

D I E P H O T O G R A M M E T R I E  
U N D  
I H R B E I T R A G Z U R F E R N E R K U N D U N G

K. Kraus und J. Jansa

Institut für Photogrammetrie der TU Wien  
Gußhausstraße 27 - 29

A 1040 W i e n

Z u s a m m e n f a s s u n g

Anhand der geschichtlichen Entwicklung der Fernerkundung und der Photogrammetrie werden sowohl ihre enge Verzahnung als auch ihre gegenseitige Abgrenzung aufgezeigt. Daran anschließend werden folgende Beiträge des Institutes für Photogrammetrie der TU Wien zur Fernerkundung behandelt: graphische Strichauswertung, Orthophoto- und Stereoorthophotographie mit Beschreibung des STEREOGRAPHEN zur Betrachtung und Auswertung von Stereoorthophotos, visuelle und digitale Bildinterpretation sowie digitale und optische Rektifizierung von multispektralen Scanneraufnahmen. Abschließend wird die Herstellung der Satellitenbildkarte 1:1 Million von Österreich aus LANDSAT-Bildern beschrieben.

S u m m a r y

In reviewing the history of remote sensing and of photogrammetry, their mutual dependence is shown, and their respective areas are outlined. The following contributions to remote sensing of the Institute of Photogrammetry of the TU of Vienna are then treated: graphical compilation of line maps, orthophotography and stereo-orthophotography complete with a description of the STEREOGRAPH to observe and compile stereo-orthophotos, visual and digital photo interpretation, digital and optical rectification of multispectral scanner imagery. In the closing section, the creation is described of the satellite photo map 1:1 million of Austria, produced of LANDSAT images.

1 E i n l e i t u n g

In dem Titel des Beitrages kommen zwei Begriffe vor, die viele Leser zwar mehrmals gehört haben, mit denen sie aber doch nicht genügend vertraut sind. Es ist deshalb angebracht, zunächst die Photogrammetrie und die Fernerkundung zu definieren und daran anschließend die Verflechtung der beiden Techniken aufzuzeigen. Da die Photogrammetrie wesentlich älter als die Fernerkundung ist, soll mit der Photogrammetrie begonnen werden.

## 2 P h o t o g r a m m e t r i e

Darunter verstand man in den Anfängen der Photogrammetrie die Ausmessung der geometrischen Gestalt eines Objektes mit Hilfe photographischer Bilder. Das Prinzip der ersten "photographischen" Vermessungen zeigt die Abb. 1.

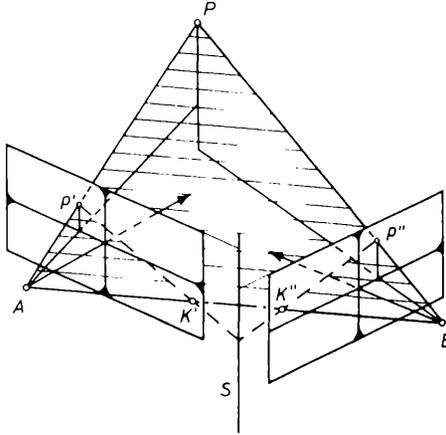


Abb. 1: Grundprinzip der Photogrammetrie

Aus den beiden Bildpunkten  $p'$  und  $p''$  und den beiden Projektionszentren A und B, die in photogrammetrischen Bildern in Bezug zur Bildebene angegeben werden können, kann die Position des Objektpunktes P festgelegt werden.

Bereits am Anfang dieses Jahrhunderts war diese Technik so ausgereift, daß an den photogrammetrischen Auswertegeräten, die für die jeweilige Zuordnung der beiden Bildpunkte  $p'$  und  $p''$  den Stereoeffekt ausnutzen, die Objekte nicht nur punktweise sondern auch in der Form von Grund- und Aufrißlinien sowie von Höhenlinien kontinuierlich ausgemessen werden konnten.

Bereits an dieser Stelle sollen zwei Charakteristika der Photogrammetrie festgehalten werden:

- a) Die geometrische Gestalt des Objektes wird ermittelt, ohne mit dem Objekt in Kontakt zu treten. Dazu verwendet man aus der Ferne aufgenommene photographische Bilder, die durch elektromagnetische Strahlung erzeugt werden.
- b) Im Rahmen einer photogrammetrischen Auswertung muß auch der Bildinhalt gedeutet werden. Während der Ausmessung des Bildes interpretiert der Photogrammeter den Bildinhalt.

Die zunächst erdgebundenen Aufnahmestandpunkte wurden in der Folgezeit in Drachen, Ballone und Flugzeuge verlagert. Dadurch erhielt man maßstäblich homogenere und großflächigere Aufnahmen. Außerdem wurde die sogenannte Reihenmeßkammer zur Aufnahme flächendeckender Bildverbände entwickelt.

Die Luft-Photogrammetrie ist zusätzlich durch ein drittes Charakteristikum gekennzeichnet:

c) Die Lage der Aufnahmeorte und der Bilder können nicht genügend genau während des Fluges erfaßt werden; sie sind vielmehr anhand einiger auf der Erdoberfläche genau eingemessener Punkte zu ermitteln. Die Luft-Photogrammetrie stützt sich auf einige bekannte Bodenpunkte bzw. Paßpunkte.

Die photogrammetrische Aufnahmetechnik wird 1982 einen weiteren Höhepunkt erleben: Vom Spacelab aus wird erstmals eine photogrammetrische Kamera die Erde fotografieren.

Nicht erwähnt wurde bisher, daß man heute die photogrammetrischen Aufnahmen nicht nur mit panchromatischen Schwarzweiß-Film sondern immer häufiger mit Infrarot-Schwarzweiß-Film und vor allem mit Infrarot-Farb-Film - eine treffendere Bezeichnung als Falschfarbfilm - macht. Die zuletzt genannten Filme erleichtern sehr wesentlich die Interpretation des Bildinhaltes.

Damit ist der Zeitpunkt gekommen, die Photogrammetrie zu verlassen und auf die Fernerkundung überzugehen.

### 3 Fernerkundung

Mitte der Sechzigerjahre wurde die Öffentlichkeit mit photographischen Bildern konfrontiert, die die ganze Erdkugel bzw. einzelne Erdteile zeigten. Sie wurden von Astronauten der Gemini- und Apollo-Missionen aufgenommen. Das Skylab-Projekt brachte im Jahre 1973 das bisher interessanteste photographische Bildmaterial.

Der Mensch sah und fotografierte aus großer Ferne erstmals seinen Planeten. Neben dem spektakulären Effekt für die breite Masse brachte der synoptische Überblick dieser Photographien aber auch viele neue Erkenntnisse für manche Geowissenschaften. Für die Technik, die aus erdfernen Aufnahmen Informationen sammelt und daraus Erkenntnisse über die Erde liefert, mußte ein neuer Begriff gefunden werden: Im Englischen sprach man plötzlich von Remote Sensing und im Deutschen etwas später von Fernerkundung.

Innerhalb der Fernerkundung gab es dann eine rasante Entwicklung. Vor allem die Schwerfälligkeit des Transportes photographischer Aufnahmen aus dem Weltraum zur Erde machte die Entwicklung neuer Aufnahmesysteme, die eine nachrichtentechnische Bildübertragung erlaubten, notwendig. Im ersten Moment denkt man hier an Fernsehkameras, die auch tatsächlich fallweise verwendet werden. Weitaus größere Bedeutung erlangte aber der sogenannte Scanner, ein linienweise arbeitendes Aufnahmesystem.

Der Scanner hat gegenüber der Photographie neben der nachrichtentechnischen Bildübertragung noch die Vorteile, daß eine simultane Aufnahme in vielen Spektralbereichen, insbesondere auch die Registrierung der Wärmestrahlung, möglich ist. Als Nachteil ist zu erwähnen, daß zur Zeit die Auflösung der Scanner-Aufnahmen gegenüber der Photographie etwa um das Fünffache schlechter ist. In naher Zukunft wird die Auflösung des Scanners aber an die photographische Auflösung herankommen (Hofmann 1980).

In Satelliten eingebaute Scanner liefern heute Aufnahmen mit einer Bildelementgröße von ca. 80 m und in Zukunft voraussichtlich von ca. 20 m. Für kleinräumige Aufgabenstellungen, die in einem hochentwickelten Land wie Österreich stark überwiegen, ist diese Auflösung viel zu schlecht. Der Scanner muß daher näher an das Objekt herangebracht werden; ein Einbau dieser Geräte in Flugzeuge war naheliegend. Die Aufnahmeentfernung der für die Fernerkundung entwickelten Aufnahmesysteme verkürzt sich also immer mehr: Man verwendet inzwischen sogar Scanner zum Abtasten von Gebäudefronten (Hruška 1980).

## 4 Photogrammetrie und Fernerkundung

Beide Begriffe stehen, wie aus dem bisher Gesagten hervorgeht, in enger Beziehung zueinander. Die Photogrammetrie hat erdgebunden begonnen und kam über das Flugzeug in den Weltraum; die Fernerkundung hat im Weltraum begonnen und kam in der umgekehrten Richtung zur Erde zurück. Die Photogrammetrie und Fernerkundung bedienen sich heute derselben Aufnahmeplattformen.

Weiters erkennt man in den Charakteristika der Photogrammetrie auch diejenigen der Fernerkundung. Die unter a) und b) genannten Charakteristika gelten uneingeschränkt auch für die Fernerkundung, die allerdings weniger für die geometrische Gestalt der Objekte sondern mehr auf physikalische Parameter ausgerichtet ist. Zu dem unter c) genannten Charakteristikum, daß sich die Photogrammetrie auf einige Bodenpunkte stützt, gilt im übertragenen Sinn auch für die Fernerkundung. Eine seriöse Fernerkundung stützt sich nämlich ebenfalls auf Bodenbeobachtungen, z.B. Radiometer- und Wassertemperaturmessungen.

Die Photogrammetrie und Fernerkundung sind inzwischen so stark verzahnt, daß eine exakte gegenseitige Abgrenzung nicht mehr möglich ist. Zur Ermittlung der geometrischen Gestalt der Objekte verwendet man zwar heutzutage immer noch vorwiegend photogrammetrische Aufnahmesysteme; vereinzelt werden aber für photogrammetrische Auswertungen inzwischen auch Bilder der Aufnahmesysteme der Fernerkundung herangezogen. Mit Verbesserung der Auflösung der Fernerkundungssysteme wird ihr photogrammetrischer Einsatz weiter steigen. Andererseits hat sich inzwischen auch die Erkenntnis in der Fernerkundung durchgesetzt, daß eine umfassende Informationsgewinnung und Interpretation der gesammelten Daten nur auf einer einwandfreien geometrischen Basis erfolgen kann. Man kann also sagen, daß die Fernerkundung durch die Photogrammetrie geometrisch gestützt wird.

Dieser Abschnitt soll mit folgendem Wortspiel abgeschlossen werden:

Photogrammetrie ist eine Kombination aus Geometrie und Interpretation, wobei die Betonung auf Geometrie liegt.

Fernerkundung ist eine Kombination aus Interpretation und Geometrie, wobei die Betonung auf Interpretation liegt.

## 5 Der Beitrag des Institutes für Photogrammetrie der TU Wien zur Fernerkundung

Das Institut versteht sich als Brücke zwischen den Physikern, Mathematikern und Informatikern auf der einen Seite und den Anwendern wie den Geologen, Forstleuten, Kulturtechnikern, Raumplanern, Umweltschützern, Geographen usw. auf der anderen Seite. Im folgenden soll das Angebot der Photogrammetrie an die Anwender skizziert werden.

### 5.1 Graphische Strichauswertung

Darunter versteht man die Aufgabe, aus zwei Luftbildern, deren Aufnahmeorte und Bildneigung unbekannt sind, auf der Basis nur einiger Paßpunkte innerhalb eines großen Bildverbandes, die Geländeoberfläche in der Form von Grundriß- und Höhenlinien auszuwerten. Dafür wurden komplexe optisch-mechanische Gerätesysteme entwickelt, die zur Zeit durch computergesteuerte Auswertegeräte abgelöst werden.

Die Österreichische Karte 1:50 000 z.B. wird vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen nach dieser Methode hergestellt. Bei speziellen Auswertungen, z.B. bei der Auswertung einer Forstkarte, treten aber Probleme auf. Der Photogrammeter versteht zu wenig vom Inhalt einer Forstkarte und dem Forstmann ist die photogrammetrische Auswertetechnik zu kompliziert. Dieses Dilemma läßt sich mit der

## 5.2 Orthophoto- und Stereorthophotographie

umgehen. Man photographiert das verzerrte Luftbild so um, daß es die geometrischen Eigenschaften einer Karte besitzt. Die am Institut für Photogrammetrie der TU Wien gemeinsam mit der Firma Wild, Heerbrugg in der Schweiz, entwickelte Orthophototechnik ist dadurch gekennzeichnet, daß die Form des Geländes entweder profil- oder höhenlinienweise digitalisiert und anschließend ein rasterförmiges digitales Geländemodell berechnet wird. Zum Schluß werden die Steuerdaten für das Umbildegerät Avioplan OR1 ausgegeben (Kraus 1979a).

Mit dieser Technik stellt das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen die Österreichische Luftbildkarte 1:10 000 her. Aber auch fast alle Ingenieurkonsulenten arbeiten heute mit dieser Technik. Die dabei anfallenden großen Datenmengen veranlaßten das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, das Institut für Photogrammetrie der TU Wien mit der Entwicklung einer sogenannten Geländehöhendatenbank zu beauftragen. Die Geländehöhendatenbank erlaubt eine stark automatisierte Neuauflage der Orthophotokarte und leistet für viele andere Anwendungen gute Dienste (Haitzmann und Kraus und Loitsch 1980).

Das Orthophoto hat für den Anwender den großen Vorteil, daß er seine Bildinterpretationen selbst durchführen und die Ergebnisse direkt im Bild oder auf einer Deckfolie maßstabsgetreu festhalten kann. Der bei der Bildinterpretation geschätzte Stereoeffekt kann auch bei der Interpretation eines Orthophotos erreicht werden, wenn man zusätzlich einen linken und rechten Stereopartner herstellt. Die stereoskopische Betrachtung der Orthophotos bis zu einem Format von 65 x 65 cm<sup>2</sup> mit dem STEREOGRAPHEN, den das Institut für Photogrammetrie der TU Wien in Kooperation mit der Fa. Rost, Wien, entwickelt hat, zeigt die Abb. 2.

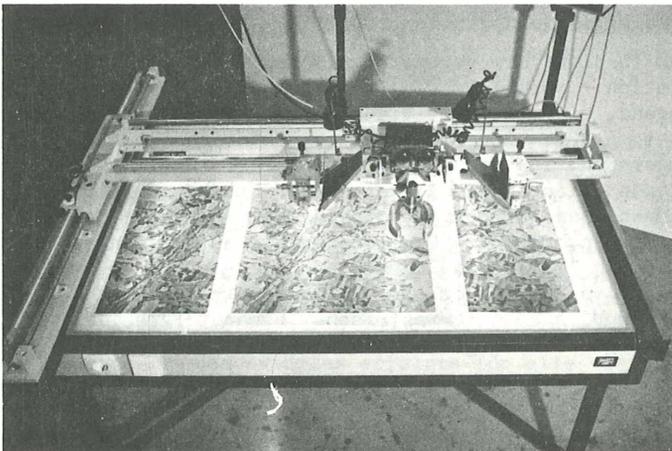
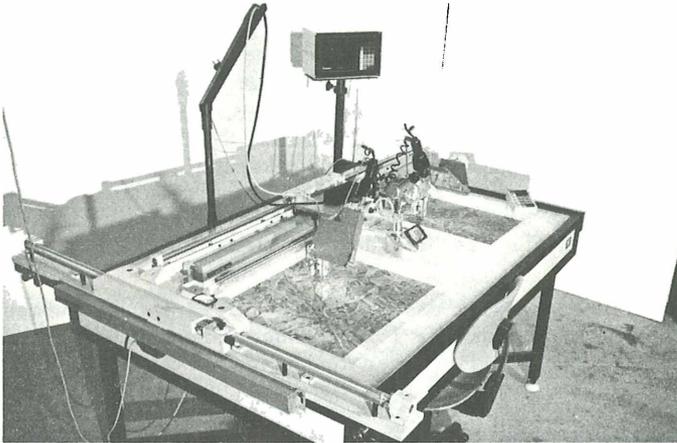


Abb. 2: STEREOGRAPH zur Betrachtung von Stereorthophotos

Vergrößert man die Betrachtungsbasis und legt man auf den Tisch nur das Orthophoto und einen Stereopartner, so kann zwischen Orthophoto und Stereopartner ein Zeichenblatt oder ein Duplikat des Orthophotos gelegt werden (Abb. 3). Auf der Seite des Orthophotos kann dann in die Betrachtungsoptik



*Abb. 3: STEREOGRAPH zur Auswertung von Stereorthophotos*

eine Meßmarke eingeschaltet werden, die bei stereoskopischer Betrachtung des Bildinhaltes über dem Orthophoto geführt wird. Mit der Zeicheneinrichtung (Bleistift, Tusche, Filzstift) werden alle Bewegungen der Meßmarke auf dem Zeichenblatt oder dem Orthophotoduplikat graphisch festgehalten. Zur Auswertung von einzelnen Höhenpunkten oder von Höhenlinien können zwei Meßmarken in die Betrachtungsoptik eingeschaltet werden. Auch die Höhenauswertung ist besonders einfach, da die Höhenunterschiede direkt proportional zur Ableseskala einer Mikrometerschraube sind (Kraus 1980).

### 5.3 Visuelle und digitale Bildinterpretation

Nachdem am Institut die gerätetechnischen Voraussetzungen für die visuelle Interpretation - vor allem der Stereorthophotos - geschaffen wurden, ist es naheliegend, sich auch mit visuellen Interpretationsaufgaben näher auseinanderzusetzen. Die visuelle Bildinterpretation ist allerdings die Domäne des Anwenders und für den Photogrammeter nur insofern interessant, daß er seine beratende Tätigkeit im Rahmen seiner Brückenfunktion zum Anwendersachkundig ausüben kann. Herr E. Csaplovics hat im Rahmen seiner am Institut angefertigten Diplomarbeit "Umweltrelevante Luftbildinterpretation am Beispiel Brixlegg in Tirol" nach verschiedenen Methoden Vegetationsschäden kartiert, wobei er von Herrn Doz. Dr. Pollanschütz und Herrn Dr. Zirm unterstützt wurde. Es wurden auch terrestrische Infrarot-Farbbilder gemacht und in die Untersuchungen einbezogen.

Die digitale Bildverarbeitung mit ihrer starken Ausrichtung auf die elektronische Datenverarbeitung kommt der Arbeitstechnik des Institutes sehr entgegen. Inzwischen ist ein Aufsatz (Kraus 1979b) über die Theorie der multispektralen Klassifizierung entstanden. Diese Methode wurde gemeinsam mit Herrn Dr. Schiller von der Österr. Elektrizitätswirtschafts-Aktiengesell-

schaft (Verbundgesellschaft) zur automatischen Klassifizierung der mit Schnee bedeckten Flächen aus Satellitenbildern mit Erfolg erprobt.

#### 5.4 Digitale und optische Rektifizierung von multispektralen Scanneraufnahmen

Ein Scannerbild entsteht durch kontinuierliches zeilenweises Abtasten des Aufnahmeobjektes. Jede Unregelmäßigkeit in der Bewegung des Scanners während dieses Aufnahmevorganges bewirkt geometrische Störungen, welche das Arbeiten mit diesen Bildern erschweren. Für viele Anwendungen wird daher ein geometrisch richtiges Scannerbild oder das Verbinden benachbarter Bilder zu einem Bildblock gefordert.

Am Institut für Photogrammetrie der TU Wien wurde ein Computerprogramm entwickelt, welches die komplizierten Geometriefehler erfaßt (Jansa 1980). Die Rektifizierung und Mosaikbildung kann mit ihm auf zwei verschiedene Arten durchgeführt werden. Eine digitale Variante führt das in digitaler Form abgespeicherte Originalbild durch Umordnen der Bildelemente in das digital abgespeicherte rektifizierte Bild über. Eine zweite, die optische Variante, liefert die Steuerdaten für das Differentialumbildegerät Avioplan OR1, mit welchem die auf Film vorliegenden Bilder über optische Elemente wieder auf Film rektifiziert werden.

Zahlreiche für die Praxis bearbeitete Beispiele beweisen, daß dieses Rektifizierungsverfahren bereits über das Experimentierstadium hinausgewachsen ist. Die meisten Aufgaben liegen auf dem Gebiete der digitalen Umbildung. Unser bedeutendstes Projekt mit Hilfe der optischen Umbildung war die Herstellung der österreichischen Satellitenbildkarte.

#### 5.5 Österreichische Satellitenbildkarte 1:1 Million

(Proj.Nr. 3467 des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung)

Die Ausgangsdaten für diese Karte waren die Bilder der LANDSAT-Satelliten 1 und 2. Um Österreich als Ganzes zu decken, benötigt man Überfliegungen entlang sechs verschiedener Bahnen. Benachbarte Bahnen werden an aufeinanderfolgenden Tagen überflogen. Das bedeutet, daß man für die Aufnahme des gesamten österreichischen Bundesgebietes einen Zeitraum von mindestens sechs Tagen benötigt. Da jedoch nur Bilder zu gebrauchen sind, die keine Wolkenbedeckung aufweisen, erhöht sich dieser Zeitraum oft beträchtlich. Für unsere Karte wurden 17 verschiedene Satellitenbilder verwendet, welche zu teilweise völlig verschiedenen Zeiten aufgenommen worden waren, da gerade die Bedingung der Wolken- und Dunstfreiheit in unseren Breiten nur sehr selten erfüllt ist. Die Aufnahmedaten streuen von 1975 bis 1977 und hier wieder von Juni bis September.

Die Kartenprojektion der österreichischen Satellitenbildkarte sollte die Lambert'sche konforme Kegelprojektion sein, in welcher auch die österreichische Übersichtskarte 1:500 000 dargestellt ist. Die vorliegenden Bilder waren zwar bereits von der Bezugsstelle (Fucino, Italien) vorentzerrt worden, jedoch auf die UTM-Projektion. Spannungen, die beim Bilden des Mosaiks infolge der unterschiedlichen Projektionsarten entstehen, Differenzen in den Maßstäben der einzelnen Bilder, Restfehler der Vorentzerrung und Fehler wegen der anderen Projektion mußten durch das Rektifizierungsprogramm erfaßt werden.

Die Umbildung auf dem Avioplan erfolgte für alle vier Spektralbereiche des LANDSAT-Scanners, sodaß eine Satellitenkarte in den Wellenbereichen 0.5-0.6  $\mu\text{m}$  (Kanal 4), 0.6-0.7  $\mu\text{m}$  (Kanal 5), 0.7-0.8  $\mu\text{m}$  (Kanal 6) und 0.8-1.1  $\mu\text{m}$  (Kanal 7) als S/W-Film erhalten werden konnte. Die Montage der Einzelbilder zu einem Mosaik besorgte das Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik an der TU Wien. Für die Herstellung einer farbigen Variante wurden

die Kanäle 4,5 und 7 verwendet, wobei dem Kanal 4 die Farbe gelb, 5 rot und 7 blaugrün zugeordnet wurde. Dadurch entsteht ein ähnlicher Farbeindruck, wie man ihn vom Infrarot-Farbfilm gewohnt ist. Die S/W-Variante wurde mit dem Kanal 6 gebildet.

Mit dieser Arbeit konnte gezeigt werden, um wieviel besser die Erdoberfläche in einer Satellitenbildkarte im Vergleich zur deckungsgleichen, konventionell gestalteten Übersichtskarte wiedergegeben ist.

#### L i t e r a t u r

- Haitzmann, H. und Kraus, K. und Loitsch, J., 1980: A Data Base Towards the Digitally Controlled Production of Orthophotos. Presented paper, Commission IV, Part B4, p. 303-312, 14. ISP-Congress Hamburg.
- Hofmann, O. und Hofmann, W. und Meißner, D., 1980: Ein modulares, optoelektronisches, multispektrales Satellitenbildaufnahmesystem. Presented paper, Kommission I, Teil B1, Seite 42-49, 14. ISP-Kongreß Hamburg.
- Hruška, H., 1980: Bildausgabegerät für digitale Daten Entwicklung eines Prototyps für die Fernerkundung. Dissertation am Institut für Photogrammetrie der TU Wien.
- Jansa, J., 1980: Geometric Rectification of Blocks of Multispectral Scanner Images. Presented paper, Commission III, Part B3, p. 330-339, 14. ISP-Congress Hamburg.
- Kraus, K., 1979a: Moderne Orthophototechnik. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, Bd. 77, S. 65-69.
- Kraus, K., 1979b: Zur Theorie der Klassifizierung multispektraler Bilder. Bildmessung und Luftbildwesen, Bd. 47, S. 119-128.
- Kraus, K., 1980: Recent Trends of the Production of Orthophotos and Stereoorthophotos. Invited paper, Commission IV, Part B9, p. 581-590, 14. ISP-Congress Hamburg.

Fertigstellung der Arbeit: 15. 10. 1980

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien](#)

Jahr/Year: 1981

Band/Volume: [135\\_1981](#)

Autor(en)/Author(s): Kraus K., Jansa J.

Artikel/Article: [Die Photogrammetrie und ihr Beitrag zur Fernerkundung 9-16](#)