

AUFNAHMATERIALIEN FÜR LUFTAUFNAHMEN, ANFORDERUNGEN UND ENTWICKLUNGSTENDENZEN

G. Schulz, München

1. Einleitung

Luftbildphotographie wird heute unter dem Zwang zunehmender Rationalisierung mit verfeinerter Technik bei sich ständig ausweitenden Anwendungsgebieten in immer größerem Maße praktisch genutzt.

Durch den größeren Nutzerkreis werden auch ständig neue Fragestellungen mit den vorhandenen technischen Möglichkeiten konfrontiert. Die daraus resultierenden Ergebnisse können nicht immer optimal sein, da bei der Entwicklung der technischen Hilfsmittel zukünftige Anforderungen und deren technische Nebenbedingungen selten vollständig berücksichtigt werden können.

So ist es also von Zeit zu Zeit notwendig, über Soll und Haben in technischer Hinsicht Bilanz zu ziehen und Entwicklungstendenzen aufzuzeigen.

Wegen der Größe und Komplexität des Gebietes wollen wir uns heute hier nur mit dem SW-Film als Primärdatenträger befassen, ohne dabei das gesamte Übertragungssystem aus den Augen zu verlieren.

Ein optimales Resultat einer Übertragungskette, gleich welcher Art, kann nur erhalten werden, wenn alle Einzelkomponenten auf ein gemeinsames Ziel bzw. Ergebnis hin abgestimmt worden sind. Dies ist in unserem Fall die Aufzeichnung von Objekt-oberflächen in analogen Grauwerten, deren Dichten möglichst gut differenziert und damit meßbar und interpretierbar sein sollen.

Wir wollen untersuchen, welcher Stand in jüngster Zeit erreicht worden ist.

2. Forderungen für Auslegung von SW-Luftbilddatenaufnahmematerial

Ziel ist größtmögliche Aufzeichnungsdichte und -qualität von Leuchtdichteverteilungen bei gegebenen Aufnahmebedingungen.

Zunächst muß man diese Aufnahmebedingungen näher betrachten, sowie die Zielsetzung des Auftrages:

- Welcher Träger steht zur Verfügung?
- Welcher Maßstab wird verlangt?
- Welche Bodenbedeckungen sind am wichtigsten?
- Welche atmosphärischen Bedingungen sind zu beachten?
- Sollen die Bilderergebnisse ausgemessen werden?

Wenn man von unseren (mittel-)europäischen Verhältnissen ausgeht, kann man diese Fragen etwa folgendermaßen beantworten:

- Als Träger kommen hauptsächlich Flugzeuge in Betracht.
- Klein- bis mittelmaßstäbliche Befliegungen sind am häufigsten.
Der Trend nach grösseren Maßstäben ist erkennbar.
- Die Bodenbedeckung besteht überwiegend aus Pflanzenpopulationen; dazu Wasser, Erde, Sand, Beton, Straßen.
- Atmosphärische Bedingungen nicht immer optimal, auch schlechtes Wetter und Dunst sind zu berücksichtigen.
- Ein erheblicher Teil der erflogenen Bilder wird ausgemessen.

Unter diesen Voraussetzungen ergeben sich eine Reihe von Forderungen für das Leistungsblatt, die sich auf das sensitometrische Ergebnis meist konträr auswirken. Dieser Umstand führt zu einem komplizierten Optimierungsprozess, an dessen Ende dann ein marktgerechtes Produkt stehen soll.

3. Spezielle Forderungen

Für die Ableitung spezieller Forderungen erscheint vor allem der Gesichtspunkt wichtig, daß es sich bei der gesamten Übertragungskette vom eingestrahnten Sonnenlicht bis zum verarbeiteten Film um ein System handelt, bei dem die Eigenschaften jedes einzelnen Parameters entscheidend zur Endqualität beitragen.

Anders ausgedrückt: Die Qualität der Aufzeichnung einer Übertragungskette kann maximal nur so gut sein wie die des schwächsten Gliedes des ganzen Systems.

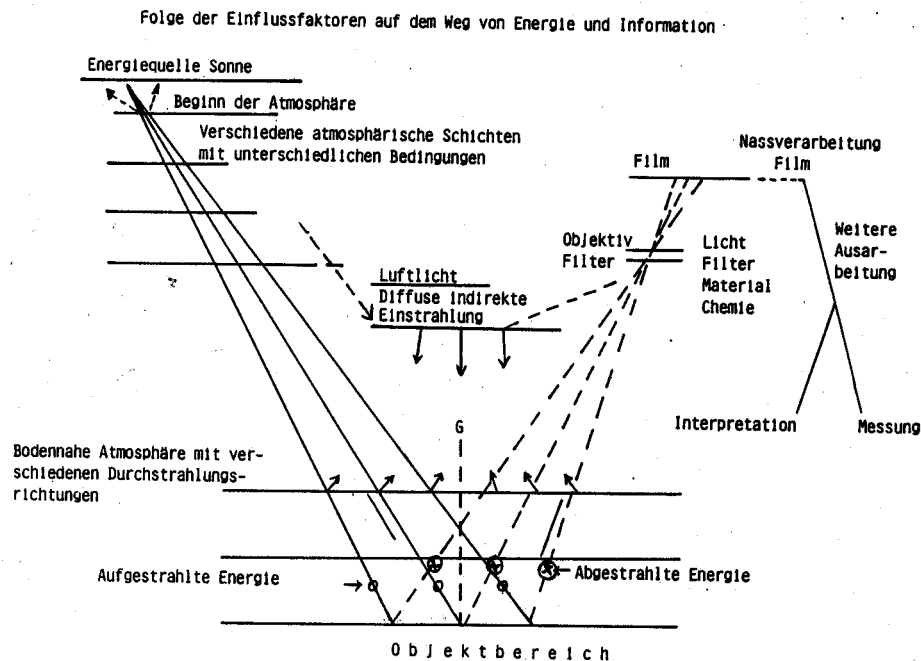


Abb. 1

3.1 Einflußgrößen und ihre Bedeutung für das Gesamtergebnis

Einflußgrößen in diesem Sinne sind z.B.

- Sonnenstand
- atmosphärische Bedingungen, Wetter, Luftlicht
- Flughöhenabweichungen
- Filter
- Belichtungsmessung
- Objektivqualität/Blende
- Stabilität des Trägers
- v/h-Verhältnis, Belichtungszeit
- Filmeigenschaften
- Naßverarbeitung.

Jede dieser Einflußgrößen liefert einen Verlustbeitrag zur Übertragungskette. Da sich nach Frieser diese Verlustbeiträge für jede Einflußgröße multiplizieren, kann man leicht herausfinden, daß bei 10-maligem Übertrag bei jeweils nur 10 % Verlust nur noch ca. 35 % der ursprünglichen Information vorhanden ist.

Steigen bei nur 2 Faktoren davon die Übertragungsverluste auf je 30 % an, resultiert daraus eine übertragene "Rest"-Information von ca. 21 % für das gesamte System.

Man mag daraus ersehen, wie sehr eine ausgeglichene hohe Leistungsfähigkeit jeder einzelnen Systemkomponente zum Gesamterfolg beiträgt. Es ist darüber hinaus unerheblich, für an sich gute Systemkomponenten Verbesserungen zu erarbeiten, solange

an anderer Stelle noch wesentlich schwächere Glieder existieren.

3.2 Bildbewegung während der Aufnahme (image motion)

Die Luftbildphotographie ist praktisch immer mit einem wesentlichen Nachteil gegenüber sonstiger bildmäßiger Photographie belastet, weil sich die Kamera gegenüber dem Objekt während der Aufnahme bewegt. Hier gibt es folgende Möglichkeiten zur Kompensation:

- Möglichst kleines v/h-Verhältnis.
- Bewegung des Films in Bewegungsrichtung während der Aufnahme. Wegen der Gefahr perspektivischer Verzeichnung ist diese Methode jedoch für photogrammetrische Zwecke nicht anwendbar.
- Möglichst kurze Verschußzeiten, d.h. möglichst hohe Filmempfindlichkeit.

Sie bedeuten jedoch Qualitätseinbußen bei anderen sensitometrischen Eigenschaften, wie z.B. bei Körnigkeit und Modulationsübertragungsfunktion, so daß dieses Problem nur durch einen günstig gelegten Kompromiß der Filmeigenschaften zu lösen ist.

3.3 Wechselbeziehungen Objektiv - Film

Luftbildobjektive besonders für photogrammetrische Zwecke sind von sehr hoher Fertigungsqualität. Sie zeigen dennoch einen bildwinkel-abhängigen Randabfall der Übertragungsqualität, dem durch Abblenden begegnet wird. Diese Maßnahme verbessert die Wiedergabequalität durch Ausblenden der Randstrahlen, erfordert aber wiederum eine im gleichen Verhältnis höhere Filmempfindlichkeit, um zu einer gleichen Schwärzung der Bildfläche zu kommen. Auch in diesem Fall ist eine geeignete Kompromißlösung anzustreben, die dazu noch von Verarbeitungsumständen sowie anderen Parametern abhängen kann.

Wichtig ist für den Nutzer bei Erstellung des Bildflugplanes, daß er in Kenntnis dieser Zusammenhänge sowohl sein Objektiv wie auch den Film in deren jeweils günstigsten Leistungsbereichen einsetzt.

3.4 Verbesserung der Grunddifferenzierung

Die Wünsche bezüglich verbesserter Grunddifferenzierung sind schon sehr alt. Es liegt dies einfach daran, daß grüne Farben in vielen Schattierungen einen erheblichen Flächenanteil der Bodenbedeckung in Mitteleuropa ausmachen und die bisher in der Luftbildphotographie eingesetzten "extended red"-Sensibilisierungen zwischen blauen und grünen Farbflächen nur beschränkt differenzieren konnten.

Diese Sensibilisierungen hatten ihre langwellige Begrenzung bei ca. 700 nm und ähnelten in ihrem spektralen Empfindlichkeitsbereich dem des menschlichen Auges.

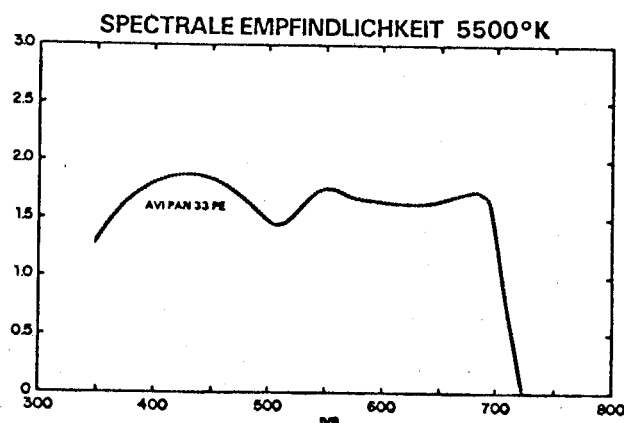


Abb. 2

Zur Beurteilung der Differenzierungsmöglichkeiten im Gebiet von 500 - 560 nm soll das Remissionsverhalten verschiedener typischer Oberflächenbedeckungen aufgrund der Untersuchungen von Krinow, Schwidewsky, u.a., betrachtet werden.

Bei der Betrachtung dieser Kurven fällt auf, daß im Grünbereich von 500 - 550 nm zwischen Gewässern, Straßen, Wiesen und Wäldern kaum Differenzierungsmöglichkeiten existieren, weil die prozentualen Unterschiede in den Remissionswerten sehr niedrig liegen.

Ein anderes sehr auffälliges Merkmal ist die oberhalb von 700 nm sehr stark ansteigende Chlorophyll-Remission. In dem Bereich bis ca. 850 nm ist daher eine Differenzierung zwischen Wasser und Straßen oder zwischen nassen und trockenen Wiesen oder gar zwischen herbstlichem Laub- und Nadelwald in viel eindrucksvollere Weise möglich als in dem vorher betrachteten Grünbereich um ca. 550 nm. Damit verlagert sich das Problem einer verbesserten Grunddifferenzierung auch zu einer Frage der Erweiterung der spektralen Sensibilisierung bis in den nahen IR-Bereich von 750 - 850 nm.

Halogensilberkristalle in dieser Weise zu sensibilisieren, ist im Prinzip lange bekannt. Geeignete Farbstoffe und Verfahren sind in vielen Veröffentlichungen beschrieben.

Nur besitzen derartige Emulsionen einen nicht zu unterschätzenden Nachteil, nämlich ihre Wärmeempfindlichkeit und damit eine erhöhte Gefahr der Instabilität photographischer Eigenschaften.

Es war die Frage, ob sich bei einer Beschränkung der Sensibilisierungserweiterung auf das unbedingt erforderliche Maß hinreichende Vorteile bezüglich Unterscheidbarkeit von Bodenbedeckungen erreichen ließen, und gleichzeitig die oben aufgeführten Nachteile weitgehend zu vermeiden. Derartige Fragestellungen können nur in einer Voruntersuchung geklärt werden, die in diesem Fall ein positives Ergebnis brachte.

3.5 Schnellverarbeitung

Im Zuge fortschreitender Rationalisierung wird immer größerer Wert auf schnellere Verarbeitung des belichteten Materials in Rollendurchlaufmaschinen gelegt. Diese Forderung ist erfüllbar, wenn

- die Dicke der lichtempfindlichen Schicht durch Verminderung der Gelatinemenge pro m² herabgesetzt wird,
- ein Teil des verbleibenden Bindemittels durch Kunststoffe ersetzt wird,
- eine Anpassung der photographischen Eigenschaften der Halogensilberkristalle erfolgt,
- ein leistungsfähiger Maschinenentwickler zur Verfügung steht.

Gleichzeitig mit diesen Maßnahmen ergibt sich eine Verbesserung der Maßhaltigkeit der so konzipierten Filme bei Normaltemperaturverarbeitung (ca. 30°C), was in der Vermessungstechnik von wesentlicher Bedeutung ist.

3.6 Schlußfolgerungen für Auslegung von Luftbildaufnahmematerialien

Aufgrund der angestellten Überlegungen ergibt sich folgendes Bild für die Auslegung eines Materials zur Verwendung in Mitteleuropa für Photogrammetrie und Interpretation (s. Tabelle).

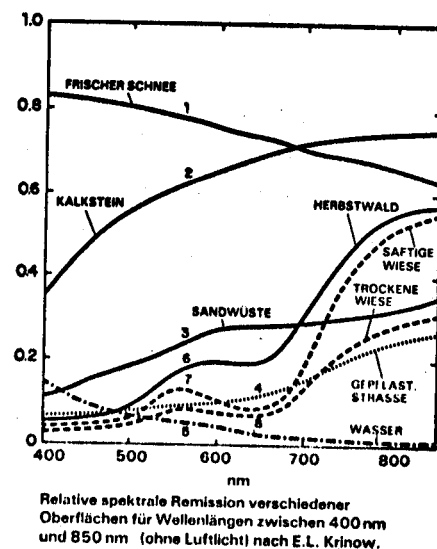


Abb. 3

Eigenschaft	Forderungen	Bausteine vorhanden?	Vorteile	mögliche Nachteile	brauchbarer Kompromiß erreichbar
Sensibilisierung	weniger blau mehr grün noch mehr rot	ja	bessere Grünsdifferenzierung bessere Schattenzeichnung bessere Dunstdurchdringung	geringere Stabilität veränderte analoge Grauwerte für Farben höhere Schleieranfälligkeit	ja
Empfindlichkeit	höher	ja	kürzere Verschlusszeiten für geringere Bewegungsunschärfen	Körnigkeit gröber Schleier höher MTF schlechter Ag-Auftrag höher	ja
Körnigkeit	wie Material mit bisheriger Empfindlichkeit	sehr bedingt	bessere Detailwiedergabe bessere Gleichmäßigkeit der Dichte homogener Flächen	geringer oder kein Effekt	möglich
Schnellverarbeitbarkeit	weniger AgNO ₃ /m ² geringere Schichtdicke schnellere Trocknung	ja	kürzere Verarbeitungszeiten	Körnigkeit gröber	ja

Tabelle: Forderungskatalog für verbessertes Luftbildaufnahmematerial

Wie bereits erwähnt, hatte eine Voruntersuchung zu den wichtigsten Fragestellungen ein insgesamt positives Ergebnis geliefert. Damit kam ein Projekt in Gang, das zur Entwicklung eines neuen Typs von Luftbildmaterial geführt hat, dem Aviphot pan 200 PE, abgekürzt Avipan 200 von Agfa-Gevaert.

4. Avipan 200

4.1 Sensitometrische Eigenschaften

Alle Entwicklungen in Pakotone, G 74 c, 30°C, soweit nicht anders angegeben.

SPEED ipm	SPEED					
	EAFS			REL.DIN.		
	200	30	33	200	30	33
70	160	64	50	20	16	15
60	200	64	64	21	16	16
50	250	80	64	22	17	16
40	320	100	80	23	18	17
30	400	100	100	24	18	18
20	640	100	125	26	18	19

PAKOTONE-AVI
G74C30°C

SPEED ipm	GRADIENT			FOG LEVEL		
	200	30	33	200	30	33
70	0.90	0.97	0.57	0.06	0.11	0.11
60	1.00	1.03	0.60	0.06	0.12	0.11
50	1.10	1.22	0.65	0.06	0.12	0.12
40	1.30	1.36	0.76	0.07	0.14	0.12
30	1.60	1.67	0.92	0.07	0.17	0.12
20	1.90	1.91	1.11	0.09	0.23	0.13

PAKOTONE-AVI
G74C30°C

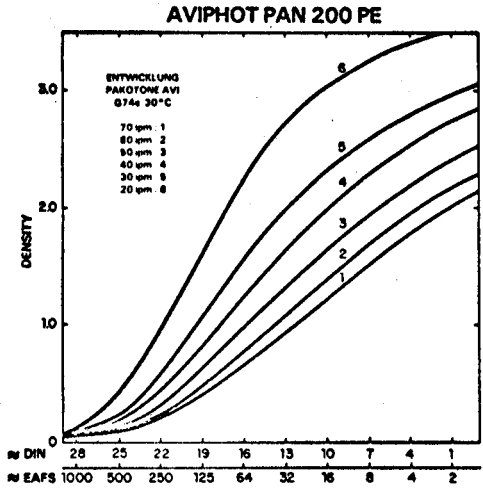


Abb. 4

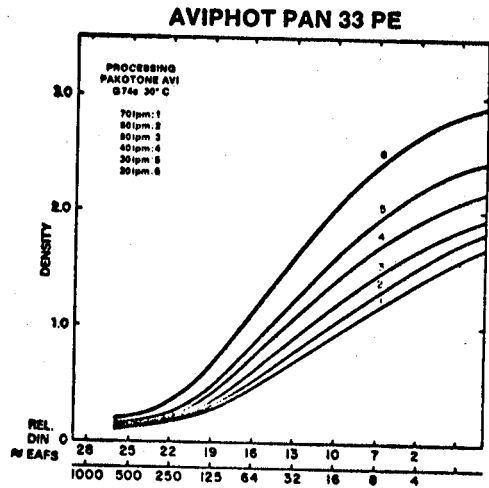


Abb. 5

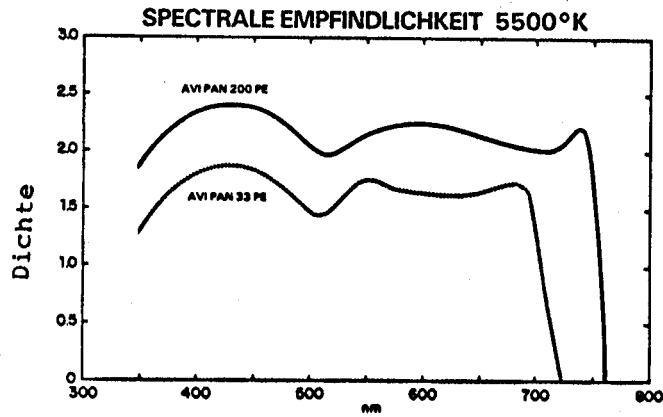


Abb. 6

Lagerungsfähigkeit bei partieller IR-Sensibilisierung

Wesentlich ist die Feststellung, daß entgegen bisheriger Erfahrung mit IR-sensibilisierten Emulsionen auch eine sehr weitgehende Stabilität gegen thermische Belastungen gegeben ist, wie die nachstehende Tabelle zeigt:

	$\Delta \bar{\gamma}$		ΔE (rel. DIN)		Δs_0	
	6	3	6	3	6	3
Stunden	6	3	6	3	6	3
Temperatur °C	70	90	70	90	70	90
Avipan 200	-0,18	-0,28	0	0	+0,03	+0,04
Aviphot pan 33	-0,17	-0,21	0	0	+0,06	+0,08

Körnigkeit (Meßblende 25 μm \varnothing , D = 1,0)
 Entwicklung: Pakotone, G 74 c, 30°C

Speed ipm	$\sigma_D \cdot 1000$		
	20	40	60
Avipan 200	66	55	44
Aviphot pan 33	43	30	28

Modulationsübertragung

Ein wesentliches Qualitätsmerkmal stellt die Informationsübertragung dar. Beide Kurven wurden unter Praxisbedingungen gemessen, sie sind im Original wiedergegeben.

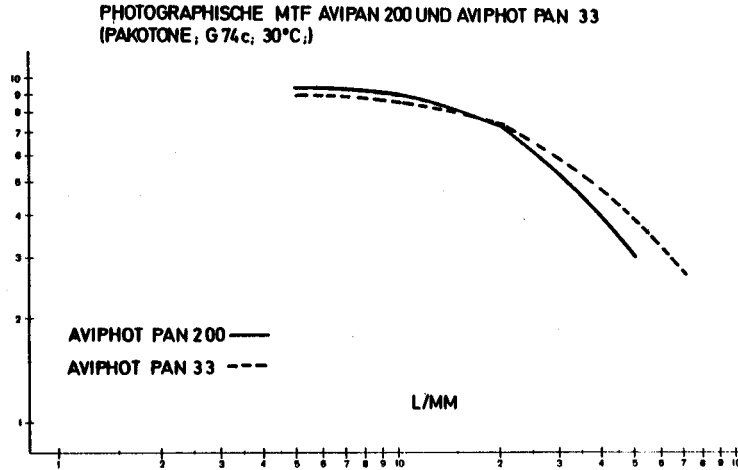
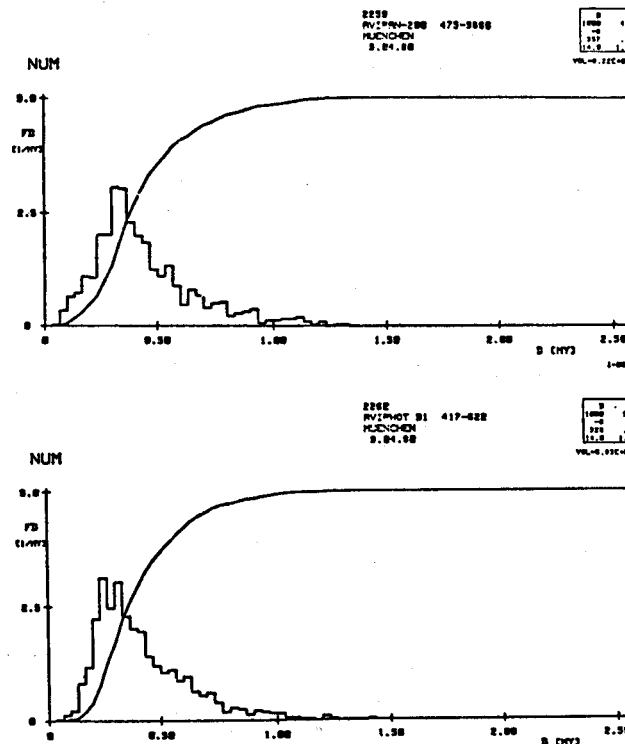


Abb. 7

Als Ergebnis kann man feststellen, daß der Kurvenverlauf bis ca. 20 1/mm etwa gleich ist; anschließend fällt die des Avipan 200 etwas stärker ab als die des Aviphot pan 33. Dieser Unterschied erscheint aber durch die um den Faktor 2 - 3 höhere Empfindlichkeit mehr als kompensiert.



Kornverteilungen

Avipan 200

Aviphot pan 33

Abb. 8

4.2 Bildbeispiele

Zur Demonstration der bildmäßigen Vorteile wurde eine praktische Vergleichsprüfung zwischen den beiden Agfa-Gevaert-Filmen

Aviphot pan 30 PE mit "klassischer" Sensibilisierung bis ca. 700 nm
 und Aviphot pan 200 PE mit erweiterter Rotsensibilisierung bis ca. 750 nm

durchgeführt. Aus dem erfolgten Bildmaterial wurden einzelne typische Szenenpaare als Positive umkopiert und miteinander verglichen.

Für die Interpretation ergeben sich zur bisherigen "klassischen" Sensibilisierung folgende Unterschiede im Positiv:

- Wasser wird dunkler wiedergegeben
- Wald, Felder und Wiesen werden heller wiedergegeben
- feuchte Wiesen sind als dunklere Bereiche von trockenem Umfeld gut zu differenzieren
- Beton, Sand und Straßen werden heller wiedergegeben
- Dunst wird besser durchdrungen
- der plastische Eindruck des Geländes wird verbessert
- schwere Schatten werden besser durchgezeichnet
- die Anzahl der unterscheidbaren Graustufen, vor allem im grünen Spektralbereich erscheint vergrößert.

So gesehen stellt der neue Avipan 200 von Agfa-Gevaert einen interessanten Kompromiß zu Gunsten verbesserter Nutzeigenschaften dar.

Dem IfAG Frankfurt a.M. und der Fa. Carl Zeiss, Oberkochen, sei auch an dieser Stelle für die großzügig gewährte Hilfestellung bei diesem Projekt besonders herzlich gedankt.

Literatur

- [1] H. Frieser: Photographische Informationsaufzeichnung, R. Oldenbourg Verlag, München Wien 1975, Focal Press, London New York.
- [2] Th. M. Lillesand/R. W. Kiefer: Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley & Sons Inc., New York 1979.
- [3] K. Schwidofsky: "Über die bei Luftaufnahmen wirksame Beleuchtung", Bildmessung und Luftbildwesen 1960, S. 46-62.

Zusammenfassung

Es wird ein Überblick gegeben über die heute bekannten Einflußfaktoren im Luftbildsektor und deren Zusammenwirken für ein gutes Bildergebnis. Daraus werden die Forderungen an ein verbessertes Aufnahmematerial abgeleitet.

Die photographischen Ergebnisse des aufgrund dieser Analyse bei Agfa-Gevaert neu entwickelten Luftbildfilms Avipan 200 werden vorgestellt.

Materials for aerial photography, requirements and development trends

Abstract

A review is given on the hitherto known most important factors in aerial photography and their interdependence. From there were derived the requirements for an improved material for camera-work.

The photographic characteristics from this new material Avipan 200, which are based on Agfa-Gevaert's analysis in this field, are presented.

Matériel de prise de vues, exigences et évolutions techniques

Résumé

Les facteurs aujourd'hui connus qui influencent le secteur aérien et leur contribution pour le résultat photographique sont discutés. Les exigences pour un matériel perfectionné en sont dérivés.

Les résultats du film Avipan 200 d'Agfa-Gevaert, développé selon cette conception, sont présentés.

Películas para fotografías aéreas, exigencias y tendencias de desarrollo

Resumen

Vista general sobre los factores hasta ahora conocidos que influyen en la fotografía aérea y los efectos por ellos producidos en lograr buenos resultados. Se deducen las exigencias para la mejoración de tal material fotográfico.

Este análisis realizado por la casa Agfa-Gevaert llevó al desarrollo de la nueva película aérea Avipan 200 cuyos resultados se presentan.

Dr. G. Schulz, Agfa-Gevaert N.V., Abtlg. R.O.M.
D-8000 München 70, Kistlerhofstr. 75