

Dr. Bernhard  
Präsident der Kommission E der OEEPE  
Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien

Prof. Schmidt-Falkenberg  
Leiter der Arbeitsgruppe "Semantische Information" in der Kommission E  
Institut für Angewandte Geodäsie / Frankfurt am Main

## OEEPE — Die Arbeiten der Kommission E "Interpretation"

Zusammenfassung: Die Kommission E der OEEPE befaßt sich mit der Erkennbarkeit von Objekten in Luftbildern, Luftbildreproduktionen und Luftbildumbildungen. Tätig sind zwei Arbeitsgruppen. Eine Gruppe, unter der Leitung von Prof. SCHMIDT-FALKENBERG, prüft die Möglichkeiten der Erstellung eines mathematischen Modells für die optisch-photographische Übertragungskette: Objekt-Luftbildnegativ. Die Arbeitsgruppe "Einflüsse der Reproduktionstechnik auf die Interpretierbarkeit von Orthophotos", Leitung Dr. BERNHARD, führt auf experimenteller Basis eine vergleichende Bewertung der in Mitteleuropa angewandten Reproduktionsmethoden durch. Untersucht werden die Maßstäbe 1 : 5000, 1 : 10 000, 1 : 25 000.

Abstract: Commission E is concerned with the perception of objects on aerial photographs, reproductions and processed images. The work is done by two groups. One group under the direction of Prof. SCHMIDT-FALKENBERG examines the possibilities of the establishment of a mathematical model of the optical-photographic chain of transfer: object - aerial negative. The other group "Influences of reproduction processes on the perception of orthophoto-details" (directed by Dr. BERNHARD) completes a comparative experimental study on orthophotographic reproduction methods commonly used in Central Europe. Investigated scales 1 : 5000, 1 : 10 000, 1 : 25 000.

Nach /1/ lassen sich bei der aus Luft- und Satellitenbilder gewonnenen Information gedanklich

- syntaktische
- geometrische (oder andere mathematische)
- densitometrische (oder andere photometrische)
- farbmetrische
- semantische

Komponenten unterscheiden. Verschiedentlich wird (als Kurzform) auch die Ausdrucksweise "syntaktische, geometrische ..... Information" benutzt.

Mittels Bildmessung werden vor allem geometrische (weniger densitometrische oder farbmetrische), mittels Bildinterpretation vor allem semantische Informationen gewonnen.

Eine Hauptaufgabe der Bildinterpretation ist das Erkennen von in Luft- und Satellitenbildern abgebildeten Objekten. "Erkennen" steht dabei für das sprachliche (begriffliche) Kennzeichen einer bestimmten Grauwert- oder Farbwert-Verteilung (Bildgestalt) als photographische Abbildung eines bestimmten Objektes der Wirklichkeit /1/.

Das Erkennen bzw. das Gewinnen von Informationen über bestimmte Objekte mit Hilfe von Luft- und Satellitenbilder ist aber nur möglich wenn im Bild eine hinreichend große Anzahl von Erkennungsmerkmalen für das jeweilige Objekt enthalten ist und diese Merkmale von einem biologischen System (dem menschlichen Interpreten) oder einem technischen System wahrgenommen werden können.

Es stellt sich daher die grundlegende Frage, wie die Vorgänge

- Bildaufzeichnung
- Bildverarbeitung
- Bildinterpretation

zu gestalten sind damit genügend viele wahrnehmbare Erkennungsmerkmale zur Verfügung stehen um bestimmte geforderte (beispielsweise semantische) Informationen über bestimmte Objekte mit Hilfe von Luft- und Satellitenbilder optimal zu erhalten.

Sicherlich verfügen private und öffentliche Institutionen über gediegenes Wissen und reiche Erfahrung auf diesem Gebiet. Trotzdem kommt es bei der Planung von Projekten immer wieder zu Diskussionen und entsprechen die erzielten Ergebnisse nicht immer den Erwartungen. Die Frage, welche Parameter mit welchem Gewicht bei der Informationsübertragung mittels Luft- und Satellitenbildaufzeichnung und der anschließenden Bildverarbeitung sowie Bildinterpretation wirksam sind, wird von der Praxis und auch von der Theorie bisher nur ungenügend beantwortet.

Die Europäische Organisation für experimentelle photogrammetrische Untersuchungen (OEEPE), eine zwischenstaatliche Vereinigung, der zur Zeit 10 europäische Staaten angehören, hat daher ihre Kommission E beauftragt zwei Arbeitsprogramme durchzuführen.

- Die **Arbeitsgruppe "Semantische Information"** unter der Leitung von Prof. SCHMIDT-FALKENBERG arbeitet an der Erstellung eines mathematischen Modelles des Gesamtvorganges Bildaufzeichnung / Bildverarbeitung / Bildinterpretation während
- eine zweite **Arbeitsgruppe "Einflüsse der Reproduktionstechnik auf die Interpretierbarkeit von Orthophotos"** unter Leitung des Kommissionspräsidenten Dr. BERNHARD sich in einem Ringversuch mit dem Einfluß der Reproduktionstechnik auf die Interpretierbarkeit von Orthophotos beschäftigt.

Ausführliche Darstellungen der im folgenden näher erläuterten Programme werden in OEEPE – Veröffentlichungen erfolgen.

### **Arbeitsgruppe "Semantische Information"**

Es gibt bisher keine mathematischen Modelle des Gesamtvorganges Bildaufzeichnung / Bildverarbeitung / Bildinterpretation, die hinreichend zuverlässige Vorhersagen darüber ermöglichen, welcher Interpretations - Ertrag mit welcher Sicherheit bei der Wahl dieser oder jener Parameter für die Bildaufzeichnung, Bildverarbeitung und Bildinterpretation erhalten wird.

Zur Verdeutlichung der anstehenden Probleme wird in Bild 1 eine Übersicht über besonders wirksame Parameter in diesem Gesamtvorgang gegeben. Die Übersicht läßt auch erkennen, daß bei einigen Parametern gewisse Wahlmöglichkeiten bestehen, andere vorherbestimmbar oder nicht vorherbestimmbar sind. Bezeichnet man die genannten 3 Parameter - Gruppen mit  $\alpha, \beta, \gamma$  und berücksichtigt man, daß durch diese Parameter - Gruppen definitionsgemäß der Gesamtvorgang Bildaufzeichnung / Bildverarbeitung / Bildinterpretation beschrieben wird, dann gilt mithin für das Ergebnis aus diesem Gesamtvorgang, dem Interpretations - Ertrag E, die Beziehung

$$(1) \quad E = f(\alpha, \beta, \gamma)$$

Wie die funktionale Beziehung zwischen E und den Parameter - Gruppen  $\alpha, \beta, \gamma$  gestaltet ist, läßt sich leider noch nicht hinreichend vollständig angeben.

Eine Bestandsaufnahme bisheriger nationaler und internationaler Arbeiten zu dieser - auch für die Praxis - grundlegenden Frage ergibt:

- Das Problem wurde bisher weniger von den theoretischen, sondern überwiegend von der empirischen Seite her angegangen.
- Bei den meisten experimentellen Versuchen wurde versäumt oder war es aus irgendwelchen Gründen nicht möglich, bestimmte Einflußparameter während des Versuchsablaufs konstant zu halten oder ihre Größe durch Messung zu bestimmen, um dadurch die Anzahl der Unbekannten zu reduzieren.

- Da alle derartigen Versuche sich in jedem Falle auf eine bestimmte Landschaftsstruktur beziehen (Struktur des Testgebietes), ist ihre Aussagekraft begrenzt. Es fehlt eine kritische Durchsicht und übergeordnete Zusammenfassung der bisher vorliegenden empirischen Ergebnisse (die dabei als landschaftsbezogene Einzelbausteine anzusehen wären).

Das **Ermitteln der Gestalt der Funktion f** in (1) durch hinreichende, den praktischen Verhältnissen angepaßte Variation der Parameter  $\alpha_j, \beta_k, \gamma_l$  kann als **''direkter'' Weg** angesehen werden. Die Vielzahl der praktisch sinnvollen Variationen bereitet hierbei aber offensichtlich Schwierigkeiten. Nach dem Vorschlag von JERIE /2/ sollte deshalb ein **''indirekter'' Weg** zur Ermittlung der Beziehung zwischen dem Interpretations - Ertrag E und den Parametergruppen  $\alpha, \beta, \gamma$  versucht werden, durch Aufspalten der Beziehung (1) in

$$(2) \quad E = g(\delta)$$

mit

$$(3) \quad \delta_i = f_{\delta}(\alpha, \beta, \gamma)$$

wobei  $\delta$  = Gruppe von **''Bildparametern''**. Es wird dabei vorausgesetzt (oder angenommen), daß zwischen dem Interpretations - Ertrag E und der Bildparameter - Gruppe  $\delta$  eine funktionelle Beziehung besteht. Die Aufgabe besteht hier vor allen darin, sogenannte Bildparameter  $\delta_i$  zu definieren und betragsgemäß zu bestimmen, die die Beziehung (3) erfüllen und eine Darstellung des Interpretations - Ertrages E in der Form von (2) zulassen.

Als erste Zwischenergebnisse aus den laufenden Arbeiten können hier genannt werden:

- Es wurde die optisch - photographische Informations - Übertragungskette bei der Luftbildaufnahme begrifflich festgelegt, weitgehend mathematisch beschrieben und wichtige Grenzdaten beziehungsweise praxisnahe Ausgangsdaten ermittelt zur Bestimmung von Werten für die Gesamt - Modulationsübertragungsfunktion Luftbildaufnahme  $(MTF_L)^T$ .
- In Vorversuchen wurde festgestellt, daß der Schwärzungsverlauf über eine im Luftbild abgebildete Kontraststufe (Kantenbildfunktion) ein aussagekräftiger Bildparameter  $\delta_i$  ist. Somit könnte der von JERIE vorgeschlagene indirekte Weg begehbar sein.
- Da die aus Kantenbildmessungen abgeleitete Modulationsübertragungsfunktion  $(MTF_L)^K$  ebenfalls den Gesamtvorgang der Luftbildaufnahme umfaßt, ist ein Vergleich zwischen dem theoretisch ermittelten Betrag  $(MTF_L)^T$  und dem praktisch ermittelten Betrag  $(MTF_L)^K$  möglich /3/.

Das OEEPE-Forschungsprogramm umfaßt zunächst nur Luftbildaufnahmen aus Flughöhen über Grund bis zu etwa 8 km, da hier die Dienstgipfelhöhen der meisten Vermessungsflugzeuge liegen. Im Zusammenhang mit dem gemeinsam von der ESA (der Europäischen Raumfahrtbehörde) und der NASA (der Raumfahrtbehörde der USA) geplanten bemannten Raumfahrtunternehmen **''Spacelab''** wird es jedoch möglich sein, das Forschungsprogramm auch auf Flughöhen über 8 km auszuweiten.

Die Ergebnisse aus den bisher skizzierten Forschungsprogrammen werden sicherlich wesentliche Bausteine zu einem umfassenden mathematischen Modell des Gesamtvorganges Bildaufnahme / Bildverarbeitung / Bildinterpretation liefern. Dies wird besonders dann zutreffen, wenn die derzeit noch überwiegend auf Schwarzweißfilm ausgerichteten Untersuchungen auch auf Schwarzweiß-Infrarotfilm, Farbfilm und Farb-Infrarotfilm ausgedehnt werden.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß alle vorgenannten Forschungsprogramme sich nur auf den Vorgang der direkten Bildaufzeichnung beziehen, der im allgemeinen nur mittels Photographie möglich und insofern eingeschränkt ist auf den Wellenlängenbereich von etwa  $\Delta\lambda = 0,35 \mu\text{m} \dots 0,90/1,35 \mu\text{m}$  des elektromagnetischen Wellenspektrums. Außerhalb dieses Bereiches können Bildaufzeichnungen bisher nur auf indirektem Wege, etwa durch optisch-mechanische oder elektronische Abtastung gewonnen werden. Diese Verfahren der Fernerkundung (mit Einsatz passiver und aktiver Systeme und den Möglichkeiten zur Aufzeichnung von Bildern in digitaler Form) müssen vorerst aber wohl außer Betracht bleiben, wenn der Arbeitsumfang des Gesamtforschungsvorhabens einen gewissen Rahmen nicht übersteigen soll.

## Arbeitsgruppe "Einflüsse der Reproduktionstechnik auf die Interpretierbarkeit von Orthophotos"

Dieser Versuch soll helfen die Einflüsse der in der Praxis in Anwendung stehenden

- **Reproduktionsverfahren** (Photokopien glänzend oder halbmatt, Halbtonlichtpausen, gerasterte Lichtpausen, Offsetdruck)
- **Rastertechniken** (Grau- und Magentaraster, Random-dot-Verfahren, Filme mit latentem Rasterpunkt)
- **Rasterweiten** (zwischen 54 und 80 Linien pro Zentimeter)

auf den Gesamteindruck und den Interpretationsertrag von Orthophotos abzuklären. Untersucht werden die Orthophotomaßstäbe 1 : 5000, 1 : 10 000 und 1 : 25 000.

Der Arbeitsschritt "Vervielfältigung" gehört zu dem Gesamtvorgang Bildaufzeichnung / Bildverarbeitung / Bildinterpretation. Die im Rahmen des Reversversuches erarbeiteten Ergebnisse sollen deshalb auch bei den Untersuchungen der Arbeitsgruppe "Semantische Information" Verwendung finden.

Als Versuchsgebiet wurde aus dem in /4/ umfassend beschriebenen Material ein Ausschnitt des Gebietes "Flachland" ausgewählt, in welchem Siedlungsraum, Wald und offenes Gelände annähernd gleich verteilt sind (Bild 2).

Die Orthoprojektion der Weitwinkelaufnahmen (kontrastausgeglichene Dias)

$M_b = 1 : 12\,500$  für den Maßstab 1 : 5000 und

$M_b = 1 : 25\,000$  für die Maßstäbe 1 : 10 000 bzw. 1 : 25 000

erfolgte bei den Maßstäben 1 : 5000 und 1 : 10 000 mit dem Zeiss Orthoprojektor GZ1 des Institutes für Angewandte Geodäsie in Frankfurt am Main, beim Maßstab 1 : 25 000 mittels des Avioplans OR1 durch die Firma Wild / Heerbrugg.

Bei allen Orthoprojektionen hat man einen Graukeil und eine Testfigur mitprojiziert und in die erhaltenen Orthophotonegative überdies diese Testfiguren in Originalgröße zusätzlich einmontiert. Die so für jeden Maßstab erhaltenen 4 Negative (seitenrichtig, seitenverkehrt mit Dichteumfängen 0,7 und 1,1) sind das eigentliche Ausgangsmaterial des Versuches.

Die 11 mitarbeitenden Zentren konnten die verwendeten Reproduktionsmethoden (bzw. -wege) und die hierfür bestgeeigneten Negative frei wählen. Jedes Reproduktionsverfahren war detailliert zu beschreiben. Bild 3 gibt eine zusammenfassende Übersicht über die beim Centre pilote Wien eingelangten Reproduktionsergebnisse.

Für die Bewertung der Reproergebnisse sind für jeden Maßstab etwa 30 repräsentative Details verschiedener Form (Linien, Punkte, Flächen) und mit unterschiedlichem Kontrast zu ihrer Umgebung ausgewählt worden. Die Wiedergabe dieser Details wird von insgesamt 5 Bewertungszentren mittels einer Bewertungsskala klassifiziert, wobei eine Mindestbeleuchtungsstärke von 1000 Lux über dem gesamten Betrachtungsfeld einzuhalten ist. Darüber hinaus bewerten diese Zentren mittels der selben Skala auch den Gesamteindruck der Reproduktion sowie die Wiedergabe des Waldes, des offenen Geländes und der Industrie- und Siedlungsräume.

Die Bewertung ist zur Zeit im Gange. Die Auswertung der Bewertungsergebnisse wird zusammen mit einigen aussagekräftigen Reproduktionsergebnissen im Rahmen der OEEPE - Publikationen veröffentlicht werden.

Die Kommission E war sich von allem Anfang an der Schwierigkeiten bewußt die bei der gegebenen komplexen Fragestellung bestehen:

- Bescheidener Umfang des Ausgangsmaterials
- unter Umständen unterschiedliche Voraussetzungen bei den teilnehmenden Reproduktionszentren hinsichtlich Ausrüstung und Erfahrung
- Unvermeidliche Auffassungsunterschiede bei den Bewertern

Ohne in den noch laufenden Versuch einzugreifen kann aber bereits gesagt werden, daß der Versuch manche Schwächen der heute in Verwendung stehenden Reproduktionsverfahren aufzeigen wird. Theorie und Praxis sollten daraus Nutzen ziehen können.

Literatur:

- /1/ H. Schmidt-Falkenberg: Beitrag zum Aufbau eines geschlossenen Begriffssystems der Photogrammetrie und der Luftbildkartographie. – Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Reihe I, Heft 77, Frankfurt a. M. 1978
- /2/ H. G. Jerie: Establishment of semantic information performance of photogrammetric processes. – ITC-Journal, H. 5, Enschede 1973
- /3/ H. Schmidt-Falkenberg: Die Informationsübertragung bei der Luftbildaufnahme. – Veröffentlichung der Deutschen Geodätischen Kommission, Reihe E, Heft 17, München 1978
- /4/ K. Neumaier: Essai d'interprétation, Rapports des Centres de la Commission E. - OEEPE, Publication officielle No 6, mai 1972  
K. Neumaier: Interpretationsversuch, Bericht der Zentren der Kommission E der OEEPE. - Nachrichten aus dem Karten - und Vermessungswesen, Sonderheft, OEEPE Sonderveröffentlichung Nr. D-8, Frankfurt am Main 1972

**Bild 1**

**Einige bei der Aufnahme und Interpretation von Luftbildern besonders wirksame Parameter**

- |   |   |
|---|---|
| (1) LUFTBILDMASSSTAB  | (abhängig vom Interpretations-Ziel...)                            |
| (2) KAMERA: Brennweite, Bildformat  | (abhängig von der Flughöhe, der Struktur des Aufnahmegebietes...) |
| (3) FILMART: SW, SWI, F, FI   | (abhängig vom Interpretations-Ziel...)                            |
| (4) FLUGHÖHE über Grund   | (abhängig vom Luftbildmaßstab und von der Brennweite)             |
| (5) AUFNAHMEGEBIET: geographische Lage, Struktur                                  |   |
| AUFNAHMEZEIT : Tag, Uhrzeit (damit vorherbestimmbar: Sonnenazimut, Sonnenhöhe...) |   |
| (6) BEWÖLKUNG, DUNST, LUFTLICHT / Zustand der Atmosphäre (nicht vorherbestimmbar) |   |
| (7) FLUGGESCHWINDIGKEIT   | (abhängig vom Flugzeug...)  |
| (8) BLENDE, FILTER, BELICHTUNGSZEIT   | (abhängig vom Zustand der Atmosphäre, der Filmart...)             |
| (9) PHOTOGRAPHISCHE ENTWICKLUNG, FIXIERUNG und TROCKNUNG des Filmstreifens        | (≈120 m lang)   |
| .....   |   |
| (10) HERSTELLEN DER INTERPRETATIONS-VORLAGE                                       | Kontaktkopie / Vergrößerung auf Film oder Photopapier             |
| (11) BETRACHTUNGSFORM UND BELEUCHTUNG DER INTERPRETATIONS-VORLAGE                 |   |
|   | - ohne / mit Vergrößerungsgerät                                   |
|   | - stereoskopisch / nicht-stereoskopisch                           |
|   | - Auflicht (Aufsicht)   |
|   | - Durchlicht (Durchsicht)   |
| (12) WISSEN UND ERFAHRUNG DES INTERPRETEN   |   |

Bild 2 Versuchsgebiet (Maßstab ca. 1 : 12 500) mit Testfiguren und Graukeil



**Bild 3**  
**Übersicht der eingelangten Reproduktionsergebnisse**

REPRODUKTIONSVERFAHREN		Orthophotomaßstab			Summe	
		1 : 5000	1 : 10 000	1 : 25 000		
HALBTONBILD		Photokopien	13	14	12	39
		Lichtpausen	1	6	1	8
AUFRASTERUNG	GRAURASTER	Lichtpausen	2	7	2	11
		Drucke	6	4	4	14
	MAGENTARASTER	Lichtpausen	29	28	20	77
		Drucke	15	28	38	81
	SONSTIGE RASTERVERFAHREN	Lichtpausen	7	6	7	20
		Drucke	12	18	18	48
SUMME		85	111	102	298	