

LUFTBILDER VON DER OBERPFALZ
TEIL I: GEWÄSSERKUNDLICHE INFRAROTBEFLIEGUNG

von

ULF ZAHN*

ZUSAMMENFASSUNG

Luftbildaufnahmen werden in der Bundesrepublik Deutschland nicht in einem Zentralarchiv erfaßt. Nur das Institut für Angewandte Geodäsie in Frankfurt am Main berichtet über Luftbildaufnahmen, wenn es darüber informiert wird. Deshalb sind uns viele Ergebnisse von Befliegungen nicht zugänglich. Der Autor berichtet über hydrologische Infrarot-Luftbildaufnahmen im Flußgebiet Donau – Naab – Regen in der Oberpfalz (Bayern) und erläutert an Hand von Beispielen Möglichkeiten der Interpretation. Dabei werden dem Leser wichtige technische und meteorologische Einzelheiten vermittelt.

ABSTRACT

Aerial photographs are in GFR not collected in a central archiv. Only the Institut für Angewandte Geodesy, Frankfurt/Main reports on aerial explorations, if it is informed. Therefore many aerial explorations are nearly unknown. The author presents hydrological infrared aerial photographs of the rivers Donau, Naab, and Regen of Oberpfalz (Bavaria) and explains the possibility of interpretation (with examples). Important technical and meteorological informations are given.

Für vielfältige Arbeitsbereiche ist das Senkrechtluftbild ein unentbehrlicher Informationsträger geworden. Besonders raumbezogene öffentliche Verwaltungsorgane benutzen Luftbilder, um schnell und rationell das aktuelle Zustandsbild einer Landschaft zu erhalten. Zur Planung und für die Überwachung lassen Landesvermessungs-, Flurbereinigungs-, Straßenbau- und Wasserwirtschaftsämter sowie Forstdirektionen u.ä. Institutionen Befliegungen durchführen. Das Bildmaterial liegt daher verstreut bei verschiedenen Ämtern (Positivkopien, Vergrößerungen auf Flurkartenmaßstab und aufgerasterte Negative als Mutterpausen zur leichteren Verfielfältigung). Die Originalnegative archivieren die Befliegungsfirmen.

Geowissenschaftler können für Forschungszwecke in der Regel aus finanziellen Gründen keine eigenen Befliegungen durchführen lassen, sie müssen auf das für sie „zufällig“ entstandene und daher häufig nicht optimale Bildmaterial anderer Auftraggeber zurückgreifen. Auskunft über Befliegungen – soweit sie gemeldet werden – erteilt als zentrale Sammelstelle der Bundesrepublik das Institut für Angewandte Geodäsie in Frankfurt/M.

Abweichend vom Bedarf eines aktuellen Zustandsbildes o.g. Institutionen benötigt der Wissenschaftler oft Bildmaterial älterer Befliegungen, um die Dynamik in der Landschaft analysieren zu können. Hier bietet die Luftbildsammlung der Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung in Bonn – Bad Godesberg Information. Das Fehlen einer Datei für Luftbilder in Bayern veranlaßte das Bayerische Innenministerium zu einer Bestandsaufnahme.

*) Dr. Ulf Zahn, Geographisches Institut der Universität Regensburg, 84 Regensburg 2, Postfach 397

Die hier vorgestellte, im Auftrag der Wasserwirtschaftsämter durchgeführte Befliegung des Oberpfälzer Flußsystems (Abb. 1) dient der Ergänzung des topographischen Kartenmaterials in zweierlei Weise. Flurkarten und Meßtischblätter können nicht laufend auf dem neuesten Stand gehalten werden, sie weisen für manche peripheren Gebiete oft ein beträchtliches Alter auf.

Zwischenzeitlich kann es zu Veränderungen an den Wasserläufen gekommen sein (Verlegung und Veränderung von Ufern, Inseln u.a.). Sodann wird in topographischen Karten generalisiert, d.h. nach einer vorgegebenen Norm stellt man aus der Vielfalt der Objekte einer Landschaft eine begrenzte Zahl über Symbole dar. Das Luftbild dagegen zeigt alle Objekte einer Landschaft in ihrer wirklichen Form, so auch für die Gewässeraufsicht Uferzustand und Bewuchs.

Aus der Aufgabenstellung folgt die Forderung, daß im Luftbild das Gewässernetz klar in allen Einzelheiten erkennbar sein muß. Dies ist nur möglich, wenn der Ufer-

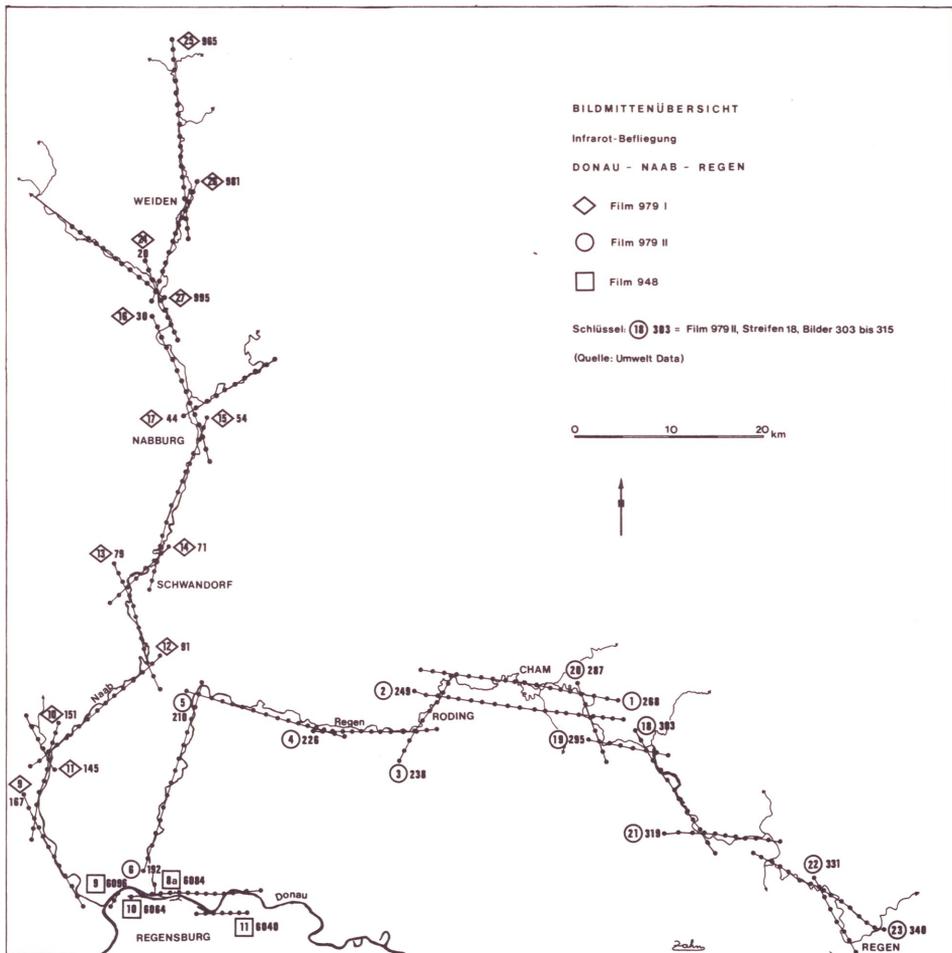


Abb. 1, Übersicht der Befliegung Donau, Naab, Regen

bewuchs unbelaubt ist, also im Winter und Frühjahr, damit die äußerste Wasserlinie durch das Geäst erkannt werden kann. Außerdem muß mit einem Film gearbeitet werden, der den Spektralbereich des panchromatischen Films übersteigt. In diesem können durchsichtige und flache Wasserstellen sowie die blaue Himmelsstrahlung die Gewässer „unsichtbar“ machen. Daher erfolgte die hier dargestellte Befliegung im März/April mit einem Aufnahmematerial, das bis in das nahe Infrarot empfindlich ist (KODAK Infrared AEROGRAPHIC Film).

Das Sehvermögen des menschlichen Auges liegt im Bereich der elektromagnetischen Wellen zwischen $0,38\mu\text{m}$ (Violett) und $0,76\mu\text{m}$ (Rot). Ein üblicher panchromatischer Film erfaßt den Spektralbereich bis $0,70\mu\text{m}$. Spezielle Infrarotemulsionen ermöglichen es, über die Grenze des sichtbaren Lichtes hinaus mit üblichem Gerät bis $0,90\mu\text{m}$ photographische Aufnahmen zu machen. Weiter in den langwelligen Bereich läßt sich das Filmmaterial nicht sensibilisieren, da durch die thermische Strahlung die Lagerungsfähigkeit der Filme stark herabgesetzt bzw. ohne Kühlung unmöglich gemacht wird. Mit größerer Wellenlänge geht auch die Lichtreflexion der abzubildenden Objekte zurück, so daß ab $3\mu\text{m}$ die Wärmestrahlung dominiert, die mit Infrarot-Abtastgeräten (Strahlungsdetektoren $1-14\mu\text{m}$) sichtbar gemacht werden kann.

Die Infrarotemulsion umfaßt auch das gesamte Spektrum des sichtbaren Lichts mit einer besonders hohen Empfindlichkeit im Violett- und Blaubereich bis etwa $0,50\mu\text{m}$. Um diesen auszuschalten, werden Filter verwendet. Gelb- oder Orangefilter begrenzen das abgebildete Spektrum auf $0,50$ bis $0,90\mu\text{m}$, Rotfilter auf $0,70$ bis $0,90\mu\text{m}$.

Ein Aerofilm zeichnet die von den aufzunehmenden Objekten reflektierte Sonnen- und Himmelsstrahlung auf (diffuse Reflexion oder Remission genannt). Die Kenntnis des unterschiedlichen Reflexionsvermögens einzelner Objekte bildet die Grundlage für die Ausdeutung der Luftbilder (Luftbildinterpretation). Das Wissen um das Reflexionsverhalten im nahen Infrarot ist von besonderer Bedeutung, da unserem Auge unbekannte Strahlungen sichtbar gemacht, ein vertrautes Bild verfremden.

WASSER

Klare Gewässer zeigen eine hohe Strahlungsreflexion im kurzwelligen Bereich ($0,4\mu\text{m}$ = 15 %). Allerdings ist dieses Verhalten nicht einheitlich, sondern ändert sich von stehendem Wasser (Remissionsmaximum $0,46$ bis $0,54\mu\text{m}$) zu fließendem Wasser ($0,58$ bis $0,61\mu\text{m}$) als Folge der Trübung. Bei zunehmender Gewässerverunreinigung verschiebt sich das Remissionsvermögen weiter in den langwelligen Bereich. Zum Infrarot hin nimmt die Absorption (Schwächung) der Strahlung zu, so daß an der Grenze des sichtbaren Lichtes nur noch weniger als 1 % des einfallenden Lichtes reflektiert wird. Durch die hohe Remission der Blau-Grün-Strahlung ist in klaren, nicht zu tiefen Gewässern der Grund sichtbar. Das Ausfiltern dieser Strahlung und die Infrarotempfindlichkeit eines Films im Bereich der höchsten Absorption läßt die Gewässer schwarz erscheinen. Lediglich starke Verschmutzung (Trübung) kann dunkelgraue Tönungen hervorrufen.



Bild 1 (Film 948, Streifen 9, Bild 6096) M 1:5000

Regensburg Stadtwesten

Im Infrarotluftbild wird die heute landwirtschaftlich genutzte „große“ Rennbahn wieder sichtbar. Eingeebnete Bombentrichter der Luftangriffe 1944/45 auf das Flugzeugwerk Messerschmitt und die nahen Bahnanlagen zeichnen sich durch ihre höhere Bodenfeuchtigkeit klar ab.

BÖDEN

Während bei trockenen Böden die Grautönung auf Pan- und Infrarotfilmen durch die steigende Remission des Sonnenlichts vom violetten zum roten Spektralbereich gleich ist, gewinnt der Infrarotfilm bei der Bestimmung von Bodenfeuchtigkeit an Bedeutung. Je feuchter Böden sind, desto stärker sinkt die spektrale Remission, umso dunkler werden die Böden abgebildet. Es tritt also derselbe Effekt ein, wie er bei den Gewässern beschrieben wurde. Vernäßte Geländestellen sind deutlich von trockenen zu unterscheiden und nach Schneeschmelze und Regen läßt sich z.B. die Notwendigkeit einer Drainage landwirtschaftlich genutzter Böden bestimmen. In besonderen Fällen ist sogar eine Aussage über oberflächennahes Grundwasser möglich. Unterschiedliche Bodenfeuchte verrät auch Spuren menschlichen Wirkens von der nahen bis in die ferne Vergangenheit, die bei Begehungen des Geländes nicht mehr sichtbar sind. (Bilder 1, 2, 3)

VEGETATION

Das Sonnenlicht wird nicht von der Oberfläche grüner Pflanzenteile reflektiert, sondern es durchdringt die Epidermis und wird im Pflanzengewebe an den Grenzflächen von Zellen und Kanälen gestreut. Zellwasser, Blattfarbstoffe und Chlorophyll bestimmen Absorption bzw. Remission. So haben die einzelnen Pflanzenarten dann auch ihre charakteristischen spektralen Remissionswerte, die sich im Verlauf der Vegetationszeit ändern. Die Wellenlängen zwischen $0,4$ und $0,5\mu\text{m}$ (Violett, Blau) und etwa $0,6$ bis $0,675\mu\text{m}$ (Orange, Rot) werden im Blattgewebe stark absorbiert. Dagegen verdreifacht sich um $0,55\mu\text{m}$ (Grün) die Remission auf 15 % durch das Chlorophyll – weshalb das Blatt grün erscheint –. Wird das Chlorophyll im welkenden Blatt abgebaut, wirken nur noch Blau absorbierendes Karotin und Xanthophyll und damit dominieren Orange und Rot (Herbstfärbung).

Für den Infrarotfilm von Bedeutung ist die steigende Remission an grünen Pflanzenteilen oberhalb $0,675\mu\text{m}$. Zwischen $0,775$ und $1,2\mu\text{m}$ erreicht die Rückstrahlung 20 bis 70 % des einfallenden Lichtes, so daß lebendes Blattwerk in hellem Grauton abgebildet wird (Dadurch erscheint ein Infrarotbild so fremd). Absterbende Pflanzenteile remittieren geringer, sie heben sich dunkel von lebenden Pflanzenteilen ab. Die Forstwirtschaft benutzt daher Infrarotbilder, um Waldschäden erkennen zu können.

Für die Landnutzungskartierung aus Luftbildern ist die hohe Remission im Infrarotbereich nachteilig, denn reife (gelbe) Getreide lassen sich nicht von unreifen (grünen) trennen, wodurch ein Unterscheidungsmerkmal zwischen den Getreidearten entfällt.

Die Verwendbarkeit des hier vorgestellten Luftbildmaterials über die Gewässeraufsicht hinaus ist begrenzt. Die lineare Befliegung im Maßstab 1:15 000 bzw. 1:12 000 bildet Streifen von 3,45 (2,76) km Breite ab. (Jedes Bild umfaßt 11,9 bzw. 7,6 km² Fläche.) Somit beschränken sich die Auswertungsmöglichkeiten auf die Flußauwe bzw. Talhänge.



Bild 2

Erläuterungen zu Bild und Abb. 2 (Film 979 I, Streifen 12, Bild 105)

Wandlungen in der Kulturlandschaft am Beispiel der östlichen Gemarkung Dallackenried (Gemeinde Dinau). Flurkarte N.O. 49–11.

Die Gemarkung der in einer Rodeinsel gelegenen Ortschaft wurde mit Anordnung von 1961 flurbereinigt. Neben der Neuparzellierung erstellte man bis zur Besitz-einweisung 1965 ein völlig neues Wege- und Straßensystem. An Hand des Luftbil-des wurde in Abb. 2 das ehemalige Flurbild und Wegesystem rekonstruiert. Die Flurbereinigungsmaßnahme ist damit verfolgbar. Drei Bodenqualitäten lassen sich ausgliedern: in dunklem Grau erscheinen humose feuchtere Böden guter Bonität, in mittlerem Grauton werden helle lehmige Sande der tertiären Albüberdeckung abgebildet, während die ganz hellen Bereiche sehr magere Ackerböden markieren, in denen bereits Kalksteine des C-Horizontes aufgeackert werden, zumeist in Höhenlagen.



Abb. 2

Außerdem zeigt 1 ein frühgeschichtliches Grab (bei einer Begehung konnte spontan eine Silitklinge gefunden werden). 2 markiert eine an einem Nordhang gelegene, noch nicht näher bestimmbare Siedlungswüstung (?) im Ausmaß 12 x 15 m. Im Gelände sind nicht mehr die geringsten Spuren sichtbar.

Stereoskopische Auswertung, Geländebegehung, zur Kontrolle auch Unterlagen der Flurbereinigungsdirektion Regensburg.

- Flurgrenzen (bzw. mit stärkerem Strich Wege)
- - - - Flurgrenzen nicht mehr sichtbar (bzw. mit stärkerem Strich Wege)
- Feldgrenze (einheitliche Anbaufläche), keine Flurgrenze!



Bild 2



Abb. 2

Erläuterung zu Bild und Abb. 3 (Film 979 I. Streifen 15, Bild 61)

Hydrographische Skizze des Naabtales zwischen Wölsendorf (N) und Schwarzenfeld (S) – Weidinger Mulde.

Die Naab hat, von Norden kommend, die Granite des Naabgebirges epigenetisch durchbrochen und tritt aus dem nur etwa 200 m breiten Tal in eine muldenförmige Talweitung ein. Nachdem sie die Schwarzach (E) und den Hüttenbach (W) aufgenommen hat, durchschneidet die Naab einen Gneisriegel, bevor sie an der nördlichen Randverwerfung der Bodenwöhrer Bucht das Kristallin des Vorderen Oberpfälzer Waldes verläßt.

Die stauende Wirkung der südlichen Talenge (300 m breit) und das geringe Gefälle begünstigen Überschwemmungen und zwingen die Naab und ihre Nebenflüsse in der 2,5 km breiten Talweitung zum Mäandrieren. Altwässer, Gerinne, oberflächennahe Grundwasserläufe und dadurch begründete Vegetation sowie auch Feldraine und Wege zeichnen im Infrarotluftbild die Laufverlegungen und ehemaligen Mäanderschlingen nach. Dieses „amphibische“ Land ist bis in jüngste Zeit unbesiedelt geblieben, die Kanalisierung des Hüttenbaches stellt eine Maßnahme zur Melioration des Talbodens dar.

Skizze nach stereoskopischer Auswertung.

—— Gewässer, Bodenfeuchte, - - - - - Földraine, Wege

Die zweite Einschränkung für eine breitere Interpretation bildet der Befliegungstermin vor der Begrünung. Nadel- und Laubbäume können klar voneinander unterschieden werden, die Aststruktur im Schattenwurf der relativ niedrig stehenden Sonne ermöglicht teilweise sogar die Baumartenbestimmung. Auch ökologische Zellen im Flußauenbereich lassen sich ausgliedern. Auf der landwirtschaftlichen Nutzflächen sind jedoch lediglich Ackerland – mit teilweise aufkeimender Wintersaat – und Grünland voneinander trennbar, eine spezifizierende Agrarkartierung entfällt. Die speziellen Möglichkeiten der Blattgrüninterpretation im Infrarotfilm scheiden aus.

Dagegen lagen gute Bedingungen für die Bodenfeuchteausdeutung vor, begünstigt durch Jahreszeit und Befliegungswetter. Die Befliegung am 9.3.1969 (Film 948) erfolgte bei 1/10 Bewölkung und einer Sichtweite von über 20–50 km. Während die Lufttemperatur maximal zur Befliegungszeit (12.55 bis 13.25 Uhr) auf 11°C stieg, herrschte bei wolkenlosem Himmel nachts Frost (Minimum –6,7°C). Am Boden lagen die Temperaturen ständig unter dem Gefrierpunkt. Durch eine längere Frostperiode waren stehende Gewässer zugefroren (Kiesgruben, Weiher), sie erscheinen im Luftbild daher hellgrau! Trotz hoher Einstrahlung hatten sich Reste der letzten Schneefälle vom 25. und 26.2. (1–3 cm in Flecken) in nordseitigen Lagen, an Berghängen, Böschungen und in Ackerfurchen erhalten.

Am 9.4.1969 wurden bei Wolkenfreiheit (11,7 Sonnenstunden) und einer Sichtweite von über 20 bis 50 km die Filme 979 I und II aufgenommen. An beiden Terminen waren die Schwächung der Strahlung beim Durchgang durch die Luft (atmosphärische Extinktion) und die diffuse Streuung des Lichtes relativ gering, somit kontrastreiche Aufnahmen möglich.

Das Tagestemperaturmaximum erreichte 18,2°C, das Minimum 2,4°C. Der letzte Regen fiel am 1.4. (1,1 mm), umfangreichere Niederschläge gingen vor dem 17.3. nieder. Sowohl März wie Anfang April waren extrem trocken. Am 9.4. betrug die relative Luftfeuchtigkeit mittags nur 32 %. Die trockene obere Bodenschicht kontrastiert daher in den Infrarotbildern besonders gut zur Bodenfeuchtigkeit durch Staunässe und Grundwassernähe. (Klimadaten vom Deutschen Wetteramt, Station Regensburg Königswiesen).

WEITERE TECHNISCHE DATEN

Film 948, Befliegung am 9.3.1969, Reihenmeßkammer Wild-Heerbrugg RC8, 15/23, Objektiv Aviogon 250, Brennweite (Kammerkonstante) $f(c)$ 152,27, 1:5,6, Bildwinkel 90°, Bildformat 23 x 23 cm.

Filme 979 I und II, Befliegung am 9.4.1969, Reihenmeßkammer Carl Zeiss-Oberkochen A2 15/23, Objektiv Pleogon, $f(c)$ 153,20, 1:5,6, Bildwinkel 93°, Bildformat 23 x 23 cm.
Längsüberdeckung 60 %, stereoskopische Auswertung möglich.

Aufnahmen durch Aero Exploration, Frankfurt/M; Negative Umwelt Data GmbH, Ludwigstr. 33, 6050 Offenbach. Freigegeben durch Reg. Präs. Darmstadt unter Nr. 145/69, 544/69 und 1107/69.

Die theoretische Darstellung ist folgender Literatur entnommen:

BAATZ, F. (1963) Das Bildflugwetter im Frühjahr 1962, besonders in Nord- und Westdeutschland. In: Bildmessung und Luftbildwesen, 31. Jg., S. 27–35

KODAK (o.J.) Infrared – Sensitive Film (Black—and—White and False-Color-Films)

MARTIN, A.–M. (1970) Bodenkunde und Klimatologie als Faktor zur Erfassung archäologischer Merkmale auf Luftbildern. In: Bildmessung und Luftbildwesen. 38. Jg., S. 307–310

MEIENBERG, P. (1966) Die Landnutzungskartierung nach Pan-, Infrarot- und Farbluftbildern. Münchner Studien zur Sozial- und Wirtschaftsgeographie. Bd. 1, Kallmünz/Regensburg

MEIER, H.-K. (1962) Über die Benutzung von Infrarotemulsionen in der Photogrammetrie. In: Bildmessung und Luftbildwesen, 30. Jg. S. 27–37

QUIEL, F. (1973) Zur Anwendung von Temperaturmessungen im thermalen Infrarot in der Hydrologie, Dissertation Universität München

SCHNEIDER, S. (1974) Luftbild und Luftbildinterpretation. Lehrbuch der Allg. Geographie Bd. 11, Hrsg. F. OBST und J. SCHMITHÜSEN. Berlin–New York

SCHWIDEFSKY, D. (1963⁶) Grundriß der Photogrammetrie, Stuttgart

