

METHODISCHE FORTSCHRITTE DER WISSENSCHAFTLICHEN LUFTBILDINTERPRETATION

Ernst Schmidt-Kraepelin

mit 4 Bildern und 2 Abbildungen

Inhaltsübersicht

- I. Einführung und Überblick
- II. Instrumente
 - 1. Aufnahmekammern und Objektive
 - 2. Geräte für die Luftbildinterpretation
- III. Technik und Methodik der Bildinterpretation
 - 1. Interpretationsschlüssel
 - 2. Systematik der Interpretation
 - 3. Lehrbücher und Ausbildungsfragen
- IV. Das Luftbild in der geologischen Forschung
 - 1. Erdölgeologie
 - 2. Quantitative Auswertung
 - 3. Erz-Prospektion

Die Berichte über weitere Sachgebiete folgen in späteren Heften.

Advances in the methods of scientific interpretation of air photographs

Summary: In all branches of studies dealing with the earth's surface air photographs have been gaining increasing importance. It seems therefore to be an appropriate moment to survey the advances in methods and the scientific results of air photo interpretation as achieved over the last 10—15 years, in particular outside Germany.

After a brief review of the most recent developments in technical devices a critical summary is given of the most important rules of interpretations as they apply to all relevant branches of study and also of methodological experiences.

This is followed by a section dealing with the application of air photo interpretation in the field of geology. Especially considered are the methods relating to prospecting for oil and ore, techniques of gaining quantitative data and questions of geological mapping.

(Contributions dealing with other branches of air photo interpretation are to follow in future issues.)

Vorwort des Herausgebers

Vor genau 20 Jahren fand in Berlin anlässlich der 110-Jahresfeier der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin auf Anregung des Unterzeichneten eine Aussprache über „Geographische Forschung und Luftbildwesen“ statt, aus der der Wunsch laut wurde, den damaligen Stand der wissenschaftlichen Auswertung der Luftbilddaufnahmen nach den in den verschiedenen Weltteilen gemachten Erfahrungen festzuhalten und daraus Lehren für die weitere Arbeit zu ziehen. Dieser Aufgabe unterzog ich mich in mehreren Berichten und Aufsätzen, die in den Kriegsjahren 1939—1943 erschienen (s. Lit.-Verz. Nr. 96—99).

Der Kriegsausgang brachte für Deutschland ein jahrelanges Verbot der Luftfahrt, der Aerophotogrammetrie und die Beschlagnahme aller Luftbildsammlungen. Wohl ist aus der 1942 gegebenen Anregung, mit Hilfe der Luftbilddaufnahmen das naturräumliche Kleingefüge der Landschaft

zu erfassen, in den Nachkriegsjahren das große Gemeinschaftswerk der deutschen Geographen zur naturräumlichen Gliederung Deutschlands erwachsen. Aber für die Weiterentwicklung der wissenschaftlichen Luftbildinterpretation selbst konnten in Deutschland erst nach 10jähriger Pause wieder bescheidene Versuche gemacht werden, zunächst von der Forstwissenschaft und der Geographie. In allen Teilen der Welt waren aber in der Zwischenzeit die Erfahrungen beträchtlich angewachsen und sind die Methoden von den verschiedensten Wissenszweigen her ausgebaut und verfeinert worden. In der geographischen Landschaftsforschung münden alle diese Einzelarbeiten zusammen.

Es ist der Deutschen Forschungsgemeinschaft zu danken, daß sie für den Aufbau einer bescheidenen Forschungs- und Ausbildungsstätte der geographischen Luftbildforschung ihre Unterstützung gewährt hat. Herr Dr. E. Schmidt-Kraepelin, dem diese Aufgabe übertragen ist, hat es auch übernommen, einen Bericht über die seither erzielten Fortschritte der Luftbildinterpretation zu geben, dessen erster Teil hiermit vorgelegt wird.

C. Troll

I. Einführung und Überblick

Das Luftbild ist für alle Wissenszweige, die sich die Erforschung des anorganischen und organischen Gefüges der Erdoberfläche zur Aufgabe machen oder die den räumlich-zeitlichen Ablauf erdgestaltender Vorgänge untersuchen, zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel geworden; denn besser als jede Karte gestattet es Übersicht und Detailbetrachtung zugleich und gibt die Möglichkeit, ein plastisches Modell des Forschungsobjektes in das Gelände oder in das behagliche Klima des Studierzimmers mitzunehmen.

In den einzelnen mit Luftbildern arbeitenden Forschungsrichtungen haben sich aus der Praxis technisch und methodisch ähnliche Verfahren der wissenschaftlichen Analyse und Deutung (Interpretation) des Luftbildinhalts herausgebildet. In dieser Ähnlichkeit der Methodik liegt eine verbindende Kraft, die gerade heute, im Zeichen der Divergenz und Spezialisierung aller Wissenschaften, große Bedeutung hat. Es sollte deshalb auch der Anschein vermieden werden, als ob die junge Forschungsmethode der Luftbildanwendung zur Abspaltung neuer, mehr oder minder selbständiger Forschungsrichtungen geführt hätte, wie dies beispielsweise aus Bezeichnungen wie „Photogeologie“ oder „Photogeographie“ geschlossen wer-

den könnte¹⁾. Der bescheidener klingende Ausdruck „Luftbildinterpretation“, jeweils näher bezeichnet durch das Anwendungsgebiet, bringt klar zum Ausdruck, daß die Deutung des Luftbildinhaltes keine selbständige Wissenschaft, wohl aber eine sehr vielseitig anwendbare und erfolgreiche Forschungsmethode darstellt.

Die Tatsache, daß das Luftbild nicht wie eine topographische oder thematische Karte generalisiert und abstrahiert, sondern in zahllosen Einzelheiten Beziehungen und räumliche Durchdringungen von geologischen, biologischen und kultur-geographischen Erscheinungen zeigt, mag für den an einer speziellen Frage interessierten Forscher zunächst verwirrend sein; sie erweist sich aber in der Praxis als ein großer Vorzug, weil sie dazu zwingt, auch Erfahrungen aus anderen Wissensbereichen für die eigene Forschung zu nutzen. Der von C. Troll²⁾ geprägte Begriff der „ökologischen Luftbildforschung“ will diese im Inhalt eines Luftbildes sich unmittelbar bietende Möglichkeit der Zusammenschau betonen und zur Zusammenarbeit der Spezialisten auf breiter Basis anregen. Nur über eine mit den Methoden und Erfahrungen verschiedener Wissenschaften durchgeführte Standort-Analyse, für die das Luftbild ganz neue Möglichkeiten bietet, führt der Weg zu einer geographisch-synthetischen Landschaftsforschung.

Man kann heute mit Sicherheit voraussagen, daß sich innerhalb der nächsten Jahre dem Luftbild noch weitere wissenschaftliche Anwendungsgebiete erschließen werden. Schon heute reicht die Spannweite der mit Luftbildern lösbaren Aufgaben von der Vorgeschichtsforschung bis zur Industrie- und Verkehrsplanung, von den angewandten Geisteswissenschaften bis zu den angewandten Natur- und Wirtschaftswissenschaften. Die Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten, die sich z. B. aus einer Verbesserung des Farbfilmmaterials ergeben wird, ist schon unmittelbar abzusehen. Die Entwicklung der Raketentechnik, die im Geophysikalischen Jahr 1957/58 in den Brennpunkt des allgemeinen Interesses gerückt

¹⁾ Es soll hier nichts gegen die Bezeichnung „Photogeologie“ eingewandt werden, wenn sie streng im Sinne eines geologischen Arbeitsverfahrens gemeint ist. Wenn aber R. Helbling (197, S. 30) vorgeschlagen hat, diesen Begriff auf die Methoden der „angewandten Photogrammetrie“ in nahezu sämtlichen Wissenschaften, in Planung und Technik auszudehnen, so werden alle Geographen, Biologen, Archäologen, Ingenieure usw. dieser Verallgemeinerung mit Recht entgegengetreten. Andererseits verbieten sich aber schon aus sprachlichen Gründen ähnliche Wortbildungen, wie etwa „Photopolarforschung“ oder „Photoarchäologie“. Nachdem die Luftbildinterpretation auf allen diesen Gebieten eine schon selbstverständliche Arbeitsmethode geworden ist, liegt m. E. auch kein dringendes Bedürfnis zu solchen Wortschöpfungen mehr vor.

²⁾ Troll (96, 97, 98, 99).

ist, hat vor allem der meteorologischen Forschung ganz neue Perspektiven eröffnet. Bei der systematischen Untersuchung der oberen Troposphäre dürften auch der Aerophotogrammetrie Aufgaben von großer praktischer Bedeutung für Wetterdienst und Flugnavigation zufallen. Schließlich mögen Hinweise auf die Fortschritte in der Funkmeßtechnik und im langwelligen Infrarot-Bereich genügen, um anzudeuten, daß der ohnehin schon schwer abgrenzbare Begriff „Luftbildforschung“ immer weiter und vielseitiger verstanden werden muß, je mehr der Begriff „Luft“ auf die gesamte Atmosphäre ausgedehnt wird und je mehr zur Erzeugung des „Bildes“ auch Wellenbereiche außerhalb des sichtbaren Spektrums benutzt werden.

Aber nicht allein technische Voraussetzungen sind für die Einführung neuartiger Forschungsmethoden und die Erschließung fruchtbarer Anwendungsbereiche entscheidend. Wie das Beispiel der Archäologie zeigt, bedarf es vor allem phantasiebegabter, vielseitiger und energischer Persönlichkeiten (O. G. S. Crawford in England)³⁾, um fortschrittliche Methoden auf klassischem Felde zu erproben und durchzusetzen.

Obwohl in den letzten Jahren das Schrifttum über Anwendungen und Methoden der Luftbildinterpretation namentlich in den USA zu einer recht umfangreichen Flut angewachsen ist, fehlt es doch z. Z. an einem zusammenfassenden Überblick, wie ihn C. Troll 1939 in einer grundlegenden Arbeit und 1943 in einem ergänzenden Bericht gegeben hat. Es ist heute aus verschiedenen Gründen auch schwieriger geworden, einen solchen, alle wissenschaftlichen Bereiche umfassenden Überblick zu geben. Einer der Gründe, bereits angedeutet, liegt in der Spezialisierung der Wissenschaften, gekennzeichnet durch eine Fülle von Veröffentlichungen mit eng begrenzter, vorwiegend wirtschaftlich bestimmter Zielsetzung (z. B. in Erdölgeologie oder Forstwirtschaft). Zum anderen hindert heute die Spaltung der Welt in einen westlichen und einen östlichen Machtbereich den wissenschaftlichen Erfahrungsaustausch auf einem Gebiet, das in verhängnisvoller Weise mit militärischen und Sicherheitsinteressen verbunden ist. Es kann kein Zweifel darüber bestehen, daß der Erkenntniswert des vom Gesamtgebiet der Erde vorhandenen Luftbildmaterials nur sehr mangelhaft ausgeschöpft werden kann, solange durch Geheimhaltung und Restriktionen der Wissenschaft nur ein bescheidener Teil dieses Materials und der daraus gewonnenen Ergebnisse zugänglich ist.

³⁾ Crawford, O. G. S.: Said and done (Autobiographie). — London 1955.

So ist über die Fortschritte der sowjetrussischen Luftbildforschung in den 30er Jahren, als die Sowjetunion „ein Fenster nach Europa“ öffnete, wesentlich mehr bekannt geworden (namentlich durch *Havemann*)⁴⁾ als in den letzten Jahren. Aus den Titeln und Inhaltsübersichten in zugänglichen sowjetischen Referatenzeitschriften geht jedoch das hohe Niveau der dort gepflegten Luftbildauswertungs-Methoden eindeutig hervor. Es wäre zweifellos auch für die führende Nation auf diesem Gebiet, die Vereinigten Staaten, sehr wichtig, sich über den Stand der wissenschaftlichen Luftbildforschung in der Sowjetunion ein klareres Bild zu verschaffen. In der Fachzeitschrift der amerikanischen Gesellschaft für Photogrammetrie, „Photogrammetric Engineering“, vermißt man aber in dieser Hinsicht aufschlußreiche Beiträge vollkommen, und auch aus geologischen, forstwirtschaftlichen u. dgl. Zeitschriften ist wenig zu erfahren, was einen objektiven Vergleich zuließe.

Der Zusammenbruch der Kolonialreiche im indo-pazifischen Raum im Gefolge des Zweiten Weltkrieges spiegelt sich deutlich in einer Konzentration der Luftaufnahme- und Lufterkundungstätigkeit auf den verbliebenen Kolonialbesitz (z. B. Zentralafrika, Neuguinea, Surinam) bzw. in einer systematischen Befliegung des Heimatlandes (Japan). Bei den asiatischen Völkern, die im Zuge dieser Entwicklung selbständig geworden sind, scheinen jedoch die durch das Ausscheiden der Europäer unterbrochenen „Survey“-Programme nur langsam und unter großen Schwierigkeiten wieder in Gang zu kommen. Neuere forstwirtschaftliche Arbeiten aus Thailand, Formosa, Indien, Pakistan, Indonesien und Indochina zeigen indessen, daß auch hier die modernen Methoden der Luftbildinterpretation in weitem Umfange benutzt werden.

Das recht ungleiche Maß, in dem die Luftbildauswertung bei den einzelnen Erdwissenschaften zur Anwendung kommt, läßt deutlich als bestimmendes Moment wirtschaftliche Überlegungen hervortreten. So haben sich schon bald klare Schwerpunkte gebildet auf den Gebieten, wo die Auswertung von Luftbildern unmittelbar zu einer Rationalisierung der Kartierungs- und Erkundungsarbeiten führt und in erheblicher Einsparung von Arbeitskraft, Zeit und Material sich auswirkt: Erdölgeologie in den USA, im Nahen Osten und in Indonesien; forstliche Bestandsaufnahme in den riesigen Waldgebieten der Sowjetunion, der USA, Kanadas und Skandinaviens. Auf diesen Gebieten wurden auch die Methoden und instru-

mentellen Hilfsmittel der Interpretation besonders erfolgreich entwickelt, wovon natürlich auch andere Wissenszweige profitieren.

Dagegen sind bei geographischen und landesplanerischen Aufgaben, die ihrem Wesen nach verwickeltere Probleme bieten, die Methoden der wissenschaftlichen Auswertung von Luftbildern noch recht uneinheitlich und liegen vielfach noch im Stadium des Versuchs. So ist es schwierig, die in verschiedenen Ländern (z. B. USA, Kanada, Japan, Australien) mit Hilfe von Luftbildern vorgenommenen Land-Klassifikationen unmittelbar miteinander zu vergleichen. Immerhin zeichnet sich aber in den Ergebnissen und Methoden einiger auf verhältnismäßig kleinem Raum (z. B. von den Holländern in Surinam)⁵⁾ durchgeführter Lufterkundungen die Idealform einer aus der Zusammenarbeit der verschiedensten Forschungsrichtungen entwickelten „Luftphoto-Geographie“ bereits deutlich ab.

Angesichts der auf der ganzen Erde unter großem Einsatz von Luftaufnahmen laufenden Forschungs- und Planungsarbeiten sollte nicht ganz vergessen werden, daß auch deutsche Forscher an der Entwicklung der Interpretationsmethoden entscheidenden Anteil hatten. Die in der „Forschungsstaffel“ seinerzeit unter den Notwendigkeiten des Krieges geleistete wissenschaftliche Arbeit hat nachträglich auch im amerikanischen⁶⁾ und englischen⁷⁾ Schrifttum hohe Anerkennung gefunden und befruchtend gewirkt auf die Auswertungsmethoden in diesen Ländern. In enger Fühlung mit den benachbarten Erd-Wissenschaften, mit Photogrammetrie, Luftbildfirmen und Forstwirtschaft (hier ist ja seit Jahren die Luftbildinterpretation wieder fest verankert) sollte auch der deutschen geographischen Forschung der Anschluß an den hohen Stand der Methodik im Ausland gelingen.

II. Instrumente

Die Vervollkommnung der Aufnahme- und Auswertegeräte⁸⁾ wird in erster Linie durch die vermessungstechnisch-kartographischen Bedürfnisse gesteuert, die in den unkartierten, unerschlossenen Räumen der Groß-Kontinente natürlich ganz andere sind als beispielsweise in Mitteleuropa, wo die Auswertung von Luftbildern für Grundkarte und Kataster in den Präzisionsbereich des Dezimeters vorgeschritten ist. Die klaren Forderungen, die Übersichtskartierung einerseits und großmaßstäbliche Aufnahme andererseits stellen,

⁴⁾ *Havemann, A.*: Die Luftbildaufnahme und die Erforschung der natürlichen Rohstoffquellen. — Moskau-Leningrad 1937 (russisch).

⁵⁾ *Zonneveld* (100).

⁶⁾ *Heath* (70).

⁷⁾ *Linton* (79, S. 18 u. 28).

⁸⁾ Einen guten Überblick gibt *Brucklacher* (32).

werden heute durch eine Vielzahl von Meßkamertypen und Auswertegeräten erfüllt, deren Präzision und Flächenleistung dem jeweiligen Zweck angepaßt sind.

Auch für den Erfolg jeder Luftbildinterpretation sind Qualität und Maßstab der Aufnahme von großer Bedeutung. Deshalb soll hier auf die wichtigsten, in den letzten 10—15 Jahren erzielten gerätetechnischen Verbesserungen, soweit sie bei der Interpretation sich auswirken, kurz eingegangen werden.

1. Aufnahmekammern und Objektive

Die schon in den 30er Jahren mit Flugzeugen und Luftschiff („Graf Zeppelin“) bei wissenschaftlichen Unternehmungen gewonnenen und während des Krieges 1939—45 unter schwierigsten Bedingungen erweiterten Bildflug-Erfahrungen haben die Entwicklung der Meßbildkammern stark gefördert. Überwiegend werden heute Weit- und Normalwinkelkammern von 10—30 cm Brennweite eingesetzt, während längere Brennweiten, die im Kriege Aufnahmen aus sehr großen Flughöhen gestatteten, bei Befliegungen zu wirtschaftlichen oder wissenschaftlichen Zwecken höchstens ergänzend verwendet werden. Leichtes Gewicht, großes Filmfassungsvermögen, Automatisierung von Filmtransport und Verschlusslösung sowie bequeme Überdeckungsregelung sind Kennzeichen moderner Aufnahmegeräte, u. a. auch der Reihenmeßkammern von Zeiß-Aerotopograph. Mit einem neuartigen Lamellenverschluss sind Belichtungszeiten bis $\frac{1}{1000}$ sec möglich, so daß auch bei hoher Fluggeschwindigkeit und geringer Flughöhe Bewegungsunschärfe ausgeschlossen und der Einfluß der Motorvibrationen praktisch bedeutungslos wird.

Unter den Bildformaten hat sich in den meisten europäischen Ländern 18×18 cm, in England und Amerika 23×23 cm (9×9 in.) durchgesetzt, während das im Kriege vielfach verwandte Bildformat 30×30 cm kaum noch gebräuchlich ist.

Hochleistungsobjektive mit großer Lichtstärke, hervorragendem Auflösungsvermögen und geringer Verzeichnung wurden in der Sowjetunion (Rusar*), in der Schweiz (Aviotar, Aviogon*) und in Deutschland (Topar, Pleogon*) entwickelt. Sehr wichtig für die Luftbildinterpretation ist vor allem die Verbesserung des optischen Auflösungsvermögens, die sich in der Weise auswirkt, daß heute aus etwa 3000 m aufgenommene Bilder eine ebenso gute Unterscheidung von Einzelheiten erlauben wie noch vor einem Jahrzehnt Aufnahmen mit gleicher Brennweite aus 1500 m. Dop-

pelte Flughöhe bedeutet aber zugleich vierfache Aufnahmefläche und damit im gleichen Maße gesteigerte Wirtschaftlichkeit. Einen großen Fortschritt brachte schließlich auch der bei neuzeitlichen Weitwinkelobjektiven (z. B. Pleogon, Aviogon) wesentlich verringerte Lichtabfall von der Bildmitte zu den Rändern.

Selbstverständlich haben auch die Engländer, Franzosen, Italiener und Amerikaner, letztere z. T. auf deutschen Konstruktionen aufbauend, ausgezeichnete Objektive und Bildkammern herausgebracht. Die sog. Panoramakammer nach dem Prinzip von *Scheimpflug* (1904) wurde in den USA von *O. S. Reading* weiterentwickelt zur Neunlinsenkamera des U.S. Coast and Geodetic Survey, die in einem einzigen Exemplar existiert und mit Brennweiten von 21 cm nach der Entzerrung der Einzelaufnahmen ein Gesamtbildfeld von 131° im Riesenformat 89×89 cm abbildet⁹. Eine 1929 von *Aschenbrenner* konstruierte Panoramakammer, die der amerikanischen weitgehend zum Vorbild diente, ist heute noch bei der „Photogrammetrie“ G.m.b.H., München, in Gebrauch (Brennweiten 5,3 cm, Bildformat 27×27 cm, Gesamtbildfeld der entzerrten Aufnahme 135°). Gekoppelte Weitwinkelkammern, die gleichzeitig eine Senkrecht- und zwei um je 60° geneigte Schrägaufnahmen liefern („Trimetrogon“-System)¹⁰, werden in den USA, in Kanada und in der Sowjetunion in weitem Umfang eingesetzt.

Nur für militärische Luftbildinterpretation ist eine als „continuous-strip camera“¹¹) bezeichnete amerikanische Konstruktion von Bedeutung, bei welcher der Film mit der Winkelgeschwindigkeit der Flugbewegung mitbewegt wird, um auch aus tief fliegenden Düsenflugzeugen scharfe Abbildungen zu erzielen. Man erhält bei Verwendung zweier in Flugrichtung etwas gegeneinander versetzter Kammern zwei fortlaufende parallele Bildstreifen, die stereoskopisch ausgewertet werden können.

Neben den genannten, für den Spektralbereich des sichtbaren Lichtes korrigierten Linsensystemen werden neuerdings auch Meßobjektive, die für einen bestimmten Bereich der Infrarotstrahlung errechnet sind (z. B. das *Wildsche* „Infratar“ und „Infragon“), verwendet in solchen Fällen, wo die Eigenschaften des Infrarotfilms nicht nur für Interpretation, sondern auch vermessungstechnisch

⁹) *Reading* (42).

¹⁰) „Metrogon“ ist eine amerikanische Weiterentwicklung des *Zeiß'schen* „Topogon“-Objektivs. Schon bei der deutschen Antarktis-Expedition 1938/39 wurden zwei senkrecht zur Flugrichtung montierte Weitwinkelkammern verwendet, die Schrägaufnahmen mit Horizont-Abbildung lieferten.

¹¹) *Goddard* 1951 (36).

*) Weitwinkelobjektive.

(etwa bei forstlichen Vermessungen) voll ausgenutzt werden müssen. —

Man könnte in diesem Zusammenhang auch gleich über Fortschritte auf dem Gebiet der Film-Emulsionen berichten, die ja in hohem Maße die Brauchbarkeit der Luftbilder für Interpretationszwecke bestimmen. Besser geschieht dies aber, um Wiederholungen zu vermeiden, im Rahmen der speziellen Anwendungsgebiete; denn die systematische Verwendung und Kombination von panchromatischen und Infrarot-Aufnahmen spielt bei vegetationskundlichen und forstlichen Anwendungen eine besonders wichtige Rolle und ist hierbei eingehend erprobt worden. Farb-Luftbilder haben sich vor allem bei geologischen Untersuchungen und bei der Lagerstätten erkundung in ariden Gebieten, neuerdings auch bei Bodennutzungskartierungen bewährt. Das Problem, eine ausreichende Maßbeständigkeit des Films auch unter wechselnden Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen zu erhalten, ist heute so weit gelöst, daß die Verwendung der viel schwereren und schwieriger zu handhabenden Glasplatten als Schichtträger keine entscheidenden Vorteile in dieser Beziehung mehr bietet. Die neuerdings in der Kopiertechnik erzielten Verbesserungen durch elektronische Belichtungsregelung (z. B. „Log Etronic“-Verfahren) müssen jedoch gerade auch für die Bildinterpretation als ein wirklich entscheidender Fortschritt gewertet werden, weil hierbei sowohl in den dunkelsten Schattenpartien wie in den hellsten „Lichtern“ ein Maximum an Bildeinzelheiten herausgeholt wird.

2. Geräte für die Luftbildinterpretation

Es soll hier nicht auf die bekannten Stereo-Präzisionsgeräte I. Ordnung von *Zeiß*, *Wild*, *Santoni* und *Poivilliers* eingegangen werden, die vor allem auf dem europäischen Kontinent für großmaßstäbliche luftphotogrammetrische Vermessung und Kartierung eingesetzt werden. Auch die sog. Geräte II. Ordnung (z. B. Multiplex, Twinplex, Kelsh-Plotter), mit denen die Triangulation und Kartierung riesiger Gebiete Nordamerikas in mittleren Maßstäben bewältigt werden, seien nur kurz erwähnt; diese, auf dem Prinzip der optischen Doppelprojektion¹²⁾ beruhenden Geräte werden auch bei der quantitativen Auswertung für geologische Zwecke in den USA mit Vorliebe verwendet.

Für eine vorläufige räumliche Betrachtung genügen schon einfache Linsenstereoskope; für die eingehende Interpretation verwendet man in der

Regel Spiegelstereoskope. Gemessen an den hohen gerätetechnischen Anforderungen, die für den Bildflug und für die topographisch-photogrammetrische Auswertung erfüllt sein müssen, wird die Bildinterpretation mit recht einfachen, oft sogar mit allzu bescheidenen optischen Hilfsmitteln durchgeführt. Wichtig ist, vor allem für Forstleute und kartierende Geologen, eine robuste Bauart, um das Gerät samt Luftbildern für stereoskopische Betrachtung in das Gelände mitnehmen zu können. Andererseits erfordert die systematische wissenschaftliche Auswertung doch eine ganze Reihe von empfindlichen Zusatzeinrichtungen und Einstellmöglichkeiten: Fernrohr lupen für verschiedene Vergrößerungen, Korrekturgläser, Parallelführung des Bildträgers und Stereometer für parallaktische Höhenmessungen. Schließlich ist es auch in vielen Fällen erwünscht, das Betrachtungsgerät zu einem brauchbaren Kartiergerät (III. Ordnung) ausbauen zu können, eine Möglichkeit, die je nach den Genauigkeitsansprüchen mit einfachen Mitteln oder mit größerem mechanischem Aufwand verwirklicht werden kann.

Aus der Vielzahl von Spiegelstereoskopen, die in allen Ländern mit bedeutender optischer Industrie für Interpretation und einfache Höhenlinienzeichnung gebaut werden, seien nur zwei moderne und vielseitige Konstruktionen herausgegriffen: das Stereoskop der Firma „De Oude Delft“ (Holland)¹³⁾ und das „Stereotop“ bzw. „Stereopret“ von *Zeiß-Aerotopograph*¹⁴⁾. Beide Geräte beruhen auf dem bewährten Prinzip des *Helmholtz*schen Spiegelstereoskops, besitzen aber einen für längere Auswertungen sehr bequemen Schrägenblick und erlauben Beobachtung mit verschiedenen Vergrößerungen. Als besonderer Vorzug des „Oude Delft“-Geräts sei die kontinuierliche Steuerungsmöglichkeit der Prismen und Spiegel genannt, die es erlaubt, das gesamte stereoskopische Bildfeld in beliebiger Richtung gleichsam zu „überfliegen“ und mit der Meßmarke abzutasten, je nach der eingeschalteten Vergrößerung in verschiedener „Flughöhe“. Mit zwei gegeneinander gestellten „Oude Delft“-Stereoskopen können gleichzeitig zwei Beobachter dasselbe Bildpaar auswerten, eine vor allem für den Unterricht oder die Zusammenarbeit verschiedener Forscher sehr glückliche Lösung.

Das von *Zeiß-Aerotopograph* konstruierte Spiegelstereoskop „OV“ bietet als Bauelement eines neuartigen Auswertegeräts III. Ordnung („Stereotop“) wichtige Erweiterungsmöglichkeiten. Mit Parallelführung, Stereomikrometer und Zeichenpantograph ausgerüstet, gestattet es als „Stereopret“, von Senkrechtaufnahmen zusammenhän-

¹²⁾ Der Hauptnachteil dieses Verfahrens ist die Notwendigkeit, im völlig verdunkelten Raum mit Rot-Grün-Brille arbeiten zu müssen.

¹³⁾ *Roelofs* (43).

¹⁴⁾ *Deker* (34).

gende Höhenformlinien zu zeichnen und erleichtert wesentlich alle Interpretationsarbeiten, die mit häufigen Messungen von Höhendifferenzen verbunden sind, so vor allem für Geologen, Morphologen, Forstleute und Planer. Erst die Ergänzung zum „Stereotop“ aber ermöglicht über die genannten Anwendungsbereiche hinaus kleinmaßstäbliche topographische Kartierungen mit maßhaltigen Luftbildabzügen, auch von geneigten und konvergenten Aufnahmen. Die Verzerrungen des Stereomodells werden hierbei durch Rechengetriebe kompensiert. Dieses Gerät verbindet somit in ausgewogenem Maße die Möglichkeiten photogrammetrischer Auswertung und wissenschaftlicher Deutung des Luftbildinhaltes und schließt eine bisher bestehende Lücke zwischen diesen beiden großen Anwendungsbereichen.

In dem Maße, wie in den einzelnen Forschungszweigen die Ansprüche an eine quantitative Erfassung des Luftbildinhaltes gestiegen sind, wurden in Verbindung mit dem Grundinstrument, dem Stereoskop, eine Reihe zusätzlicher Geräte und Meßeinrichtungen entwickelt, auf deren Funktion jedoch erst bei der Besprechung spezieller Teilgebiete der Luftbildforschung eingegangen werden soll.

III. Technik und Methodik der Bildinterpretation

Motto: „Kein noch so vollkommenes Gerät kann den menschlichen Verstand völlig der Fähigkeit berauben, Fehler zu machen.“¹⁵⁾

Als wichtiges Ergebnis aller Veröffentlichungen, die in den letzten Jahren das komplexe Thema der Interpretationsmethoden behandelt haben, tritt die Tatsache heraus, daß es *die* (allein selig machende) Methode, Luftbilder wissenschaftlich zu „entschlüsseln“, nicht gibt und daß dementsprechend auch alle „Schlüssel“ (keys) nur von sachlich und räumlich eng begrenztem Gebrauchswert sein können. Weiterhin ergibt sich aber hieraus die Erkenntnis, daß es auch *den* (in allen Sätzen gerechten) Luftbildinterpreteten nicht geben kann in einer Zeit, wo sich dieses Forschungsmittel immer neue Anwendungsbereiche erschließt und wo auf jedem Gebiet eine Fülle von Spezialkenntnissen verlangt werden. So wird wohl auch die in einer hübschen amerikanischen Karikatur¹⁶⁾ vorausgesehene vollautomatische, elektromotorgesteuerte Photo-Interpretation immer ein Wunschtraum bleiben; denn selbst wenn durch ein mechanisches Ordnungssystem auch der vielfältige sachliche Inhalt von Luftbildern bis zu einem gewissen Grade klassifiziert werden kann,

so gilt das doch wohl kaum für die noch zahlreicheren möglichen Kombinationen (associations) der einzelnen Bildelemente, erst recht nicht für die verschiedenen, aus den Aufnahmebedingungen resultierenden unwägbaren Einflüsse, die nur ein erfahrener Interpret richtig beurteilen kann. Jedes Deutungs-System muß letztlich dem Auswertenden die Entscheidung über eine ganze Reihe von Möglichkeiten überlassen, und eine Entscheidung kann von diesem nur getroffen werden, wenn er über möglichst *vielseitige* Fachkenntnis und Erfahrung verfügt und jede Gelegenheit benützt, um das Ergebnis seiner Deutung im Gelände zu überprüfen. Wenngleich das Verfahren der Luftbildinterpretation für die verschiedensten wissenschaftlichen, wirtschaftlichen und technischen Spezialaufgaben mit Erfolg eingesetzt wird, erschließt sich die Gesetzmäßigkeit und Dynamik des gesamten Bildinhaltes doch erst demjenigen, der mit geographischem Wissen und Verständnis zu beobachten und zu vergleichen gewohnt ist und der es versteht, die vielfältigen Einzelercheinungen nicht isoliert zu betrachten, sondern zu einem geschlossenen Landschafts-Individuum zu verarbeiten. Hierbei kann aber eine Methode, die den durch natürliche und kulturelle, durch erloschene und fortwirkende Kräfte geformten Charakter einer Landschaft nach Art eines Lochkartensystems zu „entschlüsseln“ versucht, nur zu Teilergebnissen führen, in denen wesentliche Züge fehlen. Sie wäre vergleichbar dem Bestreben, das Wesen eines Menschen durch einen Fragebogen ganz zu erfassen.

1. Interpretations-Schlüssel

Diese Erkenntnis hat sich auch im amerikanischen Schrifttum durchgesetzt¹⁷⁾, wenn auch die dort von Anfang an sehr aktiven Bemühungen zur Schaffung brauchbarer „photo interpretation keys“ noch immer einen breiten Raum in den Diskussionen der Fachleute einnehmen. So wurde diesem Thema in „Photogrammetric Engineering“ 1955 ein eigenes „Symposium“ mit 9 Referaten aus den verschiedensten Anwendungsbereichen gewidmet. Kritisch angewandt, haben solche „Schlüssel“ auch durchaus ihre Berechtigung, sowohl für Unterricht und Ausbildung als auch für die praktische Massenarbeit nach großräumigen Lufterkundungen. Für die wissenschaftliche Auswertung des Luftbildmaterials stehen ja nicht immer höchstqualifizierte Kräfte in ausreichender

¹⁵⁾ Johnson (73): „No device, however perfect, can wholly deprive the human intellect of its capacity for making mistakes.“

¹⁶⁾ McNeil (41, S. 124).

¹⁷⁾ Stone (93, S. 131): „It is unlikely that the future of air photo interpretation procedures depends on the production of more interpretation keys . . . Keys have limitations. To use many of those available requires far more than average knowledge of the content of a field of study, making the key of primary value to only its inventor.“

Zahl zur Verfügung. In relativ einförmigen Gebieten wird man mit Erfolg auch weniger erfahrene Bearbeiter für „Entschlüsselungs“-Arbeiten einsetzen und sich dabei durch ziemlich eng gefaßte Arbeitsanweisungen gegen allzu phantasiereiche Deutungen sichern müssen. Die sowjetische Luftbildforschung, über die *Troll* (99) ausführlich berichtete, ist auch heute noch durch eine sehr straffe, hauptsächlich auf die Gewinnung quantitativer Ergebnisse abzielende Arbeitsweise gekennzeichnet.

Ein Interpretations-Schlüssel besteht, allgemein definiert, in einer Zusammenstellung aller in Luftbildern erkennbaren Unterscheidungsmerkmale bestimmter Landschaftselemente. Er soll durch systematisches Vorgehen von den allgemeinen zu den speziellen Merkmalen die Deutungsmöglichkeiten so weit als möglich einengen, vermag das aber natürlich nur innerhalb des sachlichen und geographischen Rahmens, für den der Schlüssel ursprünglich aufgestellt worden ist, und — was oft vergessen wird — auch nur innerhalb eines bestimmten Maßstabsbereiches.

Methodisch können die zu wissenschaftlicher Luftbildarbeit verwendeten Schlüsselssysteme in zwei große Gruppen eingeteilt werden:

1. „A u s w a h l - S c h l ü s s e l“, die auch dem relativ ungeübten Interpreten durch einfachen optischen Vergleich gestatten, dasjenige Beispiel aus der „Mustertafel“ herauszusuchen, das dem zu deutenden Objekt am nächsten kommt;

2. „E l i m i n a t i o n s - S c h l ü s s e l“: Hierbei wird ein systematischer Weg vorgeschrieben, um Schritt für Schritt alle Deutungsmöglichkeiten auszuschließen bis auf eine, die dem fraglichen Objekt möglichst weitgehend entspricht.

Beide Typen von Schlüsseln bestehen in der Regel aus Text und Stereogrammen. Während in den Auswahl Schlüsseln der Text die bildliche Darstellung nur unterstützt, bildet er bei den Eliminations-Schlüsseln die eigentliche Grundlage des Verfahrens.

Da bei der geographischen Luftbildauswertung die Erfassung des gesamten Landschaftscharakters wichtiger ist als die Deutung von Einzelformen, haben hier sog. „R e g i o n a l - S c h l ü s s e l“ eine besondere Bedeutung. Systeme, die nur die unmittelbar sichtbaren Erscheinungen zu klassifizieren versuchen („direkte Schlüssel“), versagen überall da, wo komplexe Beziehungen zwischen Boden, Wasserhaushalt, Klima und Vegetation bestehen; sie können nur zu ganz oberflächlichen Ergebnissen führen, wenn nicht aus anderen Quellen eine wirkliche Deutung der fraglichen Erscheinungen möglich wird. Dagegen wird bei solchen Verfahren, die von vornherein die Land-

schaft als einen Organismus zusammenwirkender Faktoren betrachten („Assoziations-Schlüssel“¹⁸), die Arbeit auf eine breite und tragfähige Grundlage gestellt und die wertvolle Möglichkeit einer Überprüfung und Bestätigung der Ergebnisse durch unabhängig von verschiedenen Forschungsrichtungen ausgehende Analyse gewonnen.

2. Systematik der Interpretation

Erfolgversprechender als eine zu enge Anlehnung an nur bedingt brauchbare Schlüssel-Systeme ist ein dem jeweiligen Zweck angepaßtes systematisches Vorgehen bei der Auswertung, unter Benutzung aller erreichbaren Informationen aus Karten, Literaturstudium und Geländearbeit. Hierfür haben sich aus der Praxis brauchbare Regeln herausgebildet, deren Beachtung Umwege und Zeit erspart. Nach *C. Troll* (96, 98) hat namentlich *H. T. U. Smith* aus umfassender Forschungs- und Lehr-Erfahrung heraus in zahlreichen Aufsätzen solche Regeln formuliert und in anregender Form in seinem Werk „Aerial photographs and their applications“ (153) für verschiedene Zweige der Erd-Wissenschaften dargelegt.

Beachtenswerte Gedanken zur allgemeinen Interpretationsmethodik hat auch *K. Stone* in mehreren Veröffentlichungen zum Ausdruck gebracht und Vorschläge insbesondere für die geographische Luftbildforschung in den folgenden 9 „basic steps“ zusammengefaßt¹⁹):

1. Studium des erreichbaren Quellenmaterials (Karten, Literatur);
2. Ordnung und Zusammenstellung des Bildmaterials;
3. Bestimmung des Maßstabes;
4. Einzeichnung von Orientierungspunkten auf den Luftbildern;
5. Herstellung eines Bildmosaiks vom gesamten Untersuchungsgebiet;
6. Bestimmung des Verhältnisses der stereoskopischen Überhöhung;
7. Eingehendes stereoskopisches Studium der Original-Luftbilder vor der Geländebegehung;
8. Geländebegehung mit Luftbildern und Stereoskop;
9. Nochmalige stereoskopische Betrachtung und systematische Zusammenfassung der aus den Schritten 1—8 gewonnenen Ergebnisse.

¹⁸) Wie der Name andeutet, wird hier nicht die Einzelform, sondern die Art der Gruppierung und Vergesellschaftung verschiedenster Bildelemente zu einem charakteristischen Komplex für die Deutung herangezogen. Dabei können aus sichtbaren Bildelementen unsichtbare, aber erfahrungsgemäß zum Gesamtkomplex gehörige Erscheinungen abgeleitet und hierauf weitere Folgerungen aufgebaut werden. (Vgl. *Heath*, G., 70).

¹⁹) *Stone* (93).



Bild 1: Abschnitt der Nordküste und des Nordgebirges von Cypern, etwa 30 km östlich von Kyrenia.

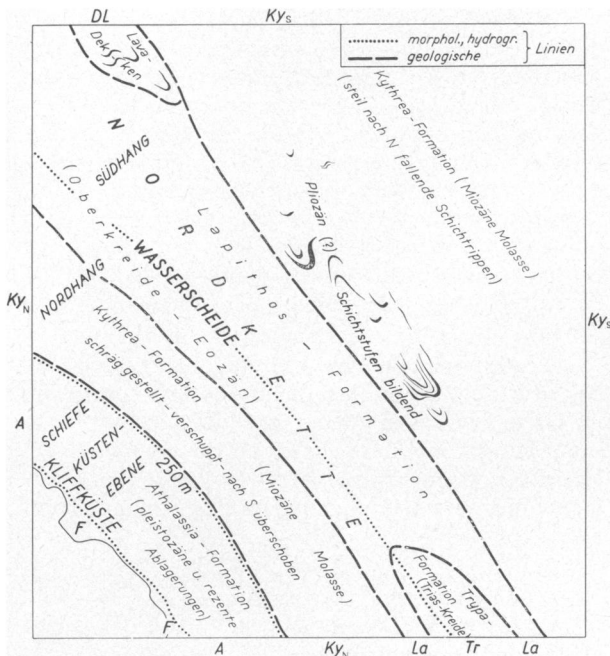


Abb. 1: Strukturskizze des Luftbildes Nordküste von Cypern.

Bildinterpretation und Entwurf der Legende unter Verwendung des Aufsatzes von W. F. Schmidt: Zur Morphologie und Landschaft von Cypern (Petermanns Mitteilungen 1956, S. 268-277) sowie der Geological Map of Cyprus von R. V. Browne und J. McGinty, 1940 (Maßstab 1: 253 440).

Legende:

morphologisch, hydrographisch		geologisch	
F	Fladküste	A	Athalassia-Formation, bestehend aus pleistozänen und rezenten Ablagerungen.
Kl-Kl	Kliffküste	KYn	Kythrea-Formation (Nordhang): Miozäne Molasse, schräg gestellt, verschuppt, nach Süden überschoben.
KE	Schiefe Küstenebene, vom Klifftrand bis zu etwa 250 m Höhe ansteigend, durch Kerbtäler gegliedert.	La	Lapithos-Formation (Oberkreide-Eozän).
NH	Nordhang des Nordgebirges, weitgehend bewaldet, da regenbringende NW-Winde sich hier stauen und höhere Niederschläge die Wiederaufforstung erleichtern.	Tr	Trypa-Formation (Trias-Kreide, größtenteils metamorph. Vom Bildrande 1,5 km ostwärts ausgehend).
W-W	Wasserscheide des Nordgebirges mit Höhen um 600 bis 700 m.	DL	Deckenlava, kretazisch.
SH	Südhang des Nordgebirges, fast unbewaldet, wesentlich trockener als Nordhang (im Lee der feuchten NW-Winde). Dörfer an den Quellaustritten, vor allem längs der Randverwerfungen zwischen den alten (Trypa- und Lapithos-) Kernschichten und der Kythrea-Formation. Ausgeprägte Schichtstufen und Verebnungen in den Pliozän(?) - Deckschichten. Nach Süden hin ist durch junge Erosion in den steilgestellten Kythrea-Schichten eine ausgeprägte Schichtstufenlandschaft entwickelt (wasserarm und siedlungsleer).	PI(?)	Pliozän(?) in muldenförmiger Lagerung.
		KYs	Kythrea-Formation (Südhang, steil nach N einfallend).

Maßstab des Luftbildes etwa 1 : 35 000.

Natürlich sind solche methodische Empfehlungen, wie sie u. a. auch durch von Frijtag Drabbe (Niederlande)²⁰, Cosma (Italien)²¹, Hagen (Schweiz)²², Linton (England)²³, Pillewizer (Deutschland)²⁴ für die praktische Luftbildarbeit zusammengestellt worden sind, in ihrer Anwendung durchaus elastisch. Je nach dem vorhandenen Quellen- und Bildmaterial und den gegebenen Möglichkeiten zu Geländearbeiten wird sich das Schwergewicht bald auf die Übersicht der großen Zusammenhänge, bald auf die Klärung spezieller Fragen konzentrieren.

Insbesondere ist bei geographischen Anwendungen die Reihenfolge der Interpretationsarbeiten nicht an ein bestimmtes Schema gebunden, sondern wird durch den Charakter der Landschaft, durch das jeweils im Mittelpunkt stehende Problem und nicht zuletzt durch aufnahmetechnische Notwendigkeiten weitgehend abgewandelt. In ariden Räumen wird der Blick schon unmittelbar auf das morphologische Bild und die geologische Struktur gelenkt; im tropischen Regenwald dagegen gilt das Interesse zuerst der Vegetationsgliederung, aus der sich dann erst mittelbar geologische und bodenkundliche Folgerungen ergeben. Bei kultur- und wirtschaftsgeographischen Arbeiten wird das vom Luftbild in allen Einzelheiten dargestellte Gefüge der Siedlungs- und Bodennutzungsformen und der Verkehrswege über größere Räume hinweg zunächst auf Photomosaiks verglichen und untersucht werden müssen. Danach bietet häufig die stereoskopische Betrachtung die Möglichkeit zu entscheiden, wie weit gewisse örtliche und regionale Abwandlungen in den kulturgeographischen Formen auf natürliche Faktoren (Relief, Boden, Wasserverhältnisse) oder auf menschliche Einflüsse zurückzuführen sind. In den seltensten Fällen wird die Fülle der Einzelercheinungen und Zusammenhänge von einem einzelnen Interpreten ganz erfaßt werden können. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit enger Zusammenarbeit mit Fachvertretern anderer Wissenschaften auch bei Aufgaben spezieller Zielsetzung.

Zur Systematik der Interpretation gehört schließlich auch die Form, in der die Einzelergebnisse der Deutung registriert, geordnet und zueinander in Beziehung gesetzt werden. Hier muß besonders die Forderung von T. Hagen (69, S. 223) unterstrichen werden, sich über alle erkannten formalen, funktionalen und genetischen Zusammenhänge durch graphische Darstellung

²⁰) v. Frijtag Drabbe (66, 67).

²¹) Cosma (64).

²²) Hagen (69).

²³) Linton (79).

²⁴) Pillewizer (84).

Rechenschaft zu geben, d. h. also, Zusammenhöriges auf einzelnen über die Luftbilder oder das Photomosaik gelegten Deckpausen zusammenzufassen und durch Übereinanderlegen der einzelnen Deckpausen die Beziehungen zwischen den einzelnen natur- und kulturräumlichen Komplexen herzustellen. Mit dieser graphischen Zusammenfassung der Interpretation wird zugleich eine Brücke geschlagen zur kartographischen Auswertung des Luftbildinhalts; sie bildet die Vorstufe zu einer thematischen (geologischen, bodenkundlichen, pflanzensoziologischen, landwirtschaftlichen usw.) Kartierung, indem sie, jedenfalls in groben Umrissen, die Abgrenzung bestimmter Räume mit gleicher oder ähnlicher Ausstattung bzw. Nutzungsform ermöglicht.

Über die zweidimensionale Form der Darstellung (durch Linien und Flächen) hinaus regt die stereoskopische Betrachtung und Deutung von Luftbildern, besonders für geologische und geomorphologische Zwecke, zum Entwurf von Blockdiagrammen an. Solche Blockbilder sind gleichsam zeichnerische Abstraktionen von geologisch interpretierten Luftbild-Stereopaaren; sie können nach Senkrecht- und Schrägaufnahmen in beliebiger Blockstellung, Perspektive und Überhöhung freihändig entworfen werden und geben die wertvolle Möglichkeit, erkannte oder vermutete Zusammenhänge zwischen Struktur und Relief dreidimensional und leicht verständlich darzustellen. Die methodisch anregende Arbeit von *Hagen* (69) zeigt an gut gewählten Beispielen aus Südafrika und aus dem Schweizer Jura den großen didaktischen Wert solcher nach Luftbildern gezeichneter Blockdiagramme, die besser als Karten und Profile geeignet sind, in die zur Luftbildauswertung unerläßliche Raumvorstellung einzuführen.

3. Lehrbücher und Ausbildungsfragen

Zur Einführung in die Theorie und Praxis der Luftbildinterpretation gibt es im Augenblick wohl kein besseres Lehrbuch als das schon genannte Werk von *H. T. U. Smith* (153), das in „photo-geologischen“ Kursen an amerikanischen Hochschulen sich gut bewährt hat. Ein vergleichbares Lehrbuch in deutscher Sprache existiert noch nicht. Es sei aber an die von der früheren „Hansa-Luftbildgesellschaft“ in den 30er Jahren und während des Krieges herausgegebene Reihe „Luftbild und Luftbildmessung“ erinnert, die in ihrer Gesamtheit ein hervorragendes und ausgezeichnet interpretiertes Bildmaterial, zum Teil in Anaglyphendruck, enthält. Heft 16 (Luftbild und Vorgeschichte, 1938) und Heft 20 (Luftbild und Geomorphologie, 1941) gehören zu den besten Bänden dieser Reihe.

Ein gleichfalls sehr inhaltsreiches und mit Luftbildern aus England gut ausgestattetes Werk von *F. Walker* (158): „Geography from the air“ kann jedoch zur Einführung weniger empfohlen werden, weil hier Luftbilder und zugehörige Erläuterungen räumlich getrennt stehen und erst über einen umständlichen Buchstaben-Schlüssel mühsam miteinander in Verbindung gebracht werden müssen; ein Beispiel dafür, wie auch das beste Bildmaterial durch unzweckmäßige redaktionelle Gestaltung viel von seinem Erkenntniswert verlieren kann.

Zur Zeit sind in den Vereinigten Staaten Arbeiten für ein Handbuch der Photo-Interpretation im Gange. Es ist zu hoffen, daß durch die Mitwirkung europäischer Gelehrter an diesem Werk ein allgemein brauchbares, nicht nur auf amerikanische Verhältnisse zugeschnittenes Kompendium entsteht.

Detaillierte Vorschläge für die Gliederung eines Lehrbuchs der geographischen Luftbildforschung hat auch *J. Kral* (148) anlässlich der Internationalen Geographentagung in Washington 1952 vorgelegt. Zwar erscheint der darin umspannte Kreis von Disziplinen, der auch Archäologie, Ethnographie und Planung umfassen soll, selbst für den dehnungsfähigen Begriff „Geographie“ als reichlich weit gefaßt. Beachtung verdient aber der Vorschlag, dem Lehrbuch einen umfangreichen Bildatlas anzugliedern, in dem Einzel-Luftbilder, Stereogramme, Anaglyphen usw. systematisch den Textteil ergänzen und erläutern sollen.

Als beispielhaft in dieser Richtung durch harmonischen Zusammenklang von Karte, Luftbild und Text darf der vom Institut Géographique National, Paris, 1956 herausgegebene „Atlas des Formes du Relief“ (128) beurteilt werden. Auch sonst sind von französischer Seite in den letzten Jahren eine Anzahl Werke erschienen, die über den nationalen Rahmen hinaus allgemeines Interesse verdienen, da sie geeignet sind, Verständnis für das Luftbild in weiteste Kreise zu tragen. Während z. B. in einem Buch von *E. de Martonne* (142) und in einem von *P. Chombart de Lauwe* herausgegebenen Sammelwerk (140) die Bedeutung der Luftfahrt und die im Luftbild liegenden Möglichkeiten in Wort und Bild fesselnd umrissen werden, vermittelt der prächtig ausgestattete erste Band einer neuen Bildatlas-Reihe²⁵ eine lebendige Anschauung von der Vielfalt der südfranzösischen und korsischen Landschaft.

²⁵ Atlas Aérien (138), bearbeitet von *P. Deffontaines* und *M. Jean-Brunhes Delamarre*. 1956 ist auch der zweite Band dieses auf fünf Bildbände berechneten Gesamtwerkes erschienen: Bretagne, Val de Loire, Sologne et Berry, entre Loire et Gironde.

Schließlich sei an dieser Stelle noch besonders auf zwei japanische Veröffentlichungen aufmerksam gemacht (150 und 150a), die mit ihrem sorgfältig ausgewählten und vorzüglich wiedergegebenen Bildmaterial beweisen, wie rasch und wirkungsvoll es die Japaner verstanden haben, vor allem nach der Wiedererlangung der Lufthoheit seit 1952, das Luftbild bei der Lösung drängender Forschungs- und Planungsaufgaben im eigenen Lande einzusetzen. Daß es nach knapp 2jährigen Bildflügen zumeist privater Gesellschaften gelungen ist, aus diesen Aufnahmen eine vorbildliche Landeskunde Japans in Luftbildern (150a) mit ausführlichem japanischem und kurzem englischem Text zusammenzustellen, ehrt ebenso die wissenschaftliche Leistung der geographischen Arbeiter wie die Großzügigkeit und Aufgeschlossenheit der japanischen Luftbildfirmen und Planungsbehörden. —

Bei der Ausbildung von Luftbild-Interpreten an Hoch- und Fachschulen hat sich eine enge Verbindung zwischen photogrammetrischer Technik einerseits und wissenschaftlicher Forschung andererseits als zweckmäßig erwiesen. Eine ausreichende Kenntnis der photogrammetrischen Grundlagen ist auch für den allein am Inhalt eines Luftbildes interessierten Forscher wichtig, denn nur mit solcher Kenntnis ist er in der Lage, die Grenzen und Möglichkeiten der optischen Abbildung und Wiedergabe eben dieses Inhaltes zutreffend zu beurteilen. Immer aber muß das Hauptgewicht auf der fachwissenschaftlichen Arbeit liegen, in der das Luftbild nur eines neben zahlreichen anderen Hilfsmitteln darstellt. Wenn man bedenkt, daß an vielen Colleges, Universitäten und Technischen Hochschulen in den Vereinigten Staaten und Kanada der Interpretation von Luftbildern im Rahmen des Geologie- und Geographie-Studiums jeweils mehrere Wochenstunden gewidmet werden, so kann man ermes sen, auf welcher breiter Basis hier mit gut ausgebildeten Kräften Luftbildforschung betrieben werden kann, zumal diesen Instituten ja auch die entsprechenden Geräte und größere Bildarchive zur Verfügung stehen²⁶⁾.

In Europa hat sich das 1951 begründete „International Training Centre for Aerial Survey“ in Delft (Holland) mit seinen Unterabteilungen für geologische, bodenkundliche und forstliche Photogrammetrie zu einem Mittelpunkt der Luftbildforschung im weitesten Sinne entwickelt. Der hier verwirklichte internationale Erfahrungsaustausch durch Vorträge, praktische Kurse und eine umfangreiche Bibliothek kommt freilich nur einer relativ kleinen Gruppe von Wissenschaftlern zu-

gute und kann demgemäß mit der in Amerika auf breiter Grundlage betriebenen Ausbildung nicht unmittelbar verglichen werden. —

Zum Schluß dieses Kapitels seien noch einige grundsätzliche Bemerkungen der für Forschung und Ausbildung gleich wichtigen stereoskopischen Wahrnehmung gewidmet:

Beim Betrachten von Einzel-Luftbildern treten häufig in verstärktem Maße Schwierigkeiten der räumlichen Vorstellung in Erscheinung, die ähnlich auch bei Reliefkarten mit ungewohnter (Süd-) Beleuchtung zu beobachten sind. Die mit der normalen Einfallrichtung des Lichtes (von links oder links oben) meist nicht übereinstimmende Schattenrichtung auf den nach N orientierten Luftbildern bedingt oft eine Umkehrung des Raumeindrucks. Dazu kommt weiterhin, daß die große Zahl von Einzelheiten, die das Luftbild im Vergleich zur Karte gleichen Maßstabes zeigt, nur selten mit einem Blick erfaßt und räumlich gegliedert werden kann, es sei denn in Gebieten geringen Reliefs und einfacher Bodennutzungsformen. Schließlich bedarf es auch längerer Erfahrung und Übung, um die (je nach Filmsorte und Flughöhe verschiedenen) Schwarz-Weiß-Abstufungen der Photos zu den Helligkeits- und Farb-Abstufungen der Landschaft in richtige Beziehung setzen zu können.

Ein großer Teil der genannten Schwierigkeiten wird indessen durch die stereoskopische Betrachtung von Bildpaaren überwunden. Freilich sind nur etwa 90% aller Menschen zu beidäugigem Raumbesehen befähigt; bei etwa 10% fehlt dieses Vermögen wegen zu starker Unterschiede in der Sehkraft der beiden Augen. Die Prüfung des stereoskopischen Sehvermögens ist deshalb eine wichtige Voraussetzung vor Beginn jeder Interpretationsarbeit. Es wurden hierfür gerade in den letzten Jahren eine ganze Reihe von Prüftafeln und Testverfahren entwickelt, von denen einige sogar eine zuverlässige quantitative Bestimmung der räumlichen Sehschärfe gestatten²⁷⁾.

Da bei Luftbildpaaren die Tiefenwahrnehmung im Verhältnis der Aufnahmebasis zur Augenbasis, also mehrtausendfach verstärkt wird, ist es möglich, auch kleinste Höhenunterschiede zu erkennen und mit dem Stereometer auszumessen. Die kleinste unterscheidbare Höhendifferenz hängt bei gegebener Aufnahmeoptik also im wesentlichen von der Flughöhe, der Aufnahmebasis (300—3000 m) und von dem Grenzwinkel ab, unter dem zwei Punkte bei beidäugigem Sehen gerade noch voneinander getrennt wahrgenommen werden (normal etwa 20"). Durch Übung kann dieser Grenzwinkel erheblich verkleinert und das Tie-

²⁶⁾ Smith (132).

²⁷⁾ Moessner (111).

fenwahrnehmungsvermögen entsprechend verbessert werden.

Über die physikalischen und physiologischen Zusammenhänge des räumlichen Sehens besteht eine umfangreiche Literatur. Elementare Kenntnisse wenigstens der geometrisch-optischen Beziehungen sind auch für die Luftbildinterpretation notwendig, um den Einfluß langer und kurzer Aufnahmebrennweiten und unterschiedlicher Aufnahmebasen auf das Raumbild richtig abschätzen zu können. Die bei Weitwinkelaufnahmen besonders starke Überhöhung kann leicht zu einem derart übertriebenen Raumeindruck führen, daß ein sanft zerschnittenes Plateau als wildbewegte „hogback“-Landschaft erscheint. Darüber hinaus ist es bei quantitativen Auswertungen, wenn etwa dem Raummodell Höhendifferenzen und Neigungswinkel entnommen werden sollen, unerlässlich, die durch die Aufnahmeoptik, durch geringe Neigung und Verschwenkung der Kamera bedingten Modellverbiegungen erkennen und berücksichtigen zu lernen. Zur Theorie und praktischen Lösung dieser vor allem für Geologen und Geomorphologen recht wichtigen Fragen haben u. a. *Desjardins* (103, 104), *Hagen* und *Rutishauser* (107), *Miller* (109), *Aschenbrenner* (101) und *Treece* (116) Wesentliches beigetragen.

IV. Das Luftbild in der geologischen Forschung

Eine lebenswichtige Aufgabe bildet in unserem von der Technik beherrschten Zeitalter die rationale Erkundung und Erschließung der mineralischen Rohstoffe und Kraftquellen der Erde. Unter ihnen wird noch auf Jahrzehnte hinaus das Erdöl eine führende Rolle behaupten. Nur durch die Verbindung moderner geophysikalischer Prospektionsmethoden mit der geologischen Auswertung von Luftaufnahmen war es möglich, den ungeheuer gewachsenen Bedarf an Treibstoffen durch Erschließung immer neuer Lagerstätten zu befriedigen, so daß das bis vor kurzem pessimistische Bild bezüglich der Welt-Erdölreserven heute als überholt gelten kann.

Jedoch nicht nur bei der Erdöl-Exploration, sondern auch beim Aufsuchen von Erz-Lagerstätten und für eine damit Hand in Hand gehende allgemeine geologische Kartierung kann heute keines der großen Rohstoffländer der Erde mehr auf intensive Lufterkundung verzichten, bildet diese doch in unvollständig oder gar nicht topographisch aufgenommenen Räumen die einzige Möglichkeit, um genügend rasch und genügend genau diejenigen Strukturen zu erkennen, unter denen Lagerstätten vermutet und wo entsprechende Untersuchungen am Boden überhaupt mit Aussicht auf Erfolg angesetzt werden können.

Dies gilt uneingeschränkt freilich nur von den Trockengebieten, in denen die geologischen Strukturen offen zutage treten und sich auf den Luftaufnahmen in überraschender Klarheit zu einem detaillierten Bild des geologisch-tektonischen Gefüges zusammenschließen. Gewässernetz, Verwitterungsformen, Bodenfarbe und Pflanzenkleid überlagern und verdecken sich hier nicht, sondern bleiben nebeneinander erkennbar, den morphologischen Befund ergänzend und betonend.

Anders in Gebieten mit dichter Waldbedeckung, insbesondere mit urwaldartiger tropischer Vegetation: Hier vermag zwar neben dem Vegetationsgefüge auch die Anlage und Ausbildung des Gewässernetzes wichtige Hinweise geologischer Art zu geben; insbesondere auffallend geradlinige Flußstrecken und Wasserfälle sind häufig tektonisch (durch Klüfte, Verwerfungsspalten, Quarzgänge) bedingt. Auch die ausgeprägten Großformen (Schichttrippen und Schichtstufen, Härtlinge, Aufschüttungsebenen und Karstgebiete) wird das Luftbild unter einer dichten Vegetationsdecke mehr oder minder klar erkennen lassen. Dagegen macht die Festlegung feinerer petrographischer Grenzen große Schwierigkeiten, wenn als Anzeiger dafür nur Vegetationsunterschiede herangezogen werden können. Solche Schwierigkeiten können aber weitgehend durch Mitwirkung von Pflanzensoziologen und Pedologen bei der Luftbildauswertung überwunden werden, wie dies z. B. im „Centraal Bureau Luchtkaartering“ (Surinam)²⁸⁾ sich ausgezeichnet bewährt hat.

Es liegt im Wesen der „photogeologischen“ Methode, daß hierbei in weit stärkerem Maße, als es im allg. bei geologischen Aufnahmearbeiten sonst der Fall ist, das sorgfältige Studium der Geländeformen im Vordergrund steht. Die im Luftbild oft erstaunlich klar hervortretende Struktur des Untergrundes und die morphologische Ausprägung der Gesteinstypen liefern ein Grundgerüst für die weitere qualitative und quantitative geologische Deutung, wie es mit anderen Methoden so vollständig kaum gewonnen werden könnte. *J. Krebs*, dem wir eine der anregendsten und ergebnisreichsten Arbeiten im Dienste der „Bataafschen Petroleum Maatschappij“ auf Neuguinea verdanken²⁹⁾, hat dies sehr treffend folgendermaßen zum Ausdruck gebracht: „Photogeologie bedeutet in allererster Linie und ganz besonders für unerforschte Gegenden geologische Interpretation des morphologischen Bildes einer Landschaft an Hand von Flugphotographien“³⁰⁾. Somit werden auch viele mit rein geomorphologischer Fragestellung

²⁸⁾ *Zonneveld* (100).

²⁹⁾ *Krebs* (203).

³⁰⁾ zitiert bei *Helbling* (197), S. 39.

aus Luftbildern gewonnene Ergebnisse (namentlich in unkartierten Gebieten) für den Geologen höchst bedeutungsvoll, wie andererseits die aus der geologischen „Maßarbeit“ erhaltenen Daten über Fallwinkel, Schichtmächtigkeiten usw. die Deutung des Morphologen auf eine sichere Grundlage stellen.

Die Auswertung von Luftbildern hat sich vor allem bei den folgenden geologischen Aufgaben als erfolgreich erwiesen:

1. in der Lagerstättenforschung (Erdöl- und Erz-Exploration),
2. für allgemeine geologische Kartierung (Übersichts- und Spezialaufnahme),
3. für ingenieurgeologische Untersuchungen.

1. Erdöl-Geologie

Das Schwergewicht liegt zweifellos im Bereich der Lagerstättenforschung, insbesondere der Erdöl-Geologie. Hier stellen gerade die noch unkartierten und mit terrestrischen Methoden vielfach unkartierbaren Regionen der Erkundung aus der Luft besonders lohnende Aufgaben. Während im Normalfalle die topographische Karte die Grundlage der geologischen Aufnahme bildet, wird in derartigen schwer zugänglichen Gebieten die photogeologische Arbeitskarte gleichzeitig zur Grundlage der topographischen Aufnahme. Voraussetzung hierfür ist allerdings eine sorgfältige Planung der Bildflüge und der dazu notwendigen Vorbereitungen³¹⁾, um sicherzustellen, daß die Aufnahmen sowohl für die Erkundung der Bodenschätze wie auch für die Triangulation und als Kartengrundlagen voll brauchbar sind. Überhaupt sind Organisation und Koordination der Auswertungs- und Geländearbeiten für deren Erfolg von ausschlaggebender Bedeutung, wie dies u. a. J. Krebs für ein tropisches Gebiet dargelegt hat³²⁾.

Gehemmt durch Vorstellungen und Gewohnheiten, die aus den bisher üblichen Methoden der geologischen Feldaufnahme auf das neue luftphotogrammetrische Verfahren übertragen wurden, haben die Geologen erst verhältnismäßig langsam und nach erheblichen Umwegen die Möglichkeiten des stereoskopischen Luftbildes voll erkannt und ausgenutzt. Anfangs benutzte man nur

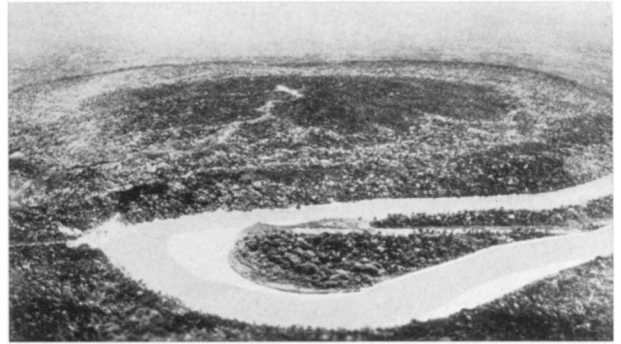


Bild 2: Erdölführende Antiklinale „Ganso Azul“ am Rio Pachitea, einem Nebenfluß des Rio Ucayali (Peru).

Die etwa 6 km lange, mit ihrer Längsachse nach NNW gerichtete ovale Sattelstruktur liegt im Übergangsgebiet der peruanischen Ost-Kordillere zur großen Amazonas-Ebene. Sie wurde 1928 durch den Geologen M. R. Moran vom Flugzeug aus entdeckt und von Arnold Heim 1947 zum Gegenstand eingehender stratigraphischer und tektonischer Untersuchungen auf Grund der Bohrprofile gemacht^{*)}.

*) Heim, A.: Croquis tectónico del campo petrolífero de Ganso Azul, Rio Pachitea, Peru. — Boletín oficial de la Dirección de Minas y Petróleo, No. 79, Lima 1947. — Diese Arbeit ist auch die obige Aufnahme entnommen.

unkontrollierte Photomosaiks als Arbeitsunterlagen für die Feldaufnahme, legte besonderen Wert auf Erkundungsflüge mit direkter Beobachtung aus der Luft und betrachtete die mit Überdeckung aufgenommenen Original-Luftbilder lediglich als Rohmaterial für die Mosaikkartenherstellung. Erst die durch den intensiven Umgang mit Luftbildern angeregten Bemühungen, deren Inhalt möglichst vollständig zu deuten und für die Lösung der geologischen Probleme nutzbar zu machen, führten allmählich zu einer Gewöhnung an die stereoskopische Arbeitsweise und damit praktisch zu einer Umgestaltung des bisherigen Aufnahmeverfahrens. Während man bis dahin die Feldaufnahme (mit Hilfe von Photomosaiks) an den Anfang der Kartierung gestellt hatte, lieferte nun die gründliche stereoskopische Auswertung der Originalaufnahmen, zusammengestellt in einer geologischen Photokarte, eine wesentlich bessere Grundlage für die nachfolgenden Aufnahmen im Felde. Selbst in völlig unbekanntem Gelände kann also der kartierende Geologe, da er schon vor Beginn der Feldaufnahmen über eine reichhaltige Orientierungs- und Arbeitskarte mit eingezeichneten Störungen, Aufschlüssen, Gesteinsgrenzen usw. verfügt, seine Begehungen zweckmäßig einrichten. Im Rahmen größerer Explorations-Unternehmungen in unerforschten Gebieten wird im allgemeinen die Geländekartierung und die Auswertung der Luftbilder von verschiedenen Arbeitsgruppen vorgenommen werden müssen,

³¹⁾ Hierzu gehört u. a. die Wahl geeigneter Flugplätze, die Bereitstellung des Treibstoffs, die langfristige Beobachtung der Klima- und Wetterverhältnisse, um den günstigsten Zeitpunkt für die Bildflüge sofort nutzen zu können; ferner die Auswahl markanter Bodenpunkte für astronomische Ortsbestimmungen und schließlich die Einrichtung einer leistungsfähigen kartographischen und phototechnischen Abteilung für die laufende Bearbeitung und Vervielfältigung der Aufnahmen und Arbeitskarten.

³²⁾ Krebs, J.: Über die Entwicklung der Photogeologie in wenig erforschten Gebieten. In: *Helbling* (197), S. 107 bis 121.

wobei es besonders wichtig ist, daß die Ergebnisse beider Gruppen möglichst rasch ausgetauscht und auf den Photokarten sofort berücksichtigt werden. In vielen Fällen kann es aber auch von Vorteil sein, wenn der im Gelände kartierende Geologe selbst die Interpretation der Luftbilder seines Aufnahmebereichs durchführt, weil auf diese Weise eine besonders enge Verbindung beider Verfahren möglich ist und die Gefahr von Fehldeutungen wesentlich verringert wird.

Unabhängig von ihrem wirtschaftlichen Erfolg liefert jede Erdöl-Erkundung aus der Luft eine Fülle von wissenschaftlichen Erkenntnissen und Arbeitsgrundlagen, auch für andere Forschungszweige. Die planmäßige geologische, boden- und vegetationskundliche Aufnahme, die in unwirtlichen Trockengebieten nur mit einem nicht zu verantwortenden Aufwand an Zeit, Geld und menschlicher Arbeitskraft durchgeführt werden könnte, tritt nunmehr erst in ein Stadium rationaler Verwirklichung. Das Luftbild, das dem Geologen die Erdöl versprechenden Antiklinalen zeigt und ihm in unbekanntem Gelände als zuverlässiger Führer dient, offenbart dem, der es richtig zu deuten versteht, mancherlei ökologische, vom Boden aus nicht erkennbare Zusammenhänge. Die Anordnung des Gewässernetzes, die Verteilung und Zusammensetzung des Pflanzenkleides, Unterschiede in der Bodentönung usw., alle diese auch für geologische Fragen wichtigen Erscheinungen, können von einem erdgebundenen Forscher selten zusammenhängend studiert und verglichen, sondern nur punktweise entlang der Aufnahme route registriert werden. Das Luftbild erst gibt die Möglichkeit, solche systematischen oder zufälligen Beobachtungen im großen Zusammenhang und in einheitlicher Perspektive zu sehen.

Den Wert von Luftbildern für großräumige Erkundungen hatte man schon erkannt, bevor die systematische stereoskopische Auswertung solcher Aufnahmen sich allgemein durchsetzte. Am Anfang jeder erdölgeologischen Prospektion steht ja meist das Problem, innerhalb eines riesigen Areals ohne ausreichende topographische Unterlagen diejenigen Gebiete herauszufinden, die auf Grund ihrer Gesteinsbeschaffenheit und Struktur Aussicht auf erfolgreiche Bohrungen bieten. Von der Lösung dieses Problems innerhalb kürzester Zeit hängt oft, besonders wenn es sich um Konzessionen im Ausland handelt, der wirtschaftliche Erfolg des ganzen Unternehmens ab. Die Schnelligkeit und Leistungsfähigkeit der Lufterkundung, nach deren vorläufigen Ergebnissen die Felduntersuchungen zweckmäßig und zeitsparend angesetzt werden können, hatte sich augenfällig bereits in den Jahren 1935—1938 auf Neuguinea gezeigt, wo innerhalb von knapp 3 Jahren 100 000 qkm

schwer zugänglichen und größtenteils völlig unbekanntem Urwaldgebietes so weit erkundet und kartiert wurden, daß danach die als Öllagerstätten in Frage kommenden Faltenzüge einwandfrei bestimmt werden konnten. Mit herkömmlichen Methoden, also ohne „Vorkartierung“ aus der Luft, wäre für eine ausreichende Klärung der Lagerungsverhältnisse mindestens der vierfache Zeitbedarf notwendig gewesen³³⁾. In den ariden und semiariden Räumen, die den Hauptteil der Welt-Erdölreserven bergen, sind natürlich die Voraussetzungen noch weit günstiger. Die klare, dunst- und wolkenfreie Atmosphäre und die lockere oder gänzlich fehlende Vegetation erleichtern ganz wesentlich die Aufnahme und geologische Auswertung der Luftbilder sowie die Organisation der Bildflüge. So wird in diesen Gebieten die luftphotogrammetrische Erkundung mit Senkrecht-, Schräg- und „Trimetrogon“-Bildreihen zur weitaus wirtschaftlichsten Kartierungsmethode, die es ermöglicht, die Erdölsuche mit der großflächigen Neuaufnahme oder Ergänzung geologischer und topographischer Karten zu verbinden.

Über Umfang und Ergebnisse der mit Hilfe von Luftbildern in allen Erdteilen zur Zeit laufenden oder vor kurzem abgeschlossenen Erdöl-Explorationen ist nicht leicht ein klarer Überblick zu gewinnen, da über die von privaten Firmen beispielsweise in Süd- und Ostasien, im Nahen Osten und in Südamerika angewandten Methoden nur wenige Nachrichten vorliegen. Die Berichte zu den internationalen Tagungen für Photogrammetrie (1952, 1954, 1956) lassen in Amerika folgende Schwerpunkte erkennen:

Vereinigte Staaten (Küstengebiet von Louisiana³⁴⁾, Texas^{35, 36)}, Colorado-Plateau, Tertiärbecken von NW-Utah, Nord-Alaska^{37, 38)};

Kanada (Bergland von British-Columbia und Alberta)³⁹⁾;

Südamerika (Venezuela⁴⁰⁾ und Peru⁴¹⁾.

Daß bei den großen Anstrengungen der Sowjetunion, in Zentralasien und im Fernen Osten (Sachalin) tragfähige Erdöl-Basen aufzubauen, die luftphotogrammetrische Methode eine große Rolle spielt, kann mit Sicherheit angenommen werden. Besser bekannt sind uns neuerdings die Unternehmungen der Franzosen, um auf einer Fläche von etwa 500 000 qkm Erdölreserven in der Nord-

³³⁾ Krebs, J.: Die photogeologischen Aufnahmen auf Neuguinea. In: *Helbling* (197), S. 117.

³⁴⁾ de Blioux (166).

³⁵⁾ Desjardins (178).

³⁶⁾ Lattman (208).

³⁷⁾ Wengerd (252).

³⁸⁾ Fisher (183).

³⁹⁾ Lang (206).

⁴⁰⁾ Lang (207).

⁴¹⁾ Schneeberger (236).

Sahara zu erschließen⁴²⁾, die, wie jüngste Nachrichten erkennen lassen, zu beachtlichen Erfolgen geführt haben⁴³⁾. Diese Erfolge wurden in erster Linie erreicht durch die hervorragende Ausbildung der Geologen in dem neu gegründeten „Institut Français du Pétrole“ und durch die systematische Verbindung geophysikalischer und photogeologischer Verfahren⁴⁴⁾.

2. Quantitative Auswertung

Unter der zwingenden Notwendigkeit, die Suche nach Erdöl und sonstigen Mineralvorkommen immer weiter in unzugängliche Wüstenräume und in undurchdringliche Regenwälder vorzutreiben, sind in den letzten 20 Jahren die Methoden der photogeologischen Prospektion von der rein qualitativen Deutung des morphologischen Bildes fortgeschritten zu einer quantitativen, messenden Auswertung des stereoskopischen Modells, deren Ergebnis eine brauchbare geologisch-topographische Karte, eine „Strukturishypsenkarte“, darstellt⁴⁵⁾.

In vielen Fällen erlauben nämlich die Luftaufnahmen eine genauere quantitative Aussage, beispielsweise über die relative Höhenlage von markanten Geländepunkten oder über Streichrichtung und Fallwinkel eines Schichtenverbandes, als man sie im Gelände an einzelnen wenigen Aufschlüssen mit Barometer, Kompaß und Klinometer gewinnen könnte. Bei der stereoskopischen Betrachtung des Geländemodells wird man ja nicht durch Luftdruckänderungen, Zeitmangel und unwegbares Gelände behindert; man kann also notwendige Messungen an geeigneten Punkten beliebig oft wiederholen, man kann die Streichrichtung und Neigung der Schichten auf längere Strecken verfolgen und die Sprunghöhen von Verwerfungen bestimmen. So bekommt man schließlich aus der Summe zahlreicher Einzelmessungen recht zuverlässige Mittelwerte. Die Schwierigkeiten, die sich bei stereoskopischen Fallwinkelmessungen durch die Zentralperspektive und starke Überhöhung des Modells ergeben, sind weitgehend zu vermeiden, wenn man die randlichen Bildteile nicht benutzt, was ja bei genügender Überdeckung der Bilder immer möglich ist; aus den optischen Daten des Bildfluges (Brennweite, Flughöhe, Basis) und des Auswertegerätes ist das Maß der Überhöhung und der Verzerrung der Vertikalwinkel jederzeit zu berechnen.

Zur Messung von Fall- und Geländeneigungswinkeln auf Papierabzügen im Spiegelstereoskop wurde in den Vereinigten Staaten ein als „stereo

slope comparator“ oder „Super Duper Dipper“ bezeichnetes Gerät⁴⁶⁾ entwickelt, das nach dem Prinzip eines Stereometers aufgebaut ist. Die damit gemessenen Winkel müssen nach Tabellen oder graphischen Darstellungen („slope conversion charts“) entsprechend der Überhöhung des Modells umgeformt werden. Bei den mit räumlicher Doppelprojektion von Durchsichtsbildern arbeitenden Auswertegeräten des „Multiplex“-Typs dagegen dient ein Zeichentischchen, das durch eine Kippvorrichtung zur Koinzidenz mit jeder beliebigen Ebene des Raummodells gebracht werden kann, zur unmittelbaren Bestimmung von Gelände- und Fallwinkeln⁴⁷⁾. Auch auf dem Wege über einen Profilzeichner (Tischchen mit horizontal gelagertem, der Höhe nach verstellbarem Zeichenstift) können solche Winkel graphisch gewonnen werden. Die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der mit solchen verhältnismäßig einfachen Geräten zu erzielenden Meßwerte reicht bei entsprechendem Bildmaßstab aus, um die Mächtigkeit der austreichenden Schichten zu bestimmen, soweit diese direkt morphologisch oder indirekt (durch Unterschiede der Bodentönung oder der Vegetation) auf den Photos erkennbar sind. *L. Desjardins*, der in zahlreichen Veröffentlichungen die Methoden der quantitativen geologischen Auswertung von Luftbildern besonders gefördert hat, gab für horizontale und schwach geneigte, für mäßig ($5-15^\circ$) und steil ($15-90^\circ$) einfallende Formationen jeweils einfache graphisch-rechnerische Verfahren zur Bestimmung von Schichtmächtigkeiten aus Luftbildern an. Er zeigte ferner eine Methode, um aus Luftbildern stratigraphisch-morphologische Profile, die man als „Widerständigkeitsprofile“ bezeichnen könnte, für den Schichtenvergleich über längere Strecken hinweg zu gewinnen⁴⁸⁾.

Hand in Hand mit der Deutung und quantitativen Auswertung des geologischen Bildinhalts geht die Verarbeitung der Ergebnisse zu einer geologischen Karte. Hierfür kommen zumeist Kartiergeräte mittlerer Präzision und großer Flächenleistung zur Verwendung, da als Endergebnis in der Regel eine Übersichtskarte angestrebt wird. Aus dem geologisch interpretierten und im Gelände ergänzten Original-Luftbild geht nach Entzerrung zunächst eine „Grundkarte⁴⁹⁾“, etwa im Maßstab des Luftbildes, hervor

⁴⁶⁾ *Hackman* (37).

⁴⁷⁾ *Ray* (229).

⁴⁸⁾ *Desjardins* (179).

⁴⁹⁾ Mit diesem Ausdruck, der allerdings nicht im Sinne einer topographischen Grundkarte zu verstehen ist, wird die englische Bezeichnung „base map“ wohl am besten wiedergegeben. Die in Deutschland für geologische Karten großen Maßstabes übliche Bezeichnung „Spezialkarte“ erscheint weniger glücklich.

⁴²⁾ *Verlaque* (246).

⁴³⁾ *Flandrin, Brasseur* (188).

⁴⁴⁾ *du Jonchay* (199), S. 280.

⁴⁵⁾ *Völger* (247).

(1 : 20 000, in Sonderfällen größer oder kleiner). Aus der Generalisierung und Verkleinerung der Grundkarte zum Maßstab 1 : 100 000 oder 1 : 200 000 resultiert dann eine geologische Übersichtskarte, aus der die Fallwinkel und Hauptformationsgrenzen zu entnehmen sind, und schließlich eine regionale Strukturkarte (1 : 500 000 und kleiner), die die wichtigsten tektonischen Züge (Antiklinalen, Synklinalen, Bruchzonen) im Zusammenhang zeigt.

Wenn von führenden amerikanischen Geologen die stereoskopische Auswertung von Luftbildern als der wichtigste Fortschritt der geologischen Forschungsmethoden in den letzten 50 Jahren bezeichnet wird⁵⁰⁾, so gilt dies allerdings nur unter der Voraussetzung, daß die verwendeten Aufnahmen hohen Ansprüchen bezüglich Maßstab und Bildqualität entsprechen. Im allgemeinen eignen sich deshalb Weitwinkelaufnahmen weniger für die geologische Interpretation und Kartierung, weil infolge der starken Überhöhung und perspektivischen Verzerrung die exakte Bestimmung von Fallwinkeln, vor allem in den randlichen Teilen des Modells, sehr erschwert oder ganz unmöglich gemacht wird. Man bevorzugt daher längere Brennweiten von etwa 30 cm, die großen Bildmaßstab (1 : 20 000 und größer) und namentlich bei geringen und mäßigen Neigungen einen naturähnlicheren Raumeindruck bieten. Normal- und Weitwinkelaufnahmen behalten jedoch ihre Bedeutung für die Erkundung und Photomosaikherstellung.

3. Erz-Prospektion

Während es in der Erdölgeologie auf die Analyse der Struktur- und Lagerungsverhältnisse vor allem in Sedimentgesteinen ankommt, wobei verfeinerte stereoskopische Meßmethoden mit Erfolg angewandt werden, stellt die Erkundung von Erzlagerstätten mit Hilfe von Luftbildern noch verwickeltere Aufgaben, die eine besonders enge Zusammenarbeit zwischen Feldforschung und Bildinterpretation verlangen. Es handelt sich hier ja überwiegend um Gebiete mit kristallinen, metamorphen und vulkanischen Gesteinen, in denen die Mineralanreicherungen meist an Kontaktzonen oder Störungslinien gebunden sind. Im Kristallin der alten Massen (z. B. Kanada, Skandinavien), in jungen Faltegebirgen und in den Rumpfbirgen der kaledonischen und varistischen Orogenese ist die Klärung der Struktur- und Gesteinsverhältnisse wesentlich schwieriger als in Schichtstufenlandschaften, das morphologische Bild komplizierter und vieldeutiger. Auch die Jahreszeit ist für den Erfolg der Bildflüge von entscheidender Bedeutung, namentlich

in den Gebieten des borealen Waldgürtels Amerikas, Europas und Asiens. Wie Rooney und Levings am Beispiel Nordkanadas gezeigt haben⁵¹⁾, bevorzugen nämlich die Laubhölzer trockene, erhöhte, oft felsige Standorte, während die Nadelhölzer an den feuchteren, niedriger gelegenen Stellen vorherrschen. Wählt man also für die Befliegung einen Zeitpunkt im Frühjahr, wenn die Laubbäume noch keine Blätter tragen, dann treten die Gesteinsausbisse als hellere, kahl erscheinende Flächen deutlich hervor, während auf einer Sommer-Aufnahme des gleichen Gebietes die Aufschlüsse völlig überwachsen sind und nicht identifiziert werden können. So kommen in jenen Gebieten nur wenige Wochen im Mai (nach Abtauen des Schnees und vor Beginn der Belaubung) für derartige Aufnahmen in Frage.

Vielgestaltig wie die Vorgänge der Mineralisation und Lagerstättenbildung selbst ist deren Ausdruck im Gelände und dementsprechend auch auf den Luftbildern. Zur Deutung der Struktur muß vor allem eine sehr sorgfältige Analyse der Gesteinskörper treten, die sich auf deren morphologische Verhalten und erkennbare petrographische Merkmale wie Schieferung, Fließgefüge usw. stützt. Manche im Gelände gut unterscheidbare Gesteins- und Verwitterungsfarben sind aber auf dem Luftbild, in Abstufungen von Grau-Tonwerten übersetzt, nicht mehr zu trennen. Daher müssen für jeden Bildflug die günstigsten Film- und Filterkombinationen zuvor ermittelt werden. Gute Erfahrungen hat man in ariden Gebieten Nordamerikas (Arizona, Nevada, Kalifornien) mit dem Einsatz von Farbfilm (Kodak Ektachrome Aero Umkehrfilm) zur sicheren Erkennung von Kupfer-Imprägnationen gemacht⁵²⁾. Doch ist bisher die Verwendung von Umkehrfarbfilm im wesentlichen auf derartige günstige Sonderfälle beschränkt geblieben, da der geringe Belichtungsspielraum, die hohen Kosten und die umständliche Auswertung der Aufnahmen, die ja als Diapositive in der Durchsicht betrachtet werden müssen, den genannten Vorzügen gegenüberstehen⁵³⁾. Vielseitiger verwendbar sind Verfahren, bei denen das Farbbild über ein komplementärfarbiges Negativ erzeugt wird⁵⁴⁾; hierbei fal-

⁵¹⁾ Rooney und Levings (235), S. 573.

⁵²⁾ Laylander (210, 211).

⁵³⁾ Tarkington (94), Kent (201, 202).

⁵⁴⁾ Wie Völger (46) mitteilt, wurden im vergangenen Sommer von der „Aero Exploration“, Frankfurt a. M., erfolgreiche Bildflüge mit Agfacolor Negativfilm durchgeführt. Farbwiedergabe, Auflösungsvermögen und Belichtungsspielraum haben sich hierbei als so befriedigend erwiesen, daß in nächster Zeit mit einer stärkeren Anwendung dieses Materials, auch für geologische Zwecke, sicher zu rechnen ist, zumal der Negativfilm die Herstellung von farbigen wie von Schwarz-Weiß-Abzügen auf Papier gestattet.

⁵⁰⁾ z. B. von Melton (221), S. 61.

len allerdings die Kosten für den Kopierprozeß erheblich ins Gewicht.

Während für den Erdölgeologen die Verbiegungs- und Faltungstektonik von besonderem Interesse ist, richtet sich die Beobachtung des Erzgeologen in erster Linie auf die Gesteinszusammensetzung und auf das Gefüge der Spalten und Gänge, die durch Färbung, Relief oder charakteristische Vegetation sich zu erkennen geben. Sehr häufig sind Mineralanreicherungen an morphologisch als Rippen oder Rücken hervorragende Geländeformen gebunden, denn die hydrothermal in Spalten und Klüften gebildeten Ganggesteine sind regelmäßig mechanisch und chemisch widerstandsfähiger als ihre Umgebung. So konnten z. B. nach der Befliegung eines größeren Blei-Silber-Bergbaubezirks in Montana (nördliche Rocky Mountains) die erzführenden Gänge unmittelbar aus den Luftbildern als Härtingszonen erkannt werden. An anderen Stellen dieses Bezirks, wo eine mehr flächenhafte Durchtränkung und Umwandlung des granitischen bzw. andesitischen Grundgesteins stattgefunden hatte, konnte man aus der Verteilung der Bewaldung wichtige Schlüsse ziehen; es zeigte sich nämlich, daß die verzerrten Gebirgsteile nur auf der Nordseite Wald trugen, während die nicht mineralisierten Gebiete durchweg von dichtem Wald bestanden waren⁵⁵⁾. —

Immer größere Bedeutung gewinnen für die planmäßige Erdöl- und Erzprospektion geophysikalische Methoden in Verbindung mit Luftaufnahmen. Die Aufzeichnungen eines vom Flugzeug in loser Kabelverbindung und in geringer Höhe über dem Gelände geschleppten Gerätes, das die Stärke des örtlichen Erdmagnetfeldes mißt (Magnetometer), liefern zusammen mit den gleichzeitig aufgenommenen Luftbildern magnetische Profile und damit Grundlagen für geomagnetische Karten⁵⁶⁻⁵⁹⁾. Aus ihnen können Schlüsse auf die petrographische Struktur des Untergrundes, auf die Mächtigkeit der Deckschichten, insbesondere aber, bei auffälligen Anomalien (hohen Gradienten), auf magnetische Störkörper (vor allem Eisenlagerstätten) gezogen werden, während erdölführende Sedimente sich durch niedrige Gradienten verraten. In ähnlicher Weise können empfindliche Geigerzähler Auskunft über die Verbreitung radioaktiver Mineralien geben. Die in den letzten Jahren seitens der Vereinigten Staaten, Kanadas und der Sowjetunion gewaltig

intensivierten Anstrengungen zur Erschließung neuer Uran-Lagerstätten hatten eine ungeahnte geologische Aktivität in bis dahin kaum erforschten, unzugänglichen Gebirgsregionen zur Folge. Die Interpretation bereits vorhandener oder neu aufgenommenen Luftbilder gibt hierbei den in schwierigem Gelände arbeitenden Geologen und Mineralogen erste Informationen über Aufschlüsse und geeignete Anmarschwege. —

Neben diesen teils ausführlicher behandelten, teils nur kurz angedeuteten Schwerpunkten, die wesentlich von der weltwirtschaftlichen und weltpolitischen Lage bestimmt werden, macht die allgemeine geologische und topographische Kartierung der Erde mit Hilfe von Luftaufnahmen rasche Fortschritte. Dabei schafft man auf lange Sicht Grundlagen für eine wirtschaftliche Erschließung bisher unterentwickelter Räume (z. B. Nigerien, Britisch-Somaliland, Britisch-Borneo, Mauretanien, Sahara)⁶⁰⁾. Wenn auch bei der Planung und Auswertung der Aufnahmen zunächst wirtschaftliche Ziele im Vordergrund stehen, so bedeuten doch so detaillierte Struktur-Photokarten, wie sie etwa die Engländer in Nord-Rhodesien und Nyassaland von ausgewählten Karru-Sandsteingebieten (zur Untersuchung von Kohlelagern) erstellt haben, zugleich auch eine wesentliche Erweiterung der wissenschaftlich-geologischen Kenntnisse über solche kontinentweit verbreitete, aber in diesem Raum noch wenig untersuchte Gesteinsverbände.

Bildet bei den meisten großräumigen Befliegungen neben der topographischen Aufnahme die strukturelle Kartierung das wichtigste Ergebnis, so fehlt es doch auch nicht an Arbeiten, namentlich innerhalb des Trockenklimagürtels, bei denen eine direkte petrographische Bestimmung der Gesteinskomplexe aus den Luftbildern versucht wird. Dabei hat sich allerdings gezeigt, daß dies im allgemeinen nur möglich ist, wenn schon von Feldkartierungen her Grundkenntnisse über Lagerungsverhältnisse und Gesteinsaufbau der betr. Gebiete vorhanden sind⁶¹⁾. Über Probleme und Schwierigkeiten, die sich in einem tropischen Gebiet bei derartigen Unternehmungen ergeben, haben *Zonneveld* und *Cohen* ausführlich berichtet⁶¹⁾. Unter ariden Klimabedingungen wird die Bestimmung der Gesteinstypen jedoch häufig erleichtert durch charakteristische dunkle Verfärbungen, die in eisenführenden
(Fortsetzung S. 100, 2. Spalte unten)

⁵⁵⁾ *Levings* und *Herness* (214).

⁵⁶⁾ *Burch* (170).

⁵⁷⁾ *Roberts* (234).

⁵⁸⁾ *Keller* u. a. (200).

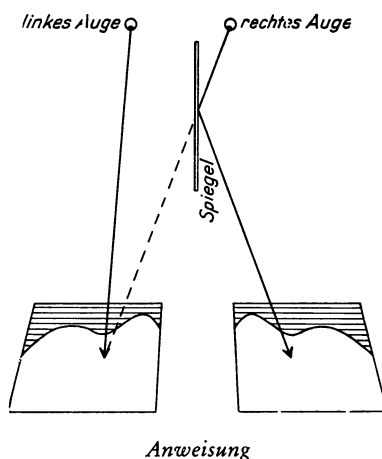
⁵⁹⁾ *Belcher* (162).

⁶⁰⁾ Vgl. Berichte der Kommission VII zum Internationalen Kongreß für Photogrammetrie in Stockholm. — Photogr. Eng. 1956, S. 87—91.

⁶¹⁾ *Zonneveld* (100), Kap. III. Geological reconnaissance, S. 151—157.



Bild 3: Stereoskopisches Luftbildpaar von „Kap



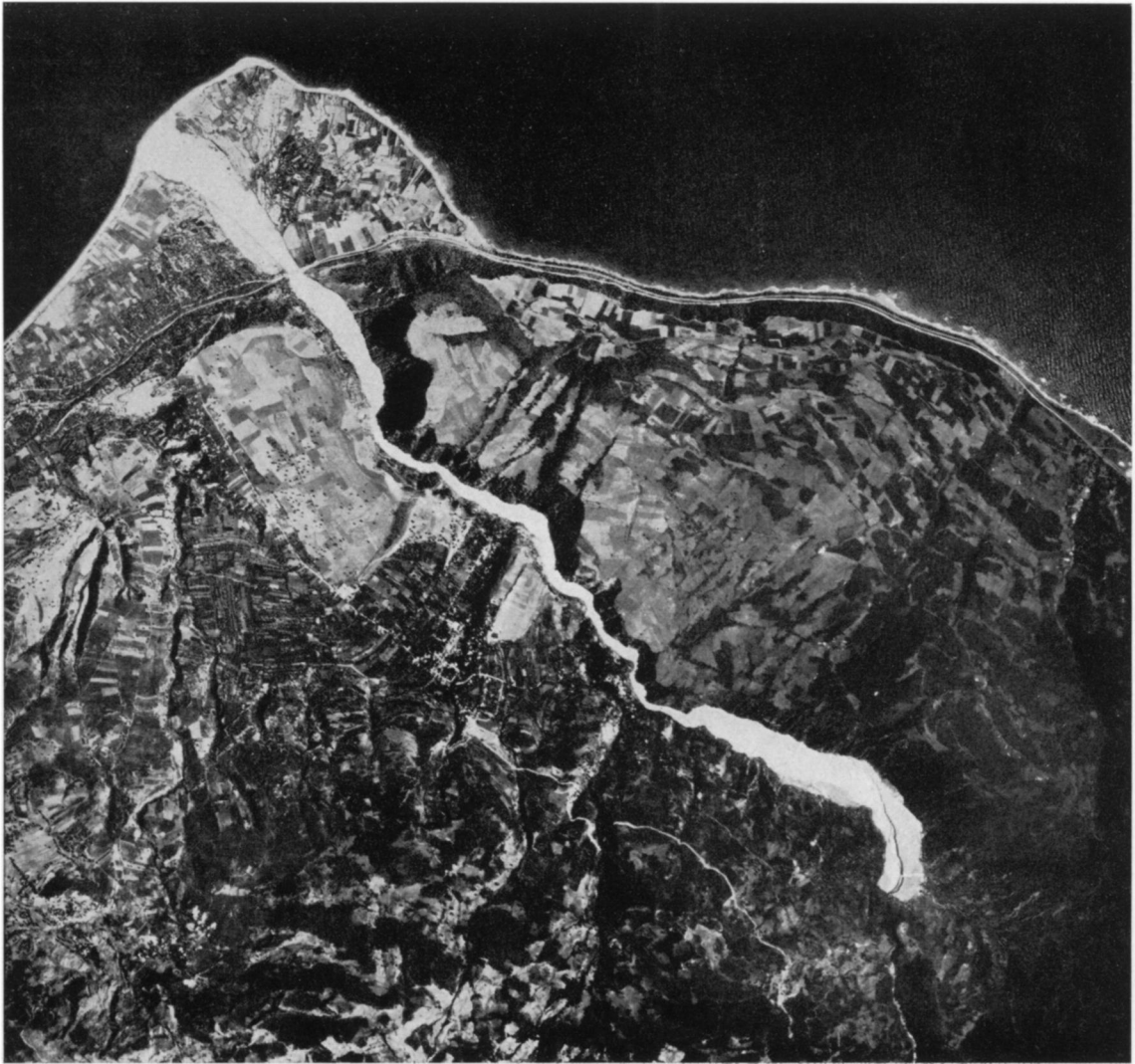
Für die stereoskopische Betrachtung des Bildpaares benötigt man nur einen Taschenspiegel, mit dem das rechte, seitenverkehrt kopierte Bild mit dem linken Bild zur Dek-

kung gebracht wird. Hierzu ist der Spiegel senkrecht, mit der spiegelnden Fläche nach rechts zwischen die Augen (am besten rechts der Nase) zu halten. Richtet man nun das linke Auge direkt auf das linke Bild, das rechte mit gleicher Blickrichtung auf die Spiegelfläche, so entsteht über dem linken Bild das Raumbild.

*Interpretation des Luftbildpaares „Kap Akráta“
(Nordküste des Peloponnes)
A. Beuermann, Aachen *)*

Aufnahmedaten sind unbekannt; wahrscheinlich 1942 oder 1943, Juli oder August, etwa um 14 Uhr. Das Bildpaar ist nach Norden orientiert. Es zeigt ein Gebiet von

*) Herrn Dr. Beuermann, der nach siedlungsgeographischen Forschungen in Griechenland während der Jahre 1953—1957 das in dem Luftbildpaar dargestellte Gebiet aus eigener Anschauung ausgezeichnet kennt, sei für diese ausführliche morphologisch-geologische Interpretation herzlich gedankt. E. S.



Akráta^a, Nordküste des Peloponnes.

annähernd 30 qkm; Bildbreite rund 6 km, demnach Maßstab etwa 1 : 37000 (1 km = 2,7 cm). In der Diagonalen SWzNO der Kráthis-Fluß, der einen Schwemmfächer 1000 m in den Golf von Korinth vorschiebt.

Die Großgliederung des im Luftbild wiedergegebenen Küstengebietes zeigt deutlich, ungefähr vom Süden nach Norden aufeinanderfolgend, drei sehr scharf begrenzte Zonen: a) ein jungtertiäres Mittelgebirgsland; b) ein Konglomerat-Schollenland; und c) das Gebiet des Schwemmfächers.

1. Das Mittelgebirgsland. Es ist den nordpeloponnesischen Hochgebirgen Olonós, Chelmós und Zíria vorgelagert und durch jungtertiäre, pliozäne Sande, Tone, vorwiegend aber aus Mergel aufgebaut. Durch tektonische Vorgänge ist es im Nach-Pliozän bis zu Höhen um 900—1000 m, am Nordabfall des Chelmós sogar bis zu 1800 m, gehoben. Auf Grund der ausgedehnten morphologischen Forschungen von *A. Philippson* und *O. Maull* wissen wir, daß der Landschaftscharakter der Nordseite des Peloponnes durch diese nachpliozäne bzw. nachpontische Aufwölbung in der nordsüdlich streichenden

Mittelachse (im Gebiet des Chelmós- und des Ziria-Gebirges) einerseits wie durch eine quer dazu verlaufende Bruchzone (Einsenkung des Golfes von Korinth) andererseits gebildet wurde. Unser Luftbildpaar zeigt einen Ausschnitt jenes am stärksten gehobenen und auch zum Golf hin abgebrochenen Gebietes der Nordküste, also eine besonders stark und gegensätzlich bewegte Stelle der Erdkruste.

Die Nordgrenze dieses Mittelgebirgslandes ist durch eine im Luftbildpaar gut sichtbare Bruchlinie gegeben. Letztere verläuft in der Linie der großen Talweitung des Kráthis-Flusses, zieht — wo dieser in ein tiefes Kanyon-Tal nach dem Nordosten abbiegt — ostwärts weiter und springt etwa 700 m östlich des Dorfes Akráta ebenfalls in die Richtung NO um. Das im Bilde unten sichtbare Mergelgebiet steigt bis zu Höhen um 700 m auf und kann als ausgeprägte Erosionslandschaft feinsten Textur (vgl. *O. Maull*, 1921) angesprochen werden, in der „unzählige Einzelrinnen sich zu Racheln vereinigen und das sanftwellige Hintergelände zerfressen haben“. Die nordexponierten Hänge tragen an den steilsten Partien ein

dichtes Waldkleid mit *Pinus halepensis*. Die schmalen Saumpfade, die das Gebiet durchziehen, führen in großen Windungen, jede störende Erosionsrinne auslaufend, steil bergan bzw. bergab.

2. Das Konglomerat-Schollenland. Dem z. T. wild zertalten Mergelgebiet ist ein Konglomerat-Schollenland vorgelagert, das schon auf den ersten Blick nach der Wegführung sowie nach Dichte, Gliederung und Form der Talungen sehr erheblich absticht. Diese Konglomerate sind ein Teil der Ausfüllung eines pliozänen, dem heutigen Golf von Korinth gleichgerichteten Grabens, der im Gebiet des heutigen Kap Akráta — nach der größten Mächtigkeit dieser Konglomerate zu urteilen — vermutlich auch seine größte Tiefe hatte. Die Konglomerat-schollen sind nach der erfolgten Hebung weitgehend in horizontaler Lagerung geblieben. Im Gebiet zwischen dem Kráthis-Unterlauf und der Nordabdachung des Mergel-Gebirgslandes, also zur schon erwähnten Bruchlinie hin, ist eine größere Scholle nach SO schiefgestellt — offensichtlich eine Folge einer recht jungen neuerlichen Hebung der unmittelbaren Küstenzone. Dieser Vorgang läßt sich anhand der Luftbilder gut rekonstruieren: Der Kráthis-Fluß hatte in seinem Unterlauf die ursprünglich zusammenhängende große Scholle tief zerschnitten. Die dann einsetzende Maximalerhebung erfolgte unmittelbar links des Flußunterlaufes; hier ist die Scholle nahezu in Horizontallagerung geblieben. Doch auch das rechte Ufer — genau genommen, nur das unmittelbare Ufergebiet — wurde noch von der Hebung erfaßt, die Scholle damit nach SO schiefgestellt. Die ehemalige Großscholle „brach“ (im wahrsten Sinn des Wortes) im Gebiet des etwa 200 m tief eingeschnittenen Kráthis-Unterlaufes „auseinander“. In diesem Raum sind die sich gegenüberliegenden Hochuferkanten auch wesentlich weiter voneinander entfernt. Es sind außerdem Hochuferhänge — nicht mehr die sonst so charakteristischen Hochuferwände — ausgebildet. Der Kanyon-Charakter ist also in diesem Abschnitt des Flusses weitgehend gemildert worden. Der Nordabfall dieses Schollenkomplexes, im Gebiet zum vorgelagerten Schwemmfächer, zeigt einen steilen, nicht gestuften Hang. Die Sprunghöhe vom oberen Rand bis zur Straße beträgt 200 m. Die NW-Abdachung zeigt hingegen eine Fülle mehr oder minder mächtiger Bruchstufen. Während die Schollenflächen getreidebaulich genutzt werden (starke Parzellierungen!) sind die Hänge der Bruchstufen mit Strauchvegetation besetzt. Beachtenswert ist der sehr steile untere Abbruch zur Küste selbst. Die Sprunghöhe bis zur Straße beträgt 60 m; die restlichen 12—14 m bis zum Meeresniveau sind streckenweise als Kliffküste ausgebildet.

Straße und Bahn (Patras—Korinth) benutzen hier den Reststreifen einer quartären Küstenterrasse, die am westlichen Bildrand wieder an Breite gewinnt. Dieser schmale Küstenpaß wird als „Kakí skála“ bezeichnet. — Verlaufen die Haupt-Bruchlinien im Schollenland etwa WSW-ONO, so ist ein weiteres Bruchsystem dazu quergesetzt, also NNW-SSO, das den einheitlichen Charakter noch stärker zerstört. Diese Brüche sind teilweise auf engstem Raum stark gestaffelt und auch wieder durch die dichte Strauchvegetation an den Steilhängen oder durch Schattenwirkung gut im Bilde sichtbar. Die Bruchlinien verlaufen quer zur Flußrichtung des Kráthis. Die größte Stufe in diesem System ist nördlich der großen Talweitung des Kráthis durch Überschattung der Sprunghöhe sichtbar. Weitere Bruchlinien sind westlich davon erkennbar; die Talbildung an der Nordabdachung ist weitgehend an diese Linien gebunden.

Am eindrucksvollsten ist das zweite Bruchsystem jedoch im unteren Flußgebiet des Kráthis erkennbar. Durch sechs dicht aufeinander folgende Brüche ist die obere nördliche Scholle als „Horst“ (220 m) herausgehoben:

das weit sichtbare eigentliche Kap Akráta. Die südwestlich gerichteten Schollensprünge verlaufen jedoch nicht gleichsinnig treppenförmig — eine dunkle Überschattung deutet wieder einen starken Anstieg nach SW an, so daß hier ein „Miniatur-Graben“ ausgebildet ist, der sich auch auf dem rechten Kráthis-Hochufer noch fortsetzt. In dieser Einsenkung, im Südteil des Grabens, an der Grenze zum Mergel-Gebirgsland (Quellen), liegt im Bildmittelpunkt das Dorf Akráta mit 1161 Einw. Die Randhöhen der Mergellandschaft sind mit Weinreben und Olivenhainen besetzt, ein reiches Kulturland. A. Philippson spricht von einer fruchtbaren, 6 km weiten Ebene von Akráta. Unser Luftbildpaar zeigt jedoch sehr deutlich, daß von einer „Ebene“ im engeren Sinne des Wortes keine Rede sein kann.

3. Der Kráthis-Fluß entwässert die Nordhänge des Chelmós-Gebirges, durchfließt bis zu unserem Bildrand auf etwa 15 km Länge das jungtertiäre Mergelland mit einem beachtlichen Gefälle. Größere Talweitungen mit sanften Hängen und weitgehend schotterfreier Sohle bestimmen das Talbild im Mergelgebiet. An der Grenze zum Konglomerat-Schollenland (im Bilde SW sichtbar) durchbricht der Fluß einen Gebirgsriegel in einer Klamm und erreicht die erste große Bruchlinie des Hauptsystems WSW-ONO. Der Fluß tritt nun in ein Gebiet junger und jüngster Hebungen ein und das Flußgefälle wird beachtlich geringer. So beginnt auch unmittelbar unterhalb der Klamm eine kräftige Aufschotterung. Im Luftbild ist diese Schotteransammlung durch die blendende Weiße sichtbar. Diese Weißzeichnung im Unterlauf des Flusses ist typisch für die Mittagszeit in den Monaten April bis Oktober; in dieser Zeit ist die Wasserführung außerordentlich gering (von einigen starken Gewitterregen abgesehen), die Schotter werden nicht talab transportiert. Der Fluß ist noch einige hundert Meter unterhalb der Klamm in die Schotterraue eingeschnitten und versickert dann vollkommen. Das wenige sommerliche Flußwasser erreicht in 1—2 m Tiefe auf dem Grunde des Schotterkörpers die Golfküste. Die starken winterlichen Regen und die Schneeschmelze im Februar/März lassen den Fluß schnell anschwellen; die wieder vorhandene Transportkraft des Wassers bringt nun den im Sommer ruhenden Schotterkörper in Bewegung und baut so einen großen Schwemmfächer in den Golf hinein vor. Die im Bilde sichtbare Ausfüllung des rechten Deltawinkels hat ihre Ursachen in einer starken ostwestlich gerichteten Küstenströmung. Der Deltarücken trägt eine sehr junge Siedlung mit Namen Potamítikos Jalós (31 Einw.). Die tieferen Partien im Schotterkörper des Schwemmfächers sind auch im Hochsommer noch mit Süßwasser gut durchfeuchtet, daher versucht man in den letzten Jahrzehnten an den Randzonen des Deltas mit Erfolg Weinanbau. Die hohen Lesesteinmauern am Nordrand bergen einerseits das durch die Tätigkeit des Menschen abgeräumte obere Schottermaterial (Tieferlegung einer Anbaufläche) und bilden gleichzeitig einen Schutz gegen die schädlichen Westwinde im Küstengebiet des Golfes. In den Sommermonaten bildet die Schotterraue des Flusses einen vorzüglichen Verkehrsweg (für Maultier- und Pferdetransporte) von und zu den Siedlungen des südlichen Gebirgslandes. Zwei kleine Siedlungen am rechten Ufer der großen Talweitung sind vorwiegend auf diese Verkehrserschließung angewiesen.

den Sandsteinen und Quarziten auftreten und die auf den Luftbildern ausgezeichnet zu erkennen sind. Hierüber liegen umfangreiche Erfahrungen aus der Sahara und aus Ländern des Nahen und Mittleren Ostens vor. Auch Mangan-Anreicherungen, die in gewissen Schiefertönen sehr dunkle, fleckige Imprägnationen hervorrufen, können auf

Luftbildern weithin verfolgt werden, selbst wenn, wie etwa in Jordanien, die imprägnierten Schichten nur in schmalen Bändern ausstreichen⁶⁰⁾. —

Angeichts der nach Umfang und Schwierigkeit eindrucksvollen geologischen Aufgaben, die in unerschlossenen Kontinenten mit Hilfe der Luftphotogrammetrie in Angriff genommen und gelöst werden, erscheint die Frage berechtigt, ob denn auch die geologische Auswertung von Luftbildern in gut kartierten Gebieten Europas sinnvoll ist und Vorteile bietet. Bezüglich der Lagerstättenforschung wird man diese Frage nicht uneingeschränkt bejahen können, denn in dieser Hinsicht gibt es „photogeologisch“ in Mitteleuropa wohl wenig mehr zu entdecken, was nicht mit den herkömmlichen Mitteln der geologisch-mineralogischen Aufnahme schon längst erkannt wäre. Vielleicht wäre es aufschlußreich, die Beziehungen zwischen Morphologie, Salztektonek und Erdöllagerstätten im niedersächsischen Raum einmal auf Luftbildern zu verfolgen. Vielleicht könnte man auch in Zusammenarbeit mit Pflanzensoziologen die Verbreitung bestimmter, für Erzanreicherungen charakteristischer Pflanzengemeinschaften nach Luftbildern flächenhaft zu kartieren versuchen; die Verbreitung der Galmei-Flora im Gebiet um Stolberg läßt solche Gedanken als nicht ganz abwegig erscheinen. Wenn man aber das Luftbild nicht nur für die Erkundung potentieller Lagerstätten, sondern auch für die laufende Dokumentation der Entwicklung schon bestehender Bergbau-, insbesondere Tagebau-Bezirke auswertet — was freilich über die geologische Fragestellung weit hinausgreift —, so ergeben sich hierbei sehr fruchtbare Ausblicke, die gleichermaßen den Geologen, den Geographen und den Landesplaner interessieren⁶²⁾.

Wesentlich günstigere und noch weitgehend ungenutzte Möglichkeiten für die Anwendung photogeologischer Arbeitsverfahren bieten die südeuropäischen Länder, insbesondere Spanien. Bereits vor dem letzten Kriege wurden hier auch von deutschen Luftbild-Gesellschaften (u. a. der „Photogrammetrie“ G. m. b. H.) Bildflüge für geologische Zwecke durchgeführt, und auch heute wieder erweisen sich dort Luftbilder als unentbehrliche Hilfsmittel des kartierenden Geologen. Noch ist freilich der Mittelmeerraum (dies gilt besonders für die Iberische Halbinsel und die östlichen Mittelmeerländer) nur sehr lückenhaft von Luftaufnahmen erfaßt, und die verfügbaren Aufnahmen in meist zu kleinen Bildmaßstäben genügen nur selten den hohen Anforderungen für eine quantitative Auswertung.

In der Schweiz hat das Luftbild, vor allem durch die Initiative von *R. Helbling*, weitgehend Verwendung gefunden für die großmaßstäbliche geologische Kartierung des Hochgebirges. Die hervorragenden geologischen Karten und Profile der Tödikette vom Bifertenstock bis zum Calanda im Maßstab 1 : 25 000⁶³⁾ beweisen, daß bei Präzisionsaufnahmen unter schwierigsten Geländebedingungen Luftbilder und terrestrische Meßbilder gleichwertige Ergebnisse liefern können, daß aber bei vorhandener topographischer Grundlage die ersteren rascher zum Ziele führen. Die von *Helbling* und seinen Mitarbeitern angewandte Methode beruht auf einer detaillierten Auswertung der auf den Luftbildern erkennbaren Aufschlüsse mit einem „Wild“-Autographen im Maßstab 1 : 10 000, nachfolgender Kartierung im Gelände auf Photo-Vergrößerungen und Übertragung der Ergebnisse auf die topographische Grundlage 1 : 25 000. Wie Feldaufnahme und Bildauswertung in der Hochgebirgsgeologie sich sinnvoll ergänzen können, ist auch von *T. Hagen* am Beispiel des Säntis lehrreich dargestellt worden⁶⁴⁾. In einem geologisch so gut bekannten Gebirgsstock kann sich freilich die Geländekartierung auf sehr wenige Profile beschränken und um so mehr kann aus den Meßbildern unmittelbar durch Interpretation entnommen werden. So ideale Voraussetzungen wird man aber bei geologischen Forschungen in den weniger bekannten Hochgebirgen der Erde niemals antreffen, und dementsprechend werden sich die geologischen Kartierungen, beispielsweise im Himalaya oder in den Anden, auch weiterhin auf intensive Geländearbeiten in Verbindung mit terrestrisch-photogrammetrischer Aufnahme stützen müssen. Nicht zu übersehen ist ferner die Tatsache, daß Luftbilder im Hochgebirge niemals einheitlichen Maßstab haben können, daß auch die zentralperspektivischen Verzerrungen beim Aneinanderfügen der Einzelbilder zur Photomosaiks sich sehr störend auswirken. Das Verdienst der genannten Schweizer Geologen, dem Luftbild einen festen Platz in der Hochgebirgsgeologie zugewiesen zu haben, wird aber durch diese Einschränkungen nicht berührt.

Neueres Schrifttum*)

I. Luftphotogrammetrie (Allgemeines)

1. *Abel, G. W.*: The cost, application and simple use of aerial photography. — Engineering in Progress, University of Florida 1955.

⁶³⁾ *Helbling* (197).

⁶⁴⁾ *Hagen* (195).

*) etwa ab 1942. Nur ausnahmsweise sind auch einige wichtige ältere Arbeiten in das Verzeichnis aufgenommen bzw. im Text zitiert.

⁶²⁾ *Schneider* (237).

2. *Alster, C. J.*: Large-scale engineering topography by photogrammetric methods. — Surveying and Mapping, Washington 1955, S. 438—443.
3. *Blachut, T. J.*: Photogrammetric research in Canada. — Photogr. Eng. 1953, S. 47—51.
4. *Brown, R. L.*: National Report of Great Britain. — Int. Arch. Photogr. 1954, S. 69—71.
5. *Brucklacher, W. A.*: 46. Jahresversammlung des Canadian Institute of Surveying and Photogrammetry. — Allg. Verm. Nachr. 1953/3, S. 67—71.
6. *Buchholtz, A.*: Die Photogrammetrie in der Sowjetunion. — Vermessungstechnik (Verlag Technik, Berlin) 1955, S. 121—129.
7. Canadian Topographical Survey: A graphical method of plotting oblique aerial photographs. — Canadian Topogr. Survey Bulletin, Dept. of Interior, Dominion of Canada (21 S.).
8. *Dejmeke, W. F.*: Luftbildmessung (russisch). — Geodesisdat, Moskau 1955.
9. *Erola, V.*: On the development of air survey in Finland. — Veröff. Finn. Geod. Inst., Helsinki 1955, Nr. 46, S. 23—33.
10. *Finsterwalder, R.*: Erd- und Luftphotogrammetrie im Gebirge. — Allg. Verm. Nachr. 1951, S. 53.
11. *Finsterwalder, R.*: National Report on Germany. — Int. Arch. Photogr. 1954, S. 67—68.
12. *Foncin, M.*: La cartographie française des Pyrénées. — Pirineos, Zaragoza 1952, S. 327—372.
13. *Gams, H.*: Kurze Übersicht über die Entwicklung der Luftbildaufnahme und Luftbildauswertung in Rußland von 1924 bis 1944. — Schreibmaschinenmanuskript 1944, (vorwiegend zusammengestellt nach: „20 Jahre sowjetische Geodäsie und Kartographie“, 2 Bände, 1939).
14. General Report of Commission IV (Application of photogrammetry and aerial photography for surveying the earth's surface). — Int. Arch. Photogr. 1950.
15. *Hallert, B.*: National Report on Sweden. — Int. Arch. Photogr. 1954, S. 83.
16. *Härry, H.*: National Report on Switzerland. — Int. Arch. Photogr. 1954, S. 85—86.
17. *Jannarelli, B.*: On the plotting of air photographs using controls obtained by various proceedings. — Int. Arch. Photogr. 1950, S. 210.
18. *Kendall, D. N.*: Canadian air survey; its problems and future outlook. — Photogr. Eng. 1949, S. 33—36.
19. *Kobold, F.*: Suisse; rapport national. — Int. Arch. Photogr. 1950.
20. *Konsin, M. D.*: Aerophototopographie (russisch). — Moskau 1949.
21. *de Lemos, V. H.*: La conclusion d'un important travail de photogrammétrie au Portugal. — Int. Arch. Photogr. 1950, S. 315.
22. *Meulenberg, F.*: Note sur la documentation photographique aérienne du Congo Belge. — Bull. Soc. Belg. Géol. 1955, S. 366—368.
23. *Neumaier, K.*: National Report on Austria. — Int. Arch. Photogr. 1954, S. 50—51.
24. *Nidhes, P. S.*: National Report on Thailand. — Int. Arch. Photogr. 1954, S. 89.
25. *Rainesalo, A.* und *Löfström, K. G.*: Report of the Finnish Society of Photogrammetry 1938—1948. — Int. Arch. Photogr. 1950.
26. *Schermerhorn, W.*: Photogrammetry in the Netherlands between 1938 and 1948. — Int. Arch. Photogr. 1950.
27. *Schermerhorn, W.*: Die Tendenz in der Entwicklung kleinmaßstäblicher Kartierung. — Buchholtz-Heft. Wiss. Z. d. T. H. Dresden, 1954/55, S. 83—88.
28. *Scherphier, B.*: National Report on the Netherlands. — Int. Arch. Photogr. 1954, S. 77—78.
29. *Staritschkij, I. G.*: Fortschritte der Luftbildmessung. — Iswestija Akademii Nauk SSSR., Ser. Geogr., Moskau 1955, S. 111. (russisch).
30. *Zölly, H., Härry, H., Tilgenkamp, E.*: Das Abbild der Erde. — Separatabdruck aus „Schweizer Luftfahrt“, Bd. III, Zürich 1944.

II. Luftbildtechnik

(Geräte für Aufnahme und Interpretation)

31. *Brock, C. C.*: Physical aspects of air photography. — London, New York, Toronto 1952, 264 S.
32. *Brucklacher, W. A.*: Entwicklungsstand der Luftbildmessung. — Sonderdruck aus dem Jahrbuch der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt e. V., Braunschweig 1955.
33. *Clark, W.*: Photography by infrared. Its principles and applications, 2. Aufl., New York 1947.
34. *Deker, H.*: Theorie und Praxis des Stereotop. — Bildmessung und Luftbildwesen 1955/2, S. 56—67.
35. *Fröschmer, H.*: Farbige Luftbildaufnahmen im Dienste der Erschließung kolonialer Großräume. — Beiträge zur Kolonialforschung, Berlin 1943.
36. *Goddard, G. W.*: New developments for aerial reconnaissance. — Photogr. Eng. 1949, S. 51—72 und 1951, S. 673—686.
37. *Hackman, R. J.*: The stereo-slope comparator, an instrument for measuring angles of slope in stereoscopic models. — Photogr. Eng. 1956, S. 893—898.
38. *Harris, W. D.*: Stereoscopic mapping with the U. S. Coast and Geodetic Survey nine-lens camera. — Int. Arch. Photogr. 1954, S. 404—406.
39. *Jerie, H. G.*: Stereogeräte 3. Ordnung in der Sowjetunion. — Photogrammetria 1955, S. 127—133.
40. *Landen, D.*: A photogrammetric profile plotter for geologic use. — Photogr. Eng. 1956, S. 953—956.
41. *McNeil, G. T.*: Machinery for the photo interpreter. — Photogr. Eng. 1953, S. 121—124.
42. *Reading, O. S.*: The nine lens air camera of the U. S. Coast and Geodetic Survey. — Photogr. Eng. 1938, S. 185 ff.
43. *Roelofs, R.*: The O. D. S., a new interpretation stereoscope. — Int. Arch. Photogr. 1954, S. 657—659.
44. *Schwidersky, K.*: Neues über deutsche photogrammetrische Instrumente. — Allg. Verm. Nachr. 1952, S. 59—71.
45. *Swoboda, K.*: Ein photogrammetrisches Auswertegerät 3. Ordnung. — Vermessungstechnik, Berlin 1955, S. 147—150.
46. *Völger, K.*: Neue Versuche mit farbigen Luftaufnahmen. — Bildmessung und Luftbildwesen 1954/4, S. 112—116.
47. *Welander, E.*: Ein neues Stereoinstrument für Luftaufnahmen (schwedisch). — Skogen, Stockholm 1953, S. 101.

III. Technik und Methodik der Bildinterpretation

1. Schlüssel

48. *Belcher, D. J.* u. a.: Panel on photo interpretation. — Photogr. Eng. 1957, S. 100—115.
49. *Black, L. D.*: Regional keys are valid geographical generalizations. — Photogr. Eng. 1955, S. 706—708.
50. *Landis, G.*: Concept and validity of association photographic interpretation keys in regional analysis. — Photogr. Eng. 1955, S. 705—706.
51. *Maynard, P.*: Validity of PI keys in the interpretation of industry. — Photogr. Eng. 1955, S. 714—716.
52. *O'Neill, H. T.*: The preparation of photo interpretation keys. — Int. Arch. Photogr. 1954, S. 721—724.

53. Powers, W. E.: A key for the photo-identification of glacial landforms. — Photogr. Eng. 1951, S. 776—779.
54. Roscoe, J. H.: Photo interpretation keys. — U. S. Air Force, Directorate of Intelligence, Washington 1951.
55. Roscoe, J. H. u. a.: Symposium photo interpretation keys. — Photogr. Eng. 1955, S. 703—724.
56. U. S. Dept. of the Air Force: Index to aerial and ground photographic illustrations of geological and topographic features throughout the world. — Washington 1946.
57. U. S. Naval Photographic Intelligence Center: A guide to pacific landforms and vegetation for use in photographic interpretation. — U. S. N. P. I. C. Report Nr. 7, Washington 1945.
58. Waldo, C. E. und Ireland, R. P.: Construction of landform keys. — Photogr. Eng. 1955, S. 603—606.
59. Weiner, H.: The mechanical aspect of photo interpretation keys. — Photogr. Eng. 1955, S. 708—711.
2. Allgemeine Interpretationsmethoden und ihre Anwendung bei Forschungsaufgaben
60. Churchill, E. D.: Association analysis applied to the interpretation of aerial photographs. — Photogr. Eng. 1955, S. 598—602.
61. Coleman, Ch. G. und Rogers, E. J.: Report of Commission VII (photographic interpretation) to the International Society of Photogrammetry. — Photogr. Eng. 1956, S. 67—122.
62. Colwell, R. N.: Photographic interpretation for civil purposes. — Kapitel XII im „Manual of Photogrammetry“, 2. Aufl. 1952.
63. Colwell, R. N.: A systematic analysis of some factors affecting photographic interpretation. — Photogr. Eng. 1954, S. 433.
64. Cosma, D.: Norme pratiche per l'interpretazione delle fotografie aeree. — Ital. for. mont. 1953/8, S. 42.
65. Dill, H. W.: A classification of general problem types in photo interpretation. — Photogr. Eng. 1955, S. 607—610.
66. von Frijtag Drabbe, C. A. J.: Aerial photography and photo interpretation. — Amsterdam, o. J.
67. von Frijtag Drabbe, C. A. J.: Het lezen en interpreteren van verticale luchtfoto's. — Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. Juli/Sept. 1948, S. 453—462.
68. von Frijtag Drabbe, C. A. J.: Photo-interpretation in the Netherlands. — Int. Arch. Photogr. 1950, S. 300—311.
69. Hagen, T.: Wissenschaftliche Luftbild-Interpretation. Ein methodischer Versuch. — Mitt. aus d. Geodät. Institut d. Eidgenöss. Techn. Hochschule Zürich, Nr. 5, 1950; auch in: Geographica Helvetica 1950/4, S. 209—276.
70. Heath, G. R.: An associative method of regional photo interpretation. — Photogr. Eng. 1955, S. 589—598.
71. Hofmann, W.: Luftbildinterpretation (Bericht über Tätigkeit der Kommission VII bei der Tagung in Washington 1952). — Allg. Verm. Nachr., Sonderheft 1953/1, S. 25—28.
72. Hofmann, W.: Bericht über Kommission VII (Luftbildinterpretation) auf der Stockholmer Photogrammetr. Tagung 1956. — Bildmessung und Luftbildwesen 1956/4, S. 135—137.
73. Johnson, D.: Role of analysis in scientific investigation. — Geol. Soc. Amer. Bull. Vol. 44/1933, S. 461 ff.
74. Johnson, S. M.: Photographic interpretation and photogrammetry as a working team. — Int. Arch. Photogr. 1954, S. 725—727.
75. Katz, A. H.: Contributions to the theory and mechanics of photo interpretation from vertical and oblique photographs. — Photogr. Eng. 1950, S. 339—386.
76. Kommissionsbericht der Kommission VII für den Internationalen Photogrammetrischen Kongreß in Washington, Sept. 1952. (83 S., 14 Abb.). Washington 1952.
77. Krebs, J.: Bericht über Verhandlungen der Kommission VII am Internationalen Kongreß für Photogrammetrie in Stockholm, Juli/August 1956. — Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kartentechnik und Photogrammetrie, Januar 1957, S. 30—32.
78. Krüger, K.: Luftbildinterpretation. — Bildmessung und Luftbildwesen 1954/1, S. 16—19.
79. Linton, D. L.: Geography and air photographs. — Manchester 1947 (32 S.).
80. Lundahl, A. C. u. a.: Photo interpretation Symposium. — Photogr. Eng. 1953, S. 101 ff.
81. Macdonald, D. E.: Interpretability. — Photogr. Eng. 1953, S. 102—107.
82. Magis, L.: La Commission VII. Bulletin de la Société Belge de Photogrammétrie, Déc. 1956, S. 28—36.
83. Panel Photo Interpretation. — Photogr. Eng. 1955, S. 564—610.
84. Pillewizer, W.: Die Deutung des Luftbildes (Luftbildinterpretation). In: „Photogrammetrie“ von R. Finsterwalder, Berlin 1952, S. 352—365.
85. Reports of Commission VII (Luftbildinterpretation): 1952: Photogr. Eng. 1952, S. 375—400. 1954: Int. Arch. Photogr., Bd. XI/3, 1954, S. 630 ff. 1956: Photogr. Eng. 1956, S. 67—122 und Int. Arch. Photogr. 1956/1957.
86. Rogers, E. J.: A plan for research in fields of aerial photo interpretation. — Photogr. Eng. 1953, S. 801.
87. Rogers, E. J.: Problems in comparing photo interpretation research results from different studies. — Photogr. Eng. 1956, S. 132—136.
88. Schatzley, B. L. und Karably, L. S.: An introduction to photo interpretation problems and research. — Photogr. Eng. 1954, S. 802.
89. Schepers, J. H. G.: Het spiedend oog der lucht-camera (mit Beiträgen von v. Frijtag Drabbe über Lesen von Luftbildern); Leiden 1948.
90. Schermerhorn, W.: Impressions of the 1956 Stockholm Congress of the International Society of Photogrammetry, Commission VII. — Photogrammetria 1956/57, Nr. 1, S. 16—18.
91. Smith, H. T. U.: Present status of photo interpretation in earth science. — Photogr. Eng. 1953, S. 137—143.
92. Stone, K. H.: Geographical air photo interpretation. — Photogr. Eng. 1951, S. 754—759.
93. Stone, K. H.: Air photo interpretation procedures. — Photogr. Eng. 1956, S. 123—132.
94. Tarkington, R. G.: An aspect of color photography and interpretation. — Photogr. Eng. 1953, S. 418—420.
95. Thorén, R.: Long distance photography and the possibilities it gives for photo interpretation. — Int. Arch. Photogr. 1954, 669—671.
96. Troll, C.: Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. — Zschr. d. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1939, S. 241—298.
97. Troll, C.: Die wissenschaftliche Luftbildforschung als Wegbereiterin kolonialer Erschließung. — Beiträge zur Kolonialforschung, Berlin 1942, S. 9—29.
98. Troll, C.: Methoden der Luftbildforschung. — Sitzungsberichte europäischer Geographen zu Würzburg 1942, Leipzig 1943.
99. Troll, C.: Fortschritte der wissenschaftlichen Luftbildforschung. — Zschr. d. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1943.
100. Zonneveld, J. I. S.: Luchtfoto-geografie in Suriname. — Centraal Bureau Luchtkaartering te Paramaribo, Publ. Nr. Nr. 8, 1952.

3. Stereoskopisches Beobachten und Messen

101. *Aschenbrenner, C. M.*: A review of facts and terms concerning the stereoscopic effect. — *Photogr. Eng.* 1952, S. 818—825.
102. *Desjardins, L.*: Contouring and elevation measurement on aerial photographs. — *Photogr. Eng.* 1943, S. 219—220.
103. *Desjardins, L.*: Measurement of dip angles on aerial photographs. — *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, Nov. 1943, S. 1534—1538.
104. *Desjardins, L.*: Notes on parallax and stereo-elevations. — *Photogr. Eng.* 1944, S. 90—91.
105. *Desjardins, L.*: Useful graphical constructions on aerial photographs. — *Photogr. Eng.* 1945, S. 194—229.
106. *v. Frijtag Drabbe, C. A. J.*: Some new aspects in stereoscopic vision. — *Int. Arch. Photogr.* 1954, S. 719 ff.
107. *Hagen, T.* und *Rutishauser, H.*: Über die Deformation virtueller Raummodelle in einfachen Stereogeräten. — *Mitt. aus d. Geodät. Inst. d. Eidgenöss. Techn. Hochschule Zürich*, 1950.
108. Institut Géographique National: Note sur l'examen stéréoscopique des photographies aériennes. — Rapport de la Commission pour l'utilisation des photographies aériennes dans les études géographiques. — *Congr. Int. de Géographie*, Washington 1952, S. 6—13.
109. *Miller, V. C.*: Some factors causing the vertical exaggeration and slope distortion on aerial photographs. — *Photogr. Eng.* 1953, S. 592.
110. *Moessner, K. E.*: How to make stereo-slides from aerial photos. — Central States Forest Experiment Station, U. S. Dept. of Agriculture, Note 74, 1954.
111. *Moessner, K. E.*: A simple test for stereoscopic perception. — *Photogr. Eng.* 1955, S. 331—339.
112. *Rabben, E. L.*: The eyes have it. — *Photogr. Eng.* 1955, S. 573 ff.
113. *Rich, J. L.*: A method of preparing stereoscopic aerial photographs for reproduction in quantity. — *Photogr. Eng.* 1947, S. 619—621.
114. *Samsioe, A. F.* und *Tham, P.*: Stereokarten. — *Int. Arch. Photogr.* Bd. XI/1, 1954, S. 340.
115. *Thurrell, R. F. jr.*: Vertical exaggeration in stereoscopic models. — *Photogr. Eng.* 1953, S. 579.
116. *Treece, W. A.*: Estimation of vertical exaggeration in stereoscopic viewing of aerial photographs. — *Photogr. Eng.* 1955, S. 518—527.
4. Ausbildung in Luftbildinterpretation und Photogrammetrie; Luftbilder als Unterrichtsmittel
117. American Geological Institute: Outstanding aerial photographs. — *Am. Geol. Inst. Report Nr. 5*, Washington 1951.
118. *Brundall, L.*, und *Wengerd, Sh. A.*: Education in photogrammetry and photogeology. Discussion forum. — *Photogr. Eng.* 1949.
119. *Colwell, R. N.*: The P. I. picture in 1955. — *Photogr. Eng.* 1955, S. 720—724.
120. *Custer, S. A.* und *Mayer, S. R.*: A comparative analysis of curricula and techniques used in the training of photographic interpreters. — Boston University, Optical Research Laboratory, Technical Note 119; 1955.
121. *Fersman, A. E.*: Die Erde vom Flugzeug aus gesehen. — *Geographie in der Schule*, 1953/3, S. 8—10.
122. *Gandillot, J.*: Das Flugzeug als Unterrichtshilfe (französisch). — Ministerium für nationale Erziehung, Publ. Nr. 30, 1951.
123. *Harding, G. H.*: Photogrammetric education in Ohio State University. — *Int. Arch. Photogr.* 1954, S. 627—630.
124. *Hart, C. A.*: Photogrammetry in the University. — *Int. Arch. Photogr.* 1950, S. 359—363.
125. *Hofmann, W.*: Das International Training Centre for Aerial Survey in Delft. — *Allg. Verm. Nachr.* 1953/9, S. 218—224.
126. *Horlaville, M.*: Intérêt des stéréogrammes aériens dans l'enseignement de la géographie physique. — Institut Géographique National, Paris 1951.
127. Institut Géographique National: Collection de stéréogrammes pour l'entraînement à l'identification des détails sur les photographies aériennes à axe verticale (54 S., 200 Stereogramme mit Text und Karten). Paris 1947.
128. Institut Géographique National: Atlas des Formes du Relief. — Paris 1956.
129. *Jackson, K. B.*: Stereoscopic projection in teaching; or: „Is your other eye only a spare?“ — *Photogr. Eng.* 1951, S. 69—77.
130. *Landen, D.*: New developments in photogrammetric training for geologists. — *Photogr. Eng.* 1956, S. 271—279.
131. *Reyna, L. J.*: The psychologist interprets the photo interpreter. — *Photogr. Eng.* 1952, S. 467—468.
132. *Smith, H. T. U. u. a.*: Aerial photos in geologic training. — College and University courses in geol. uses of aerial photos... — *Photogr. Eng.* 1947, S. 621—628.
133. *Tator, B. A.*: University instruction in photogeology. — *Photogr. Eng.* 1949, S. 603—614.
134. *Tham, P.*: Skogsfotogrammetrisk utbildning (Ausbildung in forstlicher Photogrammetrie). — Skogen, Stockholm 1956, S. 350—351, 360.
5. Lehrbücher, Bildatlanten, Bibliographien
135. *Abrams, F.*: Essentials of aerial surveying and photo interpretation. — Mc Graw-Hill Book Company, New York 1944 (289 S.).
136. *Ackerl, F.*: Geodäsie und Photogrammetrie. 1. Teil: Instrumente und Verfahren der Vermessung und graphisch-mechanischen Auswertung. — Wien 1950 (460 S., 296 Abb.).
137. American Society of Photogrammetry: Manual of Photogrammetry. A handbook (876 S., über 300 Abb.), Washington 1952.
138. Atlas aérien. Tome 1: Alpes, Vallée du Rhône, Provence, Corse. — Librairie Gallimard, Paris 1955. Tome 2: Bretagne, Val de Loire, Sologne et Berry, entre Loire et Gironde. — Paris 1956.
139. *Bagley, J. W.*: Aerotopography and aerosurveying. — Mc Graw-Hill Book Co., 1942 (324 S.).
140. *Chombart de Lauwe, P.*: Découverte aérienne du monde. — Paris 1948.
141. *Cobb, G. C.*: Bibliography on the interpretation of aerial photographs and recent bibliographies on aerial photography and related subjects. *Bull. Geol. Soc. Am.* Vol. 54/1943, S. 1195—1210.
142. *de Martonne, E.*: Géographie aérienne. — Paris 1947.
143. *Eardley, A. E.*: Aerial photographs. Their use and interpretation. — Harper and Brothers, New York — London 1942.
144. *Edlund, C. G.*, *Fagerholm, P. O.* und *Möller, S.*: Tolkning av flygbilder. — Stockholm 1955.
145. *Finsterwalder, R.*: Photogrammetrie. — 2. Aufl. W. de Gruyter, Berlin 1952.
146. General Report of Comm. VI (training, terminology, bibliography) included in the Report of Commission I. — *Int. Arch. Photogr.* 1950, Bd. X/1.

147. *Hart, C. A.*: Air photography applied to surveying. — Longmans, Green and Co., London — New York — Toronto 1940, 1943, 1948 (350 S.).
148. *Kral, J.*: Textbook of aerial geography and the geographical utilization of aerial photographs. — Rapport de la Commission pour l'utilisation des photographies aériennes. — Washington 1952, S. 29—31.
149. *Putnam, W. C.*: Photo-interpretation. In: Manual of Photogrammetry, S. 332—353. 1944.
150. *Satō, H.*: Landesaufnahme und Luftbildinterpretation (japanisch). — Tokio 1950 (194 S., zahlreiche Luftbilder u. Abb.).
- 150a. *Tada, F., Watanabe, A., Yazawa, D. und Ogawara, Y.*: Landeskunde von Japan mit Luftbildern (japanisch, mit englischer Kurzfassung; 176 S., 160 Luftaufnahmen). — Tokio 1954.
151. *Schwidersky, K.*: Grundriß der Photogrammetrie. — 5. neu bearbeitete und erweiterte Auflage. B. G. Teubner, Stuttgart 1954.
152. *Sersen, A. J.*: Aerophotoaufnahme. — Moskau 1949, 256 S. (russisch).
153. *Smith, H. T. U.*: Aerial photographs and their application. — D. Appleton Century Co., New York — London 1943 (366 S.).
154. *Stone, K. H.*: Selected bibliography on the utilization of air photos for geographic research. — Rapport de la Commission pour l'utilisation des photographies aériennes dans les études géographiques. — Congrès International de Géographie, Washington 1952, S. 44—48.
155. U. S. Dept. of the Army: Elementary map and aerial photograph reading. — War Dept., Washington 1941.
156. U. S. Dept. of the Army: Interpretation of aerial photographs. — U. S. War Dept. Washington 1947.
157. U. S. Naval Photographic Interpretation Center: Abridged bibliography of photographic interpretation. — Report Nr. 102 A/50, Washington 1950.
158. *Walker, F.*: Geography from the air. — London — New York 1953 (111 S., 110 Luftbilder).
159. *Brundall, L.*: Photogeology aids oil exploration. — Photogr. Eng. 1947.
160. *Brundall, L. und Wengerd, Sh. A.*: Education in photogrammetry and photogeology. Discussion forum. — Photogr. Eng. 1949.
170. *Burch, J. E.*: Cartographic aspects of the airborne magnetometer. — Photogr. Eng. 1947, S. 633—639.
171. *Cameron, H. L.*: Air-photo interpretation in natural resources inventories. — Photogr. Eng. 1953, S. 481—486.
172. *Cameron, H. L.*: Air-photo interpretation in mining and engineering geology in Canada. — Int. Arch. Photogr. 1954, Bd. XI/3, S. 653—656.
173. *Cameron, H. L.*: Air photograph interpretation in the Chimney Corner Cheticamp area, Cape Breton Island, N. S. — The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, Febr. 1948.
174. *Chelikowsky, J. R. u. a.*: College and university courses in geologic uses of aerial photos. — Photogr. Eng. 1947, S. 621—628.
175. *Christensen, D. J.*: Eagles of geology. — Photogr. Eng. 1956, S. 857—865.
176. *Desjardins, L.*: Structural contouring for the geologist. — Photogr. Eng. 1950, S. 785—796.
177. *Desjardins, L.*: Techniques in photogeology. — Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., Vol. 34/12, 1950, S. 2305—2306.
178. *Desjardins, L.*: Photogeology on the Texas Gulf Coast. — Mines Magazine, Vol. 40/10, 1950, S. 97—101.
179. *Desjardins, L.*: The measurement of formational thickness by photogeology. — Photogr. Eng. 1951, S. 821—831.
180. *Dimitrijevič, M.*: Primena fotogrametrije v geologiji (Photogeologie); (jugosl.). — Geod. list 1955, Nr. 5—6, S. 206—215.
181. *Eardley, A. J.*: Interpretation of geologic maps and aerial photographs. — Ann Arbor 1941 (99 S.).
182. *Elliott, D. H.*: Photogeologic interpretation using photogrammetric dip calculations. — Calif. Div. of Mines, Special Report 15, 1952 (21 S.).
183. *Fisher, W. A.*: Photogeologic studies of arctic Alaska and other areas. — Selected Papers on Photogeology and Photo Interpretation, 1953.
184. *Fisher, W. A.*: Photogeologic instruments used by the U. S. Geological Survey. — Photogr. Eng. 1955, S. 32—39.
185. *Fisk, H. N.*: Geological investigation of the alluvial valley of the Lower Mississippi River. — (conducted for the Mississippi River Commission, Vicksburg, Miss., Dec. 1944).
186. *Fitch, A. A.*: Geological observations on air photographs of the Peace River area, British Columbia. — Photogr. Eng. 1942, S. 156—159.
187. *Flandrin, J. und Brasseur, R.*: La photogéologie et son emploi. — Revue de l'Institut Français du Pétrole, X, No. 5, Mai 1955, S. 283—294.
188. *Flandrin, J. und Brasseur, R.*: Un exemple français de l'exploitation des photographies aériennes. — Le Service Photogéologique de l'Institut Français du Pétrole. — Int. Arch. Photogr. 1957, Bd. XII, Teil 4b.
189. *Fortier, Y. O.*: Geological mapping of the Ross Lake area, using air photographs. — Photogr. Eng. 1947, S. 545—548.
190. *Gandillot, J.*: Luftbilder in der geologischen Forschung (französisch). — (Franzö. Geol. Gesellschaft 1954; zitiert im Bericht der Kommission VII 1956, Photogr. Eng. 1956, S. 96—97).
191. *Gandillot, J.*: Das Flugzeug als Auge des Geologen (französisch). — (Franzö. Geol. Gesellschaft 1952; zitiert im Bericht der Kommission VII, Photogr. Eng. 1956, S. 96—97).

IV. Geologie

192. *Gandillot, J.*: Geologie und Luftfahrt (französisch). — Annalen der Universität Paris, No. 1, 1955; (zitiert im Bericht der Kommission VII, Photogr. Eng. 1956, S. 96—97).
193. *Giret, R.*: Bildflüge in den Tropen im Dienste der geologischen Prospektion. — Pouzet, Juli 1955; (zitiert im Bericht der Kommission VII, Photogr. Eng. 1956, S. 96—97).
194. *Hagen, T.*: Moderne Kartierungsmethoden; Photogeologie. — Separatdruck aus der Beilage „Technik“ der „Neuen Zürcher Zeitung“, Zürich 1950.
195. *Hagen, T.*: Das westliche Sämtisgebirge, photogeologisch gesehen und bearbeitet. — Mitt. aus d. Geodät. Institut der T. H. Zürich, Nr. 6, 1952.
196. *Härry, H.*: Dr. phil., Dr. sc. nat. h. c. Robert Helbling. — Photogrammetria 1954—55/2, S. 78—80.
197. *Helbling, R.*: Photogeologische Studien im Anschluß an geologische Kartierungen in der Schweiz, insbesondere der Tödikette. — Herausgegeben im Auftrag der ETH, Zürich, 1948.
198. *Johnstone, W. E.*: A geological interpretation of an air photograph of British Somaliland. — Photogr. Eng. 1953, S. 466—468.
199. *du Jonchay, Y.*: L'infrastructure de départ du Sahara et l'organisation commune des Régions Sahariennes (O.C.R.S.). — Revue de Géographie de Lyon 1957/4.
200. *Keller, F. u. a.*: Field operation and compilation procedure incidental to the preparation of isomagnetic maps. — Photogr. Eng. 1947, S. 644—647.
201. *Kent, B. H.*: Status of color aerial photography in geologic studies of the U. S. Geological Survey. — Int. Arch. Photogr. 1957, Bd. XII, Teil 4b (8 S.).
202. *Kent, B. H.*: Experiments in the use of color aerial photographs for geologic study. — Photogr. Eng. 1947, S. 865—868.
203. *Krebs, J.*: Die Anwendung der Aerogeologie und Aerophotogrammetrie in der Petroleumexploration. — Photogrammetria 1941.
204. *Lake, M. C.*: Cerro Bolivar — U. S. Steels new iron ore bonanza. — Engineering and Mining Journal, August 1950, S. 78—83.
205. *Lang, A. H.*: Air photographs in geological mapping of Cordillerean Region, Western Canada. — Photogr. Eng. 1947, S. 548—550.
206. *Lang, A. H.* und *Bostock, H. S.* u. a.: Interim catalogue of the Geological Survey collections of outstanding air photographs. — Geological Survey of Canada, Paper 47/26, Ottawa 1947.
207. *Lang, A. P.*: Applied photogrammetric methods in Eastern Venezuela. — Photogr. Eng. 1957, S. 71—74.
208. *Lattman, L. H.* und *Olive, W. W.*: Solution-widened joints in Trans-Pecos-Texas. — Bull. Am. Ass. Petrol. Geol., Vol. 39/10, Oct. 1955, S. 2084—87.
209. *Lattman, L. H.* und *Tator, B. A.*: Origin of a cluster of bays on the Alabama coastal plain. — Journal of Geology, Vol. 63/4, 1955, S. 388—391.
210. *Laylander, P. A.*: How colored aerial photographs make newest ore-search method. — Mining World, June 1952, S. 41—43.
211. *Laylander, P. A.*: A performance estimate comparing conventional geologic mapping with that accomplished with the aid of color photographs. — Photogr. Eng. 1956, S. 853—857.
212. *Leroy, L. W.*: Photostratigraphy. — World Oil, Vol. 134/7, Houston (Texas) 1952, S. 96—98.
213. *Levings, W. S.*: Aerogeology in mineral exploration. — Colorado School of Mines Quarterly 39/1944.
214. *Levings, W. S.* und *Herness, K. S.*: Air photo criteria of ore localization in the Corbin-Wickes mining district, Jefferson County, Montana. — Photogr. Eng. 1953, S. 450—460.
215. *Loel, W.*: Use of aerial photographs in geologic mapping. — American Institute of Mining and Metallurgical Engineering, Vol. 144, 1941, S. 356—409.
216. *Lueder, D. R.*: Airphoto interpretation as an aid in mineral reconnaissance and development. — Photogr. Eng. 1953, S. 819—830.
217. *Lundabl, A. C.*: A review and prospectus of photogeology and photogeography (unpublished) presented as a part of the American Association for the Advancement of Science. — Symposium Berkeley (Calif.), Dec. 1954.
218. *Matthes, G. H.*: Aerial photography as an aid in geological studies. — Transactions Amer. Inst. of Mining and Metallurgical Engineering, Vol. 76, S. 321—336.
219. *Melton, F. A.*: Preliminary observations on geological use of aerial photographs. — Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., Vol. 29/12, 1945, S. 1756—1765.
220. *Melton, F. A.*: Geologic exploration and mapping with aerial photographs. — Selected Papers on Photogeology and Photo Interpretation, April 1953.
221. *Melton, F. A.*: Problems of the photogeologist in „flatland“ regions of low dip. — Photogr. Eng. 1956.
222. *Michel, M.*: La photogéologie et son intervention dans la prospection du périmètre saharien de la Compagnie de Recherches et d'Exploitation de Pétrole au Sahara. — Bull. A. F. T. P., 31 Juli 1953, S. 15.
223. *Miller, V. C.*: Rapid dip estimation in photogeological reconnaissance. — Bull. of the Amer. Assoc. of Petrol. Geol., August 1950, S. 1739—1743.
224. *Moore, R. C.*: Aerial photographs as aids in stratigraphic studies. — Photogr. Eng. 1947, S. 550—557.
225. *Morris, R. H.*: Photogeologic training in the U. S. Geological Survey. — Int. Arch. Photogr. 1957, Bd. XII, Teil 4b (5 S.).
226. *van Nouhuys, J. J.*: Geological interpretation of aerial photographs. — Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen., Juli/Sept. 1948, S. 701—707.
227. *Nugent, L. E. jr.*: Aerial photographs in structural mapping of sedimentary formations. — Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. 31, 1947, Nr. 3, S. 478—494.
228. *Putnam, W. C.*: Aerial photographs in geology. — Photogr. Eng. 1947, S. 557—565.
229. *Ray, R. G.*: Status of photogeology in the U. S. Geological Survey. — Photogr. Eng. 1956, S. 846—853.
230. *Rea, H. G.*: Photogeology. — Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., Vol. 25, 1941, S. 1798.
231. *Reed, J. C.*: Recent investigation by United States Geological Survey of petroleum possibilities in Alaska. — Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., Vol. 30, 1946, S. 1433—1443.
232. *Rich, J. L.*: Geological applications of oblique photography. — Photogr. Eng. 1947, S. 565—570.
233. *Rich, J. L.*: Reconnaissance mapping from oblique aerial photographs without ground control. — Photogr. Eng. 1947.
234. *Roberts, E. B.*: The future use of the airborne magnetometer in general magnetic mapping. — Photogr. Eng. 1947, S. 641—643.
235. *Rooney, G. W.* und *Levings, W. S.*: Advances in the use of air survey by mining geologists. — Photogr. Eng. 1947, S. 570—584.
236. *Schneeberger, W. F.*: Aerial survey and oil exploration. A study in organization. — Photogr. Eng. 1952, S. 753—759.
237. *Schneider, S.*: Braunkohlenbergbau über Tage im Luftbild, dargestellt am Beispiel des Kölner Braunkohlenreviers. — Landeskundliche Luftbildauswertung im mitteleuropäischen Raum, Heft 2, Remagen 1957.
238. *Simons, A. L.*: Aantekeningen bij een collectie luchtfoto's van Suriname. — Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen., Sept. 1947, S. 577—605.

239. *Smith, H. T. U.*: Symposium of information relative to use of aerial photographs by geologists. — Photogr. Eng. 1947, S. 531—628.
240. *Smith, H. T. U.*: Trends and needs in photogeology and photointerpretation. Discussion forum. — Photogr. Eng. 1949.
241. *Smith, H. T. U.*: Progress and problems in photogeology. — Photogr. Eng. 1950.
242. *Smith, H. T. U.*: Photo interpretation in relation to geologic research. — Photogr. Eng. 1953, S. 108—111.
243. *Smith, N. C.* und *Wengerd, Sh. A.*: Photogeology aids naval petroleum exploration. — Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. 31, Nr. 5, 1947, S. 824—828.
244. *Strobell, J. D.*: The Multiplex compilation of geologic maps. — Photogr. Eng. 1947, S. 609—614.
245. *Thurrell, R. F. jr.*: Procedures and problems of photogeologic evaluation. — Selected Papers on Photogeology and Photo Interpretation, April 1953.
246. *Verlaque, Ch.*: Les recherches pétrolières dans le Sahara français. — In: Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes, Tome XIV/1—2, Algier 1956.
247. *Völger, K.*: Fortschritte der Photogeologie. Von der Interpretation zur Messung. — Erdöl und Kohle, 1953/6, S. 309—313.
248. *Wanless, H. R.* u. a.: Outstanding aerial photographs in North America. — Amer. Geol. Institute, National Research Council, Report No. 5, 1951.
249. *Wanless, H. R.*: Development of methods and materials for teaching photogeologic interpretation. — Selected Papers on Photogeology and Photo Interpretation, April 1953.
250. *Wasem, A. R.*: Petroleum photogeology. — Photogr. Eng. 1949, S. 579—588.
251. *Wengerd, Sh. A.*: New techniques in aerial surveying. — World Oil, Vol. 127, 1947.
252. *Wengerd, Sh. A.*: Geologic interpretation of trimetrogon photographs — Northern Alaska. — Photogr. Eng. 1947, S. 586—600.
253. *Wheeler, R. R.* und *Smith, N. C.*: Finding faded structures. — World Oil, Vol. 135, Houston (Texas) 1952.
254. *Willett, R. W.*: Air photography and geology. — New Zealand Journal of Science and Technology, Vol. 22, No. 1B, 1940, S. 21—33.
255. *Williams, J. R.*: Preliminary geologic evaluation of the Chena area, Alaska. — U. S. Geol. Survey Open File Report, 1955.
256. *Woodtli, R.*: Introduction à la photogéologie. Extrait du Bulletin agricole du Congo Belge, Vol. 45/1954/6, S. 1429—1472. — Publication de la Direction de l'Agriculture des Forêts et de l'Élevage, Bruxelles 1954.
257. *Zeller, M.*: Luftbildgeologie und Luftvermessung im Dienste der Erdölexploration. — Schweizer Zeitschrift für Vermessungswesen, Jg. 41/5, 1943, S. 127—128.

CHRISTENTUM UND LANDSCHAFT IN SÜDWEST-CEYLON

Eine sozialgeographische Studie *)

Angelika Sievers

Mit 4 Abbildungen und 10 Bildern

Christianity and the landscape in southwestern Ceylon

Summary: Much of Ceylon may be described as Buddhistic "Dagoba landscape". On the other hand certain coastal stretches may be termed "Christian landscapes". This is expressed in the spiritual and social structure of the pre-vaillingly Christian population, in the frequency of Christian church and lay buildings and the visible worship of Christian symbols and also in the many social, welfare and cultural institutions which extend their beneficial effects also to the non-Christian population. Only 9% of the population are Christians, mostly Roman Catholics. The majority belong to the poorer classes, being coastal fishers or labourers on the tea plantations, but there is also a sizeable proportion of the urban intelligentsia in Colombo. The caste system is largely responsible for this. The poor landless population of the western coastal regions became Christianised during the period of Portuguese domination, about 450 years ago, while the rice growing peasants, the strongly feudal Goyigame caste, was barely touched.

The Christian cultural landscape is illustrated by three examples taken from the hot humid west coast north of Colombo, between Negombo and Chilaw:

First type, a fishing village on the sandspit near Chilaw. 1,300 Singhalese fishers with an admixture of Tamils live in great poverty on the catch of their primitive fishing. They do not even own the coconut palms which shade

their thatched huts, they are, however, allowed to pick the coconuts. Their faith and their occupation, they belong to the Karava caste despised by the Buddhists, have welded them into a close community with a social organisation looked after by the church.

Second type, the lagoon town Negombo. Of the 32,000 largely Singhalese inhabitants two thirds are Roman Catholics, mostly fishermen, but there are also some people with higher education. Negombo is one of the most important centres of Christian education in Ceylon. The educational efforts of the mission over 400 years have facilitated a social advancement which, as the suppressed Karavas, these people would not have in a Buddhistic social system.

Third type, the fishing and market gardening settlement Marawila. The 3,000 inhabitants are mostly Singhalese and almost completely Roman Catholics. Socially there is a clear division into poor fishers with no land of their own and villagers and small holders with mixed tree gardens or coconut groves and plantations. A unity is however achieved through the community of the church and its social institutions as well as equal opportunities of education.

Einführung

Die meisten Religionen, zumal Kultreligionen, üben eine prägende Kraft auf die Landschaft aus, so daß es berechtigt ist, mit *P. Fickeler*¹⁾ von „Kult-

*) Diese Studie wird durch einen missionskundlichen Überblick über „Das Christentum in Ceylon“ ergänzt, der in „Stimmen d. Zeit“ 1957/58, Bd. 161, H. 6, S. 410—419 (m. Karte der Verbreitung des Christentums) erschienen ist.

¹⁾ *Fickeler*, Paul: Grundfragen der Religionsgeographie. Erdkunde, I, 1947, 121—144.