

BERICHTE UND KLEINE MITTEILUNGEN

LUFTAUFNAHME UND LUFTBILDINTERPRETATION IN DER SOWJETUNION

Mit 12 Abbildungen und 3 Tabellen

DIETER STEINER

Summary: Air Photography and Air Photo Interpretation in the Soviet Union.

Since the article by TROLL „Fortschritte der wissenschaftlichen Luftbildforschung“, which contained a section on photo interpretation in the USSR, appeared in 1943, very little has become known about the further development of Russian air photography and interpretation methods. This is attributed to the lack of knowledge of the Russian language in Western countries, to the scantiness of Russian publications translated into one of the Western languages and to the absence of the relevant Russian literature in most of our libraries. In the present article, therefore, the author tries to review the most important aspects of air photography and air photo interpretation in the Soviet Union observed from the Russian literature dealing with the subject and published after World War II.

In the second section, the leading institutions working in the fields of air photography and interpretation and their publications are introduced. Above all mention should be made of the Central Scientific Research Institute for Geodesy, Air Photography and Cartography (“CNIIGAiK”), the Moscow Institute for Engineers of Geodesy, Air Photography and Cartography (“MIIGAiK”) and the Laboratory for Aeromethods in the Academy of Sciences (“LAER AN”).

The following section deals with the investigation of so-called “air photography objects” carried out in the field. Very much work has been done as far as measurements of spectral reflectance are concerned. Such measurements are taken not only on the ground but very often from the plane too. In both cases a variety of special instruments have been constructed. The objects measured are on the one hand vegetation complexes, single plant species (crowns of trees or shrubs) or parts of them such as branches, leaves and needles, and on the other hand different types of soils, surface materials and bedrocks. The results show that the reflectance is dependant on the season, the geographical location, the direction of observation and various other factors. Besides these measurements, phenological and hydrological observations are also carried out in the field. All these investigations serve the purpose of giving specifications regarding the choice of air photography technique.

Section 4 is concerned with such technical aspects of air photography as cameras, lenses, films and filters, as well as experimental studies on the problems of scale, season and weather conditions. The most common camera is the AFA-TE (photo size 18×18 cm) which may be combined with a set of lenses of different focal lengths. Special devices have been designed for the electronic control of film exposure.

Most of the air photographs are taken with the conventional panchromatic material. The infrared film is not very often used though it has been recommended for the survey of agricultural regions and for the pedological interpretation of desert areas. The orthochromatic film with its increased sensitivity to green light is the material most suitable for photographing vegetation and underwater features. The normal threelayer colour film is of no great

importance compared with the so-called spectrozonal film which contains two layers, the one sensitive to the visible part and the other to the infrared part of the spectrum. This type combines the advantages of infrared and colour film and renders the objects in unnatural colour tones. Many experiments with this material have been carried out and its broader application to the practical work is to be expected in the near future.

The photo scales commonly used for different mapping purposes in geology and forestry are presented, and air photographs of different scales (ranging from 1:1,500 to 1:100,000) are evaluated. Great stress is also laid upon the seasonality as a determining factor in interpretation and some conclusions are discussed. For forest vegetation the best results can be obtained in summer on spectrozonal, or in autumn on colour and panchromatic, photographs. The end of spring when the exsiccation of the surface material is proceeding at different rates owing to the differences in mechanical structure, is the season most suited for the pedological-geomorphological interpretation in desert regions. Photographs taken under a high overcast may be of good interpretability because of the absence of shadows, which is an advantage, e.g., in high mountain areas.

In the fifth section the techniques of interpretation, i. e., the kinds and the selection of interpretation criteria, the trends towards a more objective qualification of these criteria and the instruments and other technical means used in interpretation, are discussed. The microphotographic analysis is conducted with considerably enlarged sections cut out from air photographs. The photometrical method consists in the measurement of optical densities on the negative. It may be applied to the determination of mean densities or for the microdensitometric scanning along profiles running over the bare soil or the vegetation cover. The curves thus obtained can be evaluated statistically. The whole procedure, however, is still in the experimental stage. The statistical treatment of plant dispersion may be of importance in dry regions with a sparse vegetation cover.

Many of the Russian stereoscopes are designed for the simultaneous observation of photographs of different scales and used for transferring details from single photographs to photoplans.

The last section contains a review of different kinds and methods of interpretation:

- a. Use of air photographs as a mapping basis in a field survey. This method is used for the compilation of large-scale topographic maps and agricultural plans.
- b. Air photo interpretation s. str. (in Russian called “combined interpretation”) which works with sample areas, keys and interpolation. For the compilation of keys, the combination of black and white with colour photographs is suggested.
- c. Photo reading (photo interpretation without field work). Mostly this is not an independant process, but only the second step of b.

Direct visual observations from the plane are of importance for the forestry and ice reconnaissance. A geographical approach towards a division of the entire territory of the USSR into natural regions has led to the so-called complex or landscape-interpretation. Expeditions directed by geographers and participated by specialists from various fields such as geologists, soil scientists and geobotanists have been conducted into different parts of the Union.

The interpretation method employed is the one with sample areas. The results are presented in the form of landscape and special maps.

1. Einleitung

Wie nicht anders zu erwarten ist, spielen Luftaufnahme und Luftbildinterpretation für die Erforschung und Entwicklung der ausgedehnten Räume der Sowjetunion eine bedeutende Rolle. Für ihre zweckmäßige Anwendung gibt die Geographie in starkem Maße das wissenschaftliche Fundament ab: Einerseits sind die Geographen selbst an diesen Arbeiten direkt beteiligt, indem sie mit Hilfe des Luftbildes eine Gliederung des Landes in Landschaftsräume¹ anstreben, die eine allgemeine, vielseitig verwendbare Ausgangsbasis für Entwicklungsprojekte abgeben können. Andererseits ist die Einführung geographischer Methoden in vielen Spezialzweigen der Luftbildforschung (z. B. Vegetations- und Bodenkunde, Geologie) vorteilhaft oder unerlässlich.

1943 veröffentlichte C. TROLL (11) eine Übersicht über den damaligen Stand der wissenschaftlichen Luftbildinterpretation auf der ganzen Erde. Eingeschlossen war ein Abschnitt über die Methoden der Luftbildforschung in der Sowjetunion, der in erster Linie auf der grundlegenden Darstellung von HAWEMANN (6) fußte, die damals ins Deutsche übersetzt worden war. Seit dieser Zeit ist über das russische Luftbildwesen kaum noch etwas bekannt geworden. Es sind dafür verschiedene Gründe verantwortlich:

1. Die Kenntnis der russischen Sprache in westlichen Ländern hat nicht mit der zunehmenden Bedeutung Schritt gehalten, die den russischen wissenschaftlichen Arbeiten im allgemeinen und denjenigen auf dem Gebiete des Luftwesens im speziellen ohne Zweifel zukommt.

2. Die russische Fachliteratur ist schwer zugänglich. Sie ist in unsern Bibliotheken zu einem großen Teil nicht vorhanden und auch durch den Buchhandel oft kaum erhältlich, da wissenschaftliche Publikationen meist eine sehr kleine Auflage haben und kurze Zeit nach dem Erscheinen bereits vergriffen sind.

3. Übersetzungen russischer Arbeiten auf dem Gebiete des Luftbildwesens in Westsprachen gibt es äußerst wenige. Zwar hat man in den letzten Jahren mit der Übersetzung einzelner Bücher oder ganzer Zeitschriften ins Englische begonnen. Was in dem uns interessierenden Wissenschaftszweig aber bisher übersetzt vorliegt, ist vorwiegend geodätischer, photogrammetrischer oder luftaufnahmetechnischer Natur [z. B. das Buch von SCHERSCHEN (50), die Zeitschrift „Geodezija i Kartografija“], oder befaßt sich mit einem ausgesprochenen Spezialgebiet der Luftbildinterpretation [Reflexionsmessungen von KRINOW (21)]. Was gänzlich fehlt, sind Übersetzungen von Arbeiten über die Technik der Luftbildauswertung und über die Methoden der Luftbildinterpretation. Insbesondere sind die wichtigen Arbeiten aus dem Laboratorium für Luftmethoden an der Akademie der Wissenschaften („Trudy Laboratorii Aerometodov“) nicht übersetzt.

4. Die russischen Autoren publizieren höchst selten Beiträge in fremder Sprache in einer westlichen Zeitschrift. Der Artikel von MICHAJLOW (46) über die russischen Farbfilm ist der einzige mir bekannte.

Angesichts dieser Situation haben wir uns die Aufgabe gestellt, neuere russische Publikationen zum Thema durchzuarbeiten. Es soll nun an dieser Stelle der Versuch gemacht werden, die Ergebnisse dieser Untersuchung zu einer ersten Übersicht zusammenzutragen und die wichtigsten Aspekte von Luftaufnahme und Luftbildinterpretation in der Sowjetunion wiederzugeben. Zwar stand uns

nur ein Teil aus der Fülle der großen Fachliteratur zur Verfügung. Wir glauben aber, daß dieser Teil einen zuverlässigen Querschnitt zu vermitteln imstande ist. Es ist die Absicht des Schreibenden, in einem späteren Zeitpunkt detaillierter auf einzelne Punkte einzutreten.

Im Bestreben, zu einer übersichtlichen Darstellung zu gelangen, haben wir folgende Einteilung des Stoffes gewählt: Im zweiten Abschnitt werden die wichtigsten Institutionen und Publikationen auf dem Gebiete des Luftbildwesens vorgestellt. Der dritte behandelt Untersuchungen im Gelände an den auf den Luftbildern abgebildeten und bei der Auswertung zu interpretierenden Objekten. Diese erfolgen meist terrestrisch, zum Teil aber auch vom Flugzeug aus, und umfassen im wesentlichen Reflexionsmessungen sowie Beobachtungen phänologischer und hydrologischer Art. Der Sinn dieser Arbeiten besteht darin, zu Spezifikationen für die Luftaufnahme zu gelangen, d. h. zu Forderungen für die Wahl einer bestimmten Luftaufnahmetechnik, wodurch der Informationsinhalt der Luftbilder für bestimmte Zwecke gesteigert werden soll. Der folgende Abschnitt berichtet über die technischen Mittel der Luftaufnahme wie Kammern, Objektive, Filme und Filter, sowie über experimentelle Untersuchungen zu Fragen der äußeren Luftaufnahmebedingungen (Witterung, Jahreszeit). Im fünften Abschnitt wird die Technik der Luftbildauswertung besprochen, wobei wir auf Art und Auswahl der Interpretationskriterien, Bemühungen zu ihrer möglichst objektiven Erfassung (meist Messungen irgendwelcher Art), Geräte und andere Auswert-Hilfsmittel eingehen. Der letzte Abschnitt befaßt sich mit verschiedenen Arten und Methoden der Luftbildinterpretation. Die vegetationskundliche Luftbildauswertung nimmt für geographische Forschungen eine zentrale Stellung ein. Sie ist aber auch für andere Untersuchungsrichtungen nicht selten eine wichtige Grundlage, indem die Vegetation als Indikator für z. B. geologische, bodenkundliche und hydrologische Verhältnisse dienen kann. Wir haben deshalb in unserer Darstellung wie auch im Literaturverzeichnis den Hauptakzent auf die vegetationskundliche Luftbildforschung gelegt.

2. Kurze Übersicht über die Organisation des russischen Luftbildwesens

Das mit der Erstellung der topographischen Landeskarten zusammenhängende Luftbildwesen liegt in den Händen der Hauptverwaltung für Geodäsie und Kartographie („Glavnoe Upravlenie Geodezii i Kartografii“ = GUGK), die früher dem Ministerium des Innern („Ministerstvo Vnutrennych Del“ = MVD) unterstellt war, neuerdings aber dem Ministerium für Geologie und Lagerstätten-schutz („Ministerstvo Geologii i Ohrany Nedr“ = MGION) angehört. Das von ihr aufgenommene Luftbildmaterial ist auch für die nicht-topographische Luftbildauswertung von Bedeutung, da auch in der Sowjetunion viele Zweige der Interpretation häufig auf bestehendes Material angewiesen sind und nicht spezielle Bildflüge ausführen lassen können. Mit dem Abschluß der Kartierung des Landes im Maßstab 1:100 000 (1953) und der Konzentration der Arbeiten auf die Erstellung der Karten 1:25 000 und 1:10 000 ist auch in der Luftaufnahme eine vermehrte

Zuwendung zu größeren Maßstäben verbunden. So weisen die von den Luftaufnahme-Abteilungen der GUGK erstellten Bilder im allgemeinen Maßstäbe von 1:15 000 bis 1:30 000 auf. Von der GUGK wird auch die oben erwähnte Zeitschrift „Geodezija i Kartografija“ herausgegeben.

Eine spezielle Abteilung der GUGK, das Zentrale Wissenschaftliche Forschungsinstitut für Geodäsie, Luftaufnahme und Kartographie („Central'nyj Naučno-Issledovatel'skij Institut Geodezii, Aeros-emki i Kartografii“ = CNIIGAiK) in Moskau, befaßt sich mit experimentellen Forschungen auf dem Gebiete der Technik der Luftaufnahme, einschließlich der Verarbeitung des Materials im Labor. So umfassen die Arbeiten die Entwicklung und Prüfung neuer Luftbildkamern, Objektive, Filme, Entwicklungs- und Kopiermethoden usw. Dem CNIIGAiK sind eigene Fabriken angeschlossen, in denen neue Geräte, die die Bewährungsprobe bestanden haben, kommerziell hergestellt werden. Das Institut veröffentlicht die Ergebnisse seiner Untersuchungen in der in zwangloser Folge erscheinenden Serie „Trudy Central'nogo Naučno-Issledovatel'skogo Instituta Geodezii, Aeros-emki i Kartografii“, in der bis heute rund 150 Hefte herausgekommen sind.

Mit ähnlichen Problemen, aber auch solchen der Luftbildauswertung, beschäftigt sich das Moskauer Institut für Ingenieure der Geodäsie, der Luftaufnahme und der Kartographie („Moskovskij Institut Inženerov Geodezii, Aerofotos-emki i Kartografii“ = MIIGAiK). Es gibt zwei Serien von Publikationen heraus, nämlich die „Trudy Moskovskogo Instituta Inženerov Geodezii, Aerofotos-emki i Kartografii“ und die Zeitschrift „Geodezija i Aerofotos-emka“. In erster Linie ist das Institut aber, wie der Name andeutet, eine Ausbildungsstätte für Fachkräfte auf den genannten Gebieten und als solche dem Ministerium für Höhere und Mittlere Spezialausbildung („Ministerstvo Vyssëgo i Srednego Special'nogo Obrazovanija“ = MViSSO) unterstellt. Ein analoges Institut befindet sich auch in Nowosibirsk (NIIGAiK).

Eine führende Stellung auf dem Gebiete der Luftbildinterpretation nimmt das Laboratorium für Luftmethoden an der Akademie der Wissenschaften („Laboratorija Aerometodov Akademii Nauk“ = LAER AN) ein. Wissenschaftler der verschiedensten Fachrichtungen, darunter auch Geographen, arbeiten hier mit. Von diesem Institut ist die wichtige Serie „Trudy Laboratorii Aerometodov“ herausgegeben worden, die die Bände I bis X (1949 bis 1960) umfaßt. Seither hat man diese Numerierung nicht mehr fortgesetzt, sondern ist dazu übergegangen, die Beiträge der einzelnen Autoren in Sammelbänden zu veröffentlichen, die auf ein bestimmtes Thema ausgerichtet sind, z. B. „Die Anwendung von Luftmethoden bei der Suche nach primären Diamant-Lagerstätten“ (7) oder „Die Verwendung von Luftmethoden bei der Landschaftsforschung“ (75). Die Bedeutung des Laboratoriums und seiner Publikationenreihe geht über die Bekanntmachung der eigenen Forschungsergebnisse hinaus; es übt überdies eine verbindende Funktion aus, indem es interdepartementale Landes-

kongresse zu Problemen der Luftaufnahme organisiert oder die Herausgabe der bei solchen Gelegenheiten eingereichten Beiträge betreut.

An den Universitäten haben Ausbildung und Forschung auf dem Gebiete der Luftbildinterpretation noch nicht überall im gewünschten Maße Fuß gefaßt. An der Spitze steht in dieser Beziehung die Moskauer Staatsuniversität („Moskovskij Gosudarstvennyj Universitet“ = MGU), die an der Geographischen Fakultät ein Wissenschaftliches Forschungslaboratorium für Luftmethoden („Naučno-Issledovatel'skaja Laboratorija Aerometodov“) unterhält. Eine entsprechende Abteilung gibt es auch an der Universität von Kiew.

Dies sind die wichtigsten Institutionen, die sich ausschließlich mit Problemen der Luftaufnahme und der Luftbildinterpretation befassen. Daneben gibt es eine ganze Reihe von Stellen, die auf Optik, Photographie, Geophysik usw. spezialisiert sind und ebenfalls namhafte Beiträge zur Entwicklung des Luftbildwesens geleistet haben. Darunter sind etwa zu nennen das Staatliche Optische Institut („Gosudarstvennyj Optičeskij Institut“ = GOI), das mit dem LAER AN zusammen einen Flugspektrographen (s. u.) konstruiert hat, das Wissenschaftliche Forschungsinstitut für Kino- und Photowesen („Naučno-Issledovatel'skij Kinofotoinstitut“ = NIKFI), an dem von JORDANSKI der Spektrozonalfilm (s. u.) entwickelt worden ist, das Leningrader Institut für präzise Mechanik und Optik („Leningradskij Institut Točnoj Mehaniki i Optiki“ = LITMiO), an dem die Weitwinkelobjektive von RUSINOW entstehen, und das Geophysikalische Hauptobservatorium („Glavnaja Geofizičeskaja Observatorija“ = GGO), das an Fragen der Geländebeleuchtung und des Dunsteinflusses arbeitet. Ebenso gibt es viele Institute an der Akademie der Wissenschaften und an den Universitäten (Botanische, Bodenkundliche, Geologische usw.), die für ihre Forschungen die Luftbildinterpretation als eine Methode neben andern verwenden.

Sehr zahlreich sind auch die Organisationen, die in verschiedenen wirtschaftlichen Sektoren direkt an der Erschließung des Landes arbeiten und die von den Forschungsinstituten entwickelten und bewährten Methoden der Luftbildauswertung in der Praxis verwenden, so z. B. der „Lesprojekt“ und der Trust für forstliche Aviation („Trest Lesnoj Aviacii“) auf dem Gebiete der Forstwirtschaft, die „Sel'chozaeros-emka“ in der Landwirtschaft, der Allunions-Trust für Luftgeologie („Vsesojuznyj Aerogeologičeskij Trest“), der „Gidrorečtrans“ in der Binnenschifffahrt und der „Gidroenergoprojekt“ in der Elektrizitätswirtschaft.

3. Beobachtungen an „Luftbildobjekten“ im Gelände

Schon TROLL stellte in seinem damaligen Bericht (11) fest, daß in der russischen Photointerpretation ein ausgesprochenes Zug zu quantitativen Methoden herrsche. Das trifft auch noch heute in hohem Maße zu und ist bei den Arbeiten, die unter dem Abschnitt „Beobachtungen im Gelände“ einzureihen sind, besonders hervorstechend.

Außerst umfangreich sind die Untersuchungen über die spektrale Reflexions-

fähigkeit verschiedener natürlicher Objekte wie Vegetations-, Boden- und Gesteinstypen. Die Messungen haben den Zweck, günstige Spektralzonen für die spezielle Luftphotographie ausfindig zu machen. Bekannt ist das große Werk von KRINOW (21), das aber heute als bereits überholt bezeichnet werden muß. Die Meßmethoden sind seither beträchtlich verbessert worden. Außerdem sind die Daten von KRINOW deshalb nur in beschränktem Maße brauchbar, weil er jeweils zu wenig Angaben über den Zustand der untersuchten Pflanzen oder Vegetationstypen im Moment der Messung gemacht hat. Nach KRINOW haben verschiedene Mitarbeiter des LAER AN, wie ALEKSEJEW, ARZYBASCHEW, BELONOGOWA, BELOW, LJALIKOW, PRONIN, ROMANOWA und TOLTSCHELNIKOW (s. Literaturverzeichnis, Abschnitt b) ein umfangreiches Material zur spektralen Reflexion gesammelt und veröffentlicht.

Die bei den Reflexionsmessungen angewendeten Methoden und Geräte sind die folgenden:

1. Messungen am Boden mit dem Universal-Photometer FM. Im Falle der vegetationskundlichen Forschung werden Blätter, Nadeln oder Zweige, die in einer deckenden Schicht auf eine Sperrholzplatte ausgelegt sind oder ganze Baumkronen von einem Holzgerüst aus gemessen. Die Untersuchungsobjekte werden der Reihe nach durch einen Satz von Interferenzfiltern (12—14 Stück) betrachtet und visuell mit der Reflexion einer Standardfläche (weißes Papier, auf dem BaSO₄ aufgetragen ist = sogenanntes Barytpapier) verglichen. Die Interferenzfilter haben die Eigenschaft, daß sie einen sehr engen spektralen Durchlaßbereich aufweisen und somit fast monochromatisches Licht erzeugen, womit die Remission für bestimmte Wellenlängen gemessen werden kann. Natürlich läßt sich damit nur der sichtbare Spektralbereich erfassen (1, 15, 16).

2. Messungen am Boden mit einem photoelektrischen Feldspektrophotometer (Konstruktion: LAER AN). Das Gerät ist mit einem Prismenspektrograph ausgerüstet, wobei aber die Filmkassette durch einen Photomultiplier und ein Mikroamperemeter als Meßinstrument ersetzt ist. Es kann auf ein Stativ montiert werden und erfaßt dann Flächen von 1×1 m (15).

3. Messungen aus der Luft mit dem Universal-Photometer FM. Das Meßprinzip ist dasselbe wie bei den terrestrischen Untersuchungen (vgl. Abschnitt 1). Das Gerät ist mit Hilfe einer Konsole auf der linken Seite des Flugzeuges befestigt und wird vom Beobachter durch das offene Fenster bedient. Bei einer Flughöhe von 200 m über Grund wird eine Fläche von 42×42 m erfaßt. Im Falle der vegetationskundlichen Untersuchung erhält man somit die mittleren Helligkeiten von ganzen Beständen (1, 16).

4. Messungen aus der Luft mit dem Flugspektrographen LS-3 (Konstruktion: LAER AN zusammen mit GOI). Es handelt sich dabei um eine photographische Kammer, die an Stelle der normalen Luftbildkammer in der Aufhängevorrichtung im Flugzeug montiert ist und das von einem Prisma entworfene Spektrum auf Spektrozonalfilm (s. u.) festhält. Der Film durchläuft eine Schwarzweiß-Entwicklung, und die Dichten des Spektrogramms werden mit einem Mikrophotometer gemessen und in Reflexionskoeffizienten umgerechnet. Der Öffnungswinkel des Gerätes ist derselbe wie beim Universal-Photometer FM. Bei dieser Meßanordnung ist die gleichzeitige Untersuchung von Objekt und Standardfläche nicht möglich. Die Reflexion der letzteren wird jeweils unmittelbar vor und nach dem Flug bestimmt. Der Flug selbst darf somit nicht zu lange dauern, da sonst die Veränderungen der Sonnenhöhe und damit der Beleuchtungs- und Reflexionsverhältnisse zu groß würden. Da der Spektrozonalfilm auch für infrarotes Licht

empfindlich ist, können die Messungen im sichtbaren und infraroten Bereich erfolgen. Gleichzeitig mit der Aufnahme der Spektrogramme werden die erfaßten Geländeausschnitte von einer zweiten kleinen Kammer, die synchron arbeitet, als Luftbild festgehalten (1, 15, 16).

5. Messungen aus der Luft mit dem Flug-Kinospektrum RŠC-1 (Konstruktion: LAER AN). Dieses Gerät ist ein zweilinsiger Kinoapparat, der in die gleiche Negativebene nebeneinander ein Luftbild und ein Spektrogramm entwirft. Bei einer Flughöhe von 100 m über Grund wird vom spektrophotometrischen Teil der Kammer eine Fläche von 9 m² erfaßt. Es lassen sich somit relativ kleine Stellen im Gelände untersuchen. Der Apparat ist in erster Linie für die Messung geologischer Objekte konstruiert und verwendet worden (25, 26).

6. Messungen aus der Luft mit dem sogenannten „Spektrovisor“ (Konstruktion: LAER AN). Dieses elektronische Gerät gibt die spektralen Reflexionskurven direkt auf dem Schirm eines Oszillographen wieder, der in regelmäßigen Intervallen photographiert wird. Eine zweite Kammer nimmt zur Lokalisierung der Spektrogramme gleichzeitig Luftbilder auf (19, 20).

Einige Beispiele mögen zeigen, welcher Art die untersuchten Objekte waren und welche Resultate bisher erhalten wurden.

1. Die fortlaufende Messung von jungen Nadeln verschiedener Koniferen während der Vegetationszeit ergab einen ziemlich starken Helligkeitsabfall im Laufe des Sommers. Der gleiche Effekt konnte auch bei ein- bis zweijährigen Nadeln, allerdings in stark abgeschwächtem Maße, beobachtet werden (vgl. Fig. 1) (1, 15, 16).

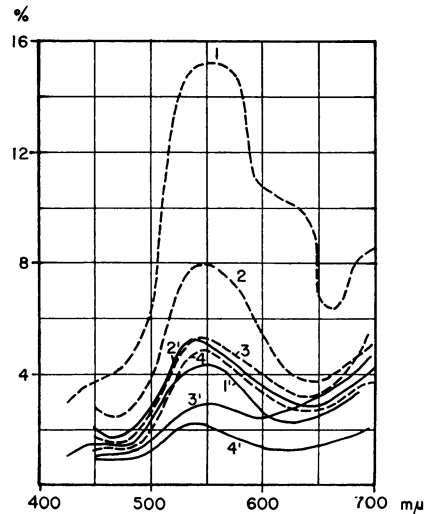


Fig. 1: Spektrale Reflexion von jungen und alten Fichten-Nadeln und ihre Veränderung im Laufe der Vegetationszeit [nach BELOW (1)]

Junge Nadeln:	1	22. Juni	Alte Nadeln:	1'	22. Juni
	2	6. Juli		2'	6. Juli
	3	28. Juli		3'	28. Juli
	4	9. Sept.		4'	9. Sept.

Die Nadeln wurden im Forst von Lisino (bei Leningrad) von 100—200jährigen Bäumen gewonnen.

2. Sehr ausgeprägt ist die Verminderung der Remission bei Blättern von verschiedenen Laubbäumen im Laufe des Sommers. Die herbstliche Blattverfärbung bringt eine scharfe Erhöhung der Rückstrahlung im Gelb und im Rot mit sich (vgl. Fig. 2) (1, 15, 16).

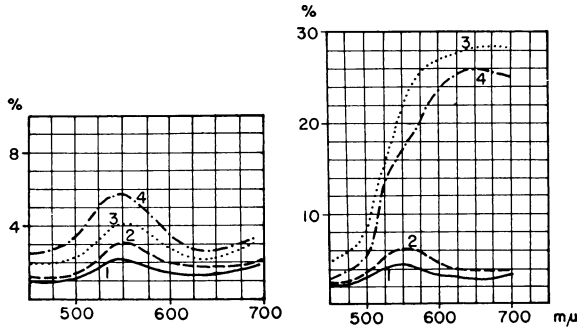


Fig. 2: Spektrale Reflexion von verschiedenen Nadel- und Laubbäumen im Herbst [nach ARZYBASCHEW und BELOW (16)].

- 1. Fichte
- 2. Kiefer
- 3. Birke
- 4. Espe

Links: Resultate der Messungen anfang Herbst (9. September 1955) — Rechts: Resultate der Messungen im Zeitpunkt der völligen Blattverfärbung (8. Oktober 1955). Messungen ausgeführt am Boden mit einem Universal-Photometer FM.

3. Die Messungen aus der Luft ergaben zum Teil andere Resultate als die Untersuchungen am Boden. Im allgemeinen gilt für den sichtbaren Bereich, daß die Reflexionskoeffizienten für Bestände ungefähr zweimal niedriger als für einzelne Zweige mit Blättern oder Nadeln sind. Diese Tatsache muß zweifellos mit den Besonderheiten der Kronenstruktur erklärt werden, indem in und zwischen den Baumkronen mehr Schatten auftreten und sich in der Messung bemerkbar machen als bei ausgelegten Zweigen. Beim Vergleich einzelner Arten kann unter Umständen eine Umkehr der Helligkeitsverhältnisse festgestellt werden, wenn man von Messungen am Boden zu Messungen aus der Luft übergeht. Z. B. zeigten die terrestrischen Untersuchungen an Zweigen für die Birke im sichtbaren Teil des Spektrums eine größere Helligkeit an als für die Buche. Auf panchromatischen Luftbildern ist aber die Buche erfahrungsgemäß heller abgebildet, eine Erscheinung, die mit den Messungen der Bestände aus der Luft übereinstimmt. Die Erklärung für diesen Effekt ist die, daß die Buchenkrone eine dichte Struktur aufweist, während die Birkenkrone dagegen durchbrochen ist und viele Schattenpartien enthält. Dieses Beispiel zeigt, daß die Messungen an Zweigen oder Blättern keine zuverlässigen Anhaltspunkte für die Luftaufnahme ergeben können, da die damit verbundenen Verhältnisse nicht dem aus der Luft sichtbaren Aspekt entsprechen (15).

4. Die Prüfung der Abhängigkeit der Reflexion von der Richtung ergab für Waldbestände folgende Resultate: Mit der Veränderung der Ausfallsrichtung des Lichtes findet keine Veränderung der Farbe statt. Dagegen stellt natürlich die allgemeine Helligkeit eine Funktion des Rückstrahlungswinkels dar. Die größte Remission findet sich auf der beleuchteten Seite, die kleinsten Werte ergeben sich für die vertikale Messung, da dann der Einfluß der schattigen Zwischenräume am stärksten ist. Ferner ist die Reflexion in transversalen Richtungen (quer zur Richtung der einfallenden Sonnenstrahlen) etwas höher als die auf der Schattenseite, da dabei sich sowohl der beleuchtete wie auch der im Schatten liegende Teil der Baumkronen auswirkt (1, 16).

5. Es besteht ein Unterschied in der Reflexionsfähigkeit zwischen Licht- und Schattenblättern resp. -nadeln. Blätter oder Nadeln aus untern oder nördlich exponierten Kronenteilen sind heller als solche aus obern oder südlich exponierten (vgl. Fig. 3). In ähnlicher Weise reflektierten Blatt- oder Nadelunterseiten stärker als die Oberseiten (1, 16).

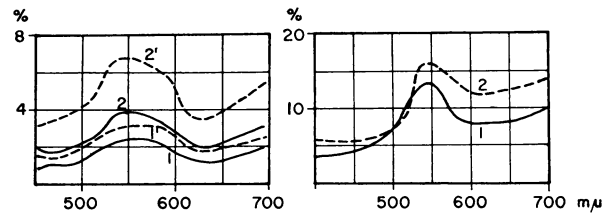


Fig. 3: Unterschied in der spektralen Reflexion zwischen Licht- und Schattennadeln resp. -blättern [nach BELOW (1)]. Links: Unterschied zwischen Nadeln resp. Blättern aus dem obern und dem untern Teil einer Baumkrone. — Fichtennadeln am 1. September bei Sonnenhöhe von 38°: 1 aus dem obern Kronenteil; 1' aus dem untern Kronenteil. — Birkenblätter am 9. September bei Sonnenhöhe von 32°: 2 aus dem obern Kronenteil; 2' aus dem untern Kronenteil. Rechts: Unterschied zwischen Kiefernnadeln aus dem nach Norden und dem nach Süden exponierten Teil einer Baumkrone. — 1 Nadeln aus dem nach Süden exponierten Teil der Krone; 2 Nadeln aus dem nach Norden exponierten Teil der Krone.

Die Nadeln wurden am 9. August 1956 bei einer Sonnenhöhe von 30° im Forst von Omega gewonnen, und zwar von einem 70jährigen Baum aus einem Bestand vom Heidebeerkieferwald-Typ.

6. Die gleichen Nadelbäume weisen eine Verschiedenheit in der Reflexion in verschiedenen geographischen Gebieten auf. Z. B. ist die Rückstrahlung von Nadeln in der Region von Tomsk 1,4 bis 1,6mal höher als in der Region von Leningrad (1). Die Ergebnisse von Reflexionsmessungen haben somit nur regionale Gültigkeit.

7. Die experimentelle Prüfung des „Spektrovisors“ zeigte, daß bei bekannten optischen Eigenschaften des betreffenden Wassers die Tiefe seichtere Stellen von Seen oder Meeren aus den Helligkeitsaufzeichnungen des Oszillographen bestimmt werden kann. Die dabei gemachten Überlegungen und benutzten Gesetzmäßigkeiten sind die gleichen wie bei der Tiefenbestimmung von Gewässern aus den Negativdichten von Luftaufnahmen (19).

8. Die zonalen Bodentypen zeichnen sich durch Unterschiede in der spektralen Reflexionsstärke aus, die im Rotbereich am größten sind (vgl. Fig. 4) (27).

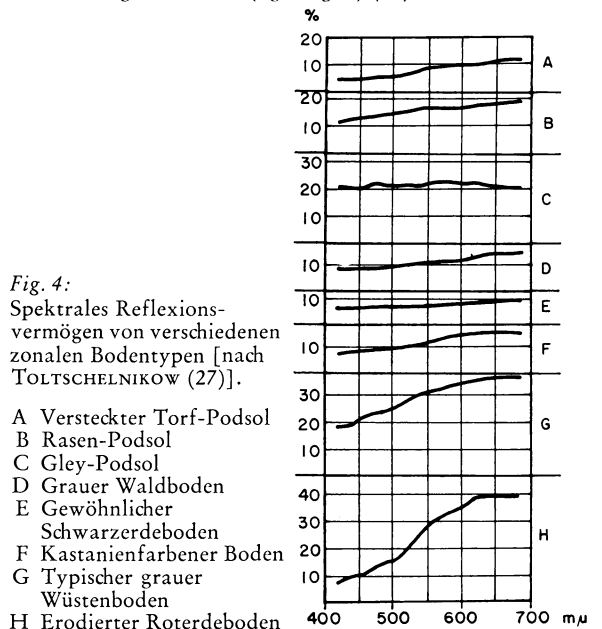


Fig. 4: Spektrales Reflexionsvermögen von verschiedenen zonalen Bodentypen [nach TOLTSCHELNIKOW (27)].

- A Versteckter Torf-Podsol
- B Rasen-Podsol
- C Gley-Podsol
- D Grauer Waldboden
- E Gewöhnlicher Schwarzerdeboden
- F Kastanienfarbener Boden
- G Typischer grauer Wüstenboden
- H Erodiertes Roterdeboden

9. Die photometrischen Eigenschaften der Böden gepflügter Flächen werden beeinflusst durch ihren Humus-, Eisen- und Feuchtigkeitsgehalt sowie durch ihre mechanische und mineralogische Zusammensetzung. Die Helligkeit nimmt mit zunehmender Feuchtigkeit zunächst ab, bis diese einen Prozentsatz von 15 bis 25 erreicht hat. Dann beginnt sie wieder zu steigen, da dann freies Wasser erscheint. Bei gleichem Mineralgehalt sinkt die Reflexion mit zunehmender Korngröße (28).

10. Die Analyse der spektralen Reflexion von Sanden erlaubt es, mit genügender Genauigkeit ihre petrographische Zusammensetzung zu bestimmen (25).

Vor einigen Jahren sind systematische phänologische Beobachtungen an verschiedenen Vegetationstypen, die vielfach parallel mit Reflexionsmessungen laufen, in Angriff genommen worden. Interessant ist die Darstellung der Ergebnisse in Form von Diagrammen, wobei Belaubung, Blattverfärbung und Laubfall in Prozent in Abhängigkeit von der Jahreszeit erscheinen (s. Bsp. in Fig. 5). Daraus kann die für einen bestimmten Zweck beste Zeit für die Luftaufnahme herausgelesen werden [DEMENTEW (18)].

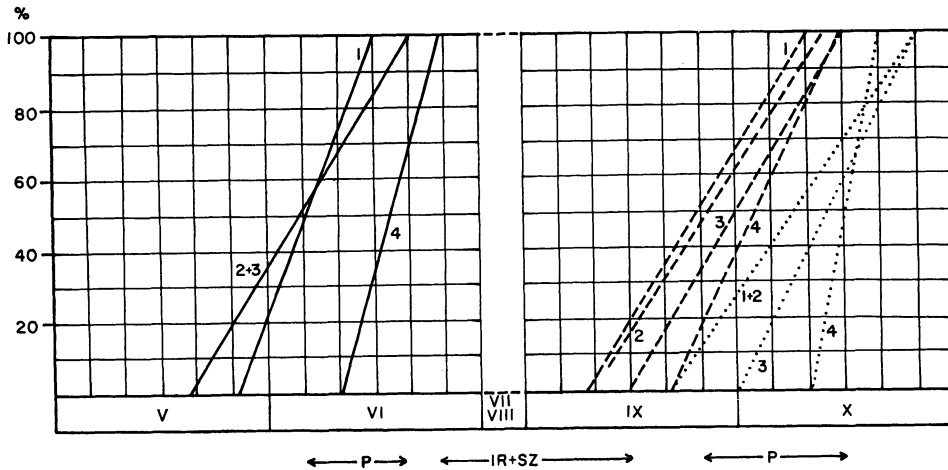


Fig. 5: Für die Luftaufnahme wichtige phänologische Veränderungen im Jahre 1955 im Forst von Lisino (Region von Leningrad) [nach DEMENTEW (18)].

Dargestellt sind die Belaubung (ausgezogene Kurven), die Blattverfärbung (gestrichelte Kurven) und der Laubfall (punktierte Kurven) in Prozent als Funktion der Jahreszeit.

1. Seggen-Torfmoos-Birkenwald
2. Heidelbeer-Birkenwald
3. Sauerklee-Birkenwald
4. Sauerklee-Espenwald

P Günstige Jahreszeiten für die Luftaufnahme mit panchromatischem Film
 IR + SZ Günstigste Jahreszeit für die Luftaufnahme mit Infrarot- oder Spektrozonal-Film

Unter den Beobachtungen über den Zustand eines einzelnen Elementes in der Landschaft sind schließlich noch Untersuchungen hydrologischer Art zu erwähnen. Die Feststellung des jahreszeitlichen Ganges der Feuchtigkeit im Boden ist vor allem für Trockengebiete von Belang. Dort können sich zu bestimmten Zeiten große Kontraste im Feuchtigkeitsgehalt und damit in der Helligkeit zwischen verschiedenen Bodentypen ergeben (vgl. Jahreszeitliche Effekte in Wüstengebieten in Kapitel 4, p. 88). Die Aussichten der bodenkundlichen Interpretation hängen somit stark von derartigen Effekten ab. [BELONOGOWA und WINOGRADOW (17)]. Für viele Interpretationszwecke sind auch Kenntnisse über die Wasserführung von Flüssen in Abhängigkeit von der Jahreszeit wichtig.

Neben den Beobachtungen an einzelnen Landschaftselementen wird auch deren Zusammenspiel untersucht. Die Kenntnisse über die gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen diesen Elementen bilden eine wesentliche Grundlage für die regionale Luftbildauswertung und ermöglichen die indirekte Interpretation. Z. B. kann dann der Bodentyp auf Grund der Vegetation, oder die Vegetation auf

Grund des Reliefs angesprochen werden. Diese eigentlich geographischen Untersuchungen sind nicht nur für die geographische Luftbildinterpretation, sondern auch für viele spezielle Untersuchungsrichtungen von höchster Bedeutung. Z. B. kann man in Trockengebieten aus der Art der Vegetation auf das Vorhandensein von Grundwasser und auf den Grad der Bodenversalzung, in polaren Gegenden auf die Tiefe des Permafrostes schließen. Oder die Verteilung von Vegetationstypen unterstreicht die geologischen Strukturen. Wie TROLL 1943 (11) berichtete, versuchten die russischen Forscher auch auf diesem Gebiet mit quantitativen Größen zu arbeiten, indem sie die Abhängigkeit zwischen den Landschaftselementen durch Korrelationskoeffizienten ausdrückten. Von dieser mathematischen Formulierung der Beziehungen in der Landschaft, die zweifellos zu weit ging und die Dinge allzu stark vereinfachte, ist man seither wieder abgekommen. Auf alle Fälle konnten wir keine Anhaltspunkte dafür finden, daß in dieser Richtung weitergearbeitet würde. Man begnügt sich damit, die Beziehungen zwischen Landschaftselementen (z. B. Abhängigkeit der Vegetation von der Hangneigung) oder den ganzen Inhalt von Landschaftseinheiten in Form von Tabellen wiederzugeben.

Gelegentlich sind zur Planung von Bildflügen auch visuelle Beobachtungen aus dem Flugzeug nützlich. BARYGIN (in 7) empfiehlt dies z. B. für geologische Forschungen.

Allen diesen Untersuchungen an „Luftbildobjekten“ im Gelände ist eigen, daß sie das Ziel haben, Richtlinien für die Wahl der Luftaufnahmetechnik zu liefern und damit die Herstellung von Luftbildern mit einem für bestimmte Verwendungszwecke optimalen Informationsgehalt zu sichern. Damit ist quasi bereits ein Teil der Interpretation geleistet worden, indem dann Photos mit bestimmten Effekten entstehen, deren Bedeutung von vorneherein klar ist. Davon zu unterscheiden ist der umgekehrte Fall, daß bei feststehender Technik der Luftaufnahme durch Vergleich der Bilder mit der Wirklichkeit im Gelände ermittelt wird, wie bestimmte Objekte auf dem Photo wiedergegeben werden. Diese Methode ist dann anzuwenden, wenn mit bereits bestehendem Material, also z. B. mit den für die Kartenerstellung aufgenommenen üblichen panchromatischen Luftbildern, gearbeitet wird. Darauf treten wir im letzten Abschnitt ein.

4. Die Technik der Luftaufnahme

Die heute in den zivilen Organisationen am häufigsten verwendete Luftbildkamera ist die am CNIIGAiK entwickelte vollautomatische AFA-TE (Abkürzung für „Aerofotoapparat topografičeskij-električeskij“) für das Format 18×18 cm. Sie dient zur Aufnahme in allen Maßstäben und wird seit 1955 anstelle der früher verwendeten Zeiss-RMK und der amerikanischen K-17 eingesetzt. Sie ist mit den verschiedensten Objektiven kombinierbar, deren Brennweiten von 36 bis 500 mm variieren. Bei den meisten dieser Objektive handelt es sich um von RUSINOW konstruierte Russar-Optiken. Besonders erwähnenswert ist das Objektiv mit der kürzesten bisher verwendeten Brennweite, das Russar-38, das über einen Öffnungswinkel von 148° verfügt. Die Objektive mit Brennweiten bis zu 200 mm sind im allgemeinen mit Zentralverschluß, die langbrennweitigen mit Schlitzverschluß ausgerüstet (1, 12, 50).

Wenn man die zu den Kamern und Objektiven angegebenen Daten betrachtet, fällt auf, daß die erreichbaren Verschlussgeschwindigkeiten relativ tief liegen und 1/300 oder 1/400 Sekunde nicht übersteigen. Nach WESELOWSKI (12) sind allerdings bei neueren Modellen Belichtungszeiten bis zu 1/1000 Sekunde möglich.

Die während des Weltkrieges gebaute AFA-33 für das Format 30×30 cm ist heute zwar veraltet, wird aber noch gebraucht für großformatige Photographie, z. B. für die Luftaufnahme von Städten und bei Ingenieurarbeiten. Ein Mangel dieser Kammer ist vor allem das schlechte Planliegen des Filmes (50).

Eine modernisierte Version der AFA-33 ist die AFA-33 M, die mit vier verschiedenen Objektiven mit Brennweiten von 200, 500, 750 und 1000 mm zusammen verwendet werden kann. Sie kommt unter anderem bei Übersichtskartierungen zum Einsatz (50).

Neben diesen in der Praxis verwendeten und bewährten Kamern muß noch auf einige neuere Entwicklungen hingewiesen werden. Die ASCAFA 2 ist ein verschlußloser Apparat, der der amerikanischen Con-

tinuous Strip-Kammer entsprechen dürfte. Wie GORDEJEW (in 1) mitgeteilt hat, erlauben mit ihr im Winter im Maßstab von 1 : 500 aufgenommene Schrägbilder die einwandfreie Unterscheidung der einzelnen Baumarten. Jedoch sind die Kosten für derartige Aufnahmen natürlich hoch und diese kommen nur für Stichproben in Frage.

Am MIIGAiK haben SAITOW und ZUPRUN (49) eine neunlinsige Kammer gebaut, in der nebeneinander 3 Filme für 6×6 -cm-Aufnahmen Platz haben. Für jeden Film stehen drei Objektive zur Verfügung. Es können mit diesem Apparat somit gleichzeitig Bilder mit drei verschiedenen Filmen und je drei verschiedenen Filtern gemacht werden. Diese Konstruktion ist für die Abklärung von Film-Filter-Problemen berechnet.

Arbeiten zur elektronischen Steuerung der Filmbelichtung bewegen sich in zwei Richtungen: In der einen sucht man die Lösung in einer automatisch über eine Photozelle regulierten Blendenöffnung, in der anderen durch die Anwendung desselben Prinzips auf die Verschlussgeschwindigkeit. Das erste Prinzip ist in einem am CNIIGAiK gebauten Gerät, dem Automat ADO, zur Ausführung gelangt. Er soll an alle Kamern angepaßt werden können [BELJAJEW (30)]. Das zweite Verfahren haben ILIN und DERWIS (42), ebenfalls am CNIIGAiK, für ihre Kammer AFA-TEU gewählt. Der erste Prototyp ermöglichte eine kontinuierliche Veränderung der Belichtungszeit von 1/65 bis 1/480-Sekunde. Die automatisch gesteuerte Belichtung hat die Wirkung, daß die Negativschwärzungen für verschiedene Landschaftstypen ausgeglichen werden, und daß somit die mittleren Negativdichten sich über einen ganzen Filmstreifen hinweg einem Optimalwert annähern. Dies ist vor allem für Aufnahmen im Hochgebirge, wo große Kontraste (schnee- und eisbedeckte Flächen, dunkle Wald- und Schattenpartien) auftreten, von Interesse. Fig. 6 zeigt als Beispiel die auf einem Versuchsflug im entwickelten Film erzielten durchschnittlichen Schwärzungen.

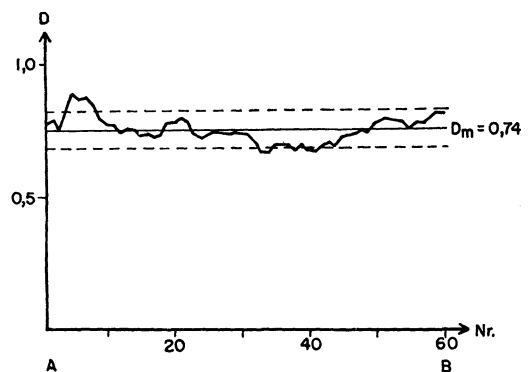


Fig. 6: Veränderungen der mittleren Negativdichte auf einem Filmstreifen, der mit der Kammer AFU-TEU (mit elektronisch gesteuertem Ausgleich der Belichtungszeit) über Gebirgsland aufgenommen wurde [nach ILIN und DERWIS (42)].

Die mittlere Dichte des ganzen Streifens beträgt 0,74. Die Kurve zeigt, daß die Schwankungen der mittleren Dichte auf den einzelnen Negativen nur selten über $\pm 10\%$ (gestrichelte Geraden) hinausgeht. A Berggipfel, B Gebirgsvorland mit Wald.

Es sei an dieser Stelle auch auf eine von USPENSKI (53) mitgeteilte Erscheinung hingewiesen, die im Russischen als „podsver“ bezeichnet wird. Es handelt sich dabei um größere, stark geschwärzte Negativstellen, die die Details zu decken und durch parasitäres, nicht-bildformendes Licht entstehen. Durch Versuchsaufnahmen im Labor konnte ihre Entstehung abgeklärt werden. Bei der Luftaufnahme stammt dieses störende Licht von Geländestellen, die in starkem Maße gerichtet reflektieren (z. B. Wasseroberflächen). Der Effekt tritt dann auf, wenn diese Geländestellen in der Abbildung an den Rand der Photos zu liegen kommen oder sich gerade außerhalb des erfaßten Ausschnittes befinden. Das von ihnen ins Objektiv fallende Licht wird an der Glasoberfläche auf der konkaven Seite der innern Menisken der Russar-Optiken weitgehend reflektiert und in die Bildebene geworfen. Das Phänomen scheint für die Objektiv des Typs „Russar“ charakteristisch zu sein. Auf alle Fälle wird erwähnt, daß vergleichende Untersuchungen an einem Wild-Aviogon-Objektiv keinen entsprechenden Effekt ergaben.

Unter den verwendeten Filmen ist an erster Stelle der bis in neuere Zeit fast ausschließlich gebrauchte panchromatische zu nennen. Der Typ 10-800 mit einer Empfindlichkeit von 800-1000 GOST² (= ca. 28 DIN) und einem Laborauflösungsvermögen von 60-90 Linien pro mm ist der verbreitetste. Daneben gibt es noch einen Typ 11 mit halb so großer Empfindlichkeit, aber einem höheren Auflösungsvermögen (120-130 Linien pro mm) (1, 56). MICHAJLOW (45) stellt 1959 in seinem Aufsatz über den damaligen Zustand der Luftphotografie in der UdSSR fest, daß der Vergleich von amerikanischen und russischen panchromatischen Filmen zugunsten der letzteren ausfalle, da die amerikanischen Erzeugnisse bei gleicher Empfindlichkeit eine höhere Auflösung erreichten. Inzwischen sind die russischen Filme möglicherweise verbessert worden. Die panchromatische Aufnahme wird stets in der üblichen Kombination mit einem Gelbfilter ausgeführt.

Andere Filmsorten sind bisher vorwiegend nur experimentell verwendet worden. Für die eine oder andere zeichnet sich jedoch die Möglichkeit einer weiteren Verbreitung in den nächsten Jahren ab. Für infrarotes Licht empfindliches Filmmaterial kennt man auch in der Sowjetunion seit längerer Zeit. Man hat aber wenig damit gearbeitet, da bis vor einigen Jahren die von der Industrie gelieferten Infrarot-Filme sehr instabile Eigenschaften hatten und ihre Empfindlichkeit nach kurzer Lagerungszeit verloren. Seither ist allerdings ihre Qualität verbessert worden (1). Trotzdem werden auch heute noch Infrarot-Aufnahmen eher selten gemacht, da neuerdings eine Konkurrenzierung durch ein anderes Filmmaterial, dem Farb-Spektrozonalfilm (s. u.), von dem sich auch Schwarzweiß-Abzüge mit dem Infrarot-Effekt machen lassen, auftritt (45). Immerhin ist die Benützung des Infrarot-Filmes von verschiedenen Forschern außer für die forstliche Luftaufnahme mit der bekannten Unterscheidungsmöglichkeit von Laub- und Nadelwald auch für bestimmte andere Zwecke empfohlen worden. RYTSCHKOW (80) bezeichnet das infrarote Sommer-Luftbild als vorteilhaft für landwirtschaftlich genutzte Gebiete. WINOGRADOWA (55) erwähnt die Nützlichkeit der Infrarot-Aufnahme für die bodenkundliche Interpretation in Trockengebieten, da die für die Gliederung wichtigen, oft aber sehr kleinen Feuchtigkeitsdifferenzen im Boden darauf

übersteigert abgebildet werden. Das auf infrarote Strahlung ansprechende Filmmaterial vom Typ I-760 hat eine Empfindlichkeit von 100-150 GOST (= ca. 18-20 DIN) und wird normalerweise mit einem Rotfilter zusammen verwendet (1, 56).

Interessant ist, daß dem orthochromatischen Schwarzweiß-Film eine zukünftige weitere Verbreitung auch in der Praxis bevorzuzustehen scheint. Die vielen mit ihm ausgeführten Experimente haben für verschiedene Untersuchungsrichtungen günstige Resultate ergeben. Der orthochromatische Film zeichnet sich durch eine gegenüber dem panchromatischen Material um etwa das Doppelte erhöhte Empfindlichkeit im Grünbereich aus und ist deshalb in allen jenen Fällen von Vorteil, in denen grünes Licht eine Rolle spielt. Dies trifft einmal bei der Luftaufnahme der Vegetation zu. Das über Waldflächen erhaltene Sommer-Luftbild zeigt, verglichen mit dem panchromatischen, etwas erhöhte Tonkontraste zwischen einzelnen Baumarten, insbesondere zwischen Föhre und Birke. Daß diese beiden Arten unterschieden werden können, ist aber für die forstliche und vegetationskundliche Interpretation von großer Bedeutung [BERESIN und CHARIN (37)]. PRONIN (23) empfiehlt den orthochromatischen Film auch für die Frühlingsaufnahme, da dann in der Periode der Blattentfaltung Kontraste im grünen Teil des Spektrums auftreten. Dagegen sind die Interpretationsaussichten im Herbst auf orthochromatischem und panchromatischem Material dieselben. Andererseits hat sich das Ortho-Luftbild für die Photographie des Meeresbodens durch das Wasser hindurch gut bewährt, da die Durchlässigkeit des Wassers für grüne Strahlen am größten ist. Natürlich läßt sich mit dieser Art der Aufnahme nur eine bestimmte Meerestiefe (ca. 20 m) erreichen. Experimentelle Bildflüge über seichten Zonen des Kaspischen Meeres zeigten, daß die Kombination von orthochromatischem Film und Gelbfilter die meisten Details wiedergab, bedeutend mehr als das panchromatische Luftbild. Diese Erkenntnisse können für geologische Forschungen, die z. B. im Zusammenhang mit Erdölprospektionen ausgeführt werden, von Bedeutung sein [KALKO (43)]. Der Orthofilm (Typ RF-3) hat in bezug auf Empfindlichkeit und Auflösung ähnliche Eigenschaften wie der panchromatische 10-800 (1, 56).

Der normale dreischichtige Farbfilm hat bisher keine große Bedeutung erlangt. Die allgemeinen Nachteile des Farbfilms sind bekannt: Die relativ niedrige Empfindlichkeit und die Anfälligkeit für Farbstiche bei starkem Luftlichteinfluß. Die russischen Farbfilme CN-1 und CN-3 haben eine Lichtempfindlichkeit von 50 GOST (= ca. 15 DIN), resp. von 150 GOST (= ca. 20 DIN) (46, 56). Grundsätzlich hätte sonst das Farb-Luftbild gegenüber der Schwarzweiß-Aufnahme bedeutende Vorteile, da die Möglichkeit der Wiedergabe von verschiedenen Farbtönen verglichen mit der von verschiedenen Grautönen sehr viel größer ist. Tatsächlich geben auch eine Reihe von Autoren [BERESIN (34), WINOGRADOWA (55) u. a.] etliche Punkte an, die für die Überlegenheit des Farbfilms sprechen, z. B.:

1. Auf Sommer-Luftbildern ist die Unterscheidung zwischen Laub- und Nadelwald besser möglich.

2. Die Durchsicht in die Tiefe bei Wäldern ist besser, d. h., man kann unter der ersten Baumschicht noch gewisse Details der zweiten Baumschicht, des Jungwuchses und der Krautschicht erkennen, da auf dem Photo gute Farbkontraste zwischen den Bäumen, den Schatten und dem Unterwuchs entstehen.

3. Stellen mit Dürholz und mit Windwurf zeichnen sich gut ab.

4. Kleine, durch den Wald fließende Flüsse sind auf der Farbaufnahme viel besser als auf dem Schwarzweiß-Luftbild sichtbar.

5. Das Farb-Luftbild ist vor allem auch im Hochgebirge vorteilhaft, da dort Fels, Schutthalden, Zwergsträucher und Gebüsch ohne Mühe differenziert werden können.

Andererseits werden auch Nachteile erwähnt, z. B. daß die Unterscheidung zwischen trockenen und versumpften Wiesen nicht möglich ist, da beide ungefähr den gleichen Farbton haben.

Eine bedeutend größere Rolle spielt in der Sowjetunion ein zweischichtiger Farbfilm, der sog. Spektrozonal-Film, der eine unnatürliche Farbwiedergabe erzeugt. Er ist unter der Leitung von JORDANSKI am NIKFI entwickelt worden. Der Film hat eine für sichtbares und eine für infrarotes Licht empfindliche Schicht (vgl. Fig. 7). Vom Filmnegativ wer-

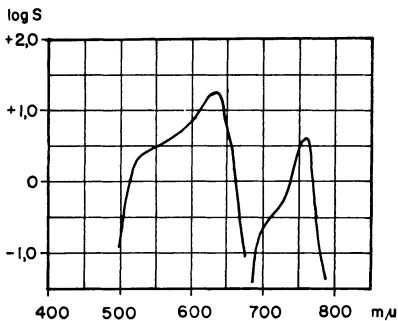


Fig. 7: Spektrale Empfindlichkeit des zweischichtigen Spektrozonal-Films SN-2 [nach BELOW (1)].

den meistens Kopien auf das auch für die gewöhnliche Farbaufnahme verwendete dreischichtige Farbpapier „Fotocvet“ gemacht. Als Endresultat zeigt dann das Positiv rote, orange oder gelbe Töne für Objekte mit starker Reflexion im Infrarot-Bereich, grüne oder blaugrüne für solche mit schwacher Infrarot-Remission. Einige Beispiele der Farbwiedergabe sind in Tab. 1 zusammengestellt. Die russische Spektrozonalaufnahme dürfte somit im Effekt ungefähr mit der Farbproduktion beim amerikanischen Camouflage Detection-Film übereinstimmen. Ein wichtiger technischer Vorteil des Spektrozonal-Films gegenüber der normalen Farbaufnahme ist seine geringe Anfälligkeit für die schädlichen Einflüsse des Luftlichtes, da das blaue Licht mit Filtern eliminiert werden kann. Es ist somit auch möglich, die Bildflüge in größerer Höhe auszuführen. Der Spektrozonal-Film wird mit Gelb-, Orange- oder Rotfilter ausgeführt, wobei mit der Wahl des Filters erst noch die Möglichkeit besteht, die Entstehung von unnatürlichen Farbeffekten bis zu einem gewissen Grade zu lenken. Ein weiterer Vorzug ergibt sich dadurch, daß der Spektrozonalfilm einen Beleuch-

tungsabfall am Rande der Aufnahme bis zu 30 % erträgt. Vergleichsweise ist dies beim normalen Farbfilm nur bis zu 75 % der Fall. Bei tieferer Beleuchtungsstärke werden dort die Farbverhältnisse bereits verfälscht und die Verwendung von Weitwinkelobjektiven ist somit nicht möglich. Der Aufwand für die Filmverarbeitung ist drei- bis viermal größer als bei der Schwarzweiß-Aufnahme, jedoch immer noch zweimal tiefer als beim dreischichtigen Farbfilm (1, 46, 51, 56).

Tabelle 1: Die Farbwiedergabe einiger Objekte auf dem Spektrozonal-Film SN-2 bei der Aufnahme mit Orangefilter [nach Angaben von BERESIN und CHARIN (37), MICHAJLOW (46)].

Objekt	Farbton
Laubwald	orange-rot, graubraun-kaffeebraun oder purpur
Nadelwald	blaugrün bis dunkelgrün
Verdorrtte Bäume	grellblau oder grünlich-blau
Schlagflächen im Wald	gelbgrün
Moore	gelb, hellgelb-grün oder hellgrün
Wiesen	gelborange, gelb-graubraun oder rot (Farbe abhängig von phänologischen Zustand und vom Deckungsgrad)
Weiden	dunkelbraun
Landwirtschaftl. Kulturen	hellgrün, graubraun-grün (abhängig von der Bearbeitungsart des Bodens, von der Bodenfeuchtigkeit und vom Entwicklungszustand der Kulturen)
Wasser	dunkelblau, dunkelblau-grün
Asphaltstraßen	hellgrün
Naturstraßen	hellgelb, graubraun-gelb (abhängig vom Bodentyp)
Sandstein	bräunlich-grau, graugelb

Einige wichtige Eigenschaften des Spektrozonal-Luftbildes für die forstlich-vegetationskundliche Interpretation seien hier [hauptsächlich nach BELOW(1)] noch namentlich aufgeführt:

1. Die Spektrozonal-Aufnahme kombiniert die Vorteile des Infrarot- und des Farbbildes miteinander. In erster Linie ist auf ihr eine eindeutige Trennung von Laub- und Nadelbäumen möglich.

2. Eine Ausnahme von dieser Regel bildet die Lärche, die ähnlich wie Laubbäume wiedergegeben wird. Das ist ein bedeutender Nachteil für die Luftaufnahme in Sibirien, wo Lärche und Birke oft in gemischten Beständen auftreten.

3. Andererseits kann auf dem Spektrozonal-Luftbild die ebenfalls wichtige, sonst schwierige Unterscheidung von Kiefer und Birke mühelos durchgeführt werden.

4. Die Farbunterschiede zwischen einzelnen Arten innerhalb der Gruppen (Laub-, resp. Nadelwald) sind eher gering. Auf einem Bild nebeneinanderstehende Bäume können in einzelne Arten differenziert werden, dagegen beginnen die Schwierigkeiten, wenn Bäume auf verschiedenen Bildern zu vergleichen sind.

5. Eine besondere Bedeutung hat der Spektrozonal-Film für die Erfassung von Schadenstellen, da verdorrte Bäume in auffälliger Weise in grellblauen oder grünlichblauen Tönen erscheinen. Er eignet sich deshalb für die Lokalisierung der vom Sibirischen Seidenspinner (*Dendrolimus sibiricus*) befallenen Bestände.

Seltener werden vom Spektrozonal-Negativ Abzüge auf das zweischichtige Spektrozonalpapier SB-2 gemacht, ein Verfahren, das gegenüber dem vorigen wesentlich andere Farben ergibt. Nadelbäume werden z. B. dunkelgrau-bräunlich, Laubbäume hellbläulich-grün abgebildet. Diese Art von Positiven ist im allgemeinen für die Interpretation weniger geeignet, allerdings mit einer Ausnahme. Schäden können auf ihnen noch besser erkannt werden, da verdorrte Bäume in Rot wiedergegeben sind (1).

Das bisher Gesagte gilt für den Spektrozonal-Film mit der Bezeichnung SN-2 dessen Lichtempfindlichkeit BELOW (1) bei Verwendung eines Rotfilters als 150 GOST (= ca. 20 DIN) angibt. Es wäre natürlich auch möglich, Spektrozonal-Filme anderer Art mit verschiedenen Kombinationen der lichtempfindlichen Schichten, die wiederum andere Farbeffekte ergeben würden, herzustellen. Tatsächlich ist auch schon mit den Filmen SN-3 (für Blau und Rot empfindlich) und SN-4 (für Grün und Rot empfindlich) experimentiert worden, ohne daß man aber positive Resultate erhalten hätte. Interessant wäre ein Material, das auf Grün und Infrarot anspricht. Ein solches ist aber bisher nicht hergestellt worden (1).

Der SN-2-Film kann auch für geologische Forschungen von Vorteil sein, wenn die Vegetation ein Indikator für Struktur oder Art des Untergrundes ist. Hingegen ist er für die Luftaufnahme in vegetationsarmen Trockengebieten nicht geeignet. Hier ist der normale Farbfilm vorzuziehen, da es leichter gelingt, Gesteinsarten oder Bodentypen an Hand der natürlichen Farben zu identifizieren. Auch für Gebirgslandschaften gibt der dreischichtige Farbfilm bessere Resultate (46, 58). Im ganzen betrachtet glaubt BELOW (1), daß der Spektrozonalfilm in Zukunft auch eine weite Verbreitung in der Praxis erhalten dürfte.

Zum Abschluß der Besprechung der in der UdSSR verwendeten Filmsorten sei noch auf ein Material hingewiesen, das sich noch im Entwicklungsstadium befindet. Es handelt sich um den von SOLOWEW (52) beschriebenen sog. paninfrachromatischen Schwarzweiß-Film. Er soll die Vorteile der panchromatischen und der infraroten Aufnahme kombinieren und ihre Nachteile ausschalten. So ist z. B. die Abbildung des Laubwaldes auf dem panchromatischen Luftbild zu dunkel, da sich die Empfindlichkeit des zugehörigen Films bis auf die Spektralzone der Wellenlänge 660-680 $m\mu$ erstreckt, in der die Absorption der Pflanzen sehr stark ist. Andererseits erscheint der Laubwald auf dem Infrarotbild als zu hell. Dagegen ergibt die Kombination einer Lichtempfindlichkeit für die genannte Absorptionszone im Rot und für das nahe Infrarot gute Resultate, da dann verschiedene Arten von Grün verschiedene Grautöne erzeugen. Für den von SOLOWEW vorgeschlagenen Film soll deshalb ein Rotfilter mit der Absorptionskante bei 640 $m\mu$ verwendet werden. Im Endeffekt dürften die so erhaltenen Bilder eine Ähnlichkeit mit der bekannten modifizierten Infrarot-Aufnahme haben. Allerdings ist zu beachten, daß der paninfrachromatische Film im Rotbereich eine höhere Empfindlichkeit als der normale Infrarot-Film aufweist.

Zur Abklärung der Brauchbarkeit verschiedener Filmsorten sind schon etliche großangelegte Experimente ausgeführt worden, wobei man die auf gleichzeitig aufgenommenen Luftbildern verschiedener Art erzielten Interpretationsergebnisse miteinander verglichen hat. Da diese Frage eng mit dem Problem der günstigen Jahreszeiten zusammenhängt, soll in jenem Zusammenhang noch auf einige Resultate aufmerksam gemacht werden.

Zunächst müssen wir aber noch kurz auf die Verarbeitung im Labor eintreten, die ja auch zur Technik der Luftphotographie zu zählen ist. Das dabei angestrebte Ziel ist die Verbesserung der allgemeinen Bildqualität. Aus der Fülle der in der Literatur gemachten Mitteilungen können nur einige wenige herausgegriffen werden. ZYGANOW (57) berichtet über die Verwendung von speziellen Entwicklerlösungen zur Verarbeitung von Aufnahmen aus dem Hochgebirge mit starken Kontrasten. Die charakteristische Kurve der Filme wird damit so weit verändert, daß auch die Details in den Lichtern und Schatten gut wiedergegeben werden. Einen ähnlichen Einfluß hat das Kopieren mit elektronischem Kontrastausgleich. Am CNII-GAiK ist der Prototyp eines Kopiergerätes entstanden, das wohl mit dem amerikanischen LogElectronic-Apparat zu vergleichen ist [BELJAJEW (31)]. Im Zusammenhang mit den Fragen der Bildgüte sei noch erwähnt, daß offenbar die Kontrastübertragungsfunktion als Qualitätsmaß im russischen Luftbildwesen noch nicht eingeführt worden ist. Dagegen wird mit der Abbildung von Kanten gearbeitet [GERASIMOWA (40)]. Nach einer Mitteilung von MICHAJLOW 1959 (45) befinden sich die Untersuchungen zur Bildgüte im allgemeinen noch im Anfangsstadium. Bisherige Arbeiten sind meist ohne Bezug auf die Luftaufnahme ausgeführt worden.

Eine wichtige Rolle für die Interpretation spielt die Frage des günstigen Maßstabes, dessen Wahl von zwei Seiten beeinflusst wird: Einerseits von dem Wunsch nach gesteigertem Informationsinhalt und andererseits von Überlegungen der Wirtschaftlichkeit. Dem Streben nach größeren Maßstäben mit mehr Details ist eine Grenze durch die Verminderung der Übersichtlichkeit und die Erhöhung der Kosten gesetzt. Für bestimmte Arbeiten ist allerdings ein großer Bildmaßstab unumgänglich, so z. B. in der Straßen- und Stadtplanung und bei der Herstellung topographischer Spezialkarten (38).

Für die geologische Aufnahme des Landes hängt der gewählte Maßstab der Luftbilder eng mit dem der Kartierung zusammen, der sich zwischen 1:1 Mio. und 1:2 000 bewegen kann. Die allgemeinen geologischen Landeskarten werden in Maßstäben von 1:1 Mio., 1:500 000 und 1:200 000 herausgegeben. Gebiete, in denen Bodenschätze bereits entdeckt worden oder vermutet sind, erfahren eine Kartierung im Maßstab 1:100 000 bis 1:50 000. Schließlich erfolgen von besonders wichtigen Gegenden Aufnahmen im Maßstab 1:25 000 bis 1:2 000 [WESELOWSKI (12)]. WYSOZKI (14) gibt den Maßstab der Luftaufnahme in Abhängigkeit vom Kartierungsmaßstab wie folgt an:

Maßstab der geologischen Kartierung	Maßstab der Luftaufnahme
1:1 Mio.	1:35 000—1:65 000
1:200 000	1:25 000—1:35 000
1:50 000	1:10 000—1:35 000 Gleich wie Kartierungsmaßstab oder größer
1:25 000—1:10 000	
1:10 000 und größer	

Die angegebenen Schwankungsbreiten der Luftbildmaßstäbe kommen dadurch zustande, daß hier noch ein zweiter Faktor neben dem Maßstab der geologischen Kartierung mitwirkt, nämlich die Geländeverhältnisse, die je nachdem für die geologische Photointerpretation günstige oder ungünstige Voraussetzungen schaffen können. In günstigen Gebieten wird ein größerer Bildmaßstab gewählt, so daß ein großer Teil der Arbeit durch Bildauswertung am Schreibtisch geleistet werden kann. Bei ungünstigen Verhältnissen werden die Bilder in kleinerem Maßstab aufgenommen und hauptsächlich als Arbeitsunterlagen im Felde benützt (12).

Auch auf dem Gebiete der forstlichen Erschließung des Landes hat sich aus der Erfahrung die Verwendung bestimmter Bildmaßstäbe je nach der Detailliertheit der durchgeführten Arbeiten ergeben. Die Forsteinrichtung in der Sowjetunion geschieht je nach der Bedeutung des Gebietes in einer von fünf Kategorien, wobei in der 1. Kategorie der höchste Genauigkeitsgrad erreicht wird. Hier ist der Zusammenhang zwischen Kartierungsmaßstab und Bildmaßstab der folgende [WESELOWSKI (12)]:

Kategorie der Forsteinrichtung	Maßstab der Kartierung	Maßstab der Luftaufnahme
I und II	1: 25 000	1:10 000
III	1: 50 000	1:20 000
IV und V	1:100 000	1:25 000

Die bisher für forstliche Zwecke verwendete Luftaufnahme geht also in Richtung großer Maßstäbe über 1:10 000 nicht hinaus. Die Anwendungsmöglichkeiten großmaßstäbiger Luftbilder sind aber von verschiedenen Autoren experimentell untersucht worden. Besonders eingehend hat sich BERESIN (36) mit dieser Frage befaßt, indem er Luftbilder in Maßstäben von 1:1 500 bis 1:100 000 miteinander verglich.

Wir entnehmen seiner Arbeit die wichtigsten Schlußfolgerungen:

1. Bildmaßstab 1:1500—1:3000: Die Luftbilder zeichnen sich durch hohe Qualität und gute Interpretierbarkeit aus, wobei die Wahl des Filmtyps nicht so eine entscheidende Rolle wie bei Aufnahmen kleineren Maßstabes spielt, da die Erkennungsmerkmale (insbesondere die Struktur der Baumkronen) in allen Fällen recht deutlich sind. Z. B. ergab ein Experiment, bei dem auf Luftbildern verschiedener Art von einer größeren Anzahl von Beständen die Zusammensetzung nach Arten bestimmt wurde, daß die gewonnenen Resultate auf panchromatischen Bildern zu 60—73 %, auf infraroten zu 77 % und auf spektrozonalen zu 77—82 % mit der Wirklichkeit übereinstimmen (vergleiche dazu die Interpretationsergebnisse auf verschiedenen Luftbildarten bei kleineren Maßstäben in Tab. 2). Allerdings ist für derartige großmaßstäbige Aufnahmen der Gebrauch von kurzen Brennweiten nicht zu empfehlen, da sonst die Radialdeformation zu stark und die Bestimmung der Baumart und die Ausführung von Mes-

sungen außerhalb des Zentrums schwierig wird. Am besten wählt man eine Brennweite von 300 oder mehr mm. Da ferner die Kosten sehr hoch sind, ist es vorteilhaft, an Bord des Flugzeuges zwei Kamern mitzuführen und gleichzeitig auch Bilder in mittlerem Maßstab zu machen.

2. Bildmaßstab 1:5000: Die Zusammensetzung der Bestände kommt bereits etwas ungenauer zum Ausdruck, doch sind die Grenzen zwischen den Straten deutlich sichtbar.

3. Bildmaßstab 1:10000: Dieser Maßstab ist sehr gut geeignet für die Arbeit im Felde, da auch die Forstpläne zum Teil in diesem Maßstab aufgenommen werden. Messungen sind gut ausführbar und die Bestandesgrenzen deutlich abgebildet. In ebenem Gelände ist die Verwendung einer Brennweite von 100—140 mm, im Gebirge von 200 mm zu empfehlen.

4. Bildmaßstab 1:15000: Der Informationsgehalt der Bilder nimmt nun rasch ab. Er ist beim Maßstab 1:15000 gegenüber einem solchen von 1:10000 schon beträchtlich abgesunken. Der Auswerter sieht noch ca. 30 % der Bäume (auf die Anzahl bezogen), während der Prozentsatz der erkennbaren Bäume beim Maßstab 1:10000 doch noch 65 beträgt.

5. Bildmaßstab 1:25000: Es können nur noch rund 20 % der Bäume erfaßt werden und diese Bilder sind deshalb für eine Analyse der Bestände ungeeignet. Dagegen sind die Grenzen auf infraroten oder spektrozonalen Sommer-Aufnahmen und auf panchromatischen Herbst-Luftbildern immer noch zu 80 % sichtbar. Eine Gliederung in Laub- und Nadelwald ist gut möglich, und die Bilder können als Unterlage für die Ausführung von Einrichtungsarbeiten am Boden vorteilhaft Gebrauch finden.

6. Bildmaßstab 1:30000—1:50000: Diese Photos sind zur allgemeinen Übersicht äußerst nützlich und sollten deshalb als Ergänzung zu einem Satz von Bildern 1:10000 verwendet werden. Allerdings werden sie zuerst zweckmäßigerweise zwei- bis dreimal vergrößert. Auf Spektrozonal-Aufnahmen sind die Grenzen zwischen Laub- und Nadelwald noch stets deutlich wiedergegeben.

7. Bildmaßstab 1:100000: Bilder in diesem Maßstab sind für die Waldinterpretation nicht geeignet. Sie sind nur in stände, eine allgemeine Idee über die Geländebeziehungen zu vermitteln.

Außer den „innern“ Bedingungen sind bei der Wahl der Luftaufnahmetechnik auch die äußeren Umstände, insbesondere Jahreszeit und Witterung, zu beachten. Die Frage der für eine bestimmte Arbeitsrichtung günstigen Jahreszeit kann im Prinzip auf zwei Arten gelöst werden: Entweder durch Beobachtungen im Gelände (s. d.), aus denen sich bestimmte Forderungen hinsichtlich der Zeit der Luftaufnahme ergeben, oder mittels experimentellen wiederholt ausgeführten Bildflügen. An dieser Stelle soll noch über einige Ergebnisse berichtet werden, die mit der zweiten Methode erzielt wurden.

Die Bedeutung der Jahreszeit für die Interpretation des Waldes hat BELOW (1) folgendermaßen zusammengefaßt:

1. Sommer: Zwischen den Helligkeiten im sichtbaren Bereich (und damit im Grauton auf den Photos) herrschen geringe Unterschiede. Vor allem können Föhre, Zeder, Birke, Espe und Lärche mit Hilfe des Tons kaum getrennt werden. In Reinbeständen kann die Art zwar nach dem Charakter des Aufbaus und nach dem Standort angesprochen werden. In Mischwäldern jedoch ergeben sich große Fehler. Pan- oder orthochromatische Luftbilder sind deshalb nicht geeignet. Die besten Resultate lassen sich mit dem Spektrozonal-Film erzielen.

2. Herbst: Es treten infolge der Laubverfärbungen große Kontraste auf, und Filme, die für den sichtbaren Bereich empfindlich sind, können gut verwendet werden. Die besten Ergebnisse liefert der dreischichtige Farbfilm, jedoch vermittelt auch die panchromatische Aufnahme schon viel Information. Dagegen wird das Spektrozonal-Luftbild zu bunt und ist für die Interpretation nicht günstig. Z. B. erscheint die Espe je nach dem Stand der Blattverfärbung in ganz verschiedenen Farben.

3. Winter: Schwarzweiße Winter-Luftbilder allein sind kaum brauchbar, als Ergänzung zu Sommeraufnahmen jedoch nützlich. Die zweifache Schwarzweiß-photographie kostet aber mehr als die einmalige Sommer-Aufnahme mit Spektrozonal-Film, die ebensoviel aussagt.

4. Frühling: Die panchromatische Frühlings-Aufnahme ist der im Herbst gemachten ähnlich. Die für die Ausführung von Bildflügen günstige Periode ist jedoch im Frühling kürzer. Die Verwendung von Infrarot-Film ist, wie übrigens auch im Herbst, nicht sinnvoll.

Die obigen Ausführungen zeigen, daß die Frage der Jahreszeit eng mit dem Problem der Filmwahl verknüpft ist. BELOW und BERESIN (33) haben zu verschiedenen Jahreszeiten, mit verschiedenen Filmsorten und in verschiedenen Maßstäben aufgenommenes Bildmaterial miteinander verglichen. Tab. 2 illustriert, wie die Erkennbarkeit von Bestandegrenzen von diesen Faktoren abhängt. Die besten Resultate ergaben spektrozonale Sommer-Aufnahmen im Maßstab 1:5 000, die schlechtesten panchromatische Sommer-Luftbilder im Maßstab 1:25 000.

Tab. 2: Vergleich von verschiedenem Luftbildmaterial hinsichtlich seiner Eignung für die forstlich-vegetationskundliche Waldtypen-Ausscheidung [nach Untersuchungsergebnissen von BELOW und BERESIN im Forst von Lisino bei Leningrad (33)].

Maßstab	Jahreszeit	Filmtyp	Deutlichkeitsgrad der Bestandegrenzen ^{0/0}		
			deutlich	undeutlich	nicht erkennbar
1 : 5000	Frühling	Orthochromatisch	76	20	4
		Sommer			
	Sommer	Panchromatisch	65	24	11
		Orthochromatisch	68	23	9
		Infrarot	75	22	3
Sommer	Farb (3schichtig)	62	22	16	
	Spektrozonal	88	9	3	
1 : 10 000	Frühling	Orthochromatisch	68	22	10
		Sommer			
	Sommer	Panchromatisch	38	37	25
		Orthochromatisch	48	31	21
		Infrarot	62	32	6
	Sommer	Spektrozonal	80	15	5
Herbst		Panchromatisch	67	25	8
1 : 15 000	Sommer	Infrarot	68	21	11
1 : 20 000	früher Herbst	Panchromatisch	43	25	32
1 : 25 000	Sommer	Panchromatisch	20	28	52
		Herbst	Panchromatisch	33	45

Die Jahreszeit kann auch für bodenkundliche Untersuchungen ein entscheidender Faktor sein, in erster Linie etwa in *Wüstengebieten*, in denen große Unterschiede zwischen einer relativen Feucht- und einer Trockenzeit herrschen. Eine Unterscheidbarkeit zwischen verschiedenartigem Bodenmaterial ergibt sich entweder durch Differenzen im Pflanzenwuchs und im Feuchtigkeitsgehalt oder durch die Bildung von Salzkrusten.

Wir geben dazu, nach den Untersuchungsergebnissen von WINOGRADOW (54), einige Beispiele:

1. Sandwüste mit Dünenbildungen: Im Frühling sind die Niederungen zwischen den Sandhügeln noch feucht und mit einem Teppich von einjährigen Kräutern und Gräsern besetzt, so daß diese Stellen auf dem panchromatischen Luftbild dunkel erscheinen. Die Dünenoberflächen dagegen sind weitgehend kahl und deshalb hell abgebildet. Im Sommer ist der Pflanzenwuchs zwischen den Dünen verschwunden, und alles weist nun einen einheitlichen Grauton auf.

2. Salzbodenwüste, mit sog. nassem Solontschak (russ. „mokryj solončak“): Dieser ist im Mai noch feucht, auf dem Luftphoto dunkel und deutlich von der Umgebung abgesetzt, im August jedoch ausgetrocknet und an Hand des Grautons kaum mehr abzugrenzen.

3. Salzbodenwüste mit sog. Krusten-Solontschak (russ. „korkovij solončak“): Dieser Bodentyp ist im Mai ebenfalls noch naß und daher dunkel. In der Trockenzeit bildet sich durch die Austrocknung eine oberflächliche Salzkruste, was eine Kontrastumkehr bewirkt, indem nun diese Stellen fast weiß hervortreten und wiederum von der Umgebung abgetrennt werden können.

Besonders scharfe jahreszeitliche Unterschiede treten auch bei der Luftaufnahme von Tonwüsten auf. In der Feuchtzeit sind die Kontraste zwischen Stellen mit verschiedenartigem Oberflächenmaterial ausnivelliert, und alles erscheint mehr oder weniger im gleichen Grau. Dagegen entstehen sehr große Tondifferenzen und damit ausgezeichnete Interpretationsmöglichkeiten in der Periode des Austrocknens, indem dieser Vorgang in Abhängigkeit vom Relief und von der mechanischen Zusammensetzung des Bodens verschieden rasch vor sich geht. Mit zunehmender Trockenheit bilden sich im Boden Risse, die sich ebenfalls auf die Abbildung auf dem Photo auswirken. Größere Riß-Systeme werden auf dem Luftbild als entsprechendes Muster wiedergegeben. Kleinere Risse, deren Größe unter dem Auflösungsvermögen des Films liegt, haben einen Einfluß auf den mittleren Grauton, und zwar sind in der Regel Oberflächen mit Rissen dunkler als solche ohne. Bei völliger Austrocknung verschwinden die Risse wieder. Nun können sich im wesentlichen Tondifferenzen nur noch durch Unterschiede in der mineralogischen Zusammensetzung ergeben, indem sich diese auf die Bodenfarbe auswirken. Doch kommt eine allgemeine Erniedrigung allfälliger Kontraste zu diesem Zeitpunkt durch den Umstand zustande, daß die Oberfläche weithin gleichmäßig mit Staub bedeckt ist [BELONOGOWA und WINOGRADOW (17) und WINOGRADOW (54)].

Unter Berücksichtigung der jahreszeitlichen Effekte ließ sich mit Hilfe von Luftbildern auch ein Kartierungsproblem besonderer Art lösen: Nach dem zweiten Weltkrieg stellte man fest, daß für große Gebiete mit offenem Ackerland die Pläne über die angelegten geschlossenen Drainagesysteme verlorengegangen wa-

ren. Untersuchungen zeigten, daß sich das Muster der verlegten Röhren im Frühling zur Zeit des oberflächlichen Abtrocknens des Bodens gut abhebt, da dann nämlich das Terrain unmittelbar über den Röhren bereits trockener als die Umgebung ist, so daß helle Linien entstehen. Die Drainagesysteme konnten auf diese Weise wieder vollkommen rekonstruiert werden [MEIER und KRIWONOSOW (44)].

Schließlich haben auch die meteorologischen Verhältnisse für die Erzielung guter Luftbilder eine entscheidende Bedeutung. Für die meisten Aufnahmewecke wählt man natürlich das übliche Bildflugwetter mit Sonne und möglichst wolkenlosem Himmel. Oft ist es schwierig, allen Forderungen, die an die Luftaufnahme gestellt werden, nachzukommen, besonders etwa dann, wenn eine bestimmte Jahreszeit an und für sich für die Interpretation günstig wäre, die gleichzeitig herrschende Witterung jedoch die Ausführung von Bildflügen kaum zuläßt. Dies ist z. B. für die Luftaufnahme der Taigazone im Herbst der Fall. Mit panchromatischen oder farbigen Luftbildern ließen sich dann gute Interpretationsresultate erzielen. Das Wetter aber ist zu dieser Jahreszeit vorwiegend schlecht. Anders verhält es sich mit dem Kaukasus, mit Gebieten im Fernen Osten und in der Waldsteppe, wo der Herbst trocken ist. Für die günstige Aufnahmeperiode im Frühling ist in der Taiga das Wetter ebenfalls sehr instabil. Praktisch kommt somit nur die spektrozonale Sommeraufnahme in Frage (vgl. Interpretationsresultate in Tab. 2). [BELOW (1)]. Schwierigkeiten können sich für die Luftaufnahme auch in Wüstengebieten ergeben. In der Trockenzeit entwickelt sich schon bei geringer Windstärke Flugsand, der alle Kontraste verschleiert. Außerdem ist dort auch ein tageszeitlicher Gang der Verstaubung der Luft zu beachten: Das Minimum findet sich in den Morgenstunden, das Maximum in den frühen Nachmittagstunden [WINOGRADOW (54)].

Unter bestimmten Umständen können aber, in Abweichung von der üblichen Praxis, bei bedecktem Himmel aufgenommene Bilder vorteilhafter sein. In Frage kommen dabei Cirrostratus- oder allenfalls dünne Altostratus-Bewölkungen, die keine Schlag Schatten, aber doch noch eine genügende Geländebeleuchtung erzeugen. Diese Aufnahmemethode ist für Gebiete von Interesse, in denen sonst starke Schatten viele Details zudecken würden, also z. B. für das Hochgebirge. Nach BELOW (1) eignen sich solche Bilder auch außerordentlich gut zum Messen von Baumhöhen oder Kronendurchmessern.

5. Die Technik der Luftbildauswertung

WYSOZKI (14) gibt für die geologische Luftbildinterpretation folgende Klassifikation der Interpretationsmerkmale:

I. Merkmale, die sowohl im Gelände wie auch auf dem Photo unterscheidbar sind:

A. Direkte Merkmale

1. Strukturelle (geometrische):

a) lineare; b) räumliche

2. Farbige

B. Hauptsächlich indirekte, manchmal aber direkte Merkmale

3. „Reliefogene“:

a) hydrogene (hydrographische); b) „mesoreliefogene“; c) „mikroreliefogene“

C. Indirekte Merkmale

4. Biogene:

a) phytogene (geobotanische); b) zoogene;

c) anthropogene

II. Merkmale, die nur auf dem Photo anwesend sind:

5. Photogene:

a) kolorogene (Phototon); b) graphogene (charakteristische Zeichnung)

Eine grobe Einteilung unterscheidet gewöhnlich einfach zwischen direkten (photographischen) und indirekten Interpretationskriterien (Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Landschaftselementen). Nun ist natürlich die Geologie in sehr starkem Maße auf solche indirekten Merkmale angewiesen. Anders verhält es sich bei der vegetationskundlichen Interpretation, die sich zunächst immer mit dem direkt auf dem Bild Sichtbaren beschäftigen kann. Die dabei verwendeten Kriterien, die dieses Sichtbare charakterisieren und wenn immer möglich auch klassifizieren sollen, entsprechen, wie nicht anders zu erwarten ist, durchaus denjenigen, mit denen in westlichen Ländern gearbeitet wird: Größe, Form, Grau- oder Farbton (russ. „fototon“), Textur (russ. „faktura“, „struktura“ oder „risunok“), stereoskopische Erscheinung oder Struktur (russ. „stroenie“), Dichte und Verteilung. Wir beschränken uns im folgenden auf die Besprechung dieser direkten Merkmale. Die für ihre Klassifizierung benutzten Verfahren bedürfen einer näheren Betrachtung, da damit bestimmte Techniken der Auswertung von Luftbildern verbunden sind. Die Benutzung indirekter Merkmale basiert auf Kenntnissen regionaler Zusammenhänge, die in Form von Tabellen dargestellt sind, eine Methode, für die keine weiteren Erklärungen nötig sind. Als typisch ist zunächst wiederum festzuhalten, daß die russische Luftbildinterpretation auch in diesem Bereich eine starke Tendenz zu quantitativen, die Subjektivität ausschaltenden Methoden aufweist. Es ist auch bezeichnend, daß im Russischen für den Vorgang der Interpretation der Ausdruck „Dechiffrierung“ („dešifrirovanie“) gebraucht wird. Neben der Behandlung der allgemeinen Prinzipien für die Charakterisierung der Interpretationsmerkmale geben wir jeweils konkrete Beispiele an Hand der Strauch-Vegetation in Wüsten. Mit der Interpretation der Wüstensträucher hat sich vor allem WINOGRADOW in verschiedenen Arbeiten (64, 65, 66) beschäftigt.

Er unterscheidet drei morphologische Gruppen, von denen jede Arten mit ähnlichen Eigenschaften umfaßt, die somit auch für eine gewisse Gleichförmigkeit in bezug auf die photographische Abbildung verantwortlich sind (vgl. dazu Fig. 8):

1. Sträucher, die eine kuppelförmige Krone haben, deren größter Durchmesser sich im untersten Drittel befindet: z. B. Tamarisken.

2. Sträucher, die eine kugelförmige Krone mit dem größten Durchmesser im mittleren Abschnitt aufweisen: z. B. Schwarz- und Weiß-Saksaul (*Haloxylon aphyllum*, bzw. *persicum*).

3. Sträucher mit keulenförmiger Krone, deren größter Durchmesser im obersten Drittel liegt: z. B. Sandakazie (*Ammodendron Conollyi*).

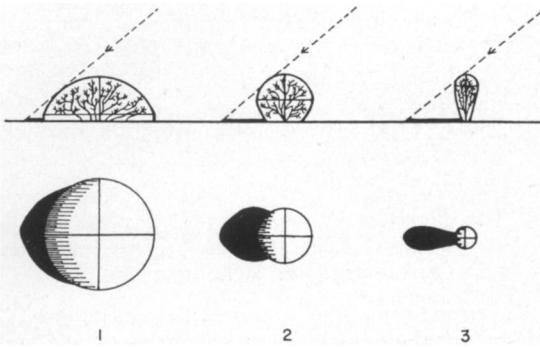


Fig. 8: Einteilung der Wüstensträucher in drei morphologisch verschiedene Gruppen [nach WINOGRADOW (65)]. Oben: Aufriß mit Einfallrichtung der Sonnenstrahlen — Unten: Grundriß mit Körper- und Schlagschatten.

1. Gruppe 1 mit kuppelförmiger Krone und größtem Durchmesser im untersten Drittel (Tamarisken-Typ)
2. Gruppe 2 mit kugelförmiger Krone und größtem Durchmesser in halber Höhe (Saksaul-Typ)
3. Gruppe 3 mit keulenförmiger Krone und größtem Durchmesser im obersten Drittel (Sandakazien-Typ).

Wichtig ist bei der Einteilung in diese drei Gruppen auch die Art des Schlagschattens, da dieser in wesentlichem Maße die Erkennbarkeit oder die Erscheinung verschiedener der Interpretationsmerkmale beeinflusst. In Gruppe 1 sind die Schlagschatten sehr klein und oft kaum zu sehen. In Gruppe 2 dagegen sind sie gut zu sehen. Gut ausgebildete Schlagschatten begleiten die Sträucher in Gruppe 3; allerdings kann es hier zu einer von der Regel abweichenden Erscheinung kommen, wenn der Durchmesser der Kronen im Verhältnis zur Höhe der Pflanzen groß ist und der Schlagschatten somit stark überdeckt wird.

Zur Interpretation der Form (wie auch der Textur, s. u.) von einzeln sichtbaren Pflanzen (Bäume und Sträucher) schlägt WINOGRADOW vor, für die einzelnen Arten stark vergrößerte typische Ausschnitte aus Luftbildern herzustellen, wobei man bis an die Grenze des Auflösungsvermögens oder sogar darüber hinaus gehen soll (10 bis 15fache Vergrößerung). Vorteilhaft ist es, wenn die Luftbilder an sich schon einen großen Maßstab haben (1:5 000). Diese mikrophotographische Analyse erleichtert es, Form und Textur von Pflanzen anzusprechen. Allerdings ist nicht anzunehmen, daß solche Vergrößerungen bei der praktischen Interpretation stets hergestellt werden könnten. Der Sinn dieser Untersuchungen dürfte deshalb darin zu suchen sein, daß man einen Katalog von vergrößerten Ausschnitten zusammenstellt, der dann als Schlüssel bei der Vegetationskartierung von Luftbildern dienen kann, wobei bei der Betrachtung der auszuwertenden Photos mit den üblichen optischen Vergrößerungen (Lupe, Stereoskop) gearbeitet wird.

Im Falle der Wüstensträucher sind nun die einzelnen Individuen auch auf großmaßstabigen Photos noch so klein, daß Krone und Schlagschatten in der photographischen Abbildung verschmelzen und nicht eindeutig voneinander getrennt werden können. Dieser Umstand wirkt sich natürlich auf die erkennbare Form aus. Für die einzelnen Gruppen sind folgende Umrisse charakteristisch:

- Gruppe 1: Rundlich, elliptisch, eiförmig oder ringförmig.
- Gruppe 2: Länglich, elliptisch, eiförmig oder keilförmig.
- Gruppe 3: Länglich, lanzettförmig oder keilförmig.

Die Tatsache, daß Krone und Schatten verschmelzen, ist vor allem bei der Bestimmung der Größe (Durchmesser) zu berücksichtigen. Um nicht falsche Resultate zu erhalten, muß man quer zur Richtung der einfallenden Sonnenstrahlen messen. Die Bestimmung der Strauchhöhe ist bei Gruppe 1 und 2 mit dem stereoskopischen Verfahren möglich. Dieses kann in Gruppe 3 in der Regel nicht mehr angewendet werden, da die Sträucher zu klein sind. Hier kommt nur die Höhenbestimmung mit Hilfe der Schattenlänge in Frage, sofern dieselbe mit genügender Genauigkeit erkannt werden kann.

Der Grauton eines Objektes kann mit Hilfe einer Vergleichsskala von Auge abgeschätzt werden. Genauer ist aber die photometrische Auswertung, bei der die Schwärzung oder photographische Dichte auf dem Negativ gemessen wird. Diese Methode wurde in der UdSSR zuerst von FAAS [in (5)] zur Berechnung von Wassertiefen angewendet. Auf diesem Gebiet wird sie heute von JANUTSCH (62) weiterentwickelt, während WINOGRADOW auf vegetationskundlichem Gebiet damit arbeitet. Ein wichtiges Problem ist die Vergleichbarkeit von Resultaten, die von verschiedenen Negativen gewonnen werden. Verschiedene Filme sind ungleich in bezug auf Belichtung und Entwicklung und sind normalerweise ohne sensitometrische Kontrolle verarbeitet worden. WINOGRADOW versuchte, zur Korrektur den Dichtewert des Schleiers von den an den Objekten gemessenen Schwärzungen abzuziehen, jedoch ohne Erfolg. Der Autor kommt zum Schluß, daß bei der bisher herrschenden Instabilität der Luftaufnahmetechnik einzelne Dichtemessungen nicht ausgewertet werden können. Z. B. waren die Schwankungen der Werte von Wüstensträuchern auf verschiedenem Filmmaterial derart groß, daß die Variationen des Mittelwertes von einem Strauch sich zu 70–80% mit denen einer zweiten Art überschneiden (64, 66). Trotzdem gibt er in einer Tabelle Schwärzungswerte einzelner Sträucher an, die von unter sich vergleichbaren Negativen gewonnen wurden. Den Resultaten kommt aber nur relative Bedeutung zu. Für die drei Gruppen sind folgende Dichteverhältnisse charakteristisch:

- Gruppe 1: Dichte (auf dem Negativ) im allgemeinen gering, z. B. Tamarisken 0,70—1,22.
- Gruppe 2: Dichte im Mittel etwas höher, z. B. Schwarz- und Weiß-Saksaul 0,79—1,60.
- Gruppe 3: Große Dichte, sofern Schlagschatten von Krone überdeckt, sonst mittel bis gering, z. B. Sandakazie 1,08—1,85 (65).

Für die Dichtemessung an einzelnen Punkten eignen sich vielschichtige Filme (also Farbfilme wie SN-2, CN-1 und CN-3) besser. Die Photometrierung erfolgt dann schichtweise, und man erhält zwei oder drei Parameter. Zur monochromatischen Dichtebestimmung sind Interferenzfilter zu verwenden, deren Durchlässigkeitsbereiche mit den Absorptionszonen der einzelnen Schichten übereinstimmen. Die erhaltenen Werte werden in Diagramme eingetragen, und zwar im Falle des SN-2-Films in ein zweiaxiges Koordinatensystem, im Falle von dreischichtigem Farb-Material in ein XYZ-System. Punkte, die einer bestimmten Pflanze oder auch Pflanzengesellschaft entsprechen, fallen ziemlich dicht zusammen, und ihre Verteilung umfaßt ein photo-

metrisches Areal (SAITOW und TAMIZKI in 66). Auch für die visuelle Auswertung von Farbbildern kann ein ähnliches Vorgehen verwendet werden. Man betrachtet Filmpositive auf einem Leuchttisch durch verschiedene Farbfilter (z. B. Gelb-, Grün-, Rotfilter). Jeder von ihnen kann für einen bestimmten Unterscheidungszweck optimal sein und den besten Kontrast ergeben [WINOGRADOWA (55)].

Eine besondere Untersuchungsrichtung schließlich beschäftigt sich damit, eine Korrelation zwischen der photographischen Schwärzung und phytozönotischen wie auch ökologischen Merkmalen von Pflanzengesellschaften zu finden. Es betrifft dies verschiedene Typen von Wiesenvegetationen, bei denen Deckung, Wuchshöhe und Masse der Pflanzen in ziemlich gesetzmäßiger Weise die optische Dichte beeinflussen. Die Methode ist von wirtschaftlichem Interesse, da es damit gelingen sollte, Futtermittelvorräte zu schätzen (WINOGRADOW und LEONTEWA in 66).

Noch wichtiger als bei der Form sind mikrophotographische Analyse und die Herstellung von Schlüsseln mit Hilfe von vergrößerten Ausschnitten für die Beurteilung der Textur. Im Falle von Bäumen und Sträuchern entstehen bestimmte Texturen oder Musterungen in Abhängigkeit von der Dichte der Krone, von der Länge einzelner Zweige, von ihrer Verteilung und ihrer Richtung. Für die eine oder andere Art ergibt sich dabei eine spezifische Zeichnung. Außer der mehr oder weniger vertikalen Kronenprojektion im zentralen Teil des Luftbildes ist oft auch die schräge Abbildung der Kronen am Rande der Photos nützlich, da diese Angaben über den vertikalen Aufbau zu vermitteln vermögen. Dasselbe gilt übrigens auch für die Abbildung des Schlagschattens, der ebenfalls die Aufrißform der Krone und bei Bäumen die Höhe des Kronenansatzes am Stamm zeigt. Da, wie schon gesagt, die Abbildung von Wüstensträuchern auch auf großmaßstabigen Bildern relativ klein ist, kann in diesem Fall kaum mit der innern Textur als Interpretationskriterium gearbeitet werden. Um trotzdem an einem Beispiel zu illustrieren, wie sich dieses Merkmal beschreiben läßt, haben wir Angaben von BERESIN und WINOGRADOW (59) über Baumarten der Taiga in Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3: Abbildungsmerkmale von Baumarten der Taiga-Zone auf großmaßstabigen panchromatischen Luftbildern (gültig für Bäume mittleren Alters).

[Zusammengestellt nach Angaben von BERESIN und WINOGRADOW(59)]

Sibirische Zeder (*Pinus sibirica*)

1. Krone (im zentralen Teil des Luftbildes)
 - a) Form: Rand tief schaufelartig geteilt; die einzelnen „Schaufeln“ verschieden groß
 - b) Licht- und Schattenseite: Gleichmäßige Helligkeitsverteilung, Schattenseite kaum ausgebildet
 - c) Textur: Unregelmäßige sternförmige Anordnung der Äste sichtbar; diese zum Teil von der radialen Richtung abweichend; Astenden sehr hell, oft heller als zentraler Kronenteil
2. Schlagschatten
Dicht, länglich-zylindrisch mit flachem Wipfel, großenteils ohne Lichtstreifen, mit stark gegliedertem Rand

Gemeine Kiefer (*Pinus silvestris*)

1. Krone (im zentralen Teil des Luftbildes)
 - a) Form: Unregelmäßig rundlich; Rand eingeschnitten mit zum Teil schmalen und spitzen, zum Teil stumpfen Vorsprüngen
 - b) Licht- und Schattenseite: Körperschatten nimmt einen erweiterten Sektor unregelmäßiger Form ein, der das Kronenzentrum nicht erreicht; Übergang zu Lichtseite allmählich
 - c) Textur: Wenig kontrastreich, unregelmäßige nicht-orientierte rundliche Flecken verschiedener Größe; Astenden dunkler als zentraler Kronenteil
2. Schlagschatten
Nicht dicht; elliptisch mit größtem Durchmesser in der Mitte und konvexem Wipfel; ungleichmäßig gefleckt; Schatten des Stammes läßt sich bis fast in die Mitte des Kronenschattens verfolgen; Krone umfaßt ca. $\frac{1}{3}$ der gesamten Baumlänge

Sibirische Lärche (*Larix sibirica*)

1. Krone (im zentralen Teil des Luftbildes)
 - a) Form: Rundlich
 - b) Licht- und Schattenseite: Ungleichmäßige Beleuchtung, allmählicher Übergang
 - c) Textur: Zentraler Kronenteil ohne wesentliche Textur; rundliche und kompakte Fläche bildend; am Rand dieses Teils beginnt die Abbildung von radial weggehenden Ästen (ca. 10, maximal 20); Länge der Astenden entspricht ungefähr dem Radius des kompakten Teils; Kronenrand hell
2. Schlagschatten
Nicht sehr dicht; Astenden und einzelne Lichtstreifen dazwischen erkennbar; manchmal auch Stamm- vom Kronenschatten unterscheidbar; Krone umfaßt ca. $\frac{1}{3}$ der gesamten Baumlänge

Daurische Lärche (*Larix dahurica*)

1. Krone (im zentralen Teil des Luftbildes)
 - a) Form: Rundlich; Rand nicht stark gegliedert, rundlich gezähnt bis kammförmig
 - b) Licht- und Schattenseite: Geringer Unterschied mit allmählichem Übergang; die vom Körperschatten erfaßte Fläche ist klein
 - c) Textur: —
2. Schlagschatten
Lanzettförmig mit abgerundetem Wipfel; Kronenbasis tiefliegend

Fichte (*Picea excelsa*)

1. Krone (im zentralen Teil des Luftbildes)
 - a) Form: Rundlich, sternförmig und unsymmetrisch; Rand schaufelförmig zerteilt; die Tiefe der Teilung beträgt ca. $\frac{1}{3}$ des Kronenradius
 - b) Licht- und Schattenseite: Beträchtlicher Unterschied mit scharfer Grenze; Körperschatten schmal und beinahe bis zum Kronenzentrum gehend; umfaßt ungefähr $\frac{1}{4}$ der Krone
 - c) Textur: Relativ kontrastreich, kleingefleckt; die Richtung der radial weggehenden Äste (ungefähr 10) läßt sich vom Kronenzentrum an verfolgen
2. Schlagschatten
Sehr dicht; schmal-kegelförmig; ohne Lichtstreifen; Rand infolge der herabhängenden Astenden gesägt; Kronenbasis tief

Tanne (*Abies sibirica*)

1. Krone (im zentralen Teil des Luftbildes)
 - a) Form: Regelmäßig-rundlich; Rand glatt
 - b) Licht- und Schattenseite: Körperschatten umfaßt einen schmalen Sektor
 - c) Textur: Mehr oder weniger regelmäßig, aber nicht sternförmig wie bei der Fichte
2. Schlagschatten
Schmal-kegelförmig, schmaler als bei der Fichte

Birke (*Betula verrucosa* und *B. pubescens*)

1. Krone (im zentralen Teil des Luftbildes)

- Form: Regelmäßig-rundlich; Rand wirkt unscharf und zerrissen
- Licht- und Schattenseite: Körperschatten kommt gering zum Ausdruck; umfaßt unregelmäßiges Segment, Übergang zur Lichtseite allmählich; Wipfel ist am stärksten beleuchtet, Helligkeit der Krone vermindert sich gegen den Rand auf beide Seiten
- Textur: Ziemlich bunt; mehr oder weniger kontrastreiche Flecken von ungleicher Größe und mit unregelmäßigen Konturen; darunter Feinkörnigkeit

2. Schlagschatten

Dicht; lang lanzett- oder eiförmig; glatter Rand; Krone umfaßt $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ der gesamten Baumlänge in geschlossenem Bestand, $\frac{1}{2}$ in lockerem Bestand

Espe (*Populus tremula*)

1. Krone (im zentralen Teil des Luftbildes)

- Form: Unregelmäßig-rundlich; Rand büstenartig; oft unscharf, besonders auf der Schattenseite
- Licht- und Schattenseite: —
- Textur: Kleinflekkig, feinkörnig, am stärksten im Wipfel und auf der Schattenseite

2. Schlagschatten

Dicht; elliptisch

Ein weiterer Schritt zur Objektivierung bei der Charakterisierung der Textur ist die mikrophotometrische Analyse, die, im Gegensatz zur photometrischen Dichtemessung an größeren Punkten, kleine bis kleinste Negativpunkte abtastet und somit erlaubt, Schwärzungsprofile zu bestimmen. Als Geräte werden verwendet entweder

- Nicht-registrierende Mikrodensitometer, mit denen punktweise in Abständen von 0,1–0,5 mm gemessen werden muß, oder
- Registrierende Mikrodensitometer, die durchlaufende Kurven aufzeichnen.

Der Durchmesser der verwendeten Meßblenden schwankt zwischen 0,02 und 0,5 mm.

Profile, die über einzelne Bäume oder Sträucher gelegt werden, sind in ihrer Form von der Kronenstruktur und von der Beleuchtung abhängig. Man mißt deshalb am besten in Richtung des einfallenden Lichtes, da dann die Besonderheiten am ausgesprochensten zum Ausdruck kommen. Ein wichtiges Merkmal zur Typen- oder Artenbestimmung ist die Symmetrie solcher Schwärzungskurven.

Für die Wüstensträucher sind folgende Kurvenarten typisch (vgl. dazu Fig. 9):

Gruppe 1: Kurve sehr unsymmetrisch in bezug auf das Schwärzungsmaximum, Verhältnis A : B (auf die Ebene projizierte Länge der Schatten- zur entsprechenden Länge der beleuchteten Seite) ist kleiner als 0,5, Gang der Kurve sehr ungleichmäßig, großes Maximum.

Gruppe 2: Kurve in geringem Maße asymmetrisch, Verhältnis A : B ist 0,5–0,75, Gang des Profils regelmäßiger, gewöhnlich gut ausgebildetes Maximum.

Gruppe 3: Kurve im allgemeinen symmetrisch, Verhältnis A : B ist ungefähr 1,0 (64, 66).

Umfangreichere Arbeit erfordert die Auswertung von Profilen, die über ganze Pflanzengesellschaften oder unbewachsene Böden gelegt werden. Untersuchungen in dieser Richtung machen z. B. WINOGRADOW (66)

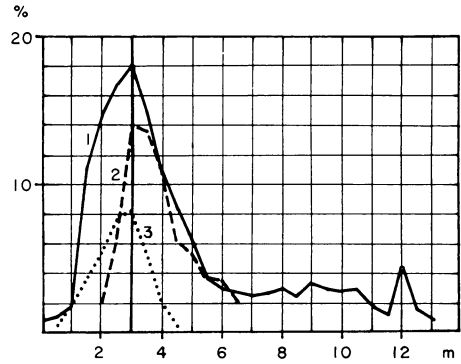


Fig. 9: Mikrophotometrische Profile von voll entwickelten Wüstensträuchern [nach WINOGRADOW (64)].

Die Messungen wurden mit einem nicht-registrierenden Mikrodensitometer alle 0,2 mm parallel zur auf die Ebene projizierten Richtung der einfallenden Sonnenstrahlen vorgenommen. Dargestellt ist die Transparenz der gemessenen Negativpunkte in Prozent als Funktion der Länge (natürliche Größe der Sträucher in Meter).

1. Tamariske — 2. Schwarz-Saksaul — 3. Sandakazie

in vegetationskundlicher, das Bodenkundliche Institut der Moskauer Universität in pedologischer Hinsicht. Die dabei entstehenden Kurven zeichnen sich durch eine Aufeinanderfolge von Ausschlägen verschiedener Art aus. Veränderungen im allgemeinen Niveau (auf der Schwärzungsskala) und in der Form der Wellen erlauben es zunächst, Gebiete mit offensichtlich einheitlichen textuellen Eigenschaften gegeneinander abzugrenzen (66). Die einzelnen Kurvenabschnitte lassen sich durch Elemente wie Wellenlänge, Frequenz, Amplitude usw. charakterisieren. Aufschlußreich ist auch eine Darstellung der in der Profilanalyse erhaltenen Resultate in Form von Diagrammen. Z. B. läßt sich eine Verteilungskurve der Extrema konstruieren (vgl. dazu Fig. 10). Dazu unterteilt man den ganzen Kurvenbereich durch parallele horizontale Linien in Streifen gleicher Breite. Durch die Auszählung der Anzahl Extrema in jedem dieser Streifen kann ein Verteilungsdiagramm entworfen werden. Schließlich ist es möglich, die so erhaltene Kurve wiederum auszuwerten, indem man als charakteristische Werte die Höhe h , die Basis a und das Verhältnis $r = \frac{h}{a}$ bildet. Auch der

Grad der Asymmetrie kann spezifisch sein. Er wird ausgedrückt durch das Verhältnis der beiden Flächen links und rechts der Höhe h $\left(\frac{F_1}{F_2}\right)$ oder durch das der entsprechenden Basisabschnitte $\left(\frac{a_1}{a_2}\right)$ [GOSPODINOV

(5)]. Um gewissermaßen standardisierte Kurven zu erhalten, wird man in der Regel nur den zentralen Teil des Luftbildes für die mikrophotometrische Analyse berücksichtigen. Auch ist darauf zu achten, daß die Form der Profile natürlich auch von der Jahreszeit, der Tageszeit und den meteorologischen Verhältnissen abhängig ist. Im ganzen gesehen, ist das Verfahren der mikrophotometrischen Auswertung noch stark im Versuchsstadium.

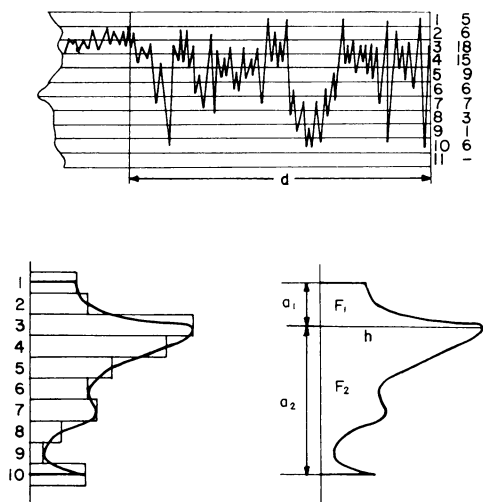


Fig. 10: Auswertung eines einheitlichen Abschnittes aus einem über verschiedene Boden-Vegetations-Komplexe gelegten mikrophotometrischen Profil [nach GosPODINOW (5)]. In der obern Figur ist das aufgezeichnete Mikrodensogramm dargestellt, das innerhalb der Länge d in bezug auf die Verteilung der Extrema ausgewertet wird. Der vom Profil erfaßte Bereich ist in eine Anzahl von parallelen Streifen aufgeteilt, die am Rande rechts numeriert sind. Daneben ist die Zahl der Extrema angegeben, die in jedem Streifen vorkommen.

Unter links ist gezeigt, wie das Verteilungsdiagramm konstruiert wird; unten rechts sind in die gleiche Verteilungskurve die charakteristischen Größen eingezeichnet: h = Höhe des größten Maximums, a_1 und a_2 = Abschnitte der Basis links und rechts von h , F_1 und F_2 = Flächen unter der Kurve links und rechts von h .

Ein weiteres vegetationskundlich verwendbares Interpretationskriterium ist der Deckungsgrad (russ. „projektivnye pokrytie“). Dieser wird mit Hilfe von Vergleichsskalen geschätzt. Allerdings ist dabei das Ausmaß der Schlagschatten zu beachten. Da aber die Schlagschatten nicht immer gut von der Abbildung der Strauch- oder Baumkronen zu trennen sind, kommt es, insbesondere bei den Wüstensträuchern, die ja keine geschlossene Vegetationsdecke bilden, zu einer Überschätzung des Deckungsgrades auf dem Luftbild. Sie beträgt bei Gruppe 1 ungefähr das dreifache, bei Gruppe 2 das 1,5—1,6fache und bei Gruppe 3 das 1,25—1,3fache. Andererseits können auf der Luftaufnahme kleine Strauchindividuen nicht mehr gesehen werden, so daß im Endeffekt eine gewisse Kompensation stattfindet (65).

Für eine aufgelockerte oder sogar nur punktwise auftretende Vegetationsdecke, wie sie für Trockengebiete typisch ist, ist auch die Verteilung der Pflanzen von Bedeutung. Da ja ihre Dichte von der Wasserversorgung abhängig ist, entsprechen verschiedene Verteilungstypen auch verschiedenen ökologischen Vegetationstypen und damit Standorten. Die Verteilung innerhalb einer Einheitsfläche wird folgendermaßen bestimmt: Man zieht vom Zentrum dieser Fläche aus 2 Linien in zueinander senkrecht stehenden Richtungen. Dann werden sämtliche Abstände zwischen zwei Pflanzenexemplaren, die von diesen Linien geschnit-

ten werden, gemessen. Die Zahl der Paare mit verschiedenen Entfernungen trägt man in ein Diagramm ein (vgl. Fig. 11). Diese Bestimmung kann sowohl auf

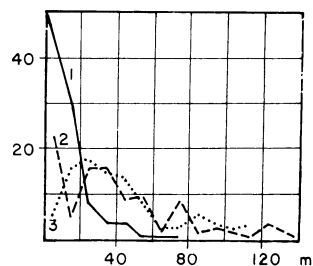


Fig. 11: Verteilungskurven der Tamariske in verschiedenen Pflanzengesellschaften [nach WINOGRADOW (66)].

Dargestellt ist die Anzahl von je zwei Sträuchern, zwischen denen eine bestimmte Entfernung in Metern vorkommt.

1. Assoziation mit *Aelurops litoralis*
2. Assoziation mit *Alhagi persarum* und *Halocnemum strobilaceum*
3. Assoziation mit *Halocnemum strobilaceum* und andern Halophyten

dem Luftbild wie auch im Felde erfolgen. Vergleiche zeigten, daß auf dem Photo kleine Exemplare vernachlässigt werden, daß aber andererseits die Meßgenauigkeit größer ist. Das Beobachtungsmaterial kann durch die Berechnung des Dispersionskoeffizienten weiter statistisch verarbeitet werden. Ist der Koeffizient nahe bei 1, ist die Dispersion normal und die Pflanzen haben eine zufällige Verteilung, ist er größer als 1, wird eine übernormale Dispersion und eine Verteilung bestimmter Art angezeigt, ist er schließlich kleiner als 1, bedeutet dies eine unternormale Dispersion und eine regelmäßige Verteilung (WIKTOROW in 66). Unter „Verteilung bestimmter Art“ ist eine relative Häufung der Pflanzen an gewissen Stellen zu verstehen. Der formale Aspekt dieser Häufung kann durch eine qualitative Beurteilung von Auge näher beschrieben werden, z. B.:

- Geradlinig: auf tektonischen Brüchen, auf Klüften;
- Steifig (parallel-krümmelig): auf Schichtköpfen;
- Polygonal: in Tonwüsten entlang von Trockenrissen;
- Fleckig: in Deflationswannen, auf Versicherungstrichtern (65).

Unter den für die Luftbildauswertung verwendeten Stereoskopen ist das mit einem Binokular ausgerüstete Gerät der Firma Carl Zeiss ziemlich verbreitet. Unter den eigenen Erzeugnissen stehen zur Hauptsache die folgenden Typen in Gebrauch:

1. Das Spiegel-Linsen-Stereoskop SLS-1, hergestellt von der Firma EOMS des CNIIGAiK. Das Gerät verfügt über eine 1,2fache Vergrößerung, das Gesichtsfeld umfaßt bei der Betrachtung ohne Lupe 12×16 cm, bei derjenigen mit Lupe 10×14 cm.

2. Das Spiegel-Linsen-Stereoskop SLS-2 der gleichen Firma. Das Instrument hat ausziehbare Füße, auswechselbare Lupen mit verschiedenen Dioptrien und wird zusammen mit einer in der Vertikalen beweglichen Tischplatte verwendet. Diese Ausstattung macht es möglich, durch Veränderung der Betrachtungsdistanz auf einer Seite Bilder verschiedenen Maßstabs stereoskopisch zu betrachten und damit z. B. einen interpretierten Inhalt vom Einzelluftbild in einen andersmaßstabigen Photoplan zu übertragen.

3. Das Feld-Spiegel-Stereoskop SP-2 (Konstruktion: CNIIGAIK). Dies ist ein Gerät mit einer Basis von 12 cm, mit einer 2,2fachen Vergrößerung und mit einem Gesichtsfeld von 9×12 cm ohne und von $6,5 \times 6,5$ cm mit Lupe. Es läßt sich auf die Länge eines Zirkels zusammenlegen und ist deshalb geeignet, um für die Arbeiten im Gelände mitgenommen zu werden [GOLDMANN (60)].

4. Das Spiegel-Stereoskop vom Typ „Zyklon“. Es ist nur halbseitig mit Spiegeln versehen. Das linke Auge des Betrachters sieht das eine Luftbild über diese Spiegel, das rechte Auge blickt direkt auf das andere Luftbild. Es ist möglich, mit diesem Instrument die gesamte Überdeckungsfläche eines Stereopaars vom Format 18×18 cm gleichzeitig zu erfassen. Das Gerät ergibt keine Vergrößerung (Vergrößerungsfaktor = 1,0).

5. Das Linsen-Spiegel-Stereoskop LS-3 mit 1,5facher Vergrößerung und einem großen Gesichtsfeld. Es können auch Bilder vom Format 30×30 cm damit betrachtet werden.

6. Das Linsen-Spiegel-Stereoskop nach dem System von BASCHTAN (vgl. dazu Fig 12). Es ist ebenfalls für die Betrachtung von Photos verschiedenen Maßstabs berechnet. Das linke Auge blickt über zwei Spiegel zu dem einen Bild, das auf einem Tischchen liegt, das rechte senkrecht nach unten durch eine Lupe, die in der Höhe verstellbar ist, und somit die Akkomodation des Auges bei verschiedener Betrachtungsdistanz und eine kontinuierlich veränderliche Vergrößerung gewährleistet. Das Stereoskop ist für jene Fälle brauchbar, in denen das auf dem Tischchen liegende Einzelbild einen kleineren Maßstab als der Photoplan aufweist [WOLPE und PODOBEDOW (13)].

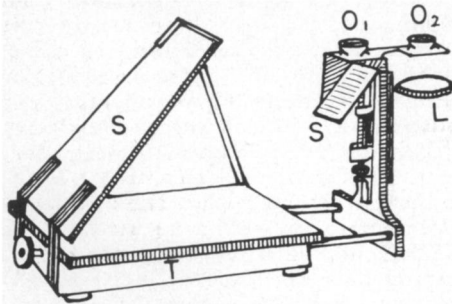


Fig. 12: Skizze des BASCHTAN-Stereoskopes [nach WOLPE und PODOBEDOW (13)].

Das linke Auge betrachtet durch das Okular O_1 und über die beiden Spiegel S das auf dem Tischchen T liegende Luftbild. Das rechte Auge blickt durch die Öffnung O_2 senkrecht nach unten durch die Linse L nach einem Luftbild oder einem Photoplan-Ausschnitt von größerem Maßstab, wobei die Betrachtungsdistanz so gewählt wird, daß der Maßstabsunterschied ausgeglichen wird. Die Linse L kann zur Korrektur der Augen-Akkommodation in der Höhe verstellbar werden.

Wie die Beschreibung dieser Instrumente zeigt, sind die speziellen Konstruktionen, die das stereoskopische Übertragen von Interpretationsresultaten aus den Einzelbildern in einen Photoplan von anderem Maßstab gestatten, stark verbreitet. Damit ist auch auf die bedeutende Rolle hingewiesen, die die Photopläne im russischen Luftbildwesen spielen. GOSPODINOW (5) bezeichnet die heute in der Sowjetunion verwendeten Stereoskope als für viele Zwecke unpraktisch. Ein Hauptprinzip der Konstruktion sollte nach ihm darin bestehen, daß entweder Okular oder Bildhalter verschiebbar sind. Mit einer derartigen Vorrichtung wäre das Überdeckungsgebiet eines Stereopaars abtastbar,

ohne daß das Gerät selbst bewegt werden müßte. Der Autor stellt in seinem Buch auch verschiedene Prototypen von Stereoskopen vor, die am Laboratorium für Luftmethoden der Moskauer Universität entwickelt worden sind. Darunter befindet sich z. B. das Spiegel-Stereoskop mit der Bezeichnung DS-LAFM, das über zwei Binokulare mit 2- und 4facher Vergrößerung und horizontalem Einblick und eine bewegliche Bildhalterplatte verfügt.

Für die Höhenmessung unter dem Stereoskop werden weniger Parallaxmikrometer mit „schwebender“ Meßmarke als vielmehr verschiedene Systeme von Parallax-Keilen verwendet. Als repräsentativ können der Parallax-Schieber von DROBYSCHEW mit konvergierenden Visierlinien und der am Laboratorium für Luftmethoden der MGU konstruierte Stereohöhenmeter mit konvergierenden Punktreihen gelten. (Genauere Meßinstrumente stellen die bekannten Stereometer von DROBYSCHEW STD-1 und STD-2 dar [GOSPODINOW (5) und WOLPE und PODOBEDOW (13)].

Als Besonderheit sei noch erwähnt, daß WYSOZKI (14) für die stereoskopische Luftbildauswertung zu geologischen Zwecken die Kombination eines Farb- und eines Schwarzweiß-Bildes zu einem Stereopaar empfiehlt, wobei die benötigte Schwarzweiß-Kopie ebenfalls vom Farbnegativ gewonnen werden kann.

Ein auffallende Erscheinung ist das offensichtliche Fehlen von einfachen Kartierungsinstrumenten, etwa vom Typ der Luftbildumzeichner oder des „Radial Line Plotter“. Der Schreibende konnte in der von ihm konsultierten Literatur keine Hinweise auf derartige Geräte, weder auf solche russischer Konstruktion, noch auf solche ausländischer Herkunft, finden.

Für die monokulare vergrößerte Betrachtung und eventuell messende Auswertung von Luftbildern findet das Gerät NDL Anwendung, das einen Satz von drei Lupen umfaßt. Die erste dieser Lupen hat einen Durchmesser von 8 cm und ergibt eine 2fache Vergrößerung, die zweite einen solchen von 2 cm bei 4facher Vergrößerung, und die dritte erzeugt eine 10fache Vergrößerung und ist mit zwei austauschbaren Meßskalen, einer schwarzen und einer roten, ausgerüstet. Die rote Skala ist bei der Messung auf dunklen Bildstellen besser sichtbar [GOSPODINOW (5)].

Als weitere technische Hilfsmittel für die Luftbildauswertung sind Nomogramme im Gebrauch. Wir möchten hier nur auf eines hinweisen, nämlich auf das von WOJEWODA (67) für die Bestimmung von Geländeneigungen (z. B. Schichtfallen) vorgeschlagene, ohne daß wir an dieser Stelle näher darauf eingehen können.

6. Methoden der Luftbildinterpretation

Je nach dem Zweck, dem zu erreichenden Genauigkeitsgrad, den zur Verfügung stehenden Mitteln und der Art des kartierten Gebietes kann auch das methodische Vorgehen bei der Luftbildinterpretation ein verschiedenes sein. Die russischen Autoren [GOSPODINOW (5), WESELOWSKI (12), WOLPE und PODOBEDOW (13)] unterscheiden drei Haupttypen der Interpretation, die mit den drei Stufen verglichen werden können, die der Schreibende kürzlich in einer Arbeit beschrieben hat³. Es sind die folgenden:

1. Kartierung auf dem Luftbild im Felde (Luftbild-Feld-Methode, im Russischen als „polevoe dešifrirovanie“ = Feldinterpretation bezeichnet): Die zu kartierenden Objekte werden im Laufe von Geländebegehungen identifiziert und auf Einzelluftbilder oder auf Mosaik (im Russischen wird unterschieden zwischen „fotoschema“ und „fotoplan“, was etwa mit demjenigen zwischen einem unkontrollierten und einem kontrollierten Mosaik gleichbedeutend ist) eingetragen. Es handelt sich somit zunächst lediglich um eine Verwendung des Luftbildes als Kartierungsgrundlage. Trotzdem ist damit, wenn auch nur auf unterster Stufe, eine eigentliche Luftbildinterpretation verknüpft. Das ist dann der Fall, wenn es nicht um die Aufnahme einzelner diskreter Objekte, sondern um diejenige ganzer Flächen (z. B. Vegetationskomplexe, landwirtschaftliche Parzellen usw.) geht. Der Kartierende wird die Grenzen zwischen solchen einheitlichen Flächen meist auf dem Luftbild erkennen können. Seine Arbeit erfährt damit schon eine wesentliche Erleichterung, indem er lediglich den Inhalt dieser Flächen prüfen, jedoch nicht ihre Grenzen abschreiten muß. Das ist vor allem dann von Bedeutung, wenn das untersuchte Gelände unübersichtlich ist. Die Feldarbeit läßt sich deshalb beim Gebrauch von Luftbildern von der theoretisch zusammenhängenden flächenhaften Begehung auf einzelne Routen konzentrieren. Die „Feldinterpretation“ ist die in der UdSSR verwendete Methode für die Herstellung der großmaßstabigen topographischen Karten (1:10 000 und 1:25 000) und von landwirtschaftlichen Plänen (z. B. Pläne der Landnutzung auf Kolchosen) [RYTSCHKOW (80)]. Im ersten Fall wird auch von der „topographischen Interpretation“ (russ. „topografičeskoe dešifrirovanie“) gesprochen, die in der Publikation von WOLPE und PODOBEDOW (13) ausführlich besprochen ist.

2. Luftbildinterpretation i. e. S. (Feld-Luftbild-Methode, im Russischen als „kombinirovannoe dešifrirovanie“ = kombinierte Interpretation bezeichnet). Auf Grund eines beschränkten Vergleichs der Wirklichkeit und ihrer Wiedergabe auf dem Luftbild in ausgewählten Abschnitten des Untersuchungsgebietes (russ. „ključevye učastki“ = Schlüsselflächen) werden Schlüssel zusammengestellt, wobei die oben besprochenen Interpretationskriterien als Bestimmungsmerkmale Verwendung finden. Ein Schlüssel (russ. „etalon“) besteht entweder aus Listen oder Tabellen, in denen verbale Umschreibungen oder quantitative Werte angegeben sind, oder direkt aus photographischen Ausschnitten, oder auch aus einer Kombination beider Prinzipien. WINOGRADOW (66) schlägt zur objektiven Verschlüsselung von Vegetationstypen photographische Standardausschnitte (möglichst in Form von Stereogrammen) von 2×5 cm für groß- und mittelmaßstabige Kartierungen und von 5×5 oder 6×6 cm für kleinmaßstabige Vegetationsaufnahmen vor. Die Herstellung der für den Schlüssel bestimmten Luftaufnahmen soll unter optimalen Bedingungen und unter sensitometrischer Kontrolle erfolgen. Der Schlüssel gewinnt außerdem an Wert, wenn er außer einem Hauptschlüssel, der aus panchromatischen Luftbildern zusammengestellt worden ist, zusätzlich Nebenschlüssel aus Farbaufnahmen (SN-2 oder normaler Farbfilm) mit eventuell einem anderen Maßstab, enthält. Die

Schlüssel dienen zur Interpretation der nicht begangenen Gebiete am Schreibtisch auf Grund von Analogieschlüssen.

Die „kombinierte Interpretation“ dürfte die Methode sein, die bei der speziellen landeskundlichen oder wirtschaftlichen Luftbildauswertung am weitesten verbreitet ist. Ihr grundlegendes Prinzip haben wir oben festgehalten. Im einzelnen kann aber die Folge und die Art der Arbeitsschritte sehr verschieden sein.

WYSOZKI (14) teilt diese Schritte bei der geologischen Interpretation in drei Phasen ein:

1. Vorbereitende Phase:
 - a) Auswahl des Luftaufnahme-Materials für das Untersuchungsgebiet,
 - b) vorläufige Interpretation der Luftbilder,
 - c) Herstellung einer vorläufigen Karte, Planung der Begehungsrouten.
2. Phase der Feldarbeit:
 - a) Überprüfung der vorläufigen Interpretation (Feststellung der wirklichen Natur der auf den Luftbildern unterschiedenen geologischen Objekte) und Abklärung der Verhältnisse bei unklaren Stellen,
 - b) Präzisierung der in der vorläufigen Interpretation verwendeten Interpretationsmerkmale und Zusammenstellung neuer, detaillierter Kriterien durch den Vergleich von Wirklichkeit und Luftbild.
3. Phase der endgültigen Interpretation mit Ergänzungen, Präzisierungen und der Ausfüllung von Lücken.

In speziellen Fällen kann Phase 3 auch wegfallen. Der Vorgang beschränkt sich dann auf die Luftbildinterpretation und den anschließenden Besuch der nicht interpretierbaren Stellen im Felde. Dies ist dann der Fall, wenn der Auswerter für das in Frage stehende Untersuchungsgebiet von Anfang an über Interpretationshilfen (schon bestehende Schlüssel) oder über einen Schlüssel ersetzende eigene Geländekenntnisse (eventuell von anderen aber ähnlichen Gebieten) verfügt.

Auf dem Gebiet der „topographischen Interpretation“ ist die kombinierte Methode bisher nur bei der Herstellung der Karte 1:100 000 angewendet worden. Dabei wurden natürliche Objekte, die mit Elementen des Reliefs, der Hydrographie, der Boden- und Vegetationsdecke usw. zusammenhängen, hauptsächlich direkt vom Luftbild kartiert („kamerale Interpretation“, s. u.), während die Aufnahme anthropogener Elemente wie Siedlungen, Industrie- und landwirtschaftliche Anlagen, hydrotechnische Bauten usw. im Laufe von Feldbegehungen („Feldinterpretation“, s. o.) erfolgte. Die kombinierte Interpretation wäre aber nach Meinung verschiedener Fachleute für die Kartenaufnahmen in den größeren Maßstäben ebenfalls brauchbar, zum mindesten für wirtschaftlich nicht sehr bedeutende Gebiete. Um mehr als bisher am Schreibtisch interpretieren zu können, müßten allerdings die Bildmaßstäbe vergrößert werden, damit die Photos mehr Information enthalten. Eine andere Lösung wäre die Verwendung eines anderen Filmmaterials.

Nach BULANOW (3) wird die Brauchbarkeit des Spektral-Films für die topographische Luftbildauswertung geprüft. Allerdings muß, bevor an einen erfolgreichen Einsatz dieser Filmsorte zu denken ist, ihre Verarbeitung im Labor vereinfacht werden. Das CNIIGAIK (in 12) schlägt für die Aufnahme des Inhaltes der Karte 1:10 000 folgendes Vorgehen vor:

1. Bestimmung der günstigen Jahres- und Tageszeit für die Luftaufnahme.

2. Konsultation des über das Untersuchungsgebiet bestehenden Informationsmaterials (Literatur, Karten). Studium der Luftbilder unter dem Stereoskop. Auswahl der im Felde zu untersuchenden Lokalitäten.

3. Feldarbeit und Herstellung eines Schlüssels.

4. „Kamerale Interpretation“, d. h. Auswertung der nicht begangenen Flächen mit Hilfe des Schlüssels und der übrigen Quellen. Weitere Feldbegehungen für unsichere Stellen oder für Objekte, deren Identifikation am Boden obligatorisch ist.

3. Luftbildinterpretation ohne Feldbegehung (Luftbild-Lesen, russ. „kameralnnoe dešifrirovanie“ = kamerale Interpretation). Diese Methode wird in reiner Form wohl selten angewendet. Meist werden schon bestehende Luftbildschlüssel oder individuelle Geländekenntnisse des Auswerters mitspielen, wenn auf Feldarbeit gänzlich verzichtet werden kann. Das Luftbild-Lesen wäre somit lediglich als zweite Phase der kombinierten Interpretation anzusprechen. Nun kann man sich zwar vorstellen, daß bei der topographischen Interpretation viele Dinge, die ohne weiteres klar sind (z. B. Wald), aus dem Luftbild direkt übernommen werden können, so wie dies in andern Ländern auch der Fall ist. Die russischen Karten enthalten jedoch in mancherlei Hinsicht ziemlich detaillierte Angaben und unterscheiden z. B. zwischen verschiedenen Waldtypen. Damit ist das reine Luftbild-Lesen nicht mehr ohne weiteres gegeben.

Eine verbreitete und in verschiedenen Forschungszweigen angewendete Methode ist die der visuellen Beobachtungen aus dem Flugzeug (russ. „aerovizual'nye nabljudenija“). Sie ist ebenfalls zu den Methoden der Luftbildinterpretation zu zählen, da im Normalfall der Beobachter über Photos verfügt, in die er seine Beobachtungen einträgt. Man könnte deshalb dieses Verfahren als eine besondere Form des Kartierens auf dem Luftbild im Gelände betrachten. Es hat in der forstlichen Erkundung bis vor wenigen Jahren eine bedeutende Rolle gespielt. Dabei wurden nicht nur verschiedene Bestandtypen separiert, sondern auch Taxationsmerkmale geschätzt. Auf diese Weise war es möglich, in den Jahren 1948—1956 eine kleinmaßstabige Inventarisierung durchzuführen, die fast alle Wälder der Sowjetunion erfaßte und deren Resultat in den 32 Blättern der Waldkarte 1:2,5 Mio. niedergelegt sind. Nach dem Abschluß dieser Arbeiten haben allerdings die aerovisuellen Beobachtungen fast gänzlich aufgehört, da sie für großmaßstabige Waldaufnahmen nicht mehr geeignet sind. Das Flugzeug bewegt sich zu rasch, und der Beobachter kann sich nicht genügend rasch orientieren oder hat zu wenig Zeit, auf alle verlangten Details zu achten und diese zudem noch festzuhalten. Möglicherweise könnte dieses Verfahren mit dem Einsatz von Helikoptern wieder vermehrten Aufschwung erhalten, doch ist daran zu denken, daß dies bedeutend höhere Kosten mit sich bringen würde [BELOW (1), CHARIN (69, 70), SAMOILOWITSCH (81)]. Beobachtungen aus dem Flugzeug sind auch für die geologische Forschung ein wichtiges Hilfsmittel [MIROSNITSCHENKO (78), WYSOZKI (14)].

Etwas anders sind die Verhältnisse bei der Meeres-Erkundung. Hier können selbstverständlich die vom Flugzeug aus gemachten Feststellungen nicht in Luftbilder eingezeichnet werden. Dagegen werden häufig Luftaufnahmen von verschiedenen Meeres-

typen als Vergleichsunterlagen benützt [ARMSTRONG (68), Gosudarstvennyj Okeanografičeskij Institut (73)].

Zum Schluß möchten wir noch auf eine wichtige Untersuchungsrichtung, die sog. komplexe oder landschaftliche Luftbildinterpretation (russ. „kompleksnoe“ oder „landšaftnoe dešifrirovanie“) hinweisen, zu der die Geographie das wesentliche Rüstzeug liefert. Wir kommen somit zur Abrundung noch auf die eigentliche geographische Luftbildforschung zu sprechen. Die landschaftliche Interpretation hat die Einteilung zunächst bestimmter Untersuchungsgebiete und schließlich des ganzen Landes in natürliche Landschaftsräume zum Ziel. Die dafür verwendete Untersuchungsmethodik ist, neben der Geographischen Fakultät der Moskauer Universität, hauptsächlich vom Laboratorium für Luftmethoden an der Akademie der Wissenschaften entwickelt worden. Die Grundlage der Forschungen bilden Expeditionen, die jeweils für die in Frage stehenden Gebiete ausgerüstet werden. Eine erste führte 1950 nach Turkmenien; weitere befaßten sich in den Jahren 1954 bis 1956 mit der Erforschung der Waldsteppen-, Steppen- und Halbwüsten-Gebiete in Kasachstan, um nur einige wenige Beispiele zu nennen. Eine derartige Expedition steht normalerweise unter der Leitung eines Geographen und umfaßt verschiedene Spezialisten wie Geologen, Pedologen, Geomorphologen, Geobotaniker usw. In einem vorbereitenden Stadium erfolgt auf Grund von bestehenden Luftbildern, Literatur und Karten eine Einteilung des Untersuchungsgebietes in die wichtigsten geographischen Zonen und die Herstellung einer vorläufigen Landschaftskarte. Lage und Größe der Probestflächen werden ausgesucht, die Routen für eine allfällige spezielle Befliegung und für die Feldarbeit geplant. Im Gelände arbeiten die oben genannten Fachleute alle an der Einteilung in landschaftliche Einheiten. Dabei erleichtert das Luftbild diese Arbeit wie auch das Eintragen der Grenzen. Gleichzeitig wird auch die Richtigkeit der vorläufigen Interpretation geprüft. Diese ganze Phase führt zur Festlegung der endgültigen Struktur der Landschaften und zur Abklärung der in den ausgeschiedenen Räumen herrschenden Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Elementen. Mit Hilfe der festgestellten Gesetzmäßigkeiten werden Schlüssel zusammengestellt, die für die „kamerale Interpretation“ der nicht besuchten Flächen im letzten Arbeitsgang dienen. Als Schlußresultat der Untersuchungen entstehen eine allgemeine Landschaftskarte sowie eine Reihe von Spezialkarten. Das LAER AN hat kürzlich einen Sammelband unter dem Titel „Die Verwendung von Luftmethoden bei der Landschaftsforschung“ (75) veröffentlicht, der Artikel über die Methodik und über Untersuchungsergebnisse der landschaftlichen Luftbildinterpretation enthält. MIROSNITSCHENKO (79) macht darin den Vorschlag, die ganze UdSSR in bestimmten Längs- und Querrouten zu befliegen, um typische Profile zu erhalten, aus denen sich ein Landschaftsschlüssel-Katalog zusammenstellen ließe. Neben der allgemeinen landeskundlichen Luftbildforschung, die zunächst keinen speziellen Zweck im Blickfeld hat, sondern eine vielseitig auswertbare Basis für Planung und Entwicklung abgeben soll, gibt es auch besondere Untersuchungsrichtungen, die das Verfahren

der „komplexen Interpretation“ anwenden. Wir nennen als Beispiele nur die Kartierung von Mooren [GALKINA (71)] und von Weidegebieten [ZAZENKIN (82)]. Das Nah- und Fernziel ist aber für alle genannten Forschungen dasselbe: Die verbesserte wirtschaftliche Erschließung des Landes.

Der Begriff „Landschaft“ („landšaft“) umfaßt im russischen Sprachgebrauch nur die natürlichen Elemente im betreffenden Gebiet. Er kann deshalb mit dem deutschen Ausdruck „Naturraum“ gleichgesetzt werden (vgl. dazu z. B. J. F. GELLERT: Die 4. Gesamtkonferenz für die UdSSR über Fragen der Landschaftskunde in Riga. Petermanns Geographische Mitteilungen 104 (2/3): 245—246, Gotha 1960).

Mit GOST (Abkürzung für „Gosudarstvennyj Standart“ = Staatliche Norm) werden, in Entsprechung zum DIN in Deutschland, die sowjetischen Normen bezeichnet. Die Empfindlichkeit von Filmen wird für den allgemeinen Gebrauch durch den reziproken Wert der Belichtungszeit in Luxsekunden angegeben, die nötig ist, um eine Negativschwärzung von 0,2 über dem Schleier zu erreichen. Für den speziellen Fall der Aerofilme jedoch erfolgt die Empfindlichkeitsbestimmung für eine Dichte von 0,85 über dem Schleier, da die Erfahrung zeigt, daß Negative, die eine mittlere Schwärzung von dieser Größe aufweisen, optimal belichtet sind. Die Umrechnung in DIN-Werte kann nur angenähert vorgenommen werden [ZYGANOW (56)].

D. STEINER: Zur Technik und Methodik der Landnutzungsinterpretation von Luftbildern. Berichte zur Deutschen Landeskunde 29 (1): 99—130, Bad Godesberg 1962.

Auswahl aus dem benutzten Schrifttum.

a) Allgemeines

1. BELOW, S. W.: Aerofotos-emka lesov (Die Luftaufnahme des Waldes). 219 S. Laboratorija Aerometodov AN SSSR. Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1959.
2. BUCHHOLTZ, A.: Die Photogrammetrie in der Sowjetunion. Vermessungstechnik 3 (7): 121—129, VEB Verlag Technik, Berlin 1955.
3. BULANOW, A. I.: Organizacija, vypolnenie i perspektivy aerofotos-emočnych rabot GUGK MVD SSSR (Organisation, Ausführung und Aussichten der Luftaufnahmearbeiten der Hauptverwaltung für Geodäsie und Kartographie beim Ministerium des Innern der USSR). Trudy Laboratorii Aerometodov VII: 5—9, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1959.
4. Geograficeskoe Obsčestvo Sojuza SSR (Geographische Gesellschaft der Sowjetunion): Voprosy aerofotos-emki (Probleme der Luftaufnahme). Geografičeskij Sbornik VII, 175 S., Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1955.
5. GOSPODINOW, G. W.: Dešifirovanie aerosnimkow (Luftbildinterpretation). 185 S. Izd. Moskovskogo Universiteta, Moskwa 1961.
6. HAWEMANN, A. W.: Aeros-emka i issledovanie prirodnych resursov (Die Luftaufnahme und die Erforschung der natürlichen Rohstoffquellen). Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1937. Freie Übersetzung ins Deutsche von H. WALTER und H. GAMS 1944.
7. Laboratorija Aerometodov AN SSSR: Primenenie aerometodov pri poiskach korennych mestoroždenij almazov (Die Anwendung von Luftmethoden bei der Suche nach primären Diamant-Lagerstätten). 131 S. Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1960.
8. Laboratorija Aerometodov AN SSSR: Ispol'zovanie aerometodov pri issledovanii prirodnych resursov (Die Verwendung von Luftmethoden bei der Erforschung der natürlichen Rohstoffquellen). 278 S. Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1961.
9. POPOV, I. W.: Aerofotos-emka i izučenie vod suši (Die Luftaufnahme und die Erforschung der Festlandsgewässer). 165 S. Gidrometeorologičeskoe Izd., Leningrad 1960.
10. SAMOILOWITSCH, G. G.: Primenenie aviacii i aerofotos-emki v lesnom chozajstve (Die Anwendung der Aviatik und der Luftaufnahme in der Forstwirtschaft). Goslesbumizdat, Moskwa-Leningrad 1953.
11. TROLL, CARL: Fortschritte der wissenschaftlichen Luftbildforschung. Zeitschr. der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin (7/10): 2—36, 1943. — Luftbildplan und ökologische Bodenforsch. Ebenda (7/8): 241—298, 1939.
12. WESELOWSKI, N. N.: Aerofototopografija. 344 S. Izd. geodezičeskij literatur, Moskwa 1958.
13. WOLPE, R. I. und PODOBEDOW, N. S.: Topografičeskoe dešifirovanie aerosnimkow pri sozdanii kart masstabov 1 : 10 000 i 1 : 25 000 (Topographische Luftbildinterpretation bei der Herstellung der Karten 1 : 10 000 und 1 : 25 000). 253 S. Geodezizdat, Moskwa 1961.
14. WYSOZKI, B. P.: Aerofotometod pri geologičeskich issledovanijach (Die Luftbildmethode bei geologischen Forschungen). 81 S. Gosgeoltechizdat, Moskwa 1962.
- b) Beobachtungen im Gelände (Reflexionsmessungen, phänologische und hydrologische B.)
15. ALEKSEJEW, W. A., und BELOW, S. W.: Spektral'naja otryžatel'naja sposobnost' drevesnych porod i drugih ob-ektov aerofotos-emki zapadnoj Ukrainy (Das spektrale Reflexionsvermögen von Baumarten und andern Luftaufnahmeobjekten in der westlichen Ukraine). Trudy Laboratorii Aerometodov X: 105—122, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1960.
16. ARZYBASCHEW, E. S., und BELOW, S. W.: Otryžatel'naja sposobnost' drevesnych porod (Das Reflexionsvermögen von Baumarten). Trudy Laboratorii Aerometodov VI: 120—145, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1958.
17. BELONOGOWA, I. N., und WINOGRADOW, B. W.: Nekotorye faktory, obuslovlivajuščie izobraženie landšaftov glinistych ravnin na aerosnimkach (Einige Faktoren, die die Abbildung von Tonebenen-Landschaften auf Luftbildern beeinflussen). Trudy Laboratorii Aerometodov VI: 100—107, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1958.
18. DEMENTEW, W. I.: Naibolee blagoprijatnoe vremja aerofotos-emki lesov na panchromaticeskij aeroplenke v zavisimosti ot ich fenologičeskogo sostojanija (Die günstigste Zeit für die Luftaufnahme von Wäldern auf panchromatischem Film in Abhängigkeit von ihrem phänologischen Zustand). Trudy Laboratorii Aerometodov VI: 176—187, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1958.
19. JANUTSCH, D. A.: Ispol'zovanie spektrovizora pri opredelenii glubin morskich melkovodij (Die Verwendung des Spektrovisors bei der Bestimmung der Tiefe von seichten Meeresstellen). Laboratorija Aerometodov: Ispol'zovanie aerometodov pri issledovanii prirodnych resursov: 160—168, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1961.
20. KOLZOW, W. W.: Primenenie spektrovizora dlja izučenija spektral'noj otryžatel'noj sposobnosti nebolšich nazemnych ob-ektov s samoleta (Die Verwendung des Spektrovisors für die Untersuchung des spektralen Reflexionsvermögens kleiner terrestrischer Objekte aus dem Flugzeug). Trudy Laboratorii Aerometodov VII: 58—69, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1959.
21. KRINOW, R. L.: Spektral'naja otryžatel'naja sposobnost' prirodnych obrazovanij (Das spektrale Reflexionsvermögen natürlicher Formationen). Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1947. Übersetzung ins Englische von G. BELKOW: Spectral reflectance properties

- of natural formations. Natural Research Council of Canada, Technical Translation No. 439, Ottawa 1953.
22. LJALIKOW, K. S., und BELONOGOWA, I. N.: Issledovanie spektral'noj otryžatel'noj sposobnosti ob-ektov pustynnogo rajona (Untersuchung des spektralen Reflexionsvermögens von Objekten des Wüstengebietes). Trudy Laboratorii Aerometodov IX: 302—311, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1960.
 23. PRONIN, A. K.: Izučenie rastitel'nosti putem aerofotografirovanija v raznyh zonah spektra (Die Untersuchung der Vegetation mit Hilfe der Luftphotographie in verschiedenen Spektralzonen). Trudy Laboratorii Aerometodov I: 69—91, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1949.
 24. ROMANOWA, M. A.: Voprosy geologičeskoj interpretacii fotometričeskich svoistv gornych porod [na primere izučenija osadočnych otloženij zapadnoj Turkmenii] Probleme der geologischen Interpretation photometrischer Eigenschaften von Mineralarten [am Beispiel der Untersuchung von sedimentären Ablagerungen West-Turkmeniens]. Trudy Laboratorii Aerometodov VIII: 130—137, Gosgeoltechizdat, Moskwa 1959.
 25. ROMANOWA, M. A.: Opytnaja aeropetrografičeskaja s-emka sovremennych peskov severo-zapadnogo Pri-kaspija (Experimentelle luftpetrographische Aufnahme von rezenten Sanden im Nordwesten der Kaspisee). Trudy Laboratorii Aerometodov IX: 40—81, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1960.
 26. ROMANOWA, M. A., und SČITSČEPETKIN, Ju. P.: Svetosil'nyj letnyj kinospektrograf RŠČ-1 i ego ispol'zovanie dlja izučenija s vozducha spektral'noj jarkosti geologičeskich ob-ektov (Der lichtstarke Flug-Kinospektrograph RŠČ-1 und seine Verwendung für die Untersuchung der spektralen Helligkeit geologischer Objekte aus der Luft). Trudy Laboratorii Aerometodov X (Aerometody v prirodnych issledovanijach): 3—9, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1960.
 27. TOLTSČELNIKOW, Ju. S.: Ob otryžatel'noj sposobnosti osnovnyh tipov počv (Zum Reflexionsvermögen wichtiger Bodentypen). Trudy Laboratorii Aerometodov VII: 302—306, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1959.
 28. TOLTSČELNIKOW, Ju. S.: Prirodnye faktory, vlijajuščie na ton izobraženija počv raspachannyh massivov na aerosnimkach (Natürliche Faktoren, die den Ab bildungston von Böden gepflügter Flächen auf Luftbildern beeinflussen). Trudy Laboratorii Aerometodov IX: 101—124, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1960.
- c) Technik der Luftaufnahme (Filme und Filter, Kammern und Objekte, Maßstab, Jahreszeit)
29. BACHWALOW, W. M.: Metodika spektrozonal'noj aerofotos-emki na plenke SN-2 i ee charakteristika dlja dešifrirovanija aerosnimkov pri poiskach korennyh mestoroždenij almazov (Die Methodik der spektrozonalen Luftaufnahme auf SN-2 — Film und ihre Charakteristik für die Luftbildinterpretation bei der Suche nach primären Diamantlagerstätten). Laboratorija Aerometodov AN SSSR: Primenenie aerometodov pri poiskach korennyh mestoroždenij almazov: 55—65, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1960.
 30. BELJAJEW, N. A.: Pribor avtomatičeskogo diafragmirovanija ob-ektiva aerokamery (Ein Gerät für die automatische Blendeneinstellung bei Luftbildobjektiven). Trudy Central'nogo Naučno-Issledovatel'skogo Instituta Geodezii, Aeros-emki i Kartografii 142: 51—68, Geodezizdat, Moskwa 1961.
 31. BELJAJEW, N. A.: Elektronnyj kopiroval'nyj pribor dlja pečati s aeronegativov (Ein elektronischer Kopierapparat für das Kopieren von Luftbildnegativen). Trudy Central'nogo Naučno-Issledovatel'skogo Instituta Geodezii, Aeros-emki i Kartografii 142: 221—233, Geodezizdat, Moskwa 1961.
 32. BELOW, S. W.: Razrešajuščaja sposobnost' aerosnimkov (Das Auflösungsvermögen von Luftbildern). Trudy Laboratorii Aerometodov VII: 78—101, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1959.
 33. BELOW, S. W., und BERESIN, A. M.: Značenie uslovij aerofotografirovanija i različnyh tipov aeroplenok dlja izučenija lesov (Die Bedeutung der Luftaufnahmebedingungen und der verschiedenen Luftbilddfilme für die Untersuchung von Wäldern). Trudy Laboratorii Aerometodov VI: 146—175, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1958.
 34. BERESIN, A. M.: Opyt dešifrirovanija lesov tažežnoj zony na cvetnyh aerofotosnimkach (Versuch der Interpretation von Wäldern der Taiga-Zone auf Farb-Luftbildern). Geografičeskoe Obščestvo SSSR: Voprosy aerofotos-emki. Geografičeskij Sbornik VII: 128—139, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1955.
 35. BERESIN, A. M.: Dešifrirovanija sostava lesnyh nažeždenij na aerosnimkach maščtaba 1 : 2000 (Die Interpretation der Zusammensetzung von Waldbeständen auf Luftbildern im Maßstab 1 : 2000). Trudy Laboratorii Aerometodov IX: 282—288, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1960.
 36. BERESIN, A. M.: Vlijanie uslovij aerofotos-emki na dostovernost' dešifrirovanija lesov na aerosnimkach (Der Einfluß der Luftaufnahmebedingungen auf die Zuverlässigkeit der Wald-Luftbildinterpretation). Laboratorija Aerometodov: Ispol'zovanie aerometodov pri issledovanii prirodnyh resursov: 35—40, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1961.
 37. BERESIN, A. M., und CHARIN, N. G.: Dešifrirovanie po aerosnimkam lesov l'vovskoj oblasti i Prikarpar'ja (Luftbildinterpretation des Waldes in der Region von Lwow (Lemberg) und im Vorland der Karpathen). Trudy Laboratorii Aerometodov X: 123—133, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1960.
 38. CHARIN, N. G.: O dal'nejšem vnedrenii krupnomasščabnyh aerosnimkov dlja dešifrirovanija lesov (Zur zukünftigen Einführung von großmaßstabigen Luftbildern in die Waldinterpretation). Trudy Laboratorii Aerometodov X: 134—140, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1960.
 39. GERASIMOVA, O. A.: Issledovanie aeros-emočnyh ob-ektivov, prednaznačennyh dlja topografičeskoj s-emki (Untersuchung der für die topographische Aufnahme bestimmten Luftbildobjektive). Trudy Central'nogo Naučno-Issledovatel'skogo Instituta Geodezii, Aeros-emki i Kartografii 142: 5-31, Geodezizdat, Moskwa 1961.
 40. GERASIMOVA, O. A.: Issledovanie kačestva izobraženija na aerosnimkach s točki zrenija fotogeodezista (Untersuchung der Bildgüte auf Luftaufnahmen unter dem Gesichtspunkt des Photogeodäten). Trudy Central'nogo Naučno-Issledovatel'skogo Instituta Geodezii, Aeros-emki i Kartografii 142: 137—164, Geodezizdat, Moskwa 1961.
 41. GOLDMANN, L. M.: Issledovanija v oblasti topografičeskogo dešifrirovanija (Untersuchungen auf dem Gebiete der topographischen Interpretation). Trudy Laboratorii Aerometodov VII: 161—165, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1959.
 42. ILIN, W. B., und DERWIS, W. D.: Aerofotoapparat AFA-TEU i ego ispytaniija (Die Luftbildkammer AFA-TEU und ihre Prüfung). Trudy Central'nogo Naučno-Issledovatel'skogo Instituta Geodezii, Aeros-emki i Kartografii 146: 3—15, Geodezizdat, Moskwa 1962.
 43. KALKO, A. G.: Aerofotos-emka morskogo dna (Die Luftaufnahme des Meeresbodens). Laboratorija Aerometodov AN SSSR: Aerogeologičeskaja s-emka melkovodnyh zon kaspijskogo morja (Die luftgeologische

- Aufnahme seichter Zonen der Kaspisee): 133—137, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1958.
44. MEIER, G. JA., und KRIWONOSOW, I. M.: Primenenie aerometodov dlja kartirovanija zakrytych drenažnych system (Die Verwendung von Luftmethoden für die Kartierung geschlossener Drainagesysteme). Trudy Laboratorii Aerometodov V: 83—106, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1956.
 45. MICHAILOW, W. JA.: Sovremennoe sostojanie i bližajšie perspektivy razvitiya naučnych rabot v aerofotografii (Gegenwärtiger Zustand und Aussichten der Entwicklung der wissenschaftlichen Arbeiten in der Luftphotographie). Trudy Laboratorii Aerometodov VII: 10—18, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1959.
 46. MICHAILOW, W. JA. (MIKHAILOV, V. Y.): The use of colour sensitive films in aerial photography in USSR. Photogrammetria 17 (3): 99—104, N. V. Uitgeverij „Argus“, Amsterdam 1961.
 47. PESTRECOV, K.: Notes on Russian photogrammetric optics. Photogrammetric Engineering 20 (3): 488—492, 1954.
 48. RUSINOW, M. M.: Novejšaja širokougol'naja aerofotometričeskaja optika i bližajšie perspektivy ee razvitiya (Die moderne Weitwinkel-Luftaufnahmeoptik und die Aussichten für ihre weitere Entwicklung). Trudy Laboratorii Aerometodov VII: 114—120, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1959.
 49. SAITOW, I. R., und ZUPRUN, S. I.: Aerofotoapparat dlja vybora tipa plenki (Ein Luftaufnahmeapparat für die Auswahl des Filmtyps). Geodezija i Aerofotometrika (3): 77—81, Moskovskij Institut Inženerov Geodezii, Aerofotos-emki i Kartografii, Moskwa 1962.
 50. SCHERSCHEN, A. I.: Aerofotos-emka. Geodezizdat, Moskwa 1958. Übersetzung ins Englische von Y. Rosenberg: Aerial photography. 344 S. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem 1961.
 51. SMIRNOW, A. JA.: K voprosu o primenenii spektrozonal'noj plenki SN-2 dlja aerofotos-emki lesa (Zur Frage der Verwendung des spektrozonalen Films SN-2 für die Luftaufnahme des Waldes). Trudy Laboratorii Aerometodov IX: 331—340, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1960.
 52. SOLOWEW, M. S.: O primenenii paninfrachromatičeskich materialov v aerofotos-emke (Zur Verwendung von paninfrachromatischen Materialien in der Luftaufnahme). Trudy Central'nogo Naučno-Issledovatel'skogo Instituta Geodezii, Aeros-emki i Kartografii 142: 165—171, Geodezizdat, Moskwa 1961.
 53. USPENSKI, A. N.: Issledovanie parazitnogo sveta, popadajuščego v fokal'nuju ploskost' širokougol'nych aerofotoapparatov (Eine Untersuchung von parasitärem Licht in der Brennebene von Weitwinkel-Luftbildkamern). Trudy Central'nogo Naučno-Issledovatel'skogo Instituta Geodezii, Aeros-emki i Kartografii 142: 33—50, Geodezizdat, Moskwa 1961.
 54. WINOGRADOW, B. W.: O vybore vremeni dlja aerofotos-emka v pustynnych landschaftach juga srednej Azii (Zur Frage der Wahl des Zeitpunktes für die Luftaufnahme in den Wüstenlandschaften des südlichen Zentralasien). Trudy Laboratorii Aerometodov V: 157—171, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1956.
 55. WINOGRADOWA, A. I.: Izučenie rastitel'nosti i počv s pomošč'ju aerofotografirovanija v različnych zonach spektra (Die Untersuchung der Vegetation und der Böden mit Hilfe der Luftphotographie in verschiedenen Spektralzonen). Geografičeskoe Obščestvo SSSR: Voprosy aerofotos-emki. Geografičeskij Sbornik VII: 59—74, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1955.
 56. ZYGANOW, M. N.: Osnovy fotografii i aerofotografii (Die Grundlagen der Photographie und Luftphotographie). 270 S. Geodezizdat, Moskwa 1960.
 57. ZYGANOW, M. N.: Issledovanie projavitelej dlja obrabotki aeroplenki pri aeros-emke vysokogornogo landšafta (Untersuchung von Entwicklern für die Verarbeitung von Filmen bei der Luftaufnahme von Hochgebirgslandschaften). Trudy Central'nogo Naučno-Issledovatel'skogo Instituta Geodezii, Aeros-emki i Kartografii 142: 123—136, Geodezizdat, Moskwa 1961.
 - d) Technik der Luftbildauswertung (Interpretationskriterien, Geräte, Messungen).
 58. BARYGIN, W. M.: Priznaki dešifirovanija kimberlitovyh tel na aerosnimkach v severo-vostočnoj časti sibirskoj platformy (Die Interpretationsmerkmale von Kimberlit-Körpern auf Luftbildern im nordöstlichen Teil des Sibirischen Plateaus). Laboratorija Aerometodov AN SSSR: Primenenie aerometodov pri poiskach korennyh mestoroždenij almazov: 5—18, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1960.
 59. BERESIN, A. M., und WINOGRADOW, B. W.: Mikrofoto-grafičeskij analiz izobraženij osnovnyh drevesnyh porod taežnoj zony na krupnomasštabnyh aerosnimkach (Mikrophotographische Analyse der Abbildung wichtiger Baumarten der Taigazone auf großmaßstabigen Luftbildern). Laboratorija Aerometodov AN SSSR: Ispol'zovanie aerometodov pri issledovanii prirodnyh resursov: 17—25, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1961.
 60. GOLDMANN, L. M.: O stereoskopach dlja topografičeskogo dešifirovanija aerosnimkov (Stereoskope für die topographische Luftbildinterpretation). Trudy Central'nogo Naučno-Issledovatel'skogo Instituta Geodezii, Aeros-emki i Kartografii 142: 259—264, Geodezizdat, Moskwa 1961.
 61. GUSEINOW, A. M.: Osnovnye priznaki dlja dešifirovanija po aerofotosnimkam spelych i perestojnyh nasaždenij s preobladaniem duba, buka, jasnja i gruši (Die grundlegenden Merkmale für die Luftbildinterpretation von reifen und überständigen Beständen mit Dominanz von Eiche, Hainbuche, Buche, Esche und Birnbaum). Geografičeskoe Obščestvo SSSR: Voprosy aerofotos-emki. Geografičeskij Sbornik VII: 121—127, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1955.
 62. JANUTSCH, D. A.: Fotometričeskij metod opredelenija glubin morskich melkovodij (Die photometrische Methode der Tiefenbestimmung seichter Meeresstellen). Trudy Laboratorii Aerometodov VII: 184—196, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1959.
 63. SAMOLOWITSCH, G. G.: Opyt izmerenija vysot derevn'ev i nasaždenij po aerosnimkam (Versuch der Messung von Baum- und Bestandeshöhen auf dem Luftbild). Trudy Laboratorii Aerometodov III. 96—109, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1954.
 64. WINOGRADOW, B. W.: Mikrofotoometričeskije charakteristiki fotoizobraženija nekotorych pustynnyh rastenij na aerosnimkach maščaba 1 : 5000 (Mikrophotometrische Eigenschaften der photographischen Abbildung einiger Wüstenpflanzen auf Luftbildern im Maßstab 1 : 5000). Trudy Laboratorii Aerometodov V: 196—203, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1956.
 65. WINOGRADOW, B. W.: Priznaki dešifirovanija pustynnoj rastitel'nosti na krupnomasštabnyh aerosnimkach (Die Interpretationsmerkmale der Wüstenvegetation auf großmaßstabigen Luftbildern). Trudy Laboratorii Aerometodov VI: 108—119, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1958.
 66. WINOGRADOW, B. W.: Ob-ektivnye metody analiza izobraženij rastitel'nosti na aerosnimkach (Objektive Me-

- thoden für die Analyse der Wiedergabe der Vegetation auf Luftbildern). Laboratorija Aerometodov: Ispol' zovanie aerometodov pri issledovanii prirodnych resursov: 5—16, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1961.
67. WOJEWODA, W. M.: Opredelenie krutizny sklonov i elementov zaleganiya plastov gornych porod pri dešifrovanii aerosnimkov (Bestimmung der Neigung von Hängen und Elementen der Lagerung von Gesteinsschichten bei der Luftbildinterpretation). Geodezija i Aerofotos-emka 3: 115—120, Moskovskij Institut Inženеров Geodezii, Aerofotos-emki i Kartografii, Moskwa 1962.
- e) Methodik der Interpretation
68. ARMSTRONG, TERENCE: Ice on the northern sea route in relation to the use of photogrammetry. Report of Working Group No. 6, Commission VII, International Society of Photogrammetry (Photographic Interpretation of Ice): 25—27, Office of Naval Research, Washington 1960.
69. CHARIN, N. G.: Opyt primenenija aerovizual'nych nabljudenij pri izučenii lesov (Versuch der Verwendung von visuellen Beobachtungen aus der Luft bei der Erforschung des Waldes). Trudy Laboratorii Aerometodov: 256—262, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1958.
70. CHARIN, N. G.: Primenenie vertoleta dlja aerovizual'nych rabot v lesnom chozjajstve (Die Verwendung des Helikopters für aerovisuelle Arbeiten in der Forstwirtschaft). Laboratorija Aerometodov AN SSSR: Ispol'zovanie aerometodov pri issledovanii prirodnych resursov: 41—45, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1961.
71. GALKINA, E. A.: Ispol'zovanie aerofotos-emki dlja sostavlenija mežduvedomstvennyh landšaftno-geobotaničeskich bolotnyh kart (Die Verwendung der Luftaufnahme für die Zusammenstellung kombinierter landschaftlich-geobotanischer Moorkarten). Trudy Laboratorii Aerometodov VII: 284—292, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1959.
72. GOSPODINOV, G. W.: Aerofotos-emočnyj metod v universitetskich geografičeskich issledovanijach (Die Luftbild-Methode in den geographischen Forschungen an den Universitäten). Moskovskij Gosudarstvennyj Universitet, Geografičeskij Fakultet: Metody geografičeskich issledovanij: 23—30, Gosudarstvennoe izd. geografičeskoi literatury, Moskwa 1960.
73. Gosudarstvennyj Okeanografičeskij Institut, Leningradskoe Otdelenie (Staatliches Ozeanographisches Institut, Leningrader Abteilung): Al'bom aerofotosnimkov ledovyh obrazovanij na morjach (Luftbild-Album der Eisbildungen auf dem Meere). 222 S. Gidrometeorizdat, Leningrad 1960.
74. HILDEBRANDT, G.: Luftbildauswertung bei Waldinventuren im Gebiet der Sommer- und Nadelwälder. Allgemeine Forstzeitschrift 17 (1/2): 20—26, Bayerischer Landwirtschaftsverlag GmbH, München 1962.
75. Laboratorija Aerometodov AN SSSR: Primenenie aerometodov v landšaftnyh issledovanijach (Die Verwendung von Luftmethoden bei der Landschaftsforschung). 304 S. Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1961.
76. Laboratorija Aerometodov MGION SSSR: Berega kuybyševskogo vodochranilišča (Die Ufer des Stausees von Kuibyschew). 188 S. Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1962.
77. MEIER, G. JA., MIROSNITSCHENKO, W. P. und SCHULZ, S. S.: Aerovizual'nye geologo-geografičeskije nabljudenija v rajone kaspijskogo morja, aralo-kaspijskogo vodorazdela i Kara-Kumov (Aerovisuelle geologisch-geographische Beobachtungen im Gebiet der Kaspisee, der Aralisch-Kaspischen Wasserscheide und der Wüste Kara-Kum). Trudy Laboratorii Aerometodov IV: 92—93, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1955.
78. MIROSNITSCHENKO, W. P.: Primenenie aerometodov v geologii (Die Anwendung von Luftmethoden in der Geologie). Trudy Laboratorii Aerometodov VIII: 14—38, Gosgeoltehnizdat, Moskwa 1959.
79. MIROSNITSCHENKO, W. P.: Primenenie aerometodov pri izučenii zonal'nyh i regional'nyh zakonomernostej landšaftov (Die Verwendung von Luftmethoden bei der Erforschung der zonalen und regionalen Gesetzmäßigkeiten der Landschaften). Laboratorija Aerometodov AN SSSR: Primenenie aerometodov v landšaftnyh issledovanijach: 5—38, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1961.
80. RYTSCHKOV, N. N.: Itogi primenenija aerofotos-emki dlja nužd sel'skogo chozjajstva SSSR za 1931—1956 gg. (Ergebnisse der Verwendung des Luftbildes für die Bedürfnisse der Landwirtschaft der USSR in den Jahren 1931 bis 1956). Trudy Laboratorii Aerometodov VII: 265—270, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1959.
81. SAMOILOWITSCH, G. G.: Aerometody izučenija lesov (Luftmethoden zur Erforschung der Wälder). Trudy Laboratorii Aerometodov VII: 257—264, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1959.
82. ZAZENKIN, I. A.: Primenenie aerometodov pri kompleksnom izučenii pastbiščnyh territorij (Die Verwendung von Luftmethoden bei der komplexen Erforschung von Weidegebieten). Laboratorija Aerometodov AN SSSR: Primenenie aerometodov v landšaftnyh issledovanijach: 278—288, Izd. Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad 1961.

HIROSHIMA — WANDLUNGEN DER INNEREN STRUKTUR UND REGION

Mit 6 Abbildungen und 2 Bildern

HIROSHI MORIKAWA und KENJI KITAGAWA

Summary: Hiroshima, the change of its internal structure and of its region.

Since the second part of the 19th century many towns have grown with the social and economical modernization in Japan. With the growth of towns there have occurred the regional difference of their inner structure and the expansion of their tributary areas. We studied these changing patterns in Hiroshima City, which is situated in western Japan facing Seto-Inland Sea.

The results of this investigation are as follows:

1. The origin of Hiroshima City is a typical castle town built in 1959. From 1870' till the end of World War II it grew as a military town and the district centre in Chūgoku districts. The inner structure in those days retained in many places that of the times of the castle town, in which the specialization of CBD function was not remarkable. After the terrible war disaster several bazaars were born in the terminal points in the periphery of the burned areas. When the CBD was reconstructed, they have become sub-centres of business. The separation of the urban area by the delta-arms may have promoted the formation of such sub-centres. 2. Most of the present Hiroshima Prefecture belonged to the lord of Hiroshima in the feudal age. But its economical tributary area was, we think, not so large. In the coastal area there were large towns as close