Editier-Möglichkeit der Uebertragungs-Charakteristik (TC), die in Form einer Tabelle gespeichert wird.
- Schreiben synthetischer Information auf den Film zu Kontroll- und Identifikationszwecken: Stufenkeil (SW), Registrierkreuze (KR), alphanumerischer Text (LT)

Eine detaillierte Beschreibung aller zur Zeit vorhandenen Möglichkeiten liegt auf und kann auch als Anleitung zur Benutzung des Systems verwendet werden (siehe Anhang C).

Ein Bildbeispiel, das einige Eigenschaften des PHOTOMATION-Systems illustriert, ist in Fig. 3.2 wiedergegeben: Die NOAA-Wettersatelliten-Aufnahme vom 7. April 1975.

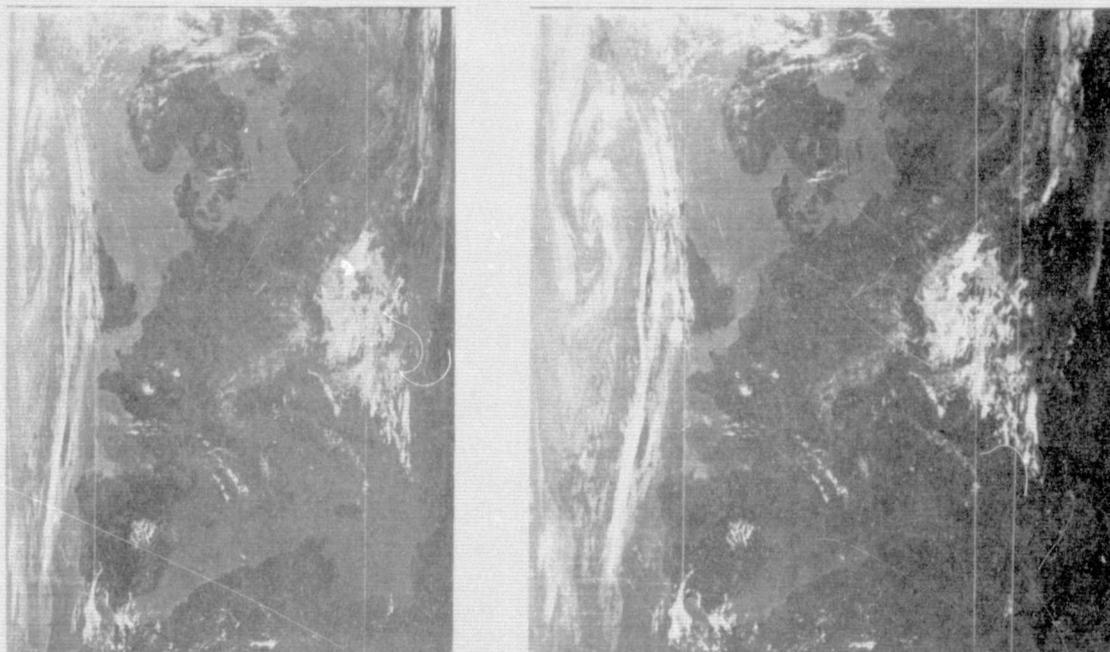


Fig. 3.2: Bildbeispiel NOAA-4-IR (Wettersatellitenaufnahme vom 7.4.1975 "EUROPA")  
 (a) Original (b) Bildverbesserung mit neuer Uebertragungscharakteristik  
 und nicht-linearer Spreizung

ORIGINAL PAGE IS  
 OF POOR QUALITY

lag für einen sichtbaren und für einen Infrarot-Spektralbereich in Form fotografischer Auf-  
sichtsbilder vor. Um geometrische und tonreproduktionsmässige Korrekturen durchführen zu  
können, wurden diese Aufnahmen fotografiert, diese Negative erneut abgetastet (RS) und  
erneut aufbelichtet (WS) (siehe Fig. 3.2)

- (a) ohne jegliche Korrekturen (Fig. 3.2a)
- (b) mit Korrekturen bezüglich der Tonreproduktion (TC) und mit nicht-linearer, eindimen-  
sionaler Spreizung wegen der cos-förmigen Verzerrung an den Bildrändern (Fig. 3.2b)
- (c) Falschfarbenkombination der (maskierten) Auszüge aus dem sichtbaren (VIS) und dem infra-  
roten (IR) Wellenlängenbereich.

Falschfarbenkombinationen sind genau dann eindrücklich, wenn die relevante  
Information kontrastreich hervorsticht. Durch die Farbwahl beim Einfärben der Auszüge lassen  
sich auch andere Bildeindrücke hervorrufen, was für gewisse Problemstellungen und Interpre-  
tationsziele erforderlich sein kann.

In dem gezeigten Beispiel entspricht jeder Farbton einer klassifizierten  
Kategorie im Sinne einer multivariaten Datenanalyse aufgrund zweier Parameter (VIS und IR).  
Im folgenden Kapitel wird ein systematisches Vorgehen zur digitalen Analyse viel-parametriger  
Datensätze beschrieben.

# Geographie Europas

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY



Fig. 3.3:

Falschfarben-  
kombination

Wettersatelliten-  
Aufnahme NOAA-4  
(VIS und IR)

vom 7. Aug. 1975

(aus: O. BAER,  
Geographie Europas,  
Lehrmittelverlag  
des Kantons Zürich,  
1977)

Oskar Bär

# Geographie Europas

FOLDOUT FRAME



#### 4. DIGITALE KLASSIFIKATION VON BILDINFORMATION UND DARSTELLUNG DER RESULTATE

Die im vorliegenden Kapitel zu besprechenden Klassifikationsverfahren digitaler Bildinformation orientieren sich am Beispiel der von der NASA zur Verfügung gestellten LANDSAT-Daten. Der Uebersicht halber werden im nächsten Abschnitt die theoretischen Prinzipien der Klassifikationsverfahren kurz zusammengefasst.

##### 4.1 DIGITALE KLASSIFIKATIONSMETHODEN

Bei der Analyse von Bildern mit Hilfe digitaler Methoden werden die verschiedenen Bildelemente der Reihe nach aufgrund gewisser Kriterien verschiedenen Klassen (Kategorien) zugeordnet. Normalerweise sind die abgebildeten Objekte durch ihr geometrisches und spektrales Verhalten eindeutig charakterisiert und die Situation wird genau dann mehrdeutig, wenn

- das Auflösungsvermögen nicht ausreicht, um die Unterschiede in den geometrischen Formen zu erkennen,
- das Spektralverhalten der Aufnahmeapparatur (Sensoren) dem der Objekte zu wenig gut angepasst ist und
- die Aufnahme unter ungenügenden Beleuchtungsverhältnissen durchgeführt wurde.

In dieser allgemeinen Formulierung sind alle jene Probleme enthalten, wie sie besonders in der Luftbild- und Satellitenbild-Interpretation auftreten.

Um den Zusammenhang mit der Literatur und den im nächsten Abschnitt zu besprechenden Klassifikationsverfahren klarzulegen, werden im folgenden kurz die Prinzipien der digitalen Techniken besprochen, wie sie zur Einteilung der Bildinformation in verschiedene Kategorien benutzt werden (siehe Tab. 3).

Bei der Analyse multispektraler Daten nutzen wir zunächst die Tatsache aus, dass die Bildelemente eines Objektes, das heisst einer Katagorie, ein gewisses Gebiet des Variablenraumes einnehmen. So sind zum Beispiel die farbigen Gegenstände auf einem farbigen Bild an ausgesuchten Stellen des Farbraums (mit den Komponenten Blau, Grün und Rot) zu finden. Definieren nun die Farben die Gegenstände eindeutig, so kann man aus der Analyse des Farbraums auf das Vorhandensein der Gegenstände im Objektraum schliessen. Diese Eindeutigkeit der Zuordnung ist nun in der Praxis wegen der oben genannten Schwierigkeiten (Auflösungsvermögen, Spektralempfindlichkeit, Beleuchtung) oft schlecht erfüllt.

Wenn wir den Variablenraum aufgrund ausgesuchter Gegenstände in Gebiete bekannter Katagorien aufspalten (supervised learning), so liefert MUSTERERKENNUNG (pattern discrimination) alle jene Punkte eines Bildes, die ebenfalls zu diesen Gebieten gehören. Dieses Analyseverfahren geht also davon aus, dass man in der ersten Stufe den Computer aufgrund gewisser Erfahrungen trainiert und im zweiten Schritt den ganzen multispektralen Bilddatensatz nach den Eigenschaften der vorgelegten Trainingsgebiete hin absucht.

Liegen keine Kenntnisse über die Spektraleigenschaften der im Bildfeld vorhandenen Objekte vor, dann kann man eine Analyse aufbauen, die davon ausgeht, dass sich gewissen Anhäufungen (cluster) im Variablenraum Objekte zuordnen lassen (unsupervised learning). Anschliessend werden mittels MUSTERGRUPPIERUNG (pattern classification) alle Bildpunkte den bislang namenlosen Kategorien zugeordnet. In einer dritten Stufe versucht der Interpret geeignete, praxisübliche Namen für die so ermittelten Kategorien zu finden.

TAB. 3: DECISION MAKING TECHNIQUES AFTER STEINER (1972)

PATTERN DISCRIMINATION

- TRAINING SAMPLES (SUPERVISED LEARNING)
- DETERMINISTIC METHODS
  - NO PROBABILITY CONCEPTS
  - DISCRIMINANT FUNCTIONS
  - DECISION: SAMPLE IN CLASS WITH LARGEST DISCRIMINANT SCORE
- STATISTICAL TECHNIQUES
  - PROBABILITY DISTRIBUTION
    - PARAMETRIC
      - DISTRIBUTION IS GIVEN ANALYTICALLY
      - EXAMPLE: GAUSSIAN DISTRIBUTION
    - NON PARAMETRIC
      - UNKNOWN DISTRIBUTION
      - EXAMPLE: POTENTIAL FUNCTIONS HISTOGRAM METHOD
  - DECISION: BAYES' DECISION RULE  
MAXIMUM LIKELIHOOD

PATTERN CLASSIFICATION

- NO TRAINING SAMPLES (UNSUPERVISED LEARNING)
- NATURAL GROUPINGS IN FEATURE SPACE (CLUSTERS)
- DETERMINATION OF SELECTED CLASSES: AFTERWARDS BY GROUND SAMPLING INFORMATION

Es ist einleuchtend, dass das erstgenannte Klassifikationsverfahren mittels wohldefinierter Lernstichproben numerisch gesehen einfacher durchzuführen ist. Wie die meisten der etablierten Verfahren basiert auch die von uns verwendete Diskriminanz-Analyse auf der Auswahl geeigneter Stichproben.

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

## 4.2 KLASSIFIKATION NACH VORGEgebenEN STICHPROBEN

Die Qualität der Klassifikationsresultate in pattern-discrimination-Problemen hängt wesentlich von der Auswahl geeigneter Stichproben ab. Ferner kommt es je nach programmiertem Verfahren darauf an,

- wie die ermittelten Stichprobenparameter diese charakterisieren und
  - aufgrund welchen Zuordnungskriteriums die Bildpunkte den Kategorien zugewiesen werden.
- Das von uns anfänglich eingesetzte Programm zur Klassifikation der LANDSAT-MSS-Daten gehört zur Gruppe der statistischen Techniken (siehe Tab. 3) und benutzt bei der Zuordnung das Maximum-Likelihood-Kriterium in der Annahme, dass die Daten in jeder Lerngruppe normalverteilt sind.

Im folgenden werden das Vorgehen und die Hilfsprogramme beschrieben, die das Kennenlernen der Daten zur Auswahl geeigneter Stichproben erleichtern:

- Bildmässige Darstellung der Daten in einem oder allen Original-Kanälen oder in einer einfachen Kombination derselben. Das Programm OPTER2 (siehe Anhang A) liefert in vorgebbaren Ausschnitten (aus den mittels ERTUNT erzeugten Subsets) Bildfiles für das PHOTOMATION-System wahlweise in den vier LANDSAT-Kanälen oder in einer der sechs Ratio-Kombinationen mit den Häufigkeitsverteilungen der Videowerte (Bildbeispiel siehe Fig. 4.1).
- Die in diesen Bildern relativ grob angebbaren Stichproben können mit Hilfe des Programms UNTSTA bezüglich ihrer statistischen Eigenschaften untersucht werden (Mittelwert, Standardabweichung). Ferner werden die Werte ausserhalb des Bereichs

$$\bar{x} - 2.5 \sigma < x < \bar{x} + 2.5 \sigma$$

( $\bar{x}$  Mittelwert,  $\sigma$  Standardabweichung) markiert (siehe Fig. 4.2). Dieses Markierungsverfahren ist als Ausreissertest bekannt.

- Das Programm UNTDIS erlaubt das Zusammenlegen lokal getrennter Stichproben zu Lerngruppen in den verschiedenen Kategorien aufgrund der Ähnlichkeit in den statistischen Grunddaten. Ferner werden bei dieser Gelegenheit die Daten zur Eingabe in das Diskriminanzanalyse-Programm neu formatiert.
- Die zusammengefassten Eigenschaften jeder Lerngruppe lassen sich mit dem Programm UNTHIS überprüfen (siehe Fig. 4.2).
- Einen Eindruck von der Trennbarkeit der einzelnen Lernstichproben erhält man aus einer grafischen Ellipsendarstellung. Mit Hilfe des Programms ELLPLT für den Tischrechner HP 9830 lassen sich für die verschiedenen Lernstichproben in jeweils zwei Parametern um die zugehörigen Mittelwerte Ellipsen zeichnen, deren Halbachsen den Standardabweichungen proportional sind (siehe Fig. 4.3). Aus solchen Darstellungen lässt sich recht einfach erkennen, ob und in welchen Variablen die Lerngruppen überlappen und in wieweit interessierende Kategorien durch Ratiobildung und/oder Slicing trennbar sind.
- Ermittlung der Diskriminanzfunktion mit Hilfe linearer, schrittweiser Diskriminanzanalyse im Programm B7MM. Dies ist eine modifizierte Version des Programms BMD07M aus der BMD-Programmbibliothek von W.J. DIXON (1973). (Eine ausführliche Beschreibung der Methode und der Optionen in diesem Diskriminanzanalyseprogramm befindet sich im BMD-Manual). Ferner erhält man bei der Auswertung die aufgrund des schrittweisen Vorgehens benutzten Variablen in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit für die Analyse.
- Im Programm CLA7MM werden die in B7MM ermittelten Diskriminanzfunktionen zur Klassierung eines kompletten Bilddatensatzes benutzt und die Resultate als Bildfile für das PHOTOMATION-System formatiert. Wieder lassen sich wie in OPTER2 Skalierungsfaktoren und ein Skew-Korrekturwert eingeben (siehe Fig. 4.4).

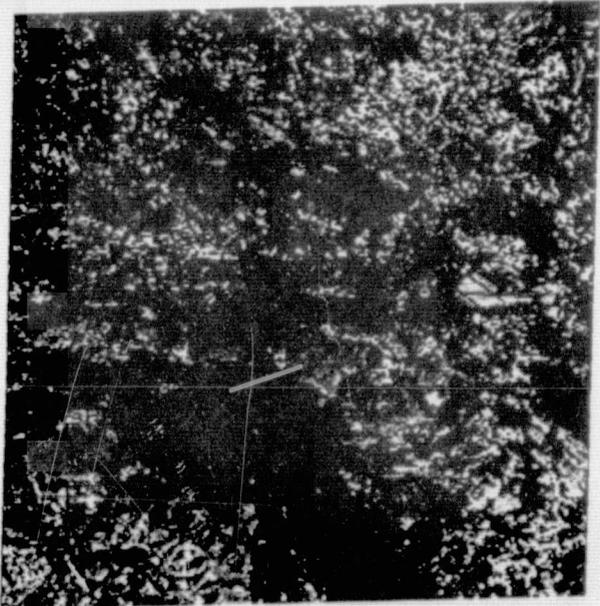
Diese bildmässige Darstellung der klassifizierten Daten liefert für den Interpreten die Grundlage zur Beurteilung der Qualität des Zuordnungsalgorithmus. Das Klassifikationsprogramm hat jedem Bildpunkt eine Klassennummer oder ein Klassensymbol zugewiesen und so



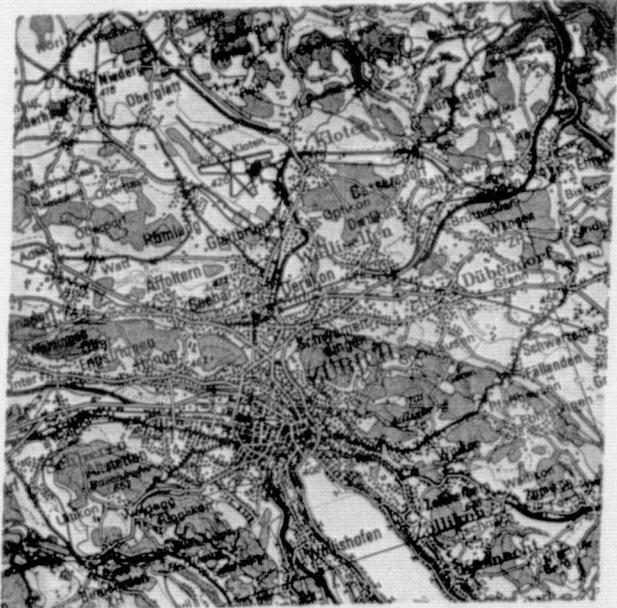
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 4.1: Bildmässige Darstellung eines LANDSAT-Bildausschnittes  
 (E-1076-09440 "BODENSEE" ) erzeugt am PHOTOMATION-System

(a) Kanal 5 (600 - 700 nm)    (b) Kanal 7 (800 - 1100 nm)  
 (c) Ratio 7/5    (d) Ausschnitt aus der Landes-  
 karte (reproduziert mit Be-  
 willigung der Eidg. Landes-  
 topographie vom 9.3.1976)

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY



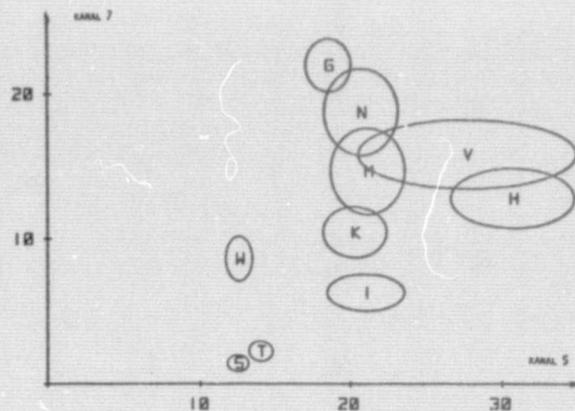


Fig. 4.3: Beurteilung der Trennbarkeit von Lernstichproben mittels Ellipsen-Darstellung Programm ELLPLT (für Tischrechner HP 9830)

handelt es sich um die Darstellung eines diskreten Datensatzes. Ueber die Wiedergabemöglichkeiten solcher Daten mittels Schwarz-Weiss- oder Farbbilder wird im Abschnitt 3.3.2 berichtet (siehe Fig. 4.4). Als Bildbeispiel ist ferner in Fig. 4.5 die "Landnutzungs-klassifizierung im Raum MAILAND" wiedergegeben, wie sie in der Dissertation von R. BINZEGGER veröffentlicht worden ist.

Die Aufteilung des Diskriminanzanalyse-Prozesses in einen Teil zur Ermittlung der Diskriminanzfunktionen und ein Zuordnungsprogramm erweist sich als günstig. Eine ähnliche Zweiteilung wurde ebenfalls in diversen Klassifikationsprogrammen der ORSER-Programmbibliothek von F.Y. BORDEN (1975) gewählt.

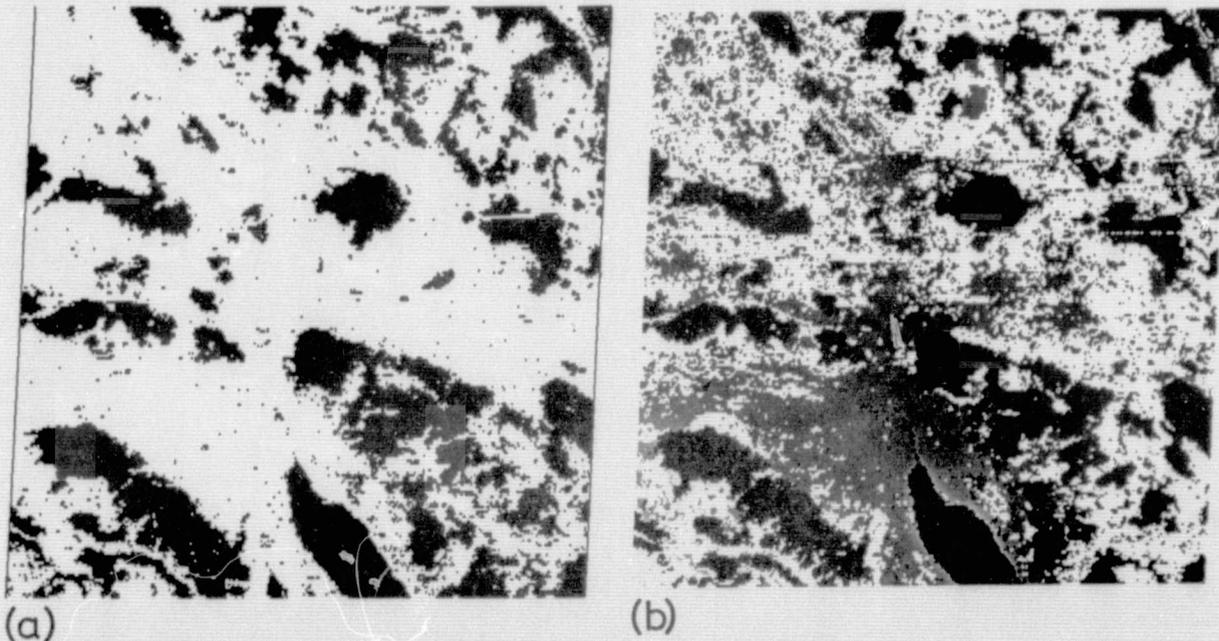


Fig. 4.4: Bildmässige Darstellung eines Klassifikationsresultates als diskreter Datensatz (Bildausschnitt wie in Fig. 4.1)

(a) Slicing in Kanal 5: schwarz - Kategorie Wasser und Wald

(b) Klassifikation mittels linearer Diskriminanzanalyse:

- schwarz - Wasser
- dunkelgrau - Wald
- hellgrau - vegetationslose Flächen

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

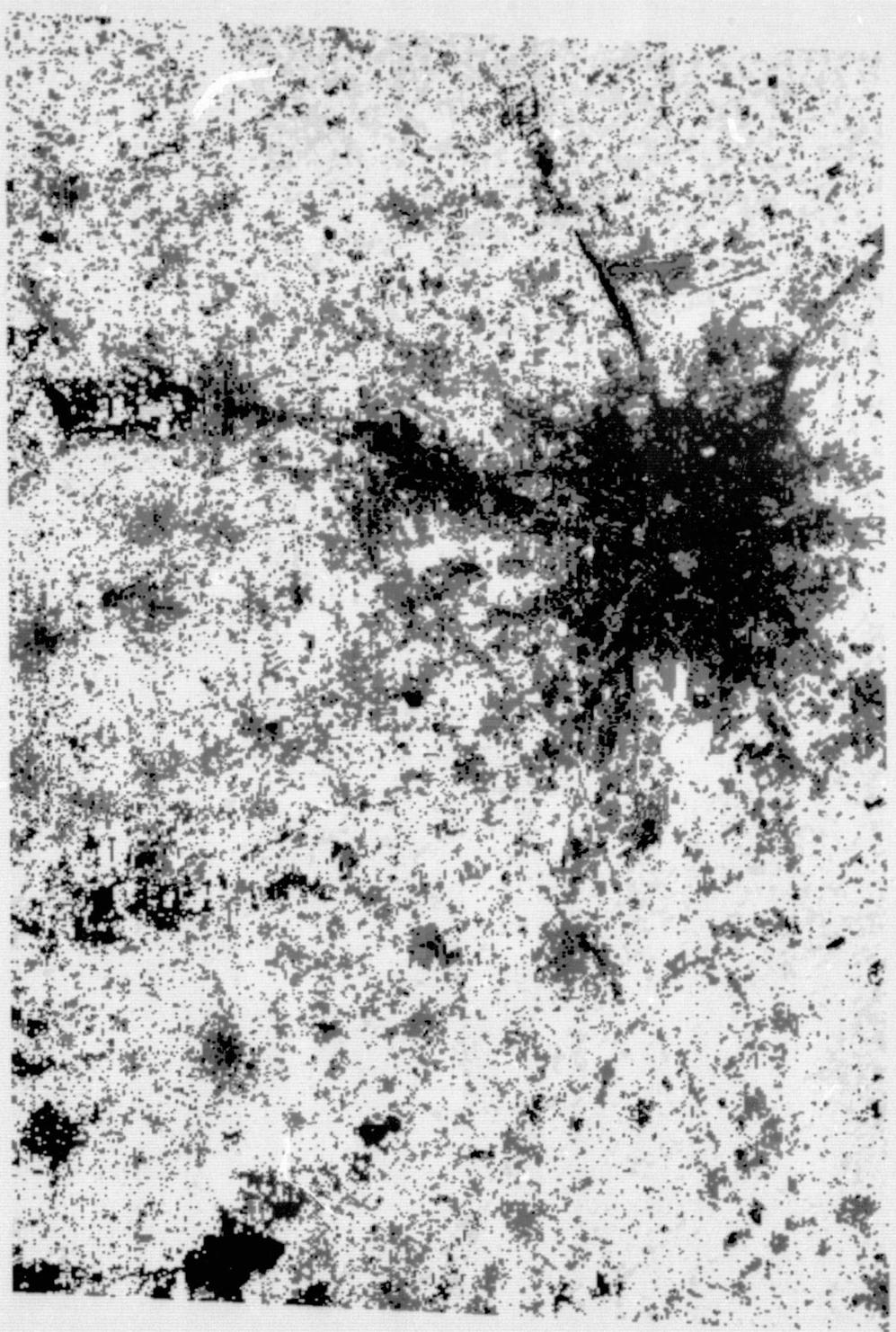


Fig. 4.5: Farbdarstellung eines klassifizierten LANDSAT-Ausschnittes  
(E-1076-09442 "MAILAND" - M 1:200'000) aus BINZEGGER, R. (1975)

- |                      |   |
|----------------------|---|
| blau                 | Wasserflächen                                     |
| violett, rot, purpur | Überbaute Flächen                                 |
| gelb                 | landwirtschaftliche Flächen mit grünen Vegetation |
| weiss                | landwirtschaftliche Flächen mit toter Vegetation  |
| grün                 | Waldflächen                                       |

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Bericht sind ausschliesslich unsere Möglichkeiten und Programme zur digitalen Bildverarbeitung beschrieben.

Im allgemeinen treten hier grosse Datenmengen auf und diese müssen für die Weiterverarbeitung in einem Computer in irgendeiner Weise leicht unterteilbar gemacht werden. Bei der alleinigen Verwendung eines Grossrechners bietet sich eine Aufteilung in Blöcke (128 x 128 Bildelemente) an, die dann durch Indices aufrufbar sind. Beim Einsatz eines Linienscanners hingegen - wie ihn das PHOTOMATION-System darstellt - ist eine Zeilenstruktur sinnvoll. Das "Zürcher Datenformat", das auf dieser Struktur beruht, soll darüberhinaus die Kommunikation und die Austauschbarkeit der Daten zwischen den einzelnen Benutzergruppen mit ihren verschiedenen Verarbeitungssystemen erleichtern.

Die visuelle, insbesondere die bildmässige Kontrolle der im Computer bearbeiteten Datensätze setzt den Benutzer erst in die Lage, wirkungsvolle Verarbeitungsroutinen aufzusetzen. Es wird ausführlich der Einsatz des fotografischen Films als Datenspeicher und Displaymedium diskutiert und mit Beispielen belegt. Dabei dient das PHOTOMATION-System dazu, Bildinformation zu digitalisieren und auch umgekehrt, Digitaldaten bildmässig darzustellen.

Zur Analyse multispektraler Bilddaten aufgrund von Lernstichproben werden eine Reihe von Hilfsprogrammen zur Verfügung gestellt. Als Klassifikationsverfahren wird in diesem Bericht nur die stufenweise, lineare Diskriminanzanalyse angegeben. Es sind jedoch eine Reihe von weiteren Klassifikationsroutinen in Vorbereitung. Hier ist eine gewisse Arbeitsteilung zwischen den einzelnen Benutzergruppen vereinbart und so werden an den verschiedenen Systemen (IBM-TSO des RZU, CDC des RZETH, PHOTOMATION, PDP-RAMTEK) vorwiegend solche Routinen implementiert, die sich jeweils gut eignen.

Die im Raum Zürich zur Verfügung stehenden und in Aussicht gestellten Computereinheiten werden sich in naher Zukunft recht geschickt ergänzen. Eindeutig erscheint mir jedoch in der BILDVERARBEITUNG die Gewichtsverlagerung vom Standard-Grossrechner zum Kleinrechner-System mit ausgesuchter Peripherie. Hier setzt wiederum unsere Forschung ein, die darauf aus sein muss, neben der Programmentwicklung (software) weitere Komponenten (hardware) zur Verfügung zu stellen, mit denen es möglich, gewisse bildbezogene Operationen aus dem Bereich der Datenvorverarbeitung (optische Filterung, Konturenerkennung) am digitalen Datensatz speditiv durchzuführen.

## 6. LITERATUR

BAER, O.: Geographie Europas. Zürich, Lehrmittelverlag des Kantons Zürich  
(in Vorbereitung)

BINZEGGER, R.P.: ERTS-Multispektraldaten als Informationsquelle für thematische Kartierung (Landnutzung im Raum Mailand), Dissertation Universität Zürich 1975

BORDEN, F.Y. et al.: Satellite and Aircraft Multispectral Scanner Digital Data Users Manual, ORSER-Office for Remote Sensing of Earth Resources/Pennsylvania State University, Technical Report 1 1975

DAINTY, J.C. and R. SHAW: Image Science. London, New York, San Francisco, Academic Press 1974

DIXON, W.J. (Ed.): BMD Biomedical Computer Programs. Berkeley, Los Angeles, London, University of California Press 1973

ERTS DATA USER'S HANDBOOK. Greenbelt, Maryland, NASA Goddard Space Flight Center 1972.

GFELLER, R.: Untersuchungen zur automatisierten Schneeflächenbestimmung mit Multispektral-Aufnahmen des Erderkundungssatelliten ERTS-1. Dissertation Universität Zürich 1975

GRAMENOPOULOS, N.: Automated Thematic Mapping and Change Detection of ERTS-A Images. Lexington, Massachusetts, Itek Corp. 1973

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

ANHANG A:

PROGRAMMBIBLIOTHEK P H O T O S

- ÜBERSICHT
- ALLGEMEINE PROGRAMME
- PROGRAMME ZUR VERARBEITUNG DER DATEN  
IN BLOCKSTRUKTUR (RAF)
- PROGRAMME ZUR VERARBEITUNG DER DATEN  
IN ZEILENSTRUKTUR
- HILFSPROGRAMME FÜR TISCHRECHNER HP 9830

## PHOTOS - COMPUTER PROGRAMS FOR DIGITAL PICTURE PROCESSING OF LANDSAT-DATA

- MM13 - TRANSLATION 9-TRACK TO 7-TRACK
- DASH2 - COMPUTATION OF SCANLINEFACTORS AFTER GRAMENOPOULOS (1973)  
(DUE TO DIFFERENT SENSITIVITIES OF THE 6 SENSORS IN THE RECORDING SYSTEM)
- TOTRAF - AFTER NORMALISATION BY SCANLINEFACTORS STRUCTURING INTO BLOCKS (128x128 PIXELS) WHICH CAN BE CALLED BY AN INDEX (RANDOM ACCESS)
- RAFHS - STATISTICS OF BLOCKS
- RAFPRI - OUTPUT PRESENTATION OF BLOCKS BY CHARACTER-OVERPRINT (STANDARD LINE PRINTER)
- RAFSYM - OUTPUT PRESENTATION OF BLOCKS FOR SELECTED LEVELS BY SELECTED CHARACTERS (LINE PRINTER)
- RAFFL - OUTPUT PRESENTATION OF BLOCKS WITH STANDARD FILM PLOT DEVICE
- RAFUNT - STATISTICS OF ANY SUBSET OF A BLOCK
- BBRUED - 3-DIMENSIONAL PRESENTATION AT THE INTERACTIVE DIGIGRAPHIC DEVICE (BELLBOX)
- TOTRAH - AFTER NORMALISATION BY SCANLINEFACTORS STRUCTURING LINEWISE FOR SUBSEQUENT SUBSETTING (BLOCKED BINARY)
- ERTUNT - CREATES ANY SUBSET OF A TOTRAF-FILE FOR FURTHER ANALYSIS OR OUTPUT-PROCEDURES
- OPTER2 - CREATES OUTPUT FOR THE PHOTOWRITE SYSTEM (PHOTOMATION) WITH HISTOGRAM FOR RANGE CONTROL  
OPTIONS: ORIGINAL CHANNELS OR ANY RATIO, SCALE AND SKEW
- UNTSTA - STATISTICS OF ANY SUBSET OR TRAINING AREA
- UNTDIS - SELECTION AND PREPARATION OF THE TRAINING AREAS FOR STEPWISE DISCRIMINANT ANALYSIS
- UNTHIS - STATISTICS OF COMBINED SUBSETS WITH HISTOGRAM
- B7MM - STEPWISE DISCRIMINANT ANALYSIS OF DATA PREPARED BY UNTDIS (TRAINER PROGRAM)
- CLA7MM - CLASSIFICATION OF A PICTURE ARRAY WITH THE DISCRIMINANT FUNCTION GENERATED BY B7MM  
OUTPUT FOR PHOTOWRITE SYSTEM PHOTOMATION (MAPPING CONTROL)

Programm U2000 (F. Fasler, Geogr. Inst. Uni-Z)

U2000 dient dazu, die Original-ERTS-Bänder (9 track) mit Records der Länge grösser als 2000 bytes in Doppelrecords aufzuspalten, die dann Records mit weniger als 2000 bytes enthalten. Solche Bänder können dann am RZETH-Satelliten A auf 7-Spur-Bänder umgeschrieben werden.

Kontrollkarten IBM 370/155

```
//L4929NAS JOB FASLER,TIME=5,REGICN=128K,CLASS=B
// EXEC PLIOPCG,PARM.C='OPT(TIME)'
XXC EXEC PGM=IELOAA
*** RZU-PROC, REFER TO SYS-GROUP
XXSYSRINT DD SYSOUT=A,SPACE=(3245,(40,10),RLSE),
XX DCB=(RECFM=VBA,LRECL=125,BLKSIZE=3245)
XXSYSLIB DD DSN=RZU1.SOURCEL8,DISP=SHR
XXSYSLIN DD DSN=88SYSLIN,UNIT=DISK,SPACE=(800,(100,100)),
XX DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=800),DISP=(NEW,PASS)
XXSYSLT1 DD DSN=88SYSLT1,UNIT=SYSCA,
XX SPACE=(1024,(200,50),,CCNTIG,ROUND),DCB=BLKSIZE=1024
//C.SYSIN DD *
```

Programm COPL:

Kopieren des 1. Informationsrecords auf OUTPUT-Tape

```
XXG EXEC PGM=LCADER,PARM=' /ISASIZE(20K) '
XXSYSLIB DD DSN=SYS1.PLIBASE,DISP=SHR
XX DD DSN=RZU1.PLILIB,DISP=SHR
XXSYSLIN DD DSN=88SYSLIN,DISP=(CLD,DELETE)
XXSYSLCUT DD SYSOUT=A,SPACE=(1210,(20,20),RLSE),
XX DCB=(RECFM=FBA,LRECL=121,BLKSIZE=1210)
XXSYSRINT DD SYSOUT=A,SPACE=(3245,(40,10),RLSE),
XX DCB=(RECFM=VBA,LRECL=137,BLKSIZE=3245)
XXFTC6FCG1 DD SYSOUT=A *FOR INTERLANGAGE COMMUNICATION FACILITIES *
//G.IN DD DSN=ZXY,UNIT=TAPE,LABEL=(1,NL),
// VOL=(,RETAIN,,SER=NASA0?),DISP=(CLD,KEEP),
// DCB=(RECFM=FB,LRECL=8,BLKSIZE=3296)
//G.OUT DD DSN=UVW,DISP=(NEW,KEEP),LABEL=(1,NL),UNIT=TAPE,
// VOL=(,RETAIN,,SER=PHC14),
// DCB=(RECFM=FB,LRECL=8,BLKSIZE=1680,DEN=2)
```

```
// EXEC PLIOPCG,PARM.C='OPT(TIME)'
XXC EXEC PGM=IELOAA
*** RZU-PROC, REFER TO SYS-GROUP
XXSYSRINT DD SYSOUT=A,SPACE=(3245,(40,10),RLSE),
XX DCB=(RECFM=VBA,LRECL=125,BLKSIZE=3245)
XXSYSLIB DD DSN=RZU1.SOURCEL8,DISP=SHR
XXSYSLIN DD DSN=88SYSLIN,UNIT=DISK,SPACE=(800,(100,100)),
XX DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=800),DISP=(NEW,PASS)
XXSYSLT1 DD DSN=88SYSLT1,UNIT=SYSCA,
XX SPACE=(1024,(200,50),,CCNTIG,ROUND),DCB=BLKSIZE=1024
//C.SYSIN DD *
```

Programm COP2:

Zerlegen der Datenrecords in zwei Teile zu 2x1680 bytes,  
Ergänzen der fehlenden Werte und Herausschreiben auf OUTPUT-  
Tape

```

XXG      EXEC  PGM=LCADER,PARM='/ISASIZE(20K)'
XXSYSLIB DD  DSN=SYS1.PLIBASE,DISP=SHR
XX       DD  DSN=RZL1.PLIBIB,DISP=SHR
XXSYSLIN DD  DSN=&&SYSLIN,DISP=(OLD,DELETE)
XXSYSLCLT DD  SYSOUT=A,SPACE=(1210,(20,20),RLSE),
XX       DCB=(RECFM=FBA,LRECL=121,BLKSIZE=1210)
XXSYSPRINT DD  SYSOUT=A,SPACE=(3245,(40,10),RLSE),
XX       DCB=(RECFM=VBA,LRECL=137,BLKSIZE=3245)
XXFT06F001 DD  SYSCUT=A *FCR INTERLANGUAGE COMMUNICATION FACILITIES *
//G.IN   DD  DSN=ZXY,UNIT=TAPE,LABEL=(1,NL),
//       VCL=(,RETAIN,,SER=NASA02),DISP=(CLD,KEEP),
//       DCB=(RECFM=FB,LRECL=8,BLKSIZE=3296)
//G.OUT  DD  DSN=LVW,DISP=(NEW,KEEP),LABEL=(2,NL),UNIT=TAPE,
//       VCL=(,RETAIN,,SER=PF14),
//       DCB=(RECFM=FB,LRECL=8,BLKSIZE=1680,DEN=2)
//

```

PL/I OPTIMIZING COMPILER

COP1:PROC OPTICNS(MAIN) REGRDR;

SOURCE LISTING

STMT LEV NT

```

1      0  COP1:PROC OPTICNS(MAIN) REGRDR;
2      1  0      DCL IN FILE INPUT RECCRD,OUT FILE OUTPUT RECORD,
              1 REC BASED(P), 2 RC CHAR(8);
3      1  0      DO I=1 TO 83;
4      1  1          READ FILE(IN) SET(P);
5      1  1          WRITE FILE(OUT) FROM(REC);
6      1  1      END;
7      1  0      END COP1;

1      0  COP2:PROC OPTICNS(MAIN) REGRDR;
2      1  0      DCL IN FILE INPUT RECCRD,OUT FILE OUTPUT RECORD,
              1 REC BASED(P), 2 RC CHAR(8);
3      1  0      READ FILE(IN) IGNCRE(83);
4      1  0      DO WHILE('1'B);
5      1  1          DO I=1 TO 412;
6      1  2              READ FILE(IN) SET(P);
7      1  2              WRITE FILE(OUT) FROM(REC);
8      1  2          END;
9      1  1          DO J=1 TO 8;
10     1  2              WRITE FILE(OUT) FROM(REC);
11     1  2          END;
12     1  1      END;
13     1  0      END COP2;

```

PROGRAM MMH3 (OUTPUT, TAPE1=4000, TAPE2)

```

*****
*
*** MMH3 KOPIERT DIE ORIGINAL-ERTS-BAENDER VON 9-SPUR-INPUT-FILE AUF
*** EIN NORMALES DATENFILE.
*
*** TAPE1 GILT ALS DATEN-INPUT-FILE MIT RECORDS <=400 QDC-WORTE (=2000
*** BYTES). DESHALB WURDE ETWAS ERTS-SCANLINIE (MITTELS U2000 AM
*** RZUNI) IN 2 RECORDS AUFGESPALTEN.
*** TAPE2 ENTHAELT DIE ROHEN ERTS-DATEN ZUR WEITERVERARBEITUNG MITTELS
*** DASH2, TOTRAF, TOTRAH, ...
*
*** KEINE DATENKARTEN
*
*** PHOTOGRAPHISCHES INSTITUT ETHZ - P H O T O S - JUNI 1974
*
*****

```

PROGRAM DATA16 (OUTPUT, TAPE1, TAPE3)

```

*****
*
*** DATA16 BRINGT DIE AM ALPHA16 AUF 7 SPUR KOPIERTEN ERTS-DATEN IN
*** DAS FUER DIE WEITERVERARBEITUNG NOTWENDIGE STANDARDFORMAT.
*
*** ERSETZT PROGRAMM MMH3 (JUNI 1974)
*
*** TAPE1 DATEN-INPUT-FILE MIT 7.5 BYTES/QDC-WORT
*** TAPE3 OUTPUT:ERTS-FOH-DATEN FUER DASH2, TOTRAH, ERTUNT, ...
*
*** KEINE DATENKARTEN
*
*** PHOTOGRAPHISCHES INSTITUT ETHZ - P H O T O S - NOVEMBER 1975
*
*****

```

PROGRAM DASH2 (INPUT=65, OUTPUT, TAPE1, PUNCH)

```

*****
*
*** DASH2 ERMITTELT DIE SCANLINIEN-NORMIERUNGSFAKTOREN
*
*** DER MITTELWERT DER SCANLINIEN IN DEN 4 KANAELN WIRD BERECHNET
*** UND AUF DEM FILE PUNCH BEFERTIGSTELLT (FUER TOTRAH, ...).
*** DIE NORMIERUNGSFAKTOREN DER 6 UNTERSCHIEDLICHEN DETEKTOREN WERDEN
*** NACH DER METHODE VON GRAHENPOULOS, ITEK BESTIMMT
*** DAS PROGRAMM DECODIERT DIE HEADER-RECORDS UND DIE ERTS-DATEN VON
*** TAPE1 (ERZEUGT MITTELS MMH3)
*
*** TAPE1 INPUT-FILE
*** PUNCH OUTPUT-FILE
*
*** ALS DATEN WERDEN BENUTZT:
*** 1. THEMA - STING (89 CHARAKTER) FORMAT 519: 8A10
*
*** PHOTOGRAPHISCHES INSTITUT ETHZ - P H O T O S - MAERZ 1974
*
*****

```

```

PROGRAM TOTRAF(INPUT=1233,OUTPUT,TAPE1=60003,TAPE2=65,TAPL3=66)
*****
*
***  TOTRAF ZEPLEGT DIE ERTS-DATEN IN PIXELBLOECKE (128*128 BILDPUKTE)
***  DIE VON EINEM RANDOM-FILE (RAF) PER INDEX GERUFEN WERDEN KOENNEN.
*
***  DIE HEADER-RECORDS WERDEN DECODIERT UND DIE DATEN WERDEN MITTELS
***  SCANLINIEN-NORMIERUNGS-FAKTOREN (DASH2) NORMIERT.
*
***  TAPE1  DATEN-INPUT-FILE (NASA-DATEN ERZEUGT MITTELS MMM3)
***  TAPE2  ZWISCHENSPEICHER RAF
***  TAPE3  OUTPUTFILE FUER RAF
***  50 000B ECS-ZWISCHENSPEICHER
*
***  BEMERKUNGEN:
***  1. NUR MIT F T N COMPILER WEGEN DER ASSEMBLER-ROUTINEN
***  2. DECODIERUNG ERFOLGT IN SPECK MITTELS DECOD(IOUT,IOUT)
***  BEI NEGATIVEM ARGUMENT
***  PACKEN DER DATEN EBENFALLS IN SPECK MITTELS PACKI BEI POSITIVEM
***  ARGUMENT
***  3. FUNCTION NEG16 ORDNET EINEM 16-BIT-WORT VORZEICHEN ZU
***  4. SUBROUTINE BITOUT ORDNET EINEM 8-BIT-WORT EINER ARRAY VON
***  8 LOGICALS ZU
***  5. SUBROUTINE ICHAR ORDNET E B C D I C - DATEN CDC-DISPLAYCODE ZU
***  6. SUBROUTINEN: NEG16, BITOUT, ICHAR, SPECK
***  7. ASSEMBLER-ROUTINEN: DECOD, PACKI
*
***  ALS DATEN WERDEN BENOETIGT:
***  1. THEMA-STRING (80 CHARAKTERE)      FORMAT 519: 8A10
***  2. SCANLINIEN-NORMIERUNGSFAKTOREN  XF(6,4) FORMAT523: 3(3E20,10,/)
***  3. ZEILENBLOCKNUMMER START: IYBE     ENDE: IYEN FORMAT518: 2(6X,I4)
*
***  PHOTOGRAPHISCHES INSTITUT ETHZ  - P H O T O S -      JANUAR 1974
*
*****

```

```

PROGRAM RAFHIS(INPUT,OUTPUT,TAPE3)
*****
*
***  RAFHIS LIEFERT DIE HAEUFIGKEITSVERTEILUNG (HISTOGRAMM) EINES
***  PIXELBLOCKS (128*128 PIXEL) DES RAF'S. DER RAF-INDEX WIRD AUS DEN
***  PARAMETERN NY, NX, K JEWELNS BERECHNET.
*
***  TAPE3 DATEN-INPUT-RAF
*
***  ALS DATEN WERDEN BENOETIGT:
***  1. THEMA-STRING (80 CHARAKTER)      FORMAT 511: 8A10
***  2. PARAMETERLISTE NY, NX, K        FORMAT 513: 3(4X,16)
***  REPETIERBAR MIT ABRECHKRITERIUM FUER NY<0
*
***  PHOTOGRAPHISCHES INSTITUT ETHZ  - P H O T O S -      AUGUST 1974
*
*****

```

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

```

PROGRAM RAFPRI(INPUT,OUTPUT,TAPE3)
*****
*
***  RAFPRI PRAESENTIERT DIE RAF-BLOECKE IN EINER GRAUTON-DARSTELLUNG
***  MITTELS SUBROUTINE PICTURE
*
***  ALS DATEN WERDEN BENOETIGT:
***  1. THEMA - STRING (BIS ZU 80 CHARAKTER)  FORMAT 511: 8A10
***  2. PARAMETER-LISTE  NY, NX, K, FMIN, FMAX
***  FORMAT 512: 3(4X,I6),16X,I4,6X,I4
***  REPETIERBAR MIT ABBRECHEN FUER NY ≤ 0
*
***  PHOTOGRAPHISCHES INSTITUT ETHZ   - P H O T O S -           JUNI 1974
*
*****

```

```

PROGRAM RAFSYM(INPUT,OUTPUT,TAPE3)
*****
*
***  RAFSYM PRAESENTIERT DIE RAF-BLOECKE MITTELS SYMBOLEN
*
***  ALS DATEN WERDEN BENOETIGT:
***  1. THEMA - STRING (BIS ZU 80 CHARAKTER)  FORMAT 511: 8A10
***  2. PARAMETER-LISTE  NY, NX, K
***  FORMAT 513: 3(4X,I6),16X,I4,6X,I4
***  REPETIERBAR MIT ABBRECHEN FUER NY ≤ 0
***  3. 1. SYMBOLKARTE:  ISYM FUER VIDEOWEFTE           1...70
***  2. SYMBOLKARTE           71...128
***  FORMAT 515: 70A1,/,58A1
*
***  PHOTOGRAPHISCHES INSTITUT ETHZ   - P H O T O S -           JUNI 1974
*
*****

```

```

PROGRAM RAFFL(INPUT,OUTPUT,TAPE3,FILMPL)
*****
*
***  GRAUTON-DARSTELLUNG MITTELS FILMPLLOT
***  RAFFL PRAESENTIERT DIE RAF-BLOECKE (128*128 PIXEL) IN EINER
*
***  TAPE3 INPUT-FILE RAF
***  FILMPL FILMPLLOT-OUTPUT
*
***  ALS DATEN WERDEN BENOETIGT:
***  1. THEMA-STRING (BIS 80 CHARAKTER)  FORMAT 511: 8A10
***  2. PARAMETERLISTE NY, NX, K, FMIN, FMAX
***  FORMAT 513: 3(4X,I6),16X,I4,6X,I4
***  REPETIERBAR MIT ABBRECHEN FUER NY<0.
*
***  PHOTOGRAPHISCHES INSTITUT ETHZ   - P H O T O S -           JANUAR 1974
*
*****

```

PROGRAM RAFUNT (INPUT=513, OUTPUT, TAPE3=65)

```

*****
*
***  BELDUNG VON UNTERGRUPPEN INNERHALB EINES PLOTBLOCKS:
***  KONTROLLOUTPUT, ANZAHL, MITTELWERT, STANDARDABWEICHUNG
*
***  ALS DATEN WERDEN BENOETIGT:
***  1. THEMA - STRING (BIS ZU 80 CHARAKTER)  FORMAT 511: 8A10
***  2. PARAMETER-LISTE  NY, NX  FORMAT 513: 2(6X, I4)
***  REPETIERBAR MIT ABBRECHEN FUER NY ≤ 0
***  3. FUER DIE UNTERGRUPPEN: TEXT-STRING (30 CHARAKTER),
***  IO, JO, I1, J1  (REPETIERBAR, ABBRECHEN FUER IO<0)
***  FORMAT 514: 3A10, 4(6X, I4)
*
***  PHOTOGRAPHISCHES INSTITUT ETHZ  - P H O T O S -  JUNI 1974
*
*****

```

OVERLAY (SCR, 0, 0)

PROGRAM BRUED (INPUT=65, OUTPUT, TAPE61=513, TAPE66=513, TAPE3=65)

```

*****
*
***  BRUED PRAESENTIERT DIE PIXEL-BLOECKE (128*128 PIXEL) DES RAF'S AM
***  CDC-DIGIGRAPHIC-BILDSCHIRM-DISPLAY
*
***  BENUTZT WIRD DAS BELLBOX-SAMPLE-PROGRAM-2 MIT DIVERSEN
***  MODIFIKATIONEN, DIE SICH AUF DEN DATEN-INPUT BEZIEHEN. ES WIRD DIE
***  3-DIM DARSTELLUNG EINES APRAYS GELIEFERT UND ALLE WESENTLICHEN
***  DARSTELLUNGSPARAMETER LASSEN SICH INTERAKTIV VON DER KONSOLE AUS
***  AENDERN.
*
***  BEMERKUNGEN:
***  1. WEITLAEUFIGE OVEPLAY-STRUKTUR
***  2. TAPE1 INPUT-DATEN ALS RAF (ERZEUGT MITTELS TOTRAF)
*
***  ALS DATEN WERDEN BENOETIGT:
***  1. THEMA-STRING  FORMAT 511: 8A10
***  2. BLOCKINDICES: RNY, RNIX, RK  FORMAT 512: 3(4X, F6.0)
***  RNY=1, ..., 18, RNIX=1, ..., 7, RK=1, ..., 4
***  3. STARTKOORDINATEN DES TESTGEBIETES (DIMENSION 25*25 PIXEL):
***  YSTAR, YINCR, XSTAR, XINCR  FORMAT 513: 30X, 4(6X, F4.0)
***  MIT YSTAR=1, ..., 128 YINCR=1, 2, ... XSTAR=1, ..., 128 XINCR=1, 2, ...
*
***  PHOTOGRAPHISCHES INSTITUT ETHZ  - P H O T O S -  FEBRUAR 1974
*
*****

```

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

```

PROGRAM TOTRAH(INPUT=66,OUTPUT=514,TAPE1=4002B,TAPE3=40023)
*****
*
***  TOTRAH BRINGT DIE ERTS-DATEN (MMM3) IN EIN NEUES DATENFORMAT
*
***  DIE NEUE PIXELSTRUKTUR ENTHAELT JE PIXEL 4 8-BIT-FRAME FUER DIE
***  KANAELE 1,2,3,4 UND ES WERDEN JEWELS 15 8-BIT-FRAMES IN 2 CDC-
***  WORTEN ZUSAMMENGEPACKT
***  DIE DATEN WERDEN MIT SCANLINIEN-NORMIERUNGS-FAKTOREN (DASH2)
***  NORMIERT
*
***  TAPE1 DATEN-INPUT-FILE   MMM3-FORMAT
***  MODIFIZIERT: DATA16-FORMAT   NOVEMBER 1975
***  TAPE3 DATEN-OUTPUT-FILE
*
***  ALS DATEN WERDEN BENOETIGT:
***  1. THEMA-STRING (80 CHAR.)   FORMAT 519: 8A10
***  2. SCANLINIEN-NORMIERUNGS-FAKTOREN XF(6,4) FORMAT523: 9(3E20.10,/)
***  (ERMITTELT MIT PROGRAMM DASH2)
*
***  PHOTOGRAPHISCHES INSTITUT ETHZ   - P H O T O S -   JANUAR 1974
*
*****

```

```

PROGRAM ERTUNT(INPUT=66,OUTPUT=514,TAPE1=4002B,TAPE3=40023)
*****
*
***  ERTUNT BILDET UNTERGRUPPEN AUS DEN MITTELS TOTRAH UMSORTIERTEN
***  ORIGINAL-ERTS-NASA-DATEN, WIE Z.B. BERGELL, MAIL, TREVIGLIO
***  ES WERDEN DIE SCANLINIEN I0 BIS I1 KOPIERT, WOBEI IM OUTPUT-
***  HEADER DEM ERSTEN VIDEOWERT J0 UND DEM LETZTEN J1 ZUGEWIESEN WIRD.
*
***  ALS DATEN WERDEN BENOETIGT:
***  1. THEMA-STRING (80 CHARAKTER)   FORMAT 519: 8A10
***  2. TEXT-STRING, I0, I1, J0, J1   FORMAT 500: 3A10, 4(6X,I4)
***  (ERSTE UND LETZTE ZU KOPIERENDE SCANLINIE)
*
***  BEACHTET: DAS OUTPUT-FILE ENTHAELT NEBEN DEN DATEN-RECORDS
***  ZWEI HEADER-RECORDS (DIE ORIGINAL-IDENTIFIKATION UND
***  ANNOTATION-RECORDS SIND NICHT MEHR AUF TAPE3)
***  1. THEMA-STRING, DATUM, ZEIT (TOTAL 80 CHARAKTER)
***  2. TEXT-STRING (WIE OBEN)   BEIDE RECORDS FORMATFREI
*
***  PHOTOGRAPHISCHES INSTITUT ETHZ   - P H O T O S -   JUNI 1974
*
*****

```

ORIGINAL PAGE IS  
OF MORE PAGES

```

PROGRAM OPTER2(INPUT=66,OUTPUT,TAPE1=4002P,TAPE3)
*****
*
*** OPTER2 KREIERT EIN ODER MEHRERE FILES AUF TAPE3 FUER OPTRONICS
*** PHOTOMATIC (FILMBELICHTUNG)
*
*** BEIM ERZEUGEN DES OUTPUTS FUER DAS PHOTOMATIC-SYSTEM KOENNEN
*** MASSSTABFAKTOREN IN SCANLINIENRICHTUNG RMX UND SENKRECHT DAZU RMY
*** BERUECKSICHTIGT WERDEN
*** FERNER KANN DIE SKEW-KORREKTUR DURCH SETZEN DES Y-OFFSETWERTES
*** VORGENOMMEN WERDEN; DER FUER JEWEILS 6 ERTS-LINIEN KONSTANTE VER-
*** SCHIEBUNGSWERT SKEW (IN EINHEITEN DER PIXELBREITE) WIRD PER DATEN-
*** KARTE VORGEZEIGT.
*** AUSGEDRUCKT WIRD DAS HISTOGRAMM ZUR KONTROLLE DES WERTEBEREICHES.
*** AUS DEM DATEN-INPUTFILE TAPE1 (MITTELS ERTUNT ERZEUGT) LASSEN
*** SICH BELIEBIGE AUSSCHNITTE DURCH WAHL DER PIXEL-KOORDINATEN AUS-
*** WAEHLN; FERNER SIND DIE ORIGINAL-KANAELE FUER K=1,2,3,4 ODER DIE
*** MOEGLICHEN RATIOS FUER K=5,6,7,8,9,10 ERHAELTLICH
*** K-WERTE: 1 KANAL 4 - 2 KANAL 5 - 3 KANAL 6 - 4 KANAL 7
*** 5 QUOTIENT 5/4 - 6 QUOTIENT 6/4 - 7 QUOTIENT 7/4
*** 8 QUOTIENT 6/5 - 9 QUOTIENT 7/5 - 10 QUOTIENT 7/6
*
*** TAPE1 DATEN-INPUTFILE
*** TAPE3 DATEN-OUTPUTFILE (IM PHOTOMATIC-FORMAT)
*
*** ALS DATEN WERDEN BENOETIGT:
*** 1. IDENT, THEMA-STRING FORMAT 519: I8, 7A10, A2
*** 2. STEUERKARTE FUER ERTS-UNTERGRUPPE (REPETIERBAR)
*** TEXT KOLONNE 1-30 UND I0, I1, J0, J1, K
*** FORMAT 500: 3A10, 5(6X, I4)
*** 3. MASSSTAB RMX, RMY, SKEW FORMAT 505: 15X, F8.3, 7X, F8.3, 7X, F8.3
*** 4. ABBRECHKRITERIUM MIT IO<0 (WIE 2)
*
*** BEACHTET: TAPE3 WURDE UNBLOCKIERT GESCHRIEBEN UND MUSS FOLGLICH
*** MIT SHORT- ODER LONG-OPTION AUF BAND KOPIERT WERDEN.
*** DIMENSION: BUFFER IOAT(IV) UND IOU(7.5*IV)
*
*** PHOTOGRAPHISCHES INSTITUT ETHZ - P H O T O S - JUNI 1974
*
*****

```

```

PROGRAM UNSTA(INPUT=66,TAPE1=4002B,OUTPUT)
*****
*
*** UNSTA LIEFERT DIE VIDEOWERTE DER UNTERGRUPPEN, DEKODIERTE STATISTISCHE
*** GRUNDDATEN (MITTELS FTN-SUBROUTINE BDS) UND EINEN AUSREISSERTEST
*** AUF  $X-2.5 \cdot SIG < X < X+2.5 \cdot SIG$ 
*
*** ALS DATEN WERDEN BENOETIGT:
*** 1. THEMA-STRING (80 CHARAKTER) FORMAT 519: 8A10
*** 2. TEXT-STRING, IO, JO, I1, J1 FORMAT 500: 3A10, 4(6X, I4)
*** KARTE 2 IST REPETIERBAR
*** 3. ABBRECHKRITERIUM MIT IO<0
*
*** BEACHTET: TAPE1 WURDE MITTELS TOTRAH UND ERTUNT KREIERT.
*** DIMENSION IOAT(3240/7.5), IOU(3240)
*
*** PHOTOGRAPHISCHES INSTITUT ETHZ - P H O T O S - SEPTEMBER 1974
*
*****

```

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY.

```
PROGRAM UNTDIS (INPUT=65,OUTPUT,TAPE1,TAPE2,TAPE3)
*****
*
*** UNTDIS KREIERT AUS DEN ERTS-FILES TAPE1 UND TAPE2 (MITTELS ERTUNT
*** ERZEUGT) UNTERGRUPPEN FUER DIE DISKRIMINANZANALYSE.
*
*** TAPE1 DATEN-INPUT-FILE   LFN = 1   ERTUNT-FORMAT
*** TAPE2 DATEN-INPUT-FILE   LFN = 2   ERTUNT-FORMAT
*** TAPE3 DATEN-OUTPUT-FILE          FORMATFREI FUER B7MM,...
*
*** ALS DATEN WERDEN BENOETIGT:
*** 1. THEMA - STRING (KOLONNE 1 BIS 80) FORMAT 519: 8A10
*** 2. TEXT, I0, J0, I1, J1, LFN   FORMAT 500: 3A10,5(6X,I4)
***   KARTEN 2 IST REPETIERBAR
*** 3. ABRECHKRITERIUM (WIE 2. MIT I0<0)
*
*** PHOTOGRAPHISCHES INSTITUT ETHZ - P H O T O S -   SEPTEMBER 1974
*
*****
```

```
PROGRAM UNTHIS (INPUT=65,OUTPUT,TAPE3)
*****
*
*** UNTHIS LIEFERT DIE HAEUFIGKEITSVERTEILUNG (HISTOGRAMM) UND DIE
*** STATISTISCHEN GRUNDDATEN DER MITTELS UNTDIS FUER DIE DISKRIMINANZ-
*** ANALYSE ZURECHTGMACHTEN DATENGRUPPEN.
*
*** TAPE3 DATEN-INPUTFILE          UNTDIS-FORMAT (FORMATFREI)
*
*** BEACHTEN: ANZAHL GRUPPEN NG ≤ 10   ANZAHL VARIABLEN NV ≤ 10
*
*** ALS STEUERDATEN WERDEN BENOETIGT:
*** 1. THEMASTRING (60 CHR.)
*** 2. TEXT (30 CHR.), NG (=ANZ. GRUPPEN), NV (=ANZ. VAR.), FORMAT 500
*** 3. SAMSIZ-KARTE (ANZ. FAELE PRO GRUPPE) FORMAT 550
*
*** PHOTOGRAPHISCHES INSTITUT ETHZ - P H O T O S -   SEPTEMBER 1974
*
*****
```

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

PROGRAM B7MM (TAP5=INPUT, TAPE6=OUTPUT,  
1 TAPE1=1001, TAPE2=1001, TAPE3)

```

*****
*
***  B7MM MODIFIZIERTE FORM VON BMD7MM: DIE ZUR KLASSIFIKATION NOTWEN-
***  DIGEN MATRIZEN WERDEN AUF TAPE4 ABGESPEICHERT (FUER CLA7MM)
*
CRMD07M  STEPWISE DISCRIMINANT ANALYSIS          SEPTEMBER 1, 1965
C        THIS IS A SIFTED VERSION OF BMD01R ORIGINALLY WRITTEN IN
C        FORTRAN II. SOME MODIFICATIONS WERE MADE TO MAKE IT OPERABLE
C        AND SLIGHTLY MORE EFFICIENT THAN THE SIFTED VERSION.
*
***  TAPE1 SCRATCH-FILE
***  TAPE2 SCRATCH-FILE
***  TAPE3 DATEN-INPUT-FILE      UNITS-FORMAT (FORMATFREI)
***  TAPE4 DATEN-OUTPUT-FILE    FORMATFREI
*
***  DATENKARTEN (EMASS)  INL-BESCHREIBUNG
***  ANZAHL VARIABLEN  NV <= 15      - ANZAHL GRUPPEN  NG <= 15
*
***  PHOTOGRAPHISCHES INSTITUT ETHZ  - P H O T O S -      NOVEMBER 1974
*
*****

```

PROGRAM CLA7MM(INPUT=65, OUTPUT, TAPE5=INPUT, TAPE6=OUTPUT,  
1 TAPE3, TAPE8, TAPE1=1001)

```

*****
*
***  CLA7MM KLASSIFIZIERT DATENFILE TAPE3 MITTELS STEPWISE DISCRIMINANT
***  ANALYSIS (NACH BMD7MM)
*
***  BEIM ERZEUGEN DES OUTPUTS FUER DAS PHOTOMATION-SYSTEM KOENNEN
***  MASSSTABFAKTOREN IN SCANLINIENRICHTUNG RMX UND SENKRECHT DAZU RMY
***  BERUECKSICHTIGT WERDEN
***  FERNER KANN DIE SKEW-KORREKTUR DURCH SETZEN DES Y-OFFSETWERTES
***  VORGENOMMEN WERDEN; DER FUER JEWELNS 6 ERTS-LINIEN KONSTANTE VER-
***  SCHIEBUNGSWERT SKEW (IN EINHEITEN DER PIXELBREITE) WIRD PER DATEN-
***  KARTE VORGEZEHEN.
*
***  TAPE1 ENTHAELT DIE ZUR KLASSIFIZIERUNG NOTWENDIGEN MATRIZEN
***  (GELIEFERT MITTELS B7MM)
***  TAPE3 INPUT-DATENFILE (ERZEUGT DURCH 2RTUNT)
***  TAPE8 OUTPUT-DATENFILE FUER PHOTOMATION
*
***  ALS DATEN WERDEN BENOETIGT:
***  1. IDENT, THEMEN-STRING   FORMAT 519: I8, 7A10, A2
***  2. STEUERKARTE FUER ERTS-UNTERGRUPPE (REPETIERBAR)
***  TEXT KOLONNE 1-30 UND I0, I1, J0, J1, K
***  FORMAT 500: 3A10, 5(6X, I4)
***  3. MASSSTAB RMX, RMY, SKEW  FORMAT 505: 15X, F8.3, 7X, F8.3, 7X, F8.3
***  4. ABBRECHKRITERIUM MIT I0 < 0 (WIE 2)
*
***  BEACHTET: TAPE8 WURDE UNBLOCKIERT GESCHRIEBEN UND MUSS FOLGLICH
***  MIT SHORT- ODER LONG-OPTION AUF BAND KOPIERT WERDEN.
*
***  PHOTOGRAPHISCHES INSTITUT ETHZ  - P H O T O S -      NOVEMBER 1974
*
*****

```

Hilfsprogramme

für Tischrechner HP 9830  
mit folgender Peripherie:

Input: Lochstreifen-Leser  
Digitizer (Koordinatenleser)  
Quantimet-Anschluss

Input/output: Magnetbandkassette

Output: Lochstreifenstanzer  
Plotter  
Printer (4 Zeilen pro Sekunde)

Software: Extended I/O-ROM (Read-Only-Memory)  
Matrix-ROM  
Plotter-ROM  
String-Variable-ROM

```
100 REM HP-PROGRAMM ELLPLT      ---      KLAUS SEIDEL - JANUAR 1975
110 REM
120 REM*****
130 REM FUER JEWEILS ZWEI DER MULTISPEKTRALEN VARIABLEN WERDEN
140 REM UM DIE MITTELWERTE DER ZU UNTERSUCHENDEN KATEGORIEN
150 REM ELLIPSEN GEZEICHNET MIT HALBACHSEN,
160 REM DIE DEN STANDARDABWEICHUNGEN IN DEN KATEGORIEN
170 REM ENTSPRECHEN.
180 REM
190 REM ALS DATEN WERDEN BENOETIGT:
200 REM 1. K = ANZAHL KANAELE
210 REM 2. F = SIGMA-FAKTOR
220 REM 3. X, S = MITTELWERT, STANDARDABWEICHUNG
230 REM           IN JEDEM DER KANAELE UND FUER JEDE KATEGORIE
240 REM
250 REM*****
```

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

ANHANG B:

Technische Daten des PHOTOMATION-Systems:

P H O T O M A T I O N P 1 7 0 0		
	Read Scan	Write Scan
Input	Photographic Transparency B&W or Color	Magnetic Tape 9 track: 800 bpi 7 track: 556 or 800 bpi
Output	Magnetic Tape 9 track: 800 bpi 7 track: 556 or 800 bpi	Photographic Transparency (B&W)
Maximum Size	24 cm x 24 cm	
Apertures	12.5, 25 or 50 $\mu$ m (squares)	
Sampling Raster	12.5, 25 or 50 $\mu$ m (squares)	
Density Range	2.0 or 3.0 ND	2.0 above fog
Registration	8 bit (= 256 level)	
Maximum Data Rate (Scanning Speed):		
Computer Interface	55 kHz	up to 60 kHz
Tape Transport	20 kHz	up to 60 kHz

YOUR LOCAL REPRESENTATIVE IS:

**OPTRONICS INTERNATIONAL, INC.**  
7 stuart road  
chelmsford, mass. 01824 u. s. a.  
(617) 256-4511  
TLX. 94-7443

**COMPTRONIX AG**  
DRUSBERGSTRASSE 19  
CH-8810 HORGEN  
TELEFON 01 725 62 98

PHOTOMATION CONTROL PROGRAM : PHOTOS 7-9

see page

CARRIAGE CONTROLS

CI	CARRIAGE INITIALIZE	3
CR	CARRIAGE REFERENCE AT PRESENT POSITION	3
CM n	CARRIAGE MOVE (TO n MM.) TYPE RETURN	3

MAGNETIC TAPE CONTROLS

MD	MAGNETIC TAPE UNIT AND DENSITY SELECT	3
MF n	MAGNETIC TAPE FORWARD (n FILES) TYPE SPACE	3
MB n	MAGNETIC TAPE BACKWARD (n FILES) TYPE SPACE	3
MS xx	MAGNETIC TAPE SEARCH (FOR ID xx) TYPE SPACE	3
MH	MAGNETIC TAPE HEADER REQUEST	3
MR	MAGNETIC TAPE REWIND	3

SCANNING CONTROLS

RS	READ SCAN	4
RN	READ SCAN NO HEADER	5
WS	WRITE SCAN	5
WI	WRITE SCAN IGNORE X, Y DATA	6
TW	WRITE SCAN FROM PUNCHED PAPER TAPE	7
SD	DUMP OF ONE RECORD FROM SCANNER ON PAPER TAPE	7
TD	DUMP OF ONE RECORD FROM MT ON PAPER TAPE	7

AUXILLIARY COMMANDS

HS	HISTOGRAM OF DATA FROM MAGNETIC TAPE	8
HI	HISTOGRAM (X, Y INFORMATION IGNORED)	8
DS	DELTA HISTOGRAM OF DATA FROM MAGNETIC TAPE	8
DI	DELTA HISTOGRAM (X, Y INFORMATION IGNORED)	8
TC	TRANSFER CHARACTERISTIC ENTERING	8
SW	STEP WEDGE	10
KR	REGISTRATION CROSS	11
LT	LETTERING ONTO FILM	11
CO	WRITE COMMENT ON PAPER RECORD	12
HT	HALT	12
DB	EXIT TO DEBUG	12
FM	EXIT TO FILE MANAGER	12

GENERAL INSTRUCTIONS:

The entry point for the PHOTOMATION control program is the hexadecimal location :200. It requests a carriage instruction (CI, CR, or CM n) and then prints an asterisk(\*). When \* is printed on the left, the program is in the command mode.

The command mode can be re-established at most points in the program operation by typing CTR + BELL simultaneously.

Numbers, when requested, are entered either with leading zeros (as 007) or by typing the number and then a space (e.g. 7 ).

The program has been set up to accept commands either from the teletype keyboard or from the teletype tape reader. In the command mode, the program ignores Spaces, Carriage Returns and Line Feeds. Thus a long job can be set up in advance on punched paper tape and the machine will then continue "unattended". Leader on the tape is also ignored. To use the tape-command possibility, mount the tape in the tape recorder head, put it in the START position and then type a space on the keyboard. The tape will then begin advancing in the reader.

If there is a program OVERRUN, the program waits for one of the following commands:

- W = Reenter the command mode
- E = Print out the number of records, etc. used until now and then reenter the command mode.
- C = Continue. If "C" is typed, it then waits for either a W = continue writing or an R = continue scanning

USING THE CARRIAGE CONTROLS:

- CI (carriage initialize) is a stand alone command that causes the scanning head to move to the left until it encounters the Left End Stop. The Position of the carriage in the program is then initialized as 0 millimeter.
- CR (carriage reference) sets the program position to be initialized as 0 mm at the current carriage location. It is also a stand alone instruction.
- CM n (carriage move) moves the scan head to the location (in mm.) specified by the number n. The internal program location counter is altered as well.

USING THE MAGNETIC TAPE (M.T.) CONTROLS:

- MD (M.T. Unit and Density Select) is used to change from the current unit (7 or 9 track) to the other. If the 7 track unit is selected, the desired tape reading density is requested if this unit is at the load point.
- |   |         |     |     |
|---|---------|-----|-----|
| 1 | selects | 200 | cpi |
| 2 | selects | 556 | cpi |
| 3 | selects | 800 | cpi |
- MF n (M.T. Forward) moves the tape forward n files.
- MB n (M.T. Backward) moves the tape backward n files.
- MS xx (M.T. Header Search) searches through a tape for a header ID specified by xx (an 8 place numeric  $\alpha$ -string).
- MH (M.T. Header Request) is also a stand alone instruction that will type out the header of the current file, if there is one. If there isn't, it types out NO HEADER.
- MR (M.T. Rewind) is a stand alone instruction that sets the tape unit at it's beginning load point.

USING THE SCANNING CONTROLS:

RS (Read Scan) is used to scan a transparency and to record the density data onto magnetic tape. Its use is best illustrated by the following example:

```
*PS 7 OR 9 TRACK? 7 7-TRACK UNIT DENSITY- (1,2,3) ? 3
ID- 8 CHAP. DATE- 211275 TIME- 2050 DENSITY RANGE-3
APERTURE- 3 ( 50 MICRONS) RASTER- 3 ( 50 MICRONS)
X START-10 X END-25 Y START-10 Y END-60 + OR - +
RECORDS 300 BYTES/REC.: 1000 SUM= 300000
MIN= 9 MAX= 239
```

The ID is an 8 (or less) place alpha-numeric string. If less than 8 characters are to be used, the ID entry can be terminated by the ESC key in which case the program automatically enters succeeding spaces to fill out the 8 place.

The DATE should be entered as a 6 place number. The TIME should be entered as a 4 place number. If period is typed the date or time previously used is entered.

The DENSITY RANGE refers to the density switch within the PHOTOMATION interface. It has two positions: 2 (for 2.0 max density), and 3 (for 3.0 max density)-

The APERTURE has three possible settings:

- 1 for 12.5 Microns
- 2 for 25 Microns
- 3 for 50 Microns

The RASTER refers to the RASTER switch setting and this is detected electrically and printed out. The X and Y starting and ending locations are entered in millimeters and must be less than 229. + means that dense areas are interpreted with a larger density value than less dense areas. - means the opposite. A more detailed explanation of the data format within a file is given in a separate description.

RN (Read Scan with No Header) is the same as RS except no identifying information is requested or recorded on the magnetic tape.

WS (Write Scan) exposes the film with density values (modified or not by the internal transfer characteristic) read from the magnetic tape. Its use is illustrated by the following example:

\*WS 7-TRACK UNIT DENSITY- (1,2,3) ? 3

ID- 8 CHAR. DATE- 211275 TIME- 2050 DENSITY RANGE-3  
APERTURE- 3 ( 50 MICRONS) RASTER- 3 ( 50 MICRONS)  
X START-10 X END-25 Y START-10 Y END-60 + OR - +

NRSK= 5 RINC= 2 NRUS= 80 NDSK= 10 DINC= 4 NDUS= 150  
X START-50 Y START-50 + OR - - R OR L L  
APERTURE- 2 ( 25 MICRONS) RASTER- 2 ( 25 MICRONS)  
TL OR TC? TC 127 GRID? Y + OR - +  
ORIGIN X0: 35 Y0: 70 X INC: 5 Y INC: 10  
XMAG= 2 YMAG= 3 DARK SLIDE C

RECORDS 80 BYTES/REC.: 150 SUM= 12000  
MIN= 12 MAX= 225

In this example, there was a header as the first record of the file and this is listed out. Then answers are requested as follows:

- NRSK (Number of Records to be SKipped) from the beginning of the file. For this and the next five requests, a five-place decimal number can be entered. If a period (.) is entered, record and data skipping is then not used and all default values are used. DEFAULT : 0
- RINC (Record INCrement) specifies the number of the next record which should be used. DEFAULT : 1
- NRUS (Number of Records to be USed) specifies how many records will actually be used. DEFAULT : all
- NDSK (Number of bytes of Data to be SKipped) from the beginning of each data record. DEFAULT : 0
- DINC (Data skip INCrement) specifies the number of the next byte of data which should be used. DEFAULT : 1
- NDUS (Number of Data bytes to be USed) specifies the number to be actually used. DEFAULT : all

WS (Cont.)

- X START and Y START are entered as three place decimal numbers less than 229 millimeters.
- + OR - + means that high data values will be exposed to be high density on the film. - means the opposite.
- R OR L (Right or Left) refers to the direction that the carriage should move from the defined X START position.
- APERTURE has three possible answers:
  - 1 for 12.5 microns
  - 2 for 25 microns
  - 3 for 50 microns
- The RASTER switch setting is automatically sensed and printed out.
- TL OR TC (Linear Transfer Characteristic or the internal one previously created) selects the transfer characteristics to be used.
- GRID (X, Y axes and Grid) is answered by Y (yes) or N (no). If yes, the program then requests the origin coordinates, the X and Y increments for the grid lines (in millimeters) and whether + or -, that means black or transparent lines.
- XMAG and YMAG (X and Y MAGnification factor) specifies the X and Y magnification factors (1-255). If N is typed for XMAG, a non-linear magnification in X can be entered using the High Speed Paper Tape Reader. If a period (.) is entered, a default value of 1 is used.
- DARK SLIDE is a notice that the dark slide on the film cassette is closed (if it is). The program can be continued by typing 'C'.

WI

is the same as WS except the X, Y information in front of each record on the tape is ignored and interpreted as data.

TW (Tape Write) makes it possible to write onto film a pattern in the Y direction read from punched paper tape. The tape is mounted in the High Speed paper tape Reader and the requested information is as in the following example:

```
*TW
APERTURE- 3 ( 50 MICRONS) RASTER- 3 ( 50 MICRONS)
X START-20 X END-25 Y START-20 YMAG= 5
TL OR TC? TL NO. OF PIXELS:400
```

Most of the requested responses are as in WS or RS, except the ND OF PIXELS: question which asks how many bytes are to be read from the tape-beginning from the first non-zero frame.

SD (Scan Dump) is used to produce a punched paper tape record of the densities found during one Scan of a transparency. An example:

```
*SD
ID- 8 CHAR. DATE- 211275 TIME- 2300 DENSITY RANGE-3
APERTURE- 3 ( 50 MICRONS) RASTER- 3 ( 50 MICRONS)
X START-5 X END-6 Y START-10 Y END-12 + OR - +
```

TD (Tape Record Dump) is used to produce a punched paper tape record of the densities read from a record of a magnetic type file. An example:

```
*TD 7 OR 9 TRACK? 7 7-TRACK UNIT DENSITY- (1,2,3) ? 3
ID- 8 CHAR. DATE- 211275 TIME- 2050 DENSITY RANGE-3
APERTURE- 3 ( 50 MICRONS) RASTER- 3 ( 50 MICRONS)
X START-10 X END-25 Y START-10 Y END-60 + OR - +
NRSK =5
```

USING THE AUXILLIARY COMMANDS:

HS, HI (HISTOGRAM) produces a histogram of the density distribution of a magnetic tape file. Records and data can be omitted as in WS, WI. HI assumes there is no X, Y data in the data records. An example:

```

*HS 7-TRACK UNIT DENSITY- (1,2,3) ? 3
ID- 8 CHAR. DATE- 211275 TIME- 2050 DENSITY RANGE-3
APERTURE- 3 ( 50 MICRONS) RASTER- 3 ( 50 MICRONS)
X START-10 X END-25 Y START-10 Y END-60 + OR - +
NRSK= 10 RINC= 5 NRUS= 20 NDSK= 10 DINC= 5 NDUS= 100

NORMAL HISTOGRAM
RECORDS 20 EYTES/REC.: 100 SUM= 1980
MIN= 17 MAX= 196

L OR P? L 100 109
100 26 25 29 29
105 32 22 25 30 14

L OR P? W

```

L or P (List or Punch) produces either a listing between optional limits or a punched paper tape record of the histogram values for subsequent plotting. This mode is exited by typing "W".

DS, DI (Delta Histogram) operate in the same way as HS, HI except that the density difference distribution is formed rather than the density distribution itself.

TC Transfer characteristic

After typing 'TC', the ID number (between 0 and 255) of the current transfer characteristic (TC) is typed out and the system waits for a new one to be entered.\* If the current ID is okay, then a non-numeric key should be hit, such as "." or space.

\* The number must be decimal and lie between 0 and 255.

Next the program types a "?" and waits for a command.

There are seven possibilities:

- KB all or part of the TC is to be entered from the Teletype keyboard
- CG some values of the TC are to be changed
- FL all or part of the TC is to be filled with a specified value
- TT the TC is to be entered from a punched paper tape (using the High speed reader)
- LS all or part of the TC is to be listed on the Teletype
- LP the TC is to be punched out on the high speed punch.
- W exit to WISS

Further details:

- KB the system waits for an initial TC location and a final value\* and then makes a CRLF and then the successive TC values\* are entered. When the last value has been entered, the system again types a "?" and waits for another command. Any mistakes can be corrected later using the CG option. A non numeric character will cause an exit. Incorrect numeric values greater than 255 will be entered as some value that is less than 256.
- CG acts like DEBUG. Upon entry, it waits for a TC location value\* to be typed. It then types out the current value\* of that location and it waits for a new value to be entered. If instead of a new value, a space is typed, it will go on to the next TC location. A comma will cause it to type out the previous location and value. A CR will cause it to wait for a new location value. And, finally, a period will cause an exit to the "?" state. After a revised value has been entered, the system waits for a space, comma, CR, or period and it will then respond as just described for the case on no new value.

\* The number must be decimal and lie between 0 and 255.

- FL Waits for initial location value and a final one and then waits for the value to be entered in all the locations between and including the initial and final locations.
- TT Reads a previously punched TC from paper tape. The ID number of the TC should be the first number on the tape and it will be entered also. Since the tape is in ASCII format, if it is entered using the Teletype reader, it will be listed as well.
- LS To list the TC, LS is typed, and then the lower and upper limits for the listing. The listing consists of the ID number and then the TC value.
- LP If it is desired to have a permanent record of a TC buffer, it can be punched on the high speed punch using LP. The ID number will be included.

#### SW - Step Wedge

The step wedge option calculates a density step wedge in which the steps are separated by boundary marks to facilitate density measurement. The position of the step wedge as well as its width can be entered by the operator. The density step value (STEP INC - which must be entered as a 3 digit number 001 - 255) is also requested by the program. If some non-numeric character is taped, a default density step value of 5 is used. The raster setting is sensed so that the program will work at all three raster settings. The DARK SLIDE condition is also sensed. The transfer characteristic can be used as well.

When SW is entered, the format might be as follows:

```
*SW
APERTURE- 3 ( 50 MICRONS) RASTER- 3 ( 50 MICRONS)
TL OR TC? TC 127 X START-15 X END-19 STEP INC? 5
```

In this example, the aperture and raster were set to be 50  $\mu$ . The transfer characteristic stored as number 127 in the memory was used. The step wedge was begun at X = 10 mm and was 4 mm wide. The step in density value was 5.

KR - Registration Cross

Registration crosses (up to 9 at a time) can be put on the film using the KR option. The size, location, and whether positive or negative can also be entered from the keyboard. The raster and dark slide are sensed.

A typical printed output might be as follows:

```
*KR
APERTURE- 3 ( 50 MICRONS)  RASTER-   3 ( 50 MICRONS)
NO. OF CROSSES- 2
SIZE- 5   + OR - +   X START-15   Y START-25
SIZE- 3   + OR - -   X START-15   Y START-125
```

In this example, two crosses were requested. The aperture and raster were set to be 25  $\mu$ . The cross size was set to be 7 mm and positive (block cross on a clear field). The dark slide was found to be closed and a message was printed to the operator. The X-start and Y-start positions describe the location of the cross centers. However if the value entered is less than half the width of the cross, the center will be moved so that the total cross will be exposed onto the film.

LT (Lettering) makes it possible to expose a character string onto the film. The size (in millimeters) and position of the characters can be selected at will.

An example:

```
*LT
APERTURE- 3 ( 50 MICRONS)  RASTER-   3 ( 50 MICRONS)
X START-15   SIZE:  4
? 25 $THIS IS A$20$TESTXX--!
:C
X START-20   SIZE:  3
? 25 $THIS WILL NOT BE WRITTEN
:W
? 25 $THIS WILL BE WRITTEN!
:C
X START-
```

After the question mark, the first number specifies the Y offset in millimeters (0-228). If this consists

of less than three digits, the number must be terminated by a space. Next comes a dollar sign. After it is the text. Intermediate spacings (in mm) can be inserted bracketed by dollar signs. When the text-string is complete, "ESC" is hit and the program then responds with ":". If the text is o.k., type "C" to continue. The string will then be exposed onto the film and the program will then ask for another XSTART. If mistakes are made while typing the text, they can be deleted using the "DELETE" key which asks as a backspace.

- CO (Comment) is used to write comments on the teletype paper for record-keeping purposes. After typing CO, the program enters an infinite loop which is exited by typing CTR-BELL.
- HT (HALT) can be used to halt the computer. It jumps to location :IFF. Pressing run on the computer console will begin the program at :200.
- DB (Exit to DEBUG) is used to exit to DEBUG.
- FM (Exit to File Manager) is used to exit to the File Manager.

## ANHANG D:

### BESCHREIBUNG DES "ZUERCHER DATENFORMAT"

Um die Kommunikation zwischen den einzelnen Gruppen zu vereinfachen, die sich mit bildanalytischen Aufgaben befassen, wird im folgenden ausführlich ein Format für Bild-Daten-Files beschrieben. Bei der Ausarbeitung der Struktur dieses Files waren beteiligt:

D. Steiner	Geogr. Institut ETHZ	(PDP-RAMTEK)
A. Paschke	Geogr. Institut ETHZ	(CDC 6400/6500)
O. Matt	SWISSIAR Photo+Vermessungen AG	
F. Fasler	Geogr. Institut Uni-Z	(IBM 370/155)
K. Seidel	Phot. Institut ETHZ	(PHOTOMATION P 1700)

Der Aufbau des ZUERCHER DATENFORMAT lässt sich wie folgt zusammenfassen:

1. Header-Record (Anzahl: 1 - Länge: fix)
2. Channel-Record(s) (Anzahl: variabel - Länge: fix)
3. Annotation-Record(s) (Anzahl: variabel - Länge: fix)
4. Specification-Record(s) (Anzahl: variabel - Länge: fix)
5. Data-Records (Anzahl: variabel - Länge: variabel)

1. Header-Record Anzahl: 1 - Länge: 3840 bit

Dieser Record enthält alle zum Verständnis der folgenden Records notwendigen Informationen. Er ist in 8-bit-bytes strukturiert, wie es Tabelle 1 angibt.

2. Channel-Record(s) Anzahl: NCHN - Länge: 3840 bit

Dieser Record enthält Information über die NKANAL Kanäle, wie deren Namen (Label), Anzahl Bildpunkte, Minima, Maxima und Mittelwerte gemäss Tabelle 2.

3. Annotation-Record(s) Anzahl: NANN - Länge: 3840 bit

Die Annotation-Records, deren Anzahl NANN im Header-Record angegeben ist, sind reine, alpha-numerische Informations-Records im ASCII-Code über die Original-Datenquelle. Diese

Records werden sinnvollerweise direkt bei der Umwandlung der Originaldaten erzeugt. Sie enthalten als Klartext die zur Weiterverarbeitung nützliche Information, die meist in den Header-Records der Originaldaten gespeichert ist.

Jeder dieser Annotation-Records hat eine Länge von

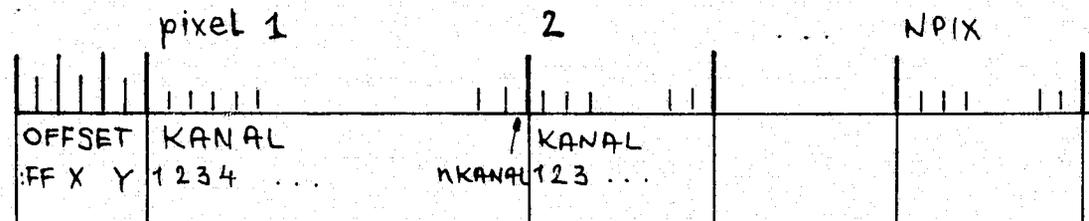
3840 bit = 480 byte (à 8 bit) = 64 CDC-Worte und soll so strukturiert sein, dass er eine Printerseite gut füllt.

4. SPECIFICATION-Record(s) Anzahl: NSPEZ - Länge: 3840 bit

Die Specification-Record(s) enthalten ähnlich wie die Annotation-Records Information über die Originaldatenquellen. Sie sind jedoch je nach Datentyp formatiert. Dieser Datentyp lässt sich im Header am Parameter IDCODER ablesen.

5. DATA-Records

In den Data-Records werden die Werte für jede Variable (Kanal) eines Bildpunktes nebeneinandergeschrieben, wie es untenstehende Skizze verdeutlicht:



Der 1. der physikalischen Records einer Scanlinie enthält ferner am Anfang 48 bit (6 byte) x- und y-Offset-Information:

- dummy :FFFF (hexadezimal, d.h. 16 bits gesetzt) 16 bit
- x-Offset ist identisch mit der Numerierung der Scanlinien: 1,2,... im Datenfile 16 bit
- y-Offset liefert in Einheiten der Pixel-Breite die relative Position der Scanlinien zueinander 16 bit

Tabelle 1: Header-Record

Index	Byte	NAME		Länge(bits)	Code
1	1,...,8	IDSTR	ID-String (8 Charaktere, $\alpha$ -numerisch) •Beispiel: SKYLAB01	64	Ascii
2	9,...,16	TAG	Datum der File-Erstellung •Beispiel: 10/03/75	64	Ascii
3	17,...,24	ZEIT	Zeit der File-Erstellung •Beispiel: 20/11/05	64	Ascii
4	25,...,104	THEMA	Thema-String (80 Charaktere, $\alpha$ -numerisch) •Beispiel: SKYLAB-MSS (4APR75) 4 Channels (unkalibriert)	640	Ascii
5	105,106	IDCODE	Daten-Type-CODE (Integer)(1*)	16	BIN
6	107,108	I0	Zeilennummer-Anfang (2*)	16	BIN
7	109,110	I1	Zeilennummer-Ende	16	BIN
8	111,112	IINCZ	Zeilennummer-Inkrement	16	BIN
9	113,114	JO	Kolonnennummer-Anfang (3*)	16	BIN
10	115,116	J1	Kolonnennummer-Ende	16	BIN
11	117,118	JINCK	Kolonnennummer-Inkrement	16	BIN
12	119,120	NKANAL	Anzahl Kanäle	16	BIN
13	121,122	NBIT	Anzahl bit pro Datenwert	16	BIN
14	123,...,126	NDUM	Datencode ( $< 2^{nbit}$ ) als Füllwert (4*)	32	BIN
15	127,128		leer	16	
16	131,132		leer	16	
17	133,134	NANN	Anzahl Annotation-Records	16	BIN
18	135,136	NSPEZ	Anzahl Specification-Records	16	BIN
19	137,138	XYREL	Verhältnis der Seitenlängen im Pixel (Real)	16	BIN
	139,...,480		leer		

Tabelle 2: Channel-Record(s)

Index	Byte	Name	Beschreibung	Länge pro Wert	Code
1	1,...,4	KANLAB(1)	Kurz-Label (4 Charaktere) zu Kanal 1	32	ASCII
2	5,...,20	KANDES(1)	Lang-Label (16 Charaktere) zu Kanal 1	128	ASCII
3	21,...,24	KANPIX(1)	Anzahl Pixel im Kanal 1 (5*)	32	BIN
4	25,...,28	KANMIN(1)	Minimum im Kanal 1	32	BIN
5	29,...,32	KANMAX(1)	Maximum im Kanal 1	32	BIN
6	33,...,40	CANMIT(1)	Mittelwert im Kanal 1 (Pseudo-Real)	64	BIN

Dieser Informationsblock wird für jeden Kanal (NKANAL) wiederholt. Die gesamte Information für jeweils 12 Kanäle (=3840 bit) wird zu einem Channel-Record zusammengefasst.

(1\*) Es gilt z.Zt. folgende Tabelle für den Parameter IDCODE:

1	LANDSAT	6	M <sup>2</sup> S
2	SKYLAB-MSS	9	OPTRONICS-SCAN
99	Fremdfiles nicht spezifizierter Herkunft		

(2\*) Aus den Zeilenindices lässt sich die Anzahl Scanlinien NSCAN im File berechnen:

$$\text{NSCAN} = (\text{I1} - \text{IO} + \text{IINCZ})/\text{IINCZ}$$

(3\*) Aus den Kolonnenindices lässt sich die Anzahl der Bildpunkte NPIX pro Scanlinie berechnen:

$$\text{NPIX} = (\text{J1} - \text{JO} + \text{JINCK})/\text{JINCK}$$

Ferner lässt sich damit die Länge des Datenfiles abschätzen:

$$\text{DSIZE} = \text{NSCAN} * (\text{NBIT} * \text{NPIX} * \text{NKANAL} + 48) \text{ bits}$$

(4\*) Mit diesem Füllwert NDUM lassen sich im Datenfile sowohl fehlende Pixel als auch Falschwerte (aus Parity-Fehlern) und Randwerte setzen, die sich z.B. bei geometrischen Verschiebungen nicht direkt angeben lassen, d.h. unbekannt bleiben.

(5\*) Falls diese Kanal-Information nicht vorliegt, sollte der NDUM-Wert eingesetzt werden, um dies zu kennzeichnen.