

ROCKBLICK AUF SECHS JAHRE FLIEGERFILMTECHNOLOGIE SKIZZE ZUM WERDEGANG EINES NEUEN FLIEGERFILMS

A. Scotland, Leverkusen

Einleitung

Sechs Jahre sind keine lange Zeit in der Geschichte der wissenschaftlichen Vermessungstechnik mit fotografischen Mitteln, und auch nicht in der vergleichsweise jungen Geschichte der Aerophotogrammetrie.

Ein Vorgang, der während der letzten sechs Jahre ablief, für die Luftbildfotografie eine gewisse Rolle spielt und für die multidisziplinäre Kooperation ein interessantes Beispiel gibt, soll hier mit seinen Schwerpunkten kurz skizziert werden. Während der 35. Photogrammetrischen Woche 1975 hatte mein Referat über die Luftaufnahmebedingungen aus fototechnischer Sicht das Ziel, einige der, vor allem fotografischen, Hauptprobleme der Luftaufnahmetechnik aufzuzeigen und die Diskussion darüber anzuregen.

Gegenstand der Erörterung war damals hauptsächlich die Problematik der fotografischen Aufzeichnung auf panchromatisches Schwarzweiß-Filmmaterial. Aus Gründen der Übersichtlichkeit beschränkt sich diese Betrachtung ebenfalls darauf. Alle damit verbundenen prinzipiellen Überlegungen lassen sich auf die verschiedensten Situationen, Materialien und Gerätekombinationen fast beliebig übertragen.

A) Die äußeren Bedingungen

Die Aufnahmeumstände und ihre Auswirkungen auf die Qualität der Luftbildaufnahmen.

1975 lag noch keine Arbeit über die systematische Erfassung und Beurteilung aller Einflußgrößen der Luftbildaufnahmebedingungen vor, die nicht nur in der theoretischen Erörterung von Teilproblemen eine Aufgabe sah, sondern auch darin, dem Praktiker Erkenntnisse zu vermitteln und Hilfen zu geben.

Zur Erinnerung: Auf dem Weg der Energie von der Sonne zum Objektbereich auf der Erde und dem, mit der durch die Spektralcharakteristik des Objekts "beladenen", und solcherart mit Information modulierten Energie, also der Information über das Objekt, zurück zum Aufzeichnungssystem, hier zur photogrammetrischen Aufnahmekammer, gibt es im Jahre 1975 nur sehr wenige bekannte und noch weniger exakt messbare Parameter.

Gerade aber von dieser Seite werden Qualität und Quantität der Information in erheblicher und entscheidender Weise beeinflußt. Ein Grau- und Farbton einer bestimmten Intensität gibt neben der Information über das Objekt, von dem er stammt, auch den Einfluß der Zwischenraumbedingungen wieder, ohne daß genau genug festgestellt werden kann, was woher stammt, wie es zu bewerten ist und welche Rückschlüsse seine Abbildungsbeiträge zulassen. Eine entsprechende Untersuchung und Beschreibung der Gerätesituation, der Systemträger, der Flugzeuge, z.B. der geophysikalischen Umstände, der Navigationsmittel, etc., sei kompetenterer Seite überlassen. (Vgl. dazu Vortrag Dr. Schulz, Abb. 1.)

B) Die inneren Bedingungen

Die Aufzeichnungsmittel und -materialien.

- 1) Aufnahme-Kammern
- Steuer- und Kontrollsysteme
- Filter

Die Historie der Kammern und Objektive kann als im Allgemeinen hinreichend bekannt angesehen werden. Auch hier sollte eine detaillierte Darstellung dieses Bereiches kompetenter Seite vorbehalten bleiben.

- In direktem Zusammenhang mit der Qualität des fotografischen Resultates stehen jedoch einige Aspekte, die wiederholter Erwähnung bedürfen, um die Gesamtsituation eines solchen Systems deutlich zu machen.

- Die A-Charakteristik ist seit Anfang der 60er Jahre bekannt. Sie wird bis heute bei der Masse der Luftaufnahmen nicht ausgenutzt.
- Die halb oder ganz automatischen Kontroll- und Steuersysteme für die Belichtung sind zu dieser Zeit, 1975, noch nicht verbreitet.
- Nicht alle für die fotografischen Aufnahmen wichtigen Spektralbereiche sind gleichwertig messbar.
- Die Belichtungssensoren erlauben es nicht, alle einfallende Strahlung in sinnvolle Kontroll- und Regeldaten umzuwandeln.
- Reflexions- und Beleuchtungsverhältnisse der Objekte können nicht korrekt gemessen werden.
- Der Einsatz von Aufnahmefiltern beschränkt sich hauptsächlich auf erfahrungs- und schätzabhängige Maßnahmen zur Verminderung der Kontrastverflachung durch Dunst.

Über die Auswirkungen dieser Tatsachen gibt es je nach Fachrichtung und Standpunkt sehr unterschiedliche Meinungen.

So zum Beispiel:

Aus der Photogrammetrie:

- Unbedeutende Auswirkungen bis auf die Signalerkennbarkeit im Schatten.

Aus Information und Interpretation:

- Mehr Schärfe bzw. Auflösung wäre wünschenswert.

Aus dem Flugbetrieb:

- Kritische Belichtungsbereiche durch hohe Filterfaktoren (Risiko zu großer Bildwanderung bei "langen" Belichtungszeiten).

Aus dem Labor:

- Je höher die Gelbfilterungen, desto steiler die Gradation.
- Zu viele Filme werden äußerst ungleichmäßig belichtet.
- Viele knapp belichtete Filme müssen forciert entwickelt werden.

Vorherrschende Meinung ist, daß diese technischen Umstände hingenommen werden müssen und nur mit viel Erfahrung, viel Sachverstand und vor allem viel Glück einigermaßen zu kompensieren sind.

- Die Umwelteinflüsse auf das Kammeresystem, wie Luftdruck, Feuchte und Temperatur, etc., sind in ihren ganzen Auswirkungen noch nicht genug bekannt oder werden nicht darauf überprüft, inwieweit sie auf das fotografische Ergebnis einwirken.

2) Aufzeichnungsmaterial - Luftbildfilme Schwarzweiß

Das "Arbeitspferd" der Hauptdatenträger ist Mitte der siebziger Jahre der "normale" panchromatische mittelempfindliche Schwarzweiß-Film.

Seine allgemeinen Merkmale:

- Theoretische Empfindlichkeit, wie 19 - 21 DIN.
- Spektrale Empfindlichkeit ca. 380 - 690 nm.
- Mittleres Gamma \bar{G} ca. 1,1 - 1,6.
- Schichtträger ohne Antihaloschicht Polyester 0,10 mm. Trägerstärken zwischen 0,04 und 0,13 mm werden verwendet. Die Stärke 0,10 hat sich als günstiger Kompromiß zwischen Maßhaltigkeitsnotwendigkeiten und ökonomischer Spulenkapazität eingebürgert.
- Hohe Gelatineanteile im Emulsionsaufbau, ungünstige Quellfaktoren.

Der "normale" panchromatische Luftbildfilm dieser Zeit hat keine annähernd lineare Empfindlichkeit für die beim Aufzeichnungssensor eintreffende Strahlung. Für die einzelnen Hauptspektralbereiche finden sich folgende Schwerpunkte:

Blauempfindlichkeit

- Überproportional.
- Verursacht viel Streulichtabbildung, Kontrastverflachung ist eine der Folgen.
- Muß durch Gelbfilterung kompensiert werden.

- Mit steigender Gelbfilterdichte zunehmende Sperrung der in den Schatten enthaltenen, überwiegend mit Luftlicht beleuchteten Bilddetails.
- Zum Bildaufbau kaum nutzbare Empfindlichkeit.

Das überwiegend eingesetzte Filter B, bzw. ein gleichartiges, vermindert durch seine Minus-Blau-Wirkung die Gesamtempfindlichkeit des Films schon um ca. 50 %!

- Große Differenzen zwischen labormäßig bestimmter und praktisch nutzbarer Filmempfindlichkeit.

Grünempfindlichkeit

- Niedrigstes Empfindlichkeitsniveau im sichtbaren Spektrum ohne Kompensationsmöglichkeiten in anderen Spektralbereichen.
- "Pan-Grün-Lücke" wird als charakteristisch für panchromatisches Filmmaterial angesehen.
- Wird unter Umständen von hohen Gelbfilterungen noch weiter vermindert, z.B. Filter D oder gleichartiges.
- Schlechte Differenzierung der analogen Grauwerte - d.h. z.B. der in Europa häufigsten Bodenbedeckung - ist die Folge.
- Wenige, durch größere Helligkeitsunterschiede auffällige Bereiche (Wiese und Wald) werden als Normalfall der Abbildungsmöglichkeit angesehen.

Rotempfindlichkeit

- Obwohl gegenüber Bodenemulsion schon ausgedehnt, endet zu früh um 700 nm.
- Trägt zum Bildaufbau bei; hauptsächlich bei großmaßstäbigen Aufnahmen.
- Verbessert die Dunstdurchdringung etwas, kann aber die Nachteile der hohen Gelbfilterungen nicht vermeiden.
- Erfasst jedoch nichts vom Hauptanteil der Strahlungsreflexion der verbreitetsten Vegetationsarten.
- Könnte theoretisch die "Grünlücke" etwas kompensieren, ist dafür aber zu wenig ausgeprägt.

Diese im Ganzen unausgeglichene, unpraktischen, und darum unbefriedigenden Eigenschaften führten 1976 zu einem ganzen Komplex von Forderungen bzw. Fragen an die Filmhersteller bezüglich eines neuen Typs von Aufnahmeemulsionen.

- Höhere Gesamtempfindlichkeit ohne schwerwiegende Nachteile in Körnigkeit und Auflösung.
- Kürzere, sichere Bearbeitung, Handhabung, Reproduzierbarkeit und Resultate am Boden vor der Belichtung, im Flugzeug beim Einsatz, im Labor danach.
- Möglichst ausgeglichene und ausgedehntere Sensibilisierung.
 - a) Kann eine geringere BLAU-Sensibilisierung erreicht werden? Kann evtl. der Bereich 380 - 420 nm sogar entfallen? Können die vorwiegend in diesem Bereich auftretenden Dunsteffekte durch eine Sensibilisierung im Nah-IR-Bereich ausgeglichen werden?
 - b) Kann eine höhere und gleichmäßigere GRÜN-Sensibilisierung erreicht werden? Mehr Information durch mehr Differenzierungsmöglichkeiten bei gleichem Einsatz stellt u.a. auch eine wirtschaftliche Forderung dar.
 - c) Kann die ROT-Sensibilisierung soweit wie sinnvoll über 700 nm hinaus ausgedehnt werden, ohne in den Problembereich Wärmestrahlung zu kommen? Empfindlichkeit über 780 - 800 nm muß mit schwerwiegenden Nachteilen erkauft werden. Der klassische Infrarot-Schwarzweiß-Luftbildfilm stellt darum selten eine Lösung ohne nachteilige Kompromisse dar.

Weitere allgemeine Forderungen:

- Dünnere Emulsionsschichten, geringe Quellung, schnellere Trocknung, schnellere Verarbeitung bei höheren Temperaturen, Archivfestigkeit, Maschinenstabilität, minimale Krümmungstendenz, möglichst wenig Gelatine. Ergänzend sollten diese Eigenschaften durch einen Systembaustein Chemie, d.h. eine speziell für einen solchen Film entwickelte Chemie, sicher mit allen Verarbeitungsmethoden erzielbar sein.

C) Die fototechnische Informationsverarbeitung

1975:

Die besonderen Gegebenheiten des Trägers der fotografischen Aufzeichnung werden nicht mit konsequenter und adäquater Sorgfalt behandelt, sicher nicht gleichwertig derjenigen, die der Meßgerätetechnik selbstverständlich zugedacht wird.

Die Herstellung und Verarbeitung von Luftbildaufnahmen als Hauptdatenträger findet weniger Aufmerksamkeit als die der anschließenden Verfahren. Nur vereinzelt zeigen sich in Fachkreisen Einsicht und Erkenntnis dafür, daß die fotografische Bildqualität im Ganzen, d.h. nicht nur die spektakulären theoretischen Auflösungsmöglichkeiten einiger Spezialfilme, entscheidend ist für die unter wirtschaftlich vertretbaren Umständen sicher zu erzielende Qualität der nachfolgenden Arbeiten aller Fachgebiete, die sich der Luftaufnahme bedienen oder bedienen könnten, bzw. sollten. So tut sich beispielsweise die Fotointerpretation sehr schwer mit der Zuordnung von Grauwerten wegen deren ungenügend sicheren Herkunft, Aussage und Reproduzierbarkeit.

Der Mehrfachbenutzung bzw. Ausnutzung derselben Aufnahmen durch verschiedene Fachgebiete sind dadurch enge Grenzen gesetzt. Typisches Beispiel der Verarbeitungssituation für die Basisdaten der wissenschaftlichen Meßtechnik mit Luftaufnahmen: Während einer Luftarbeitsstunde, die ca. 2.000,- DM kostet, wird ein Film nach Erfahrung gefiltert und mit geschätzten Daten belichtet. Diese Arbeitsdaten, teilweise sehr unterschiedlich, werden dem Labor mitgeteilt. Das Labor kann sich nicht direkt für einen Kompromiß an Verarbeitungsdaten entscheiden. Ein Stück von Anfang bzw. Ende des Films wird abgeschnitten und von Hand provisorisch in der Schale oder im Entwicklungstank in dem Entwickler verarbeitet, der für den ganzen Film vorgesehen ist. Die Entwicklungszeit bis zu einer, natürlich visuell bestimmten, genügenden Deckung wird mit einem Erfahrungswert multipliziert. Das Ergebnis soll dann einen annehmbaren Kompromiß für die Entwicklungszeit der ganzen Länge dieses Filmes nach dem Umspulverfahren darstellen. Das war 1975 durchaus üblich. Aber auch heute noch, 1981, wird die Mehrzahl aller Luftbildfilme nach dem Umspulverfahren entwickelt, einer Methode, an der seit dem 1. Weltkrieg praktisch nichts verändert wurde.

Die typischen Merkmale des Verfahrens:

- Ungleichmäßige Temperaturverteilung während der Entwicklung.
- Ungleiche Entwicklungszeiten für gleich belichtete, und ähnliche für ungleich belichtete Partien des gleichen Filmes in der Länge.
- Hoher Zeitaufwand, ca. 3 Stunden von trocken bis trocken.
- Höherer Personalaufwand, schlechtes Verhältnis zum Leistungsaufwand.
- Schlechte Reproduzierbarkeit.
- Durch systembedingte Agitationseigenarten Dichte und Gradationsverlauf längs wie quer.
- Für gute und annähernd gleichmäßige Ergebnisse viel Erfahrung nötig.

Diese Probleme und Umstände der Verarbeitung sind nach inzwischen, 1981, allgemeiner Ansicht nur mit einer automatischen Durchlaufanlage wie der Pakotone-Avi-Maschine vermeidbar. Dabei kommt es nicht so sehr darauf an, daß überhaupt maschinell verarbeitet wird, sondern daß dieses mit der Präzision geschieht, wie sie schon seit langem für die Entwicklung von Halbton-Farbauszügen und Maskenfilmen selbstverständlich ist.

D) Schlußbetrachtung

Zur Präzisierung der schon erwähnten Forderungen an zukünftiges Fliegerfilmmaterial aus den praktischen Notwendigkeiten heraus wurde von vielen Seiten beige-tragen.

Entscheidende Impulse kamen vor allem:

- Vom Arbeitskreis für Fernerkundung und Fotointerpretation der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, seinerzeit unter Leitung von Prof. Albertz;
- vom Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt;
- vom ITC, Enschede - NL;

sowie von den Firmen:

- Wild, Heerbrugg; Zeiss, Oberkochen;
- Hansa Luftbild, Münster; Rheinische Braunkohle, Köln; Ing.-Büro Rüpke, Hamburg; Fa. Geoplana, Rielingshausen.

Diese Stellen sind später auch maßgeblich und entscheidend an Erprobungsarbeiten beteiligt gewesen. Für die geleistete Unterstützung sei an dieser Stelle allen Beteiligten sehr herzlich gedankt.

Die Forderungen an das zukünftige Aufnahmematerial führten zu einer Filmkonzeption mit konkreten Fragestellungen an unsere Forschungsabteilungen in München und Mortsel/Belgien.

In München gelangen 1978/79 die ersten Probegüsse mit Eigenschaften, die bereits sehr nahe an die gestellten Forderungen herankamen. In Mortsel realisierte man gleichzeitig und in Abstimmung mit München einen neuen Entwicklertyp als chemischen Systembaustein, den Entwickler G 74c mit den Komponenten A + B und dem Starter G 74 S.

1979 gingen die ersten Probefilme der Prototypen-Emulsion in die praktische Erprobung und bewiesen über die Forderungen hinausgehende überwiegend gute Eigenschaften. Das System Film, Chemie, Entwicklungsmaschine Pakotone-Avi und seine Handhabung wurden einer Feinabstimmung bis zur Marktreife unterzogen und Mitte 1980 zum ISP-Kongreß, Hamburg, auf dem Markt vorgestellt.

Was ist noch zu tun?

Noch viel Arbeit, gemeinsame Arbeit aller Fachrichtungen zur Optimierung der Systemteile sowie ihres Zusammenwirkens.

- Es müssen von den Kombinationen Filter - Objektiv - Film - Belichtung und Verarbeitung die einsetztypischen Leistungsbereiche mit den Optimaldaten und den tolerablen Abweichungen davon zusammengestellt werden, um sicherer zu wissen, was ein solches System leisten kann und wo seine Grenzen liegen.
- Es müssen die bisherigen Filtertheorien und die Elemente des fotografischen Bildaufbaues neu überdacht werden.
Wir müssen analog dazu alle Parameter der Weiterverarbeitung einbeziehen, weil ein solches System von der Aufnahme bis zum Endprodukt stimmen muß. Wir müssen dafür sorgen, daß alle Stufen der fototechnischen Bearbeitung dem technologischen Niveau des Wissenschaftsbereiches entsprechen, dem sie dienen sollen, sonst können sie genau das nicht tun, sind Belastung, Hindernis, vielleicht sogar Begrenzung dafür.

Der Projektablauf des Agfa-Gevaert Aviphot Pan 200 läßt hoffen, er bestätigt nicht nur die multidisziplinären Kooperationsnotwendigkeiten und Ziele, sondern auch die darin enthaltenen Möglichkeiten.

<u>Parameter</u>	<u>75 - 76</u> <u>IST-Problematik</u>	<u>76 - 77 - 78</u> <u>allgemeine</u> <u>Forderungen</u>	<u>79/80</u> <u>SOLL</u>	<u>1981</u> <u>IST</u>
Empfindlich- keit	Praktisch zu gering	viel höher mindestens 1 Blende	2 x (1 Blende höher)	4 x (2 Blenden höher)
Gradation	nicht genug variabel	anpaßbar	steuerbar	gegeben
Emulsions- aufbau	zu dick, Quellung	verbessern	dünnere, gleichmäßiger	gegeben
Gelatine- anteil	zu hoch	dito, Lexyleinsatz	bis 70 % Polymer	gegeben
Spektral- eigenschaften	+ Blau-Grün-Rot	Grün + Rot verbessern	Grün besser Rot 750 nm	gegeben Rot - 750 nm
Verarbeitung	umständlich	steuerbare Maschinenver- arbeitung in System-Chemie	steuerbare Maschinenver- arbeitung in G 74c	dazu Kontroll- system + Blitz- sensitometer
Chemie	nicht angepaßt	verbessern anpassen - System-Chemie	besser trotz + Empfindlichkeit	gegeben
Auflösung	knapp	verbessern	verbessert	gegeben
Rolltendenz	groß	vermindern	vermindert	gegeben
Filter	hohe Gelb- filterung nötig	vermindern	vermindert	fast über- flüssig

(alle Daten bezogen auf Panchromatische Luftbildfilme)

Zusammenfassung

Rückblick auf die Situation der Luftbildfotografie im Jahre 1975 aus fototechnischer Sicht.
 Hingewiesen wird auf die damals wichtigsten Merkmale der Aufzeichnungsmittel und -methoden, auf typische, problematische Zusammenhänge und Begrenzungen.
 Die sich aus dieser Situation ergebenden Forderungen an die fotografische Industrie, sowie verschiedene Notwendigkeiten der Zusammenarbeit aller beteiligten Fachrichtungen werden herausgestellt.
 Der Entstehungsweg eines auf diesen Forderungen basierenden neuen Fliegerfilms wird skizziert. In dem Maße, in dem das Denken in und die Orientierung an Systemen zunehmend die Auslegung und Auswahl der Einsatzmittel bestimmt, wird deutlich, daß nur eine noch stärkere gegenseitige Abstimmung eine Optimierung der Leistungs-Parameter einzelner Systemteile und damit des ganzen fotografischen Aufzeichnungs- und Wiedergabesystems erbringen kann.

Review of six years of aerial photography technology

Sketch of the development of a new aerial film

Abstract

The lecture reviews the situation of aerial photography in 1975 from a photo-technical point of view. Reference is made to the most important features of the photographic materials and methods available at the time, and also to typical and problematic interrelations and limitations. The demands on photographic industry resulting from this situation, as well as various necessities of cooperation between all branches involved, are pointed out.

The author gives a sketch of the development of a new aerial film which is based on the above-mentioned demands. As the selection and range of the materials applied are increasingly determined by the system's point of view, it is clear that only an even stronger mutual accord can lead to an optimisation of the parameters of system components, and thus of the whole photographic recording and restitution system.

Revue de six ans de technologie de photographie aérienne

Esquisse de développement d'un nouveau film pour photographie aérienne

Résumé

La conférence présente une revue de la situation de la photographie aérienne en 1975 d'un point de vue fototechnique. Les caractéristiques des appareils et méthodes photographiques les plus importantes à cette époque-là sont décrites, ainsi que des rapports et restrictions typiques et problématiques. L'auteur montre les demandes qui résultaient de cette situation et qui se présentaient à l'industrie photographique; il fait remarquer plusieurs nécessités de coopération entre toutes les branches concernées.

Le développement d'un nouveau film pour photographie aérienne basé sur ces demandes est esquissé. Vu que la sélection et l'interprétation des matériaux photographiques sont de plus en plus déterminées par l'organisation de pensées en systèmes et l'orientation vers des systèmes, il est évident que c'est seulement un accord mutuel renforcé qui peut aboutir à l'optimisation des paramètres des composantes d'un système, et par cela à l'optimisation du système complet de production et reproduction photographique.

Retrospectiva de seis años de tecnología de fotografía aérea

Esbozo del desarrollo de una nueva película para fotografía aérea

Resumen

Se expone la situación de la fotografía aérea en 1975 desde el punto de vista fototécnico. Se describen las características de los aparatos y métodos fotográficos más importantes de esta época así como las relaciones y limitaciones típicas y problemáticas. Se destacan las exigencias frente a la industria fotográfica resultantes de esta situación así como la necesidad de cooperación de todos los ramos concernientes.

Se bosqueja el desarrollo de una nueva película para fotografía aérea basada en estas exigencias. Dado que la selección y aplicación de los materiales son determinadas más y más por la orientación en sistemas es evidente que sólo una mayor correspondencia puede facilitar la optimización de los parámetros de los componentes de los sistemas y, de esta manera, de todo el sistema de producción y reproducción fotográfica.