

Remote Sensing, Luftbildinterpretation, Umweltplanung : Möglichkeiten und Probleme

Autor(en): **Bernath, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mensuration, photogrammétrie, génie rural**

Band (Jahr): **72-F (1974)**

Heft 4

PDF erstellt am: **24.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-226709>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Damit wurde auch die Landschaftspflege über das Haustier, insbesondere über das Rind, verunmöglicht. Wiesen und Weiden wie auch Acker- und Rebland liegen heute weitgehend brach. Heute macht die Brachefläche mehr als 87% der ehemals landwirtschaftlichen Nutzfläche aus.

Die demographischen Verhältnisse, insbesondere die Bevölkerungsbewegung der Gemeinde während der vergangenen 100 Jahre, werden zur anfänglich positiven Entwicklung und zum späteren Zusammenbruch der Landwirtschaft in Beziehung gesetzt und das damit im Zusammenhang stehende Brachlandproblem beleuchtet. Haustierbestand, Bodennutzung und Parzellierung der Kulturlandfläche werden in die Diskussion miteinbezogen sowie tabellarisch und kartographisch erläutert. Ebenso wird das mit der Zunahme der Brachflächen parallel laufende Problem des Gebäudeunterhaltes erörtert.

In einem letzten Abschnitt werden die Möglichkeiten der Rückführung von Brachland in Kulturland erwogen und wird auf die Probleme der Landschaftspflege – insbeson-

dere in ausgesprochenen Touristen- und Erholungsgebieten – hingewiesen. Die Untersuchungen zeigen, daß es eine der wesentlichsten Aufgaben der Gesetzgebung, insbesondere der Raumplanungsgesetzgebung sein muß, auch die Brachflächen als wachsendes Element in die zukünftige Planung miteinzubeziehen.

Diese im Jahre 1970 während einiger Sommerwochen begonnenen Untersuchungen wurden in den folgenden Jahren weitergeführt und im Sommer 1973 abgeschlossen. Nach der Niederschrift der vorliegenden Ergebnisse erschien vor kurzem der Bericht der Eidgenössischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen über das Brachlandproblem in der Schweiz. Der Bericht zeigt sehr eindrücklich, daß man bisher sich der Größe und Ausdehnung der Brachlandflächen und deren Verwendungsnotwendigkeit nicht bewußt war. Im Sinne der vorstehenden Ausführungen wird auch in jenem Bericht gefordert, das Brachland aus rein landschaftshygienischen Gründen zu pflegen und der Kontrolle zu unterwerfen.

Remote Sensing, Luftbildinterpretation, Umweltplanung – Möglichkeiten und Probleme

H. Bernath

Einleitung

Das in den letzten zehn Jahren sprunghaft wachsende Bedürfnis nach Information über unsere physikalische und biologische Welt in einem makroskopischen Maßstab hat neues Interesse erweckt für schnelle und billige Methoden der Datenbeschaffung. Es sind diese Kriterien, die die Fernerkundung mindestens zu einem Teil erfüllt. «Fernerkundung», als Übersetzung von «Remote Sensing», ist hier verstanden als ein Sammelbegriff für eine Reihe von alten und neuen Techniken und Instrumenten, die sich aus dem einfachen Anschauen von Luftbildern entwickelt haben.

Der erste Teil dieses Aufsatzes ist einer kurzen Beschreibung neuerer Instrumente gewidmet, deren Entwicklung soweit ausgereift ist, daß sie als operationell angesehen werden können.

Aus dem Bedürfnis nach zeitgerechten, großflächigen Datenerhebungen folgt der Ruf nach Automation. Unter dem Titel Remote Sensing sind denn auch eine Vielfalt automatischer Interpretationsmethoden entwickelt worden. Im zweiten Teil werden diese Methoden diskutiert.

Im dritten und letzten Teil soll versucht werden, eine Standortsbestimmung vorzunehmen. Welches sind die Probleme, die sich der Bildinterpretation und im speziellen der Automation entgegenstellen? – und andererseits, was kann der Datenverbraucher, sei er Förster, Agronom, Planer oder Ökologe, erwarten?

Instrumente

Dem Photointerpreten stehen heute eine ganze Reihe neuer Hilfsmittel zur Verfügung, um Objekte oder gesuchte Bodeneigenschaften auf dem Bild zu identifizieren.

Eine der bekanntesten Techniken ist die multispektrale Photographie. Eine multispektrale Kamera ist im wesentlichen ein Zusammenbau von drei oder vier Meßkammern (Abb. 1). Jedes Objektiv ist mit einem Filter versehen, der ein gewünschtes Band des Lichtspektrums ausfiltert (Abb. 2). Normalerweise werden für multispektrale Photographie Infrarot-Schwarzweißfilme verwendet, deren Lichtempfindlichkeit sich über den Wellenlängenbereich zwischen $0,35 \mu\text{m}$ und $0,95 \mu\text{m}$ erstreckt. Das vollständige Bild einer multispektralen Kamera besteht somit aus vier Einzelbildern, die dem Filterbereich der einzelnen Objektive entsprechen (Abb. 3). Vom Photonegativ wird dann in einem nächsten Schritt ein Positivfilm belichtet, welcher in einem Farbmischgerät ausgewertet werden kann (Abb. 4). Das Farbmischgerät ist wiederum eine Kombination von vier Einzelsystemen, in diesem Fall vier Projektoren, die es erlauben, die vier Bänder übereinander abzubilden (Abb. 5). Durch entsprechende Auswahl der Spektralbänder und Einfärbung des Projektionslichtes können Normalfarb- oder Infrarot-Falschfarbbilder simuliert werden. Es sind aber auch andere Farbkombinationen möglich, die unter Umständen gewisse Eigenschaften der Erdoberfläche besser hervorheben. Es ist dieser Leitgedanke, der zur Konzeption der multispektralen Photographie geführt hat, nämlich die Hervorhebung bestimmter Objekteigenschaften durch geschicktes Ausbalancieren von Lichtintensität und Farbmischung [1]. So ist es zum Beispiel möglich, in einem überbauten Gebiet Straßenflächen deutlich von Grünflächen zu separieren durch folgende Einfärbung der vier Bänder: Blauband-Blau, Grünband-Blau, Rotband-Blau, Infrarotband-Grün.

Farbmischgeräte haben heute weite Verbreitung gefunden, vor allem in wissenschaftlichen Kreisen, die sich mit der Auswertung von ERTS-Satellitenbildern befassen [2]. Hin-

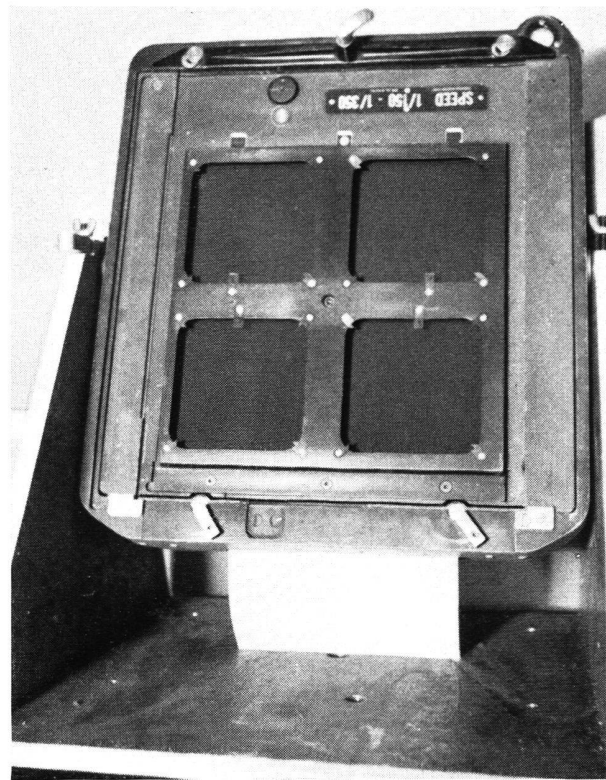
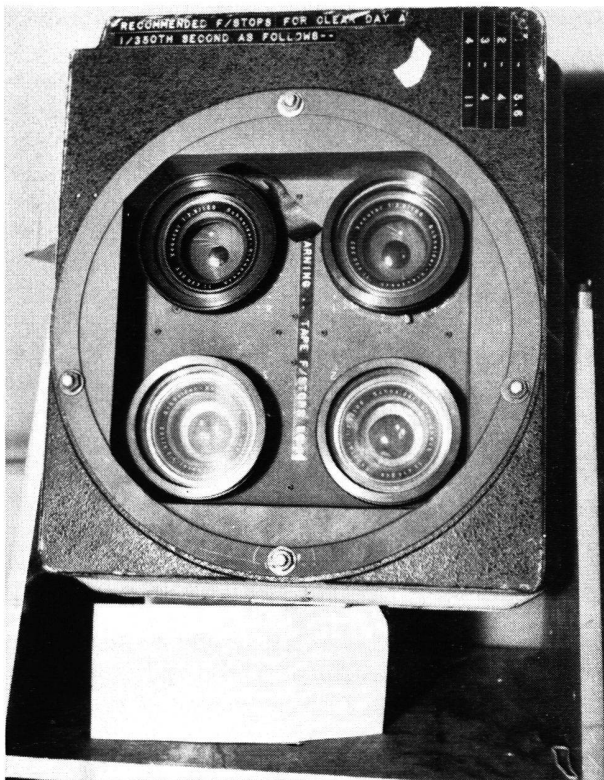


Abb. 1 Multispektral-Kamera. Ansicht von vorn und hinten

gegen scheint sich das multispektrale Konzept im kommerziellen Sektor noch kaum durchgesetzt zu haben. Das größte Problem, das diesem Schritt im Wege steht, ist die Schwierigkeit, Information, wie sie auf dem Bildschirm sichtbar gemacht wird, zu extrahieren und zu verarbeiten. Mit anderen Worten, der Schritt von der Interpretation des multispektralen Bildes zur Kartierung der herausgelesenen Information ist noch kaum in befriedigender Weise gelöst. Methoden, wie das Photographieren des Bildschirms sind verschiedentlich erprobt worden. Sie führen aber selten zu gewünschten Resultaten, da Bildverzerrungen übertragen und oft noch verstärkt werden.

Ein Instrument, das in den letzten zehn Jahren große Publizität erhalten hat, ist der sogenannte «Multispectral Scanner», ein elektrooptisch-mechanisches Gerät (Abb. 6). Die elektromagnetische Energie wird nicht mehr direkt auf einen photographischen Film projiziert, sondern vielmehr von einem rotierenden Spiegel eingefangen und auf ein elektrooptisches Element fokussiert. Das Meßsignal wird entweder auf Magnetband aufgenommen oder zur Steuerung einer Lichtquelle benützt, deren Strahlenbündel einen panchromatischen Film belichtet. Meßelemente werden nicht nur für das sichtbare Spektrum gebaut, sondern auch für Wellenlängen im Wärme-Infrarot-Bereich. Der multispektrale Scanner ist deshalb in der Lage, «Wärmebilder» zu produzieren. Obwohl nur Oberflächentemperaturen gemessen werden können, ist ein solches Instrument ein praktisches Gerät zur Erforschung von Mischungsverhältnissen in fließenden und stehenden Gewässern [3]. Ein weiteres, noch wenig erforschtes Anwendungsgebiet ist das Studium von großräumigen Luftzirkulationsproblemen. Multispektrale Scanner haben einen hohen Stand an technischer Vervollkommnung erreicht. Dies ist vor allem beachtlichen Anstrengungen im Rahmen verschiedener ziviler

und militärischer Weltraumprogramme zu verdanken. Beim operationellen Einsatz stellen sich hingegen nicht zu unterschätzende Probleme, die vor allem durch die Komplexität des Instrumentes bedingt sind.

Ein nur in wenigen Instrumententypen gelöstes Problem ist die Kartierung des Meßresultates. Nur in den wenigsten Fällen ist es heute möglich, absolute Meßgrößen zu erhalten. Sollten Scanners in Zukunft nicht nur für großräumige Phenomene, sondern auch für die Kartierung kleinerer Objekte verwendet werden, müßten vor allem die metrischen Qualitäten und Eigenschaften noch besser bekannt sein. Dies wäre vor allem im kleinräumigen, hügeligen Gelände der Schweiz von besonderem Interesse.

Neben der Auswahl der Spektralbänder ist für die planerische Datenbeschaffung die richtige Wahl des Bildmaßstabes ein wichtiges Kriterium. In den USA hat vor allem die von der NASA erhältliche 1:60000-Infrarotphotographie großen Anklang gefunden. Es scheint, daß für amerikanische Verhältnisse dieses Bildmaterial eine brauchbare Informationsquelle für regionalplanerische Probleme darstellt. Für geologische oder spezifisch tektonische Studien werden Satellitenbilder mit Maßstäben zwischen 1:1000000 und 1:250000 bevorzugt. Am andern Ende der Maßstabskala stehen ökologische Anwendungen: Man will etwa wissen, wo welche Wasserpflanzen innerhalb eines gewissen Gebietes wachsen. Bildmaßstäbe in der Größenordnung 1:5000 kommen hier in Frage.

Analytische Datenverarbeitungsmethoden (Automatisierung)

Ziel und Endprodukt von Photo- oder, weiter gefaßt, Bildinterpretation im Rahmen eines umweltbezogenen Problems ist in den meisten Fällen eine thematische Karte, sei es eine Landnutzungskarte, ein Gewässerverschmutzungs-

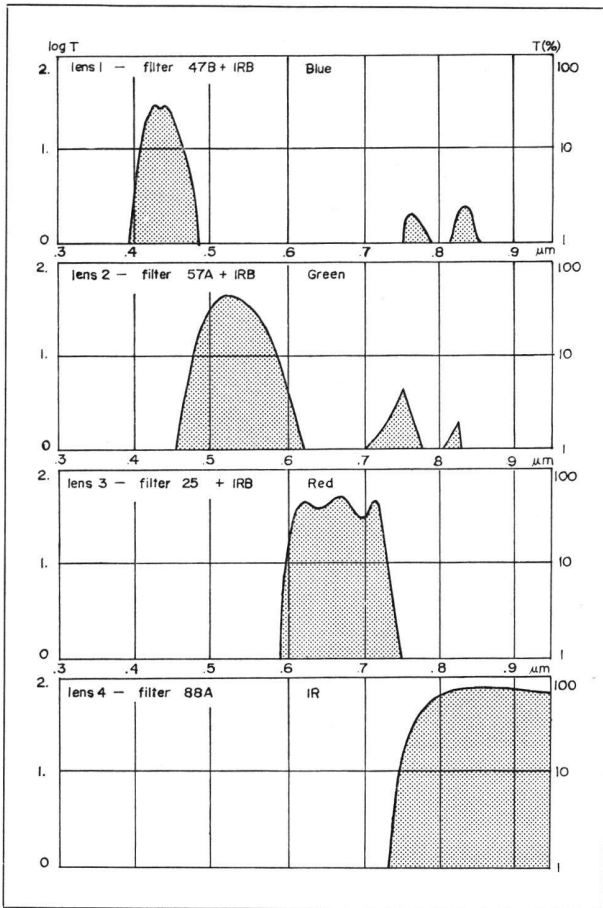


Abb. 2 Transmission der vier spektralen Bänder als Funktion der Wellenlänge

plan, eine landwirtschaftliche Anbaukarte oder eine Bodenkarte. In den letzten Jahren wurden verschiedene, konzentrierte Versuche unternommen, diesen Datenextraktions- und Interpretationsprozeß teilweise oder sogar ganz zu automatisieren. Eine Maschine soll die Funktion des menschlichen Interpreten übernehmen. Das menschliche Gehirn ist allerdings ein kompliziertes System, das die einzelnen Informationskomponenten, wie sie im Bild eingebettet sind, zusammenträgt, integriert, analysiert und Entscheidungen fällt. Für die Erkennbarkeit eines Gegenstandes sind zum Beispiel maßgebend [4]:

- Gestalt
- Schattenwirkung und Oberflächenbeschaffenheit
- Anordnung
- Filmschwärzung oder Farbe
- Kontrast
- Größe, flächenhafte oder linienhafte Ausdehnung

Diese Liste ist eine Sammlung äußerst komplexer objektbeschreibender Charakteristiken. Es ist leicht einzusehen, daß sich der Quantifizierung derartiger Maßeinheiten große Schwierigkeiten entgegenstellen.

Quantifizierung oder Digitalisierung von Meßgrößen ist hier als ein Schlüssel zur Automation verstanden. Der digitale Weg ist zwar nicht der einzige, sicher aber derjenige mit der größten Flexibilität und vielleicht der Weg der Zukunft. Weitauß die meisten automatischen Interpretationssysteme basieren ausschließlich auf Punktmessungen, seien es Messungen der Filmschwärzung oder Direktmessungen der vom

Sensor eingefangenen Strahlungsenergie [5]. Die Auflösung des Bildes in diskrete Punkte und damit die weitgehende Zerstörung der räumlichen Zusammenhänge bedingt natürlicherweise einen mehr oder weniger großen Verlust an Information. Dies läßt vermuten, daß automatische Systeme in keiner Weise die Anpassungsfähigkeit des menschlichen Interpreten erreichen werden. Die wirklichen Vorteile der Automation sind denn auch in erster Linie in der Verkürzung der benötigten Interpretationszeit zu erwarten [6].

Um etwas besseren Einblick in die konkreten Probleme der automatischen Interpretation zu erhalten, wenden wir uns einem spezifischen Beispiel, der multispektralen Photographie, zu.

Das bekannte Gesetz der Photographie hält fest, daß die Filmschwärzung proportional zum Logarithmus der Belichtung beziehungsweise der durch das Kameraobjektiv eingefangenen elektromagnetischen Strahlungsenergie anwächst [7]:

$$D = D_0 + \gamma \log [(Er T_a + L_p) K] \quad (1)$$

D ist die gemessene Filmschwärzung, γ ist die Steigung des geradlinigen Teiles der D - $\log E$ -Kurve. Die photographischen Parameter sind in K zusammengefaßt. K ist abhängig von Objekteigenschaften, vor allem Objektivöffnung, Belichtungszeit und Filmintensität. Die von der Kamera eingefangene Strahlungsenergie setzt sich zusammen aus dem vom Boden reflektierten, direkten Licht $Er T_a$ und dem atmosphärischen Streulicht L_p . E ist die direkte Objektbeleuchtung, r ist der Bodenreflexionskoeffizient und T_a die atmosphärische Transmission.

Die bestehende Winkelabhängigkeit aller Parameter, außer γ , kommt jedoch in Gleichung (1) nicht zum Ausdruck. Die atmosphärischen Verhältnisse verändern sich zudem mit Zeit und Ort, was zur Folge hat, daß nur ein relativ kompliziertes mathematisches Modell den photographischen Prozeß mit einiger Genauigkeit beschreiben kann [8].

Automatische Interpretationsmethoden bauen fast ausschließlich auf der durch Gleichung (1) gegebenen Beziehung zwischen Grautönung D und Oberflächenreflexion r auf. Korrekterweise müßte in einem ersten Schritt versucht werden, aus der gemessenen Filmschwärzung die sensorinvariante Objektreflexion zu berechnen:

$$r = \frac{1}{T_a E} \left[\frac{\exp(D/\gamma)}{K \exp(D_0/\gamma)} - L_p \right] \quad (2)$$

Diese Transformation des radiometrischen Meßresultates entspricht der dem Photogrammter bekannten perspektiven Projektion der geometrischen Bildmessung:

$$X = \frac{m_{11} x + m_{12} y + m_{13} f}{m_{31} x + m_{32} y + m_{33} f} \quad (3)$$

Aber ist eine Transformation der radiometrischen Messungen wirklich notwendig? Ist es notwendig, sensorinvariante Meßgrößen zu berechnen?

Die Frage ist offensichtlich keine rein rhetorische, da der Großteil der Forscher mit Techniken wie «Density-Slicing» vollständig befriedigend sind. Die erzielten Resultate seien hier auch in keiner Weise in Frage gestellt. Hingegen könnte eine Analogie zur Photogrammetrie einen Hinweis geben: Beschränkte Aussagen über Abmessungen eines Objektes

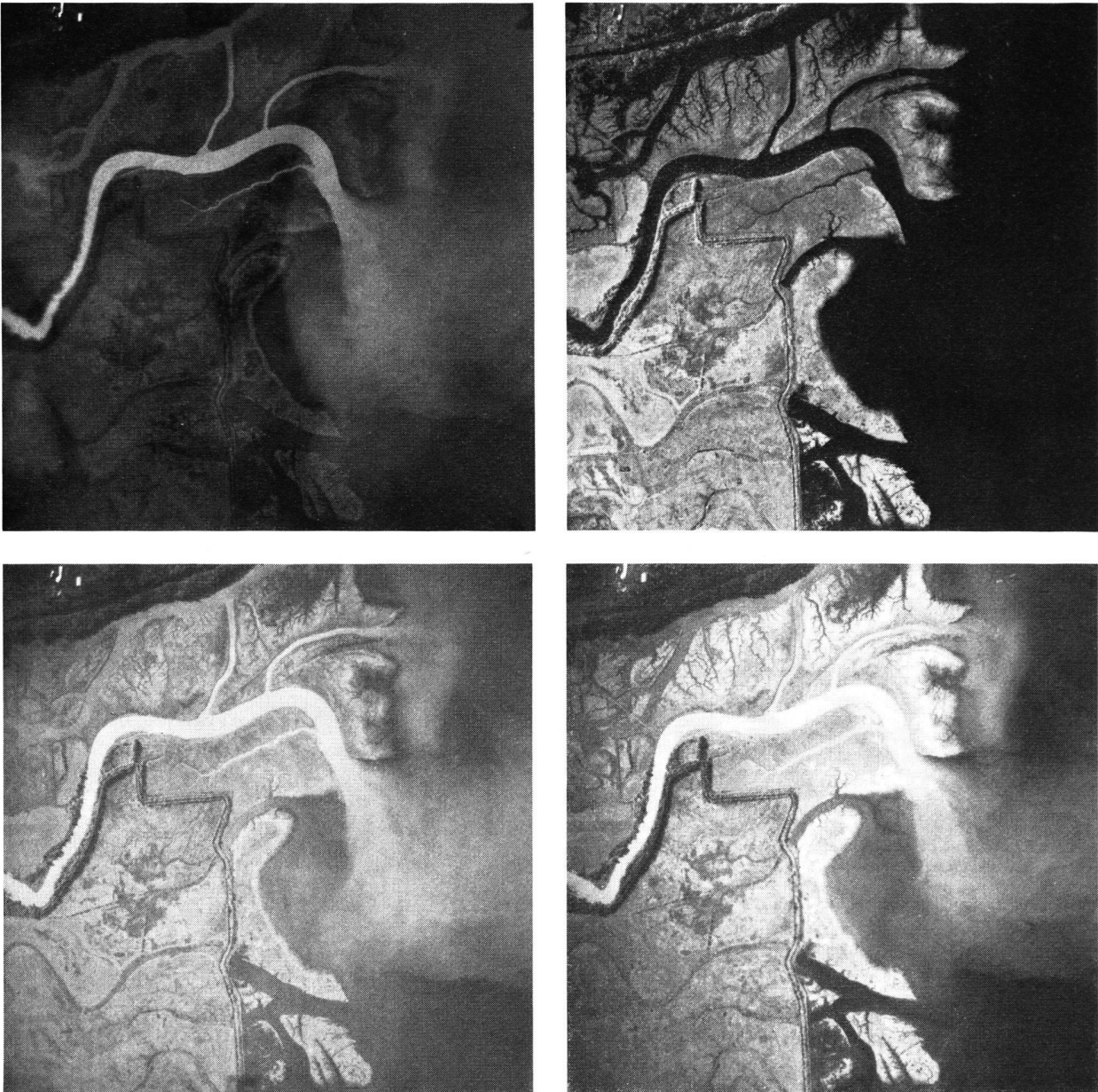


Abb. 3 Vier Teilbilder, aufgenommen mit einer multispektralen Kamera. Die Photos zeigen die Mündung eines Flusses mit stark versiltem Wasser. (Oben links: blaues Band, oben rechts: infrarotes Band, unten links: grünes Band, unten rechts: rotes Band)

sind ohne weiteres möglich aufgrund von gemessenen Photokoordinaten. Doch stellt sich sofort die Frage der Genauigkeit beziehungsweise der Vertrauenswürdigkeit der Resultate, wenn daraus Schlüsse über absolute Objekt- abmessungen gezogen werden.

Wie schon angedeutet, verlangt automatische Interpretation die Quantifizierung des Bildes. Das Bild wird dabei in einen Raster, in eine Zahlenmatrix aufgelöst. Jeder Bildpunkt ist schließlich beschrieben durch einen Vektor p :

$$p = \begin{bmatrix} x \\ y \\ D \end{bmatrix} \quad (4)$$

Werden mehr als ein «Kanal» oder ein spektrales Band gemessen, entsteht eine entsprechende Anzahl Vektoren, die schließlich in ein gemeinsames Koordinatensystem transformiert werden müssen. Ist das gemeinsame Referenzsystem ein Bodenkoordinatensystem, kann das totale ra-

diometrische und geometrische Transformationsproblem durch folgende Beziehung beschrieben werden:

$$\{x_i, y_i, D_i \mid i = 1 \dots N\} \rightarrow \{X, Y, Z, r_i \mid i = 1 \dots N\} \quad (5)$$

N ist die Anzahl der spektralen Bänder, und X, Y, Z sind Bodenkoordinaten. Das Resultat ist ein $(N+3)$ -dimensionaler Raum, worin die Klassifizierung der Objekte durchgeführt wird.

Um das Interpretations- und Kartierungsproblem grafisch darzustellen, beschränkt sich die weitere Diskussion auf den Fall von Zweibandphotografie. Um noch spezifischer zu sein, sei das Beispiel der Kartierung des Baumbestandes in einem relativ dünn besiedelten städtischen Vorort ausgewählt.

Die gewählten spektralen Bänder messen das vom Boden reflektierte Licht in zwei Bereichen. Abbildung 7 zeigt die zwei «Fenster», durch die die Kamera das Objekt sieht. Quantifizierung der zwei Bilder heisst also nichts anderes als Berechnung der zwei charakteristischen Reflexionskonstan-

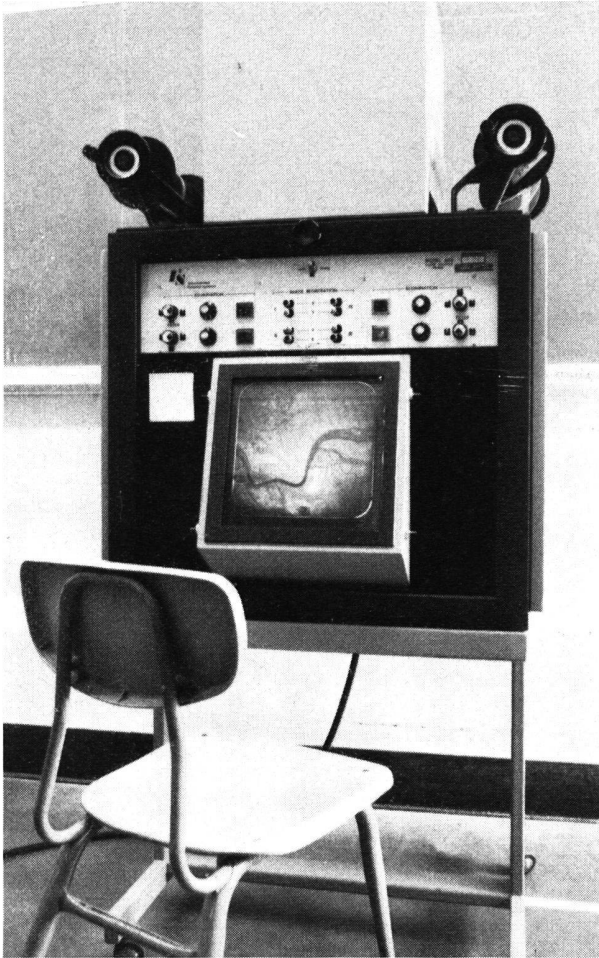


Abb. 4 Farbmischgerät Modell 600

ten. Werden diese zwei Größen in einem orthogonalen Koordinatensystem aufgetragen, so ergibt sich Abbildung 8. Im Idealfall müßte jedes Objekt (d.h. Wald, Straßen, Häuser, Rasen) durch einen eindeutigen Punkt in Abbildung 8 dargestellt werden können. Da aber photoradiometrische Messungen mit Störungen (Noise) behaftet sind, kann im besten Fall erwartet werden, daß eine Objektklasse eine dichte Punktschar in unmittelbarer Umgebung von Punkt A bildet. Durch geschickte Auswahl der spektralen Bänder wird versucht andere Objektklassen möglichst eindeutig von der Punktschar um A zu separieren. Ein Beispiel ist die Objektklasse B, in welcher alle nicht baumbestandenen Flächen eingeschlossen werden sollen. Das mathematische Entscheidungsproblem besteht nun in der Auswahl einer oder mehrerer Trennlinien, die die Ebene in zwei Bereiche unterteilen.

Resultate eines solchen Algorithmus sind in Abbildung 9 dargestellt. Um eine Vergleichsmöglichkeit mit anderen Methoden zu vermitteln, sind das Grünband-Luftbild und eine auf konventionelle Art auf einem Stereoauswertungsgerät (AP-C) gefertigte Karte angefügt. Die Computerkarte wurde automatisch auf einem Drum Plotter gezeichnet. Originalmaßstäbe waren: Luftbild 1:30000, analoge Karte 1:12000, Computerkarte 1:12000.

Es wird dem Leser überlassen, zu beurteilen, welche Karte eine «genauere» Wiedergabe der Wirklichkeit darstellt. Besser noch müßte in problembezogener Weise gefragt werden: Durch welches Produkt kann eine Aufgabe im Rahmen des Planungsprozesses besser erfüllt werden?

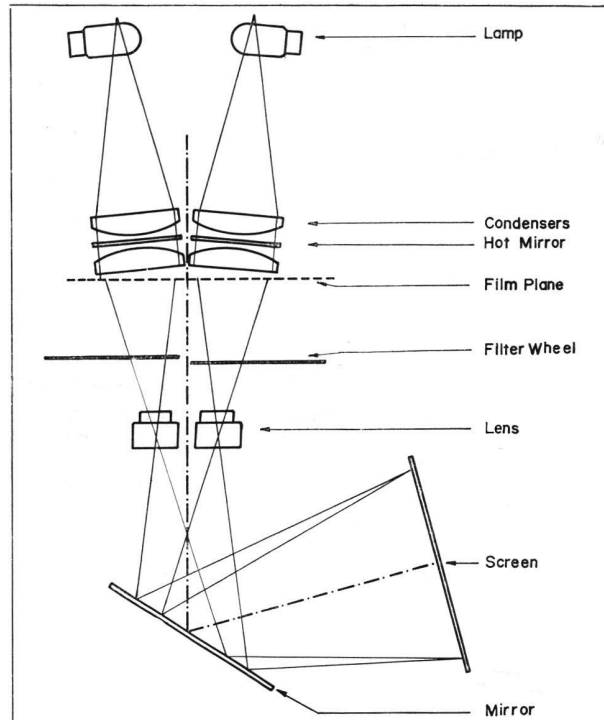


Abb. 5 Schematischer Schnitt durch das I²S-Farbmischgerät

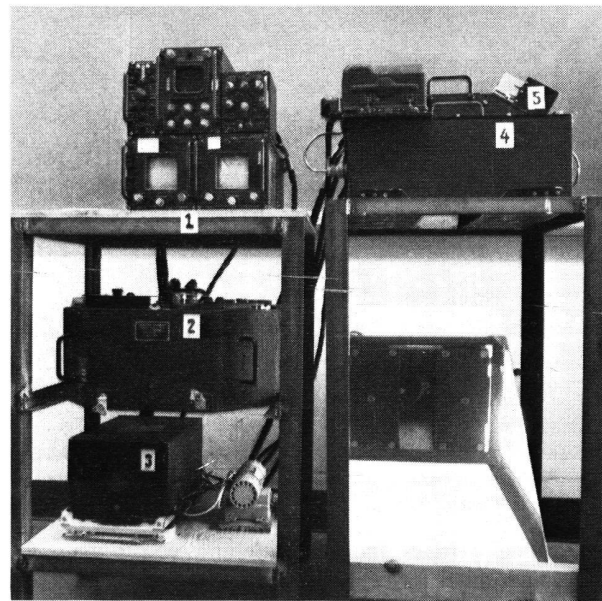


Abb. 6 AN-AAS14, multispektraler Scanner. 1 Kontrollkonsole, 2 Aufzeichnungsgerät mit Filmmagazin, 3 Transformator, 4 Spiegelgehäuse, 5 Detektorzelle

Probleme und Aussichten

Remote Sensing und im speziellen multispektrale Photographie und Interpretation wurden dargestellt als eine stufenweise Transformation des Schwarzweiß-Photonegativs. Im Falle der 2-Band-Photographie sind die Zusammenhänge gegeben durch:

$$\begin{array}{l}
 \text{Negativ 1} \\
 \text{Negativ 2}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \left\{ \begin{array}{c} x_1 \\ y_1 \\ D_1 \end{array} \right\} \\
 \left\{ \begin{array}{c} x_2 \\ y_2 \\ D_2 \end{array} \right\}
 \end{array}
 G
 \begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{c} X \\ Y \\ Z \\ D_1 \\ D_2 \end{array} \right)
 \end{array}
 \xrightarrow{R}
 \begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{c} X \\ Y \\ Z \\ r_1 \\ r_2 \end{array} \right)
 \end{array}
 \xrightarrow{P}
 \begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{c} X \\ Y \\ Z \\ C \end{array} \right)
 \end{array}
 \quad (9)$$

Die beiden digitalen Bilder werden in einem ersten Schritt in ein gemeinsames Koordinatensystem transformiert. Das gemeinsame System ist die digitale Grundkarte.

Der Geodät und Kartograph wird in diesem Zusammenhang sofort nach der Genauigkeit dieser Grundkarte fragen. Leider hat sich diese Fragestellung im Rahmen des Remote Sensing noch kaum durchgesetzt. Anstelle von absoluten Referenzsystemen werden relative Koordinaten verwendet, die geometrischen Verzerrungen meist nicht Rechnung tragen. Dies ist von geringer Bedeutung in den großräumigen Verhältnissen des amerikanischen Mittel-Westens, wo viele der neueren Sensoren und Systeme angewendet wurden. Im feingliederigen Gelände europäischer Landschaften und speziell in städtischen Verhältnissen muß aber der geometrischen Genauigkeit unbedingt Rechnung getragen werden. Die radiometrische Transformation R rechnet die Messungen in sensorinvariante Einheiten um (Bodenreflexionskonstanten). Die Kenntnis der radiometrischen Transfercharakteristiken des Sensorsystems und der Atmosphäre ist Vorbedingung, wenn radiometrische Messungen zu Vergleichszwecken verwendet werden sollen. Bis heute sind aber nur vereinzelte Versuche unternommen worden, derartige Korrekturen zu berechnen.

Die Implikationen der automatischen Interpretation von nichtkorrigierten Messungen können am besten an einem Beispiel dargestellt werden. Abbildung 10 zeigt zwei Karten, hergestellt durch einfaches «Density Slicing» und durch «Reflectance Slicing». Beide Karten basieren auf einem halben Photonegativ. Offensichtlich bewirken Kamera und atmosphärische Absorptionseigenschaften, daß die Randgebiete in eine falsche Objektklasse eingestuft werden. Die

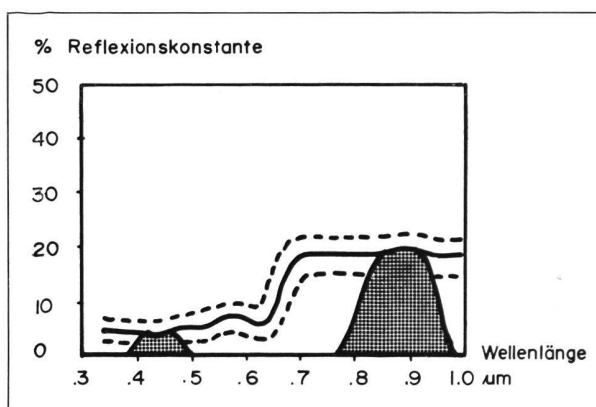


Abb. 7 Generalisierte spektrale Reflexionskurve für Wald

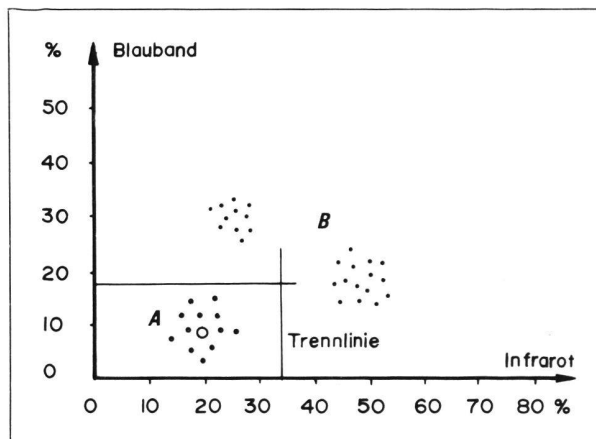


Abb. 8 Zweibandphotographie, dargestellt in einem orthogonalen Koordinatensystem

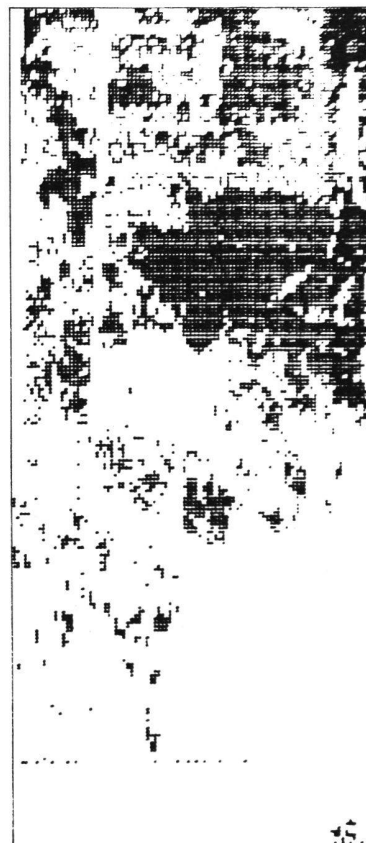
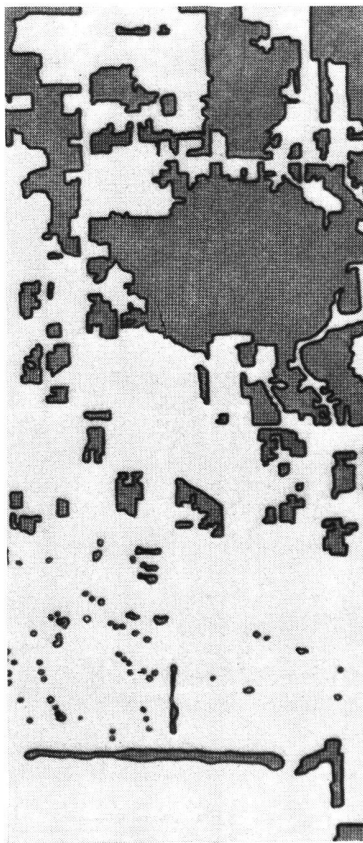


Abb. 9 Grünband-Luftbild, analoge Waldkarte und Computerkarte des gleichen Gebietes

korrigierten Reflexionswerte hingegen ergeben eine Karte, die die Randfehler ausmerzt.

Die Klassifizierung ist in Gleichung (6) als ein dritter Schritt dargestellt. Oft wird diese letzte Transformation als das Zentralproblem der automatischen Interpretation angesehen. In der Literatur hat denn auch letztere am meisten Aufmerksamkeit erhalten. Unglücklicherweise hat dies zur weitverbreiteten Meinung geführt, daß alle andern Probleme gelöst und Bildinterpretation eine reine Pattern-Recognition-Aufgabe sei.

Richtigerweise müßte versucht werden, Remote Sensing als einen eigentlichen Meßprozeß anzusehen. Heute sind die Meßmethoden noch unvergleichlich viel rudimentärer, als wir es uns im rein geodätischen, vermessungstechnischen Bereich gewohnt sind. Vor allem ist erst ein erster Schritt in Richtung numerischer Methoden getan.

Vielleicht ist es sogar möglich, eine ähnliche Methodik, wie sie der Photogrammeter kennt, auch für Remote-Sensing-Projekte anzuwenden: Flugplan, Bodenkontrollmessungen usw. Ja sogar im Detail könnten die gleichen Algorithmen, wie sie aus der Methode der kleinsten Quadrate bekannt sind, angewendet werden, um unbekannte Konstanten der sensitometrischen Grundgleichung zu berechnen.

In Forscherkreisen ist seit einigen Jahren oft die Ansicht geäußert worden, daß in nächster Zukunft die Photographie in vielen Beziehungen durch elektrooptische Geräte überholt werde. Vielleicht liegt diese Folgerung nahe, wenn die enormen Mittel in Betracht gezogen werden, die von Amts-

stellen und vom Militär ausgegeben werden, um diese Instrumente zu vervollkommen. Es stellt sich nur die Frage, ob es möglich ist, derart kapitalintensive Einrichtungen im zivilen Sektor rentabel einzusetzen. Vielleicht sollte doch nicht ganz vergessen werden, daß die Möglichkeiten der Photographie in bezug auf Remote Sensing noch lange nicht ausgenutzt sind. Es wäre konzeptionell sogar möglich, gerade den Orthophoto-Abtastprozeß so zu erweitern, daß off-line-digitale Auswertung verwendet werden könnte.

Eine faszinierende Neuentwicklung auf dem Sensorensektor sind die sogenannten Solid State Imaging Devices [9]. Sollten diese «Kameras» preisgünstig produziert werden, ist höchstwahrscheinlich ein neuer Sprung in Richtung Automation der Bildinterpretation zu erwarten.

Aber der Erfolg der Automation wird nicht nur von der Entwicklung neuer Techniken und Sensoren bestimmt werden. Der kritische Endpunkt ist der Kartenbenutzer. Interessanterweise hat sich die Zusammensetzung dieser Gruppe stark verändert. Die ersten Großverbraucher von Kartenunterlagen waren sicherlich die Militärs. Heute sind es wahrscheinlich die Planer im weitesten Sinn des Wortes, vom Ingenieur bis zum Ökologen, die Daten über unsere Erdoberfläche benötigen. Wir müssen flexibel bleiben, um diese Umlagerung auch weiterhin zu erkennen. Remote Sensing bietet vor allem dem Photogrammeter und Kartographen eine neue Gelegenheit, diesem Wandel der Bedürfnisse gerecht zu werden.

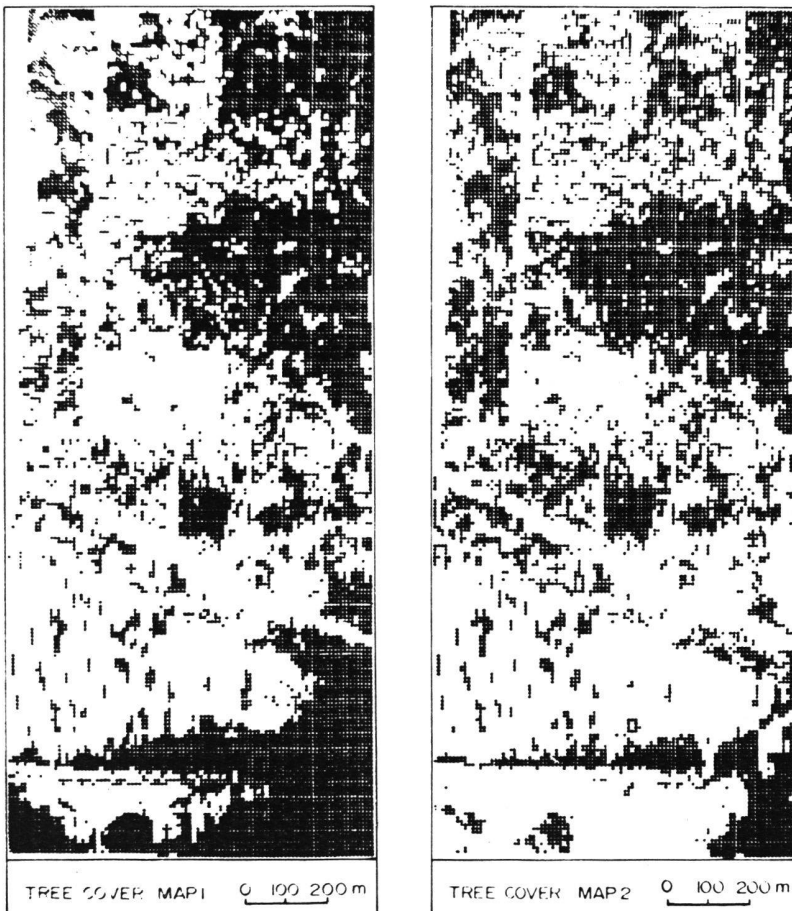


Abb. 10 Karten des Baumbestandes, hergestellt durch «Density Slicing» (Map 1) und «Reflectance Slicing» (Map 2). (Gleiches Gebiet wie in Abbildung 9)

Literatur

- [1] E. F. Yost, S. Wenderoth: Multispectral Photography for Earth Resources. West Hills Printing Company, Huntington N. Y., 1972.
- [2] V. Kroesch: Der SDC-Farbmischprojektor – ein einfaches Auswertgerät für Multispektralbilder. Bildmessung und Luftbildwesen, 42. Jahrgang, Heft 4, März 1974, S. 53–56.
- [3] E. Clerici et al.: Thermal Mapping at the Rhine River estuary using IRLS images. Bildmessung und Luftbildwesen, 41. Jahrgang, Heft 4, Juli 1973, S. 141–146.
- [4] American Society of Photogrammetry. Manual of Photo Interpretation, 1960.
- [5] D. Steiner: Automation in Photo Interpretation. Geoforum, Band 2, 1970, S. 75–88.
- [6] H. F. Dodge: Automatic Mapping System Design. Photogr. Eng., Band 30, Heft 2, März 1964, S. 238–242.
- [7] N. Jensen: Optical and Photographic Reconnaissance Systems. John Wiley and Sons, N. Y., 1968.
- [8] H. J. Bernath: Calibration of a Multispectral Aerial Camera. Photogr. Eng., Band 39, Heft 6, Juni 1973, S. 939–947.
- [9] R. D. Compton: The Solid State Imaging Revolution. Electro-Optical Systems Design, Band 6, Heft 4, April 1974, S. 22–31.