

ISSN 0514-8790

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN DER DDR  
Forschungsbereich Geo- und Kosmoswissenschaften  
ZENTRALINSTITUT FÜR PHYSIK DER ERDE

Veröffentlichungen des Zentralinstituts für Physik der Erde

Nr. 106

Teil 1



5. KONFERENZ

**FERNERKUNDUNG**

Stand und Entwicklungstendenzen

Fernerkundung und Geoinformatik

Karl-Marx-Stadt, 20.-24. Juni 1988

**Beiträge zur Konferenz**

Wissenschaftliche Redaktion: Dr. sc. J. Höpfner, Dr. K.-H. John

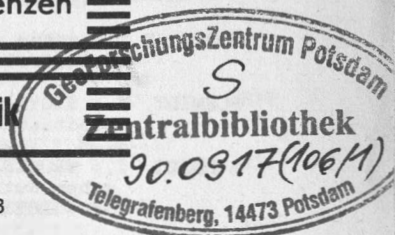
Technische Bearbeitung: H. Sandler, S. Stüwe

Herausgeber: Der Direktor des Zentralinstituts für Physik der Erde

Als Manuskript gedruckt Potsdam 1989

III-12-12 Ag 521/554/89 Akademie der Wissenschaften der DDR  
Zentralinstitut für Physik der Erde

Bereich III  
1989. 818



Inhaltsverzeichnis

## Teil I

	<u>Seite</u>
Vorwort	14
MAREK, K.-H.: Zu Stand und Entwicklungstendenzen der Fernerkundung	16
KIENKO, Ju. P.: Das sowjetische System der Fernerkundung und die Geoinformatik	34
 <u>FERNERKUNDUNG - METHODE ZUR DATENGEWINNUNG UND -VERARBEITUNG</u>	
PLISCHKE, F.: Die Wirkung der angularen Luftfahrzeugschwingungen auf die Bilddaten elektronischer Aufnahmesysteme	45
SCHMIDT, Th.; SEIFERT, T.: Zuverlässigkeit von Polynomansätzen zur geografischen Anbindung von Scannerbildern	64
PROB, E.: Bestimmung von Korrekturfunktionen zur Reduzierung von geometrischen Verzerrungen in kosmischen photographischen Aufnahmen	72
PROB, E.: Digitales Transformationsverfahren zur Beseitigung von Flächenverzerrungen	78
HAINDL, M.: Dimensionalitätsreduktion der multispektralen kosmischen Bilddaten	85
KADEN, K.: Ansätze zur Prozeßanalyse durch multitemporale Dechiffrierung von Fernerkundungsdaten	97
SCHMIDT, K.; STOYE, H.: Texturparameter zur Diskriminierung städtischer Geosysteme	99
SCHMIDT, I.; GROBER, B.: Thermisches Verhalten von städtischen Nutzflächengefügen - Ergebnisse des Experimentes GEOEX-86	109
VILLWOCK, G.: Anwendung von Fernerkundungsmethoden zur Erstinventarisierung der Landschaftsstruktur der VDR Jemen	119
WEICHELT, H.; BARSCH, H.: Ergebnisse und Erfahrungen der INTERKOSMOS-Komplexexperimente zur Untersuchung der Dynamik von Geosystemen	128

	<u>Seite</u>
TOTH, K. ; BUTTNER, G. : Ergebnisse des SPOT-PEPS-Programms in der Landwirtschaft der UVR	145
WEISE, K. ; BEHRENS, J. : Nutzung der Fernerkundung für Informations- und Beratungssysteme der Pflanzenproduktion	152
PELZ, E. : Stand und Tendenzen der Anwendung von Daten der Fernerkundung für Waldschadeninventuren	163
BARSCH, H. ; KADEN, K. ; WEICHELT, H. ; HERR, W. ; SCHRODER, E. : Früherkennung von Waldschäden auf der Grundlage von Fernerkundungsdaten	173
VOIGT, Th. : Geofernerkundung überwacht Küstendynamik	181
FRIEDLEIN, G. : Zur Gestaltung des Interpretationsatlas von Satellitenscanneraufnahmen	189
BARANOWSKA, T. : Bewertung der Wasserverschmutzung in einer Seenplatte anhand multispektraler digitaler Satellitendaten	194
MITTENZWEY, Kl.-H. ; Gitelson, A. A. : Schiffsgebundene Experimente für die Entwicklung von Fernerkundungsalgorithmen zur Chlorophyll-a-Bestimmung in meso- und eutrophen Oberflächengewässern	195
VOIGT, Th. : Untersuchungen zur Möglichkeit der Wassertiefenabschätzung durch die Bestimmung von Oberflächenwellenfeldparametern in Luftbildern	207
GOHS, L. : Zur Nutzung des Sonnenreflexes in APT-Satellitenbildern für Untersuchungen an der Meeresoberfläche	220
GLÄSER, C. : Terrestrische Multispektralfotografie - eine Erkundungs- und Dokumentationsmethode für die Geowissenschaften	229
KROITZSCH, V. : Photographische Bildbearbeitung von Aufnahmen der kosmischen Fernerkundungssysteme KFA-1000 und SPOT	237
KRAMER, J. : Kartenproduktion und -laufendhaltung mit Satellitenphotos	238
GILLESEN, W. ; SCHMIDT, R. : Laufendhaltung topographischer Karten mit analogen und digitalen Verfahren	249
BENEDICT, E. ; KRÖNERT, R. : Möglichkeiten zur Nutzung von Fernerkundungsdaten für einen Nationalatlas	257

GEINFORMATIK-TECHNOLOGIEN EINSCHL. DIGITALE BILDVERARBEITUNG  
UND INFORMATIONSSYSTEME

---

	<u>Seite</u>
PIETSCHNER, J.: Geräte und Verfahren zur photogrammetrischen Erfassung territorialer Informationen	266
MARK, R.-P.: Datenerfassung für Geographische Informationssysteme mit photogrammetrischen Auswertegeräten des Kombinat VEB Carl Zeiss JENA	274
KISELEV, V.V.; MEN'SIC, A.E.; NOVIK, A.I.; SOLOMATIN, V.; DYNKIN, A.M.; KARPUCHIN, S.: Die Fotokarte als Teil eines Geoinformationssystems	284
KOVALEVSKI, W.: Zellenlisten und ihre Anwendungsmöglichkeiten in Geoinformationssystemen	300
SCHNEIDER, M.: Speicherung raumbezogener Informationen im Basisvektorkonzept	321
HARNISCH, G.: Grundfunktionen für die Analyse und Recherche von Daten in einem Geoinformationssystem	330
MARGRAF, O.: Felderbezogene Datenverarbeitung im Rahmen eines Geographischen Informationssystems	331
WILHELMI, W.; SAEDLER, J.: Parallele Realisierungen von Bildverarbeitungsaufgaben	345
HEUCHEL, T.: Herstellung von Orthophotos durch digitale Bildverarbeitung	346
HANKE, P.; HAGER, A.: Nutzung der digitalen Bildverarbeitung für automatische kartographische Lösungen am Beispiel der Kartierung des Flachwasserschelfs	354
FRANZKE, J. J.; BANKWITZ, E.; BANKWITZ, P.; HARNISCH, G.; SCHILBACH, G.: Nutzung digitaler Bildverarbeitungstechniken zur Verifizierung geologischer Strukturen im Bereich des Harzes	362
USBECK, B.: Gewinnung geökoökologischer Informationen über Wohnquartale durch digitale Verarbeitung gescannter Luftbilder	363
HÖPFNER, J.: Zur digitalen Darstellung des Reliefs	375
BOHM, R.: Geomorphologische Bearbeitungen von digitalen Reliefmodellen	389

NEUMANN, J.: Digitales Geländemodell und seine Anwendung in einem Geoinformationssystem	399
WALDENBURGER, H.; FROTSCHER, W.: Erfassung stadtlandschafts-ökologisch bedeutsamer Freiflächen für eine Problemliste Landeskultur	411
BONAU, U.: Verbesserte Bodenfeuchteinterpretation aus Luftbildern	422
RAASCH, I.: Probleme der Entwicklung von Expertensystemen für die Geowissenschaften	433
LICHTNER, W.: Wissensbasierte kartographische Mustererkennung	439
EICHHORN, R.; HENGELHAUPT, U.: Beispiel für ein PROLOG-gestütztes natürlich-sprachiges Geo-Auskunftssystem	440
SPICHAK, V.V.: Interpretation von elektromagnetischen Erkundungsdaten der Erde unter Nutzung einer Bank von Modellen	441
<b><u>BEZIEHUNGEN ZWISCHEN FERNERKUNDUNG, GIS UND AUTOMATISIERUNG DER KARTOGRAPHIE</u></b>	
WIRTH, H.: Zu Beziehungen zwischen Digitalkartographie und Geoinformatik	452
DONNER, R.: Ein Modell der Integration von Fernerkundungsinformationen in rechnergestützte Informationssysteme	453
KARPUCHIN, S.S.; KEL'NER, Ju. G.; SUSCENJA, V.A.: Komplexe thematische Kartierung der natürlichen Ressourcen mit Hilfe von Kosmosaufnahmen - Basis für die Schaffung von Informationssystemen	467
BALINT, G.; FEKETE, B.: Spezialisiertes geografisches Informationssystem der Hydrologie und Flußgebietsmodelle mit räumlich verteilten Parametern	473
MARKUS, B.; MOLNAR, T.: Ein Landinformationssystem für die Aufgaben der Entwässerung	483
BRULKE, B.: Klassifikationsbeispiele räumlicher Informationen	498
OLUNCZEK, U.; WOLODTSCHENKO, A.: Bild und Karte. Syntaktische Aspekte	504
GARELIK, I.S.; MARGRAF, O.; ZVETKOV, D.G.: Eine Methodik zur optimalen Codierung kartographischer Informationen für die Untersuchung von Flächennutzungsveränderungen mit Hilfe eines Bildverarbeitungssystems	505

C o n t e n t s

## Part I

	<u>Seite</u>
Introduction	14
MAREK, K.-H.: On the present state and trends of remote sensing	18
KIENKO, Yu. P.: The Soviet system for remote sensing of the Earth and geoinformatics	34
<u>REMOTE SENSING - METHOD FOR ACQUISITION AND PROCESSING OF DATA</u>	
<hr/>	
PLISCHKE, F.: The effect of angular aircraft motions on the image data of electronic recording systems	45
SCHMIDT, T.; SEIFERT, T.: Reliability of polynomials for ground location of scanner images	64
PROSS, E.: Determination of correction functions for the reduction of geometric distortions in space photographs	72
PROSS, E.: Digital transformation method for the correction of areal distortions	78
HAINDL, M.: Dimensionality reduction of multispectral space imagery data	85
KADEN, K.: An approach to process analysis by means of multi-temporal decoding of remote sensing data	97
SCHMIDT, K.; STOYE, H.: Textural features for discrimination of municipal geosystems	99
SCHMIDT, I.; GROSSER, B.: Thermal behaviour of urban land-use structures - results of the experiment "GEOEX-86"	109
VILLWOCK, G.: Application of remote sensing methods in first inventory of the landscape structure of the People's Democratic Republic of Yemen	119
WEICHEL, H.; BARSCH, H.: Results and experiences of the INTERKOSMOS-experiments for the investigation of the dynamics of geosystems	126
TOTH, K.; BUTTNER, G.: Results of the SPOT-PEPS programme in the agriculture of the Hungarian People's Republic	145
WEISE, K.; BEHRENS, J.: Application of remote sensing methods for information and management systems in plant production	152

	<u>Seite</u>
PELZ, E.: Present state and tendencies of the use of remote sensing data for forest damage inventory	163
BARSCH, H.; KADEN, K.; WEICHEL, H.; HERR, W.; SCHRÖDER, E.: Early recognition of forest-stress on the basis of remote sensing data	173
VOIGT, TH.: Remote sensing of the Earth controls coast dynamics	181
FRIEDLEIN, G.: The MSS "Fragment" interpretation atlas - designing and editing problems	189
BARANOWSKA, T.: Assessment of the quality of lake water using digital multispectral satellite data - a case study: Great Masurian Lakes	194
MITTENZWEY, KL.-H.; GITELSON, A.A.: Ship-based experiments for developing remote sensing algorithms to determine chlorophyll-a in surface waters	195
VOIGT, TH.: Investigations on the possibilities of water depth assessment using breaker field parameters in aerial photos	207
GOHS, L.: On the use of sun glitter in APT satellite images for investigations of the sea surface	220
GLASSER, C.: Terrestrial multispectral photography - a method of exploration and documentation for geosciences	229
KROITZSCH, V.: Photographic image processing of recordings of the space remote sensing systems KFA-1000 and SPOT	237
KRAMER, J.: Mapping and revision using satellite photographs	238
GILLESSEN, W.; SCHMIDT, R.: Updating of topographic maps by means of analogous and digital methods	249
BENEDICT, E.; KRÖNERT, R.: Application of remote sensing data for a national atlas	257

## Part II

### TECHNOLOGIES OF GEOINFORMATICS INCL. DIGITAL IMAGE PROCESSING AND INFORMATION SYSTEMS

PIETSCHNER, J.: Devices and methods for photogrammetric collection of territorial data	266
--	-----

MARK, R.-P.: Data collection for Geographical Information Systems using photogrammetric devices made by the Kombinat VEB Carl Zeiss JENA	274
KISELEV, V.V. et al.: Photomap as part of a geoinformation system	284
KOVALEVSKI, W.: Cell lists and possibilities for application in geoinformation systems	300
SCHNEIDER, M.: Storing of spatial data in a basic vector concept	321
HARNISCH, G.: Basic operations for analysis and search of files in a GIS	330
MARGRAF, O.: Mesh-based data processing for a Geographical Information System	331
WILHELMI, W.; SAEDLER, J.: Parallel image processing	345
HEUCHEL, T.: Production of orthophotos using digital image processing	346
HANKE, P.; HAGER, A.: Image processing for automatic cartographic solutions using the example of mapping of the shallow water shelf	354
FRANZKE, H. J. et al.: Application of digital image processing techniques for confirmation of geological structures of the Harz Mts.	362
USBECK, B.: Acquisition of geocological information about residential quarters by image processing of scanned airphotos	363
HOPFNER, J.: Digital relief representation	375
BOHM, R.: Geomorphological processing of relief models	389
NEUMANN, J.: The digital terrain model and its application in a geoinformation system	399
WALDENBURGER, H.; FROTSCHER, W.: Collection of urban open space data for a data base on environmental control	411
BONAU, U.: Improvement of soil-moisture interpretation using aerial-photographs	422
RAASCH, I.: Problems of development of expert systems for Earth sciences	433
LICHTNER, W.: Knowledge-based cartographic pattern recognition	439



EICHHORN, R.; HENGELHAUPT, U.: An example for a PROLOG-assisted naturally linguistic geoinformation system 440

SPICHAK, V.V: Interpretation of electromagnetic sounding data of the Earth using a bank of models 441

RELATIONS BETWEEN REMOTE SENSING, GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS AND AUTOMATION IN CARTOGRAPHY

WIRTH, H.: On relations between digital cartography and geoinformatics 452

DONNER, R.: A model for the integration of remote sensing data in computer-aided information systems 453

KARPUCHIN, S.S.; KEL'NER, JU.G.; SUSCHENJA, V.A.: Complex thematic mapping of natural resources using spaceborne imagery - the basis for the creation of information systems 467

BALINT, G.; FEKETE, B.: A special geographical information system of aerial distributed data for hydrological purposes and catchment models 473

MARKUS, B.; MOLNAR, T.: A geographical information system for amelioration 483

BRULKE, B.: Classification examples of spatial information 498

OLUNCZEK, U.; WOLOCZENKO, A.: Image and map. Syntactical aspects 504

GARELIK, I.S. et al.: A methodology for an optimal coding of cartographic information for the investigation of land-use changes by means of an image processing system 505

С о д е р ж а н и е

## Часть I

	<u>Стр.</u>
Предисловие	14
МАРЕК К.-Х. : О современном состоянии и направлениях развития дистанционного зондирования	16
КИЕНКО Ю.П. : Советская система дистанционного зондирования Земли и геоинформатика	34
 <u>ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ - МЕТОД ДЛЯ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ</u>	
ПЛИШКЕ Ф. : Влияние угловых колебаний самолетов на данные изображений электронных систем регистрации	45
ШИМДТ Т. ; СЕЙФЕРТ Т. : Надежность многолучевых для географической привязки сканерных изображений	64
ПРОСС Е. : Определение поправочных функций для уменьшения геометрических искажений на космических фото-снимках	72
ПРОСС Е. : Способ цифрового преобразования для исправления искажений плоскостей	78
ХАЙНДЛ М. : Редукция размерности мультиспектральных космических данных изображений	85
КАДЕН К. : Подход к анализу процесса с помощью многовременного дешифрирования данных дистанционного зондирования	97
ШИМДТ К. ; СТОЙЕ Х. : Текстурные параметры для различения городских геосистем	99
ШИМДТ И. ; ГРОССЕР Б. : Термическое поведение городских структур землепользования - результаты эксперимента "ГЕОЭКС-86"	109
ВИЛЬВОКК Г. : Применение методов ДЗЗ для первой инвентаризации структуры ландшафта в НДР Йемен	119
ВЕЙХСЕЛТ Х. ; БАРШ Х. : Результаты и опыт ИНТЕРКОСМОС-экспериментов для изучения динамики геосистем	126
ТОТ К. ; БУТТНЕР Г. : Результаты SPOT-PEPS - программы в сельском хозяйстве ВНР	145
ВЕЙСЕ К. ; БЕРЕНС Ю. : Использование методов ДЗЗ для информационно-справочных систем в растениеводстве	152

ПЕЛЫЦ Е. : Уровень и направления использования данных дистанционного зондирования для инвентаризации повреждений лесов	163
БАРИ Х. ; КАДЕН К. ; ВЕЙХЕЛЬТ Х. ; ХЕРР В. ; ШРЁДЕР Е. : Раннее выявление повреждений лесных массивов на основе данных дистанционного зондирования	173
ВОЙГТ Т. : Применение ДЗЗ для наблюдения динамических процессов в прибрежной зоне	181
ФРИДЛЕЙН Г. : Атлас по дешифрированию снимков МСС "Фрагмент". Вопросы редактирования	189
БАРАНОВСКА Т. : Оценка качества воды комплекса озёр на основе анализа многоспектральных цифровых космических снимков	194
МИТТЕНДВЕЙ К.-Х. ; ГИТЕЛЬСОН А.А. : Эксперименты с борта судна для развития алгоритмов дистанционного зондирования в целях определения хлорофилла-а в поверхностных водах	195
ВОЙГТ Т. : Исследования возможности оценки глубины вод при помощи определения параметров поверхностных волн в аэроснимках	207
ГОС Л. : Об использовании солнечного блика в ИСЗ-изображениях (АПТ) для исследования морской поверхности	220
ГЛЭССЕР К. : Наземная мультиспектральная фотография - метод разведки и документации для геонаук	229
КРОЙТЧ В. : Фотографическая обработка снимков космических систем дистанционного зондирования КФА-1000 и SPOT	237
КРЭМЕР Е. : Изготовление и обновление карт на основе спутниковых снимков	238
ГИЛЛЕССЕН В. ; ШМИДТ Р. : Обновление топографических карт при помощи аналоговых и цифровых методов	249
БЕНЕДИКТ Е. ; КРЁНЕРТ Р. : Возможности использования данных дистанционного зондирования для национального атласа	257

## Часть II

ТЕХНОЛОГИИ ГЕОИНФОРМАТИКИ, ВКЛЮЧАЯ ЦИФРОВУЮ ОБРАБОТКУ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

ПИЧНЕР Е. : Приборы и способы для фотограмметрического сбора территориальной информации	266
---	-----

МАРК Р.-П. : Сбор данных для географических информационных систем при помощи фотограмметрических приборов комбината Карл Цейсс Йена	274
КИСЕЛЁВ В.В. ; МЕНЬШИК А.Е. ; НОВИК А.И. ; СОЛОМАТИН В. ; ДЫНКИН А.М. ; КАРПУХИН С. : Фотокарта как часть геоинформационной системы	284
КОВАЛЕВСКИЙ В. : Клеточные списки и возможности их применения в геоинформационных системах	300
ШНЕЙДЕР М. : Накопление пространственной информации, основанное на концепции базовых векторов	321
ХАРНИШ Г. : Основные функции для анализа и поиска данных в геоинформационной системе	330
МАРГРАФ О. : Обработка данных в рамках географической информационной системы на основе регулярной сети ячеек	331
ВИЛЬХЕЛЬМИ В. ; САЙДЛЕР Е. : Параллельная реализация задач обработки изображений	345
ХОЙХЕЛ Т. : Производство ортофотографий с помощью цифровой обработки снимков	346
ХАНКЕ П. ; ХАГЕР А. : Использование цифровой обработки изображений для автоматических картографических решений на примере картографирования мелководного шельфа	354
ФРАНЦЕ Х.Е. ; БАНКВИЦ Е. ; БАНКВИЦ П. ; ХАРНИШ Г. ; ШИЛЬБАХ Г. : Использование цифровых средств обработки изображений для установления геологических структур в районе Гарца	362
УСБЕК Б. : Получение геоэкологической информации о жилых кварталах методом цифровой обработки сканированных аэроснимков	363
ХЕНФНЕР И. : О цифровом изображении рельефа	375
БЕМ Р. : Геоморфологическая обработка цифровых моделей рельефа	389
НЕЙМАНН И. : Цифровая модель рельефа и ее применение в геоинформационной системе	399
ВАЛЬДЕНБУРГЕР Х. ; ФРОТШЕР В. : Сбор городских незастроенных ареалов для банка данных по проблематике контроля окружающей среды	411
БОНАУ У. : Улучшенная интерпретация влажностояния почв при помощи аэрофотоснимков	422

РААШ И. : Проблемы развития экспертных систем для наук о Земле	433
ЛИХТНЕР В. : Распознавание картографических образов, основанное на знании	439
ЕЙХХОРН Р. ; ХЕНГЕЛЬХАУПТ У. : Пример естественно-языковой геоинформационной системы на базе PROLOG	440
СПИЧАК В.В. : Интерпретация данных электромагнитного зондирования Земли с помощью банка моделей	441
 <u>СВЯЗЬ МЕЖДУ ДИСТАНЦИОННЫМ ЗОНДИРОВАНИЕМ ЗЕМЛИ, ГЕОИНФОРМАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ И АВТОМАТИЗАЦИЕЙ КАРТОГРАФИИ</u>	
ВИРТ Х. : О связи цифровой картографии и геоинформатики	452
ДОННЕР Р. : Модель интеграции информации дистанционного зондирования в информационных системах на базе ЭВМ	453
КАРБУХИН С.С. ; КЕЛЬНЕР Ю.Г. ; СУШЕНА В.А. : Комплексное тематическое картографирование природных ресурсов при помощи космических снимков - основа для создания информационных систем	467
БАЛИНТ Г. ; ФЕКЕТЕ Б. : Специализированная географическая информационная система в гидрологии и модели водосборов с распределенными параметрами	473
МАРКУС Б. ; МОЛНАР Т. : Географическая информационная система для водоотводных задач	483
БРЮЛКЕ Б. : Примеры классификации пространственной информации	498
ОЛУНЧЕК У. ; ВОЛОДЧЕНКО А. : Изображение и карта. Синтаксические аспекты	504
ГАРЕЛИК И.С. ; МАРГРАФ О. ; ЦВЕТКОВ Д.Г. : Методика оптимального кодирования картографической информации для изучения динамики землепользования при помощи системы обработки изображений	505

## V o r w o r t

In den letzten Jahren wird die Fernerkundung der Erde in zunehmendem Maße als Bestandteil der Geoinformatik betrachtet - einer sich formierenden neuen Wissenschaftsdisziplin, welche die Sammlung, Verarbeitung, Speicherung und Abbildung großer raumbezogener Datenbestände sowie weitere informationelle Phänomene in den Geowissenschaften zum Inhalt hat. Als effektive Methode zur Gewinnung und Ableitung von Geoinformationen mit aerokosmischen Mitteln trägt die Fernerkundung zur Entwicklung und Nutzung von Geoinformationssystemen (GIS) für die komplexe Datenintegration und -interpretation und von automatischen kartographischen Systemlösungen für die operative Ergebnisdarstellung in graphischen Karten oder digitalen Modellen bei. Auf diese Weise verkörpert die Fernerkundung die immer enger werdende Kopplung zwischen Weltraumforschung und Informatik.

Diese moderne Betrachtungsweise der Fernerkundung, speziell ihre Beziehungen zur Automatisierung der Kartographie und zu den weltraumgestützten geowissenschaftlichen Informationstechnologien mit ihrer logischen Integration in GIS, war Gegenstand der 5. Wissenschaftlichen Konferenz der Reihe

### **"Stand und Entwicklungstendenzen der Fernerkundung".**

Diese Veranstaltungsreihe hat seit längerem ihren festen Platz im wissenschaftlichen Leben und bei der Umsetzung der Fernerkundungstechnologie in der gesellschaftlichen Praxis unseres Landes.

Die vom Zentralinstitut für Physik der Erde der AdW der DDR organisierte 5. DDR-Fernerkundungskonferenz war der Thematik

### **"Fernerkundung und Geoinformatik"**

gewidmet. Sie fand vom 20. bis 24. Juni 1988 in den Städtischen Museen Karl-Marx-Stadt statt. An ihr nahmen mehr als 130 Fachleute aus 37 wissenschaftlichen Institutionen, Kombinatbetrieben und staatlichen Einrichtungen der DDR sowie insgesamt 16 ausländische Wissenschaftler aus der BRD, ČSSR, aus Polen, der UdSSR und Ungarn teil. Zur Eröffnungssitzung waren der Sekretär für Wissenschaft und Technik der SED-Bezirksleitung Karl-Marx-Stadt, Genosse Dr. H. Weiske, und der Stellvertreter des Oberbürgermeisters, Genosse Trep-  
tau, anwesend.

Mit der Veranstaltung wurde gleichzeitig der 10. Jahrestag des 1. gemeinsamen UdSSR/DDR-Weltraumfluges gewürdigt, der bekanntlich auch zur Weiterentwicklung der Fernerkundung in der DDR und in anderen sozialistischen Ländern beigetragen hatte.

Die insgesamt 64 vorgelegten wissenschaftlichen Beiträge waren der Darstellung von Entwicklungstrends und der Herausarbeitung künftiger Arbeitsschwerpunkte für Forschung und Praxis in folgenden Themenkomplexen gewidmet:

1. Fernerkundung - Methode zur Datengewinnung und -verarbeitung
2. Geoinformatik-Technologien einschl. digitale Bildverarbeitung und Informationssysteme
3. Beziehungen zwischen Fernerkundung, GIS und Automatisierung der Kartographie.

Insgesamt orientierte die 5. DDR-Fernerkundungskonferenz auf

- die in den letzten Jahren erfolgte Entwicklung und die perspektivische Nutzenanwendung der sog. integrierten Technologien, die neben der notwendigen Kombination unterschiedlicher Daten und Informationen auch die Kopplung bzw. Verflechtung von Fernerkundungs-, Bildverarbeitungs-, photogrammetrisch-kartographischen, Datenbank- u. a. Informatik-Technologien einschließt, und
- die funktionelle (logische) Integration dieser Informatik-Aspekte mit den fachspezifischen Nutzungsaspekten in den Geowissenschaften und speziell in der Kartographie.

Diese Tatsache wurde als das besondere Charakteristikum der Geoinformatik herausgearbeitet, auf dem künftig in wesentlichem Maße die Weiterentwicklung der Fernerkundung erfolgen wird.

Der vorliegende Band enthält die von den Vortragenden eingereichten Beiträge zu dieser Konferenz. Es ist vorgesehen, die 6. DDR-Fernerkundungskonferenz mit internationaler Beteiligung im Jahre 1991 durchzuführen.

K.-H. Marek  
Tagungsleiter

## Zu Stand und Entwicklungstendenzen der Fernerkundung

K.-H. MAREK

Akademie der Wissenschaften der DDR  
Zentralinstitut für Physik der Erde, Potsdam

### Zusammenfassung

Seit der 4. DDR-Fernerkundungskonferenz 1986 hat die Fernerkundungstechnologie eine weitere Entwicklung erfahren, insbesondere durch den erfolgreichen Einsatz der ersten Fernerkundungssysteme der 2. Generation. Der Vergleich des potentiellen (statistischen) Informationsgehalts verschiedener hochauflösender Fernerkundungssysteme zeigt die dominierende Rolle des neuen sowjetischen photographischen Systems KFA-1000. Die Auswertung und Nutzung von Fernerkundungsdaten ist in der Zukunft durch integrierte Technologien gekennzeichnet. Die Fernerkundung wird in zunehmendem Maße als Bestandteil der Geoinformatik angesehen.

### Summary

Since the 4th Remote Sensing Conference of the GDR in 1986 the remote sensing technique has been under further development especially due to the successful operation of the 2nd generation systems. The comparison of the potential (statistical) information content of several high resolution remote sensing systems shows the predominate position of the Soviet photographic system KFA-1000. In the future the analysis and use of remote sensing data are characterized by integrated techniques. The development of remote sensing will take place as an accepted part of geoinformatics.

### Резюме

Со времени проведения 4-ой Национальной конференции ГДР по дистанционному зондированию Земли /ДЗЗ/ технология ДЗЗ получила



дальнейшее развитие, в частности в связи с успешной эксплуатацией первых систем 2-го поколения. Сравнение статистического информационного потенциала различных высокоразрешающих систем ДЗЗ выявило доминирующую роль новой советской фотографической системы КФА-1000. Обработка и использование данных ДЗЗ будут характеризоваться в будущем так называемой интегрированной технологией. ДЗЗ рассматривается как отрасль геоинформатики.

#### 1. 10 Jahre nach dem 1. UdSSR/DDR-Weltraumflug

Die 5. DDR-Fernerkundungskonferenz findet im Jahre der 10. Wiederkehr des 1. gemeinsamen UdSSR/DDR-Weltraumfluges statt. Dieser Flug hatte bekanntlich - neben einer Reihe interessanter Ergebnisse in anderen Forschungsrichtungen - auch einen wesentlichen Beitrag zur Weiterentwicklung der Fernerkundung geleistet: die Technologie der von bemannten Weltraumstationen ausgeführten Multi-spektralphotographie der Erdoberfläche wurde weiter vervollkommen, und mit dem Experiment "Biosphäre" wurde das Verfahren der visuell-instrumentellen Erderkundung auf eine wissenschaftliche Basis gestellt und in die Routinepraxis der Aktivitäten an Bord der sowjetischen Raumstationen eingeführt. Dieses Fernerkundungsverfahren, das sich durch operative Dateninterpretation mit gleichzeitiger photographischer Dokumentation auszeichnet, wurde in der Folgezeit von einer ganzen Reihe weiterer Kosmonautenbesetzungen für die Erkundung ihrer Territorien angewendet und hat als Ergänzung zur Datengewinnung, die von automatischen Plattformen aus erfolgt, seine Bedeutung für die Überwachung und Kontrolle zeitkritischer Prozesse bis zur Gegenwart behalten. Die zur Bewertung dieses Verfahrens entwickelte Methode der Ableitung des potentiellen Informationsgehalts von Fernerkundungsdaten [1] wird ebenfalls noch heute mit Erfolg angewendet.

## 2. Zum Entwicklungsstand der Fernerkundungstechnologie in der DDR

Seit der 4. DDR-Fernerkundungskonferenz im Jahre 1986 hat sich die Fernerkundung bezüglich der Datengewinnung und -nutzung weltweit mit Erfolg weiter entwickelt. Die auf dieser Konferenz (s. [2]) getroffene Einschätzung, daß Ende der 80er/Anfang der 90er Jahre die Experimentalphase der aerokosmischen Fernerkundung abgeschlossen und mit der Routinenutzung dieser Technologie - speziell auf der Basis optischer Aufnahmesysteme - in größerem Umfang begonnen wird, kann auf Grund der erreichten technischen Fortschritte und von organisatorisch-administrativen Entwicklungen aus heutiger Sicht als realisierbar angesehen werden. Diese neue Phase der Fernerkundung ist zwangsläufig verbunden mit neuen Aufgabenstellungen an die Grundlagen- und angewandte Forschung, insbesondere zur vollen Ausschöpfung des Informationsgehalts der Daten, zur Entwicklung radiophysikalischer Aufnahmesysteme, automatischer Auswert- und Nutzungstechnologien u. a.

Von den seit der 4. Fernerkundungskonferenz erreichten Entwicklungsfortschritten sollen die folgenden besonders hervorgehoben werden:

- a) Mit der im Vorjahr erfolgten Einrichtung des Außenhandelsunternehmens SOJUSKARTA wurde - nach den USA und Frankreich - auch in der UdSSR der Weg zur routinemäßigen kommerziellen Nutzung von Weltraumdaten und daraus abgeleiteter kartographischer Produkte beschritten. In den meisten Ländern sind eigene (nationale) flugzeuggestützte Fernerkundungssysteme in Betrieb.
- b) Die ersten Fernerkundungssysteme der 2. Generation
  - das photographische System KFA-1000 auf den sowjetischen automatischen Satelliten der KOSMOS-Serie und
  - das Scannersystem SPOT

sind wirksam geworden und haben die an sie gestellten Erwartungen in vollem Umfange erfüllt. Die technischen Daten dieser Systeme sind in Tab. 1 denen der anderen hochauflösenden Fernerkundungssysteme gegenübergestellt. Der Informationsgehalt der Daten aus diesen Systemen wird im Abschnitt 3. näher betrachtet.

Tab. 1. Hochauflösende kosmische Fernerkundungssysteme

	1. Generation			2. Generation			
	MKF-6	MC	LFC	SPOT		KFA-1000	
Betriebsart	kontinuierl. seit 1976	einmalig	einmalig	ständig seit 1986		kontinuierlich seit 1985	
	MS	PA	PA	MS	PA	SZ	PA
Spektralbereiche (nm)	460-500 520-560 580-620 640-680 700-740 790-890		400-900	500-590 610-680 790-890	510-730	570-670 670-800	500-700
Bildformat (mm x mm)	55x81	230x230	230x455			300x300	
Flughöhe (km)	250-350	240-250	225-352	832		200-260	
M	2 000 000 - 2 800 000	770 000- 840 000	735000- 1150000			200 000 - 260 000	
Aufnahmegebiet (km x km)	140x160 150x225	185x185	170x335 260x525	60x60		60 x 60 80 x 80	
Bodenauf- lösung (m)	10 - 15	10 - 20	10 - 15	40 <sup>1)</sup>	20 <sup>1)</sup>	10	5

MS - multispektral

PA - einkanalig (panchromatisch)

SZ - Zweischichtenfilm (spektrozonal)

l:M - Bildmaßstab

1) äquivalente (hypothetische) photographische Auflösung =  $2.0 \times \text{Pixelgröße}$  [3]

In einigen Einrichtungen der DDR liegen bereits praktische Erfahrungen im Umgang mit dieser neuen Generation von Fernerkundungsaufnahmen vor. Kosmische KFA-1000-Photos stehen flächendeckend für das gesamte DDR-Territorium zur Verfügung. Nutzungstechnologien zur Herstellung und Laufendhaltung topographischer Karten sowie zur Bereitstellung neuer kartographischer Erzeugnisse sind im staatlichen Kartenwesen unseres Landes in Entwicklung. Die ersten experimentellen Erfahrungen der Auswertung und Nutzung von SPOT-Daten am Zen-

tralinstitut für Physik der Erde (ZIPE) bestätigen - auch im Vergleich zu den MKF-6-Photos - deren gute Eignung für die Klassifizierung von Flächennutzungseinheiten (Abb. 1).

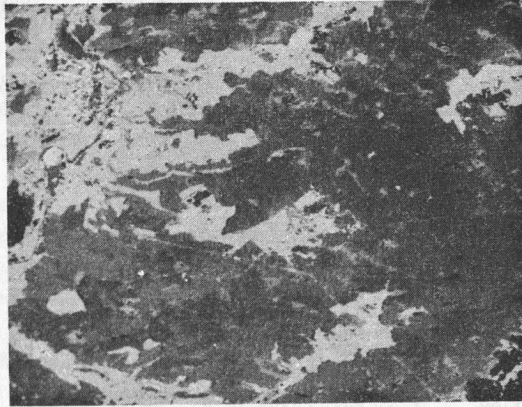


Abb. 1. Multispektrale Klassifizierung eines etwa 10 x 15 km<sup>2</sup> großen Ausschnitts einer SPOT-Szene (Stadt Kahla, Bezirk Gera und Umgebung)

Die durchgeführten Hauptkomponententransformationen lassen erkennen, daß nahezu die gesamte Bildinformation in 2 Hauptkomponenten enthalten ist. Die Korrelation zwischen 1. und 2. Kanal der analysierten SPOT-Szene beträgt 0.97 [4].

- c) In einer Reihe volkswirtschaftlicher und anderer gesellschaftlicher Bereiche hat sich die Erkenntnis gefestigt, daß die Entwicklung moderner Informationstechnologien, insbesondere bei der Lösung von territorialen, Umwelt- und Ressourcenproblemen, ohne Nutzung der weltraumgestützten Fernerkundungsverfahren nicht mehr effektiv ist. Mit der Automatisierung solcher Informationsprozesse zeichnen sich tiefgreifende Veränderungen der Arbeitsmethoden im Kartenwesen, in Geographie, Territorial-

planung, Umweltüberwachung und in anderen Bereichen ab. Die Fernerkundung wird in diesen Bereichen unverzichtbarer Bestandteil der Daten- und Informationsgewinnung. Insgesamt wird sie in zunehmendem Maße als Bestandteil der Geoinformatik betrachtet, die zur Entwicklung und Nutzung von Geoinformationssystemen (GIS) für die komplexe Datenintegration und -interpretation und von automatischen kartographischen Systemlösungen (AKS) für die aktuelle Ergebnisdarstellung in graphischen Karten und digitalen Modellen beiträgt [2].

- d) Die internationale Wirksamkeit der DDR-Fernerkundung ist in den letzten Jahren weiter gewachsen. Beispiele dafür sind
- die Wahrnehmung der Leitungsfunktion der Interkommissions-Arbeitsgruppe "Space Photography" (Chairman: Prof. K. Szangolies) der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (ISPRS). Diese Arbeitsgruppe richtete im September 1987 in Leipzig die bisher repräsentativste wissenschaftliche Veranstaltung auf dem Gebiet der Fernerkundung in der DDR aus. An dieser nahmen die Mitglieder des ISPRS-Council sowie international führende Wissenschaftler aus Brasilien, BRD, ČSSR, Großbritannien, Italien, Kanada, Österreich, Polen, Schweden, UdSSR und USA teil;
  - die Durchführung des 1. Trainingskurses der UNO zur Anwendung der Fernerkundung in den geologischen Wissenschaften für Teilnehmer aus 13 Entwicklungsländern im November 1987 in Dresden. Dieser Trainingskurs wurde gemeinsam vom ZIPE und der Technischen Universität Dresden mit Lektoren aus mehreren DDR-Einrichtungen sowie aus der UdSSR, ČSSR und VRP veranstaltet.

### 3. Vergleich des Informationsgehalts moderner kosmischer Fernerkundungssysteme

Von besonderem Interesse für die Nutzungsbewertung der neuen Fernerkundungssysteme der 2. Generation ist ein Vergleich ihres Informationsgehalts mit denjenigen Fernerkundungssystemen, die bisher über die höchsten Auflösungsparameter verfügten: MKF-6, Metric Camera (MC) und LFC.

Abschätzungen und Bewertungen des Informationsgehalts von Fernerkundungsdaten wurden bisher weltweit in großem Umfang mit einer Vielzahl einzelner Aufnahmen durchgeführt. Exakte Vergleiche der Systeme untereinander setzen jedoch Aufnahmen vom gleichen Gebiet, erhalten bei vergleichbaren Aufnahmebedingungen (Atmosphärenzustand, Beleuchtungsbedingungen, Aufnahmezeitpunkt), voraus. In der internationalen Praxis sind solche Vergleichstests bisher nicht bekannt geworden. Diese Aufgabenstellung ist offensichtlich auch Gegenstand der Vorhaben der bereits erwähnten Arbeitsgruppe "Space Photography" während des in den nächsten Tagen beginnenden XVI. Weltkongresses der ISPRS in Kyoto/Japan. Solange die für einen solchen Vergleich erforderlichen Synchronaufnahmen nicht vorliegen, bietet sich als Alternative an, die verschiedenen Aufnahmen auf der Grundlage des sog. "potentiellen" statistischen Informationsgehalts zu analysieren, der durch die Sensor- und Bahndaten bestimmt und nach den Regeln der klassischen Informationstheorie als mittlere Entropie (ausgedrückt in Bit) berechnet wird [1], [5]. Danach gilt für den Informationsgehalt von Fernerkundungsaufnahmen

$$H = H_R + H_S + H_T \quad (1)$$

mit dem

$$\left. \begin{array}{l} \text{geometrischen Informationsgehalt} \quad H_R = \log_2 \sum_{i=1}^K N_i \\ \text{spektralen Informationsgehalt} \quad H_S = \log_2 \sum_{i=1}^K n_i \\ \text{temporalen Informationsgehalt} \quad H_T = \log_2 \frac{P}{t} \end{array} \right\} (2)$$

Dabei bedeuten

N - Anzahl der Bildelemente (Pixel) pro Szene

K - Anzahl der Spektralbereiche

n - spektrale Auflösung in Bit/Kanal

P - Gesamtanzahl der Aufnahmen

t - Operationszeitraum (Jahre).

Für die einzelnen Fernerkundungssysteme ergeben sich die in Tab.2 angegebenen Parameter. Dabei wurde zum besseren Vergleich der Sensorqualitäten eine Normierung des "absoluten" Informationspotentials auf die gleiche Größe des Aufnahmegebietes, eine Einzelauf-

nahme ( $K = 1$ ), die Anzahl der signifikanten Hauptkomponenten und auf einen Operationszeitraum von 1 Jahr durchgeführt und zusätzlich der auf diese Weise abgeleitete "relative" Informationsgehalt mit angegeben.

Tab. 2. Systemcharakteristiken

	MKF-6	MC	LFC	SPOT		KFA-1000	
				MS	PA	SZ	PA
Geometrische Auflösung (m)	10-15	10-20	10-15	40 <sup>1)</sup>	20 <sup>1)</sup>	10	5
Äquivalente Pixelgröße ( $\mu\text{m}$ )	2,5	9	6,5			22	11
Absolute Datenmenge N ( $10^6$ )	3200	610	2400	27	36	390	780
Relative Datenmenge ( $10^6$ )	64	45	64	6	25	100	400
n (Bit/Kanal)	8	8	8	6	8	8	8
Anzahl signifikanter Hauptkomponenten	3	1	1	2	1	2	1
t	$\approx 4$	0,03	0,03	2		$\approx 2$	
P	$\approx 30000$	1019	2200	$\approx 350000$		$\approx 10000$	

( $\approx$  geschätzte Werte)

1) vgl. Tab. 1

Eine anschauliche vergleichende Bewertung der Systeme bezüglich des besonders für kartographische Belange interessierenden geometrischen Informationsgehalts ist mit Abb. 2 möglich. In den absoluten Datenmengen widerspiegelt sich u. a. der Sachverhalt, daß die im Pkt. 2 erfolgte Zuordnung der Fernerkundungssysteme zur 1. und 2. Generation nicht willkürlich erfolgt ist, sondern ihr die geometrische Komponente des Informationsgehalts zugrunde liegt. Aus Abb. 2 lassen sich die in Tab. 3 angegebenen Relationen und damit eine Rang- und Reihenfolge der hochauflösenden Fernerkundungssysteme ableiten.

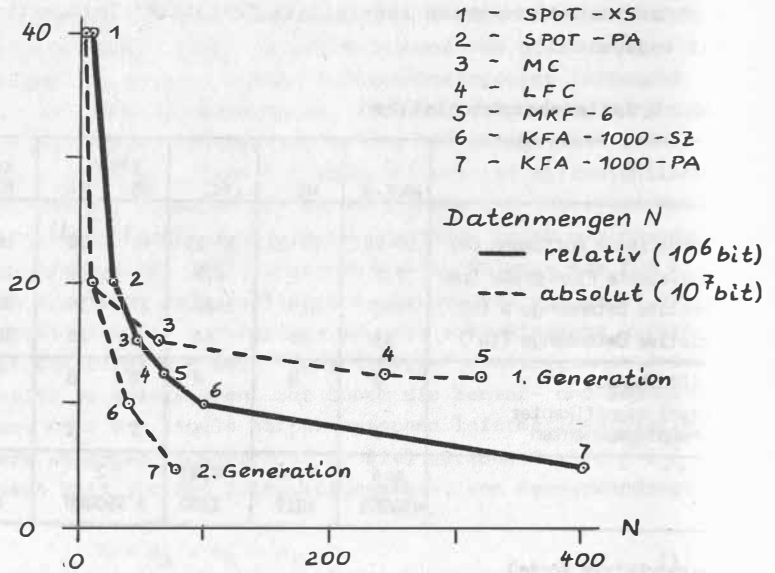


Abb. 2. Geländeauflösung und Datenmengen von hochauflösenden Fernerkundungssystemen

Tab. 3. Proportionalitätskennziffern der Fernerkundungssysteme nach ihrem geometrischen Informationsgehalt

	Bodenauflösung	relat. Datenmengen
KFA-1000-PA	1	64
KFA-1000-SZ	2	16
LFC, MKF-6, MC	3	8
SPOT-PA	4	4
SPOT-MS	8	1



Die Ergebnisse der Abschätzungen entspr. Formel (1) und (2) zeigt Abb. 3.

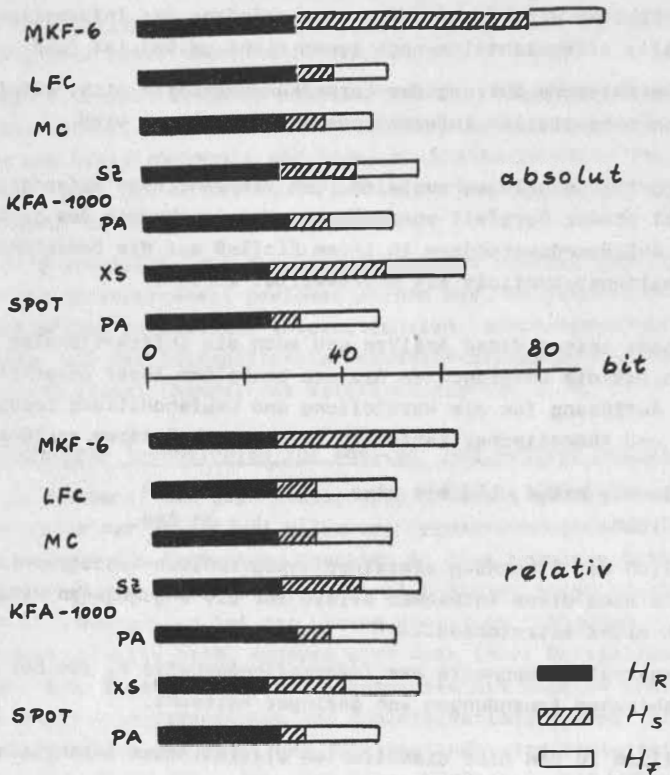


Abb. 3. Potentieller Informationsgehalt verschiedener Fernerkundungssysteme

Auch hier bestätigt sich quantitativ die erwartete Überlegenheit der Mehrkanalsysteme gegenüber den Einkanalsystemen. Die MS-Information prägt damit offensichtlich insgesamt die Potenz eines Fernerkundungssystems in stärkerem Maße als eine hohe geo-

metrische Auflösung. In diesem Zusammenhang muß festgestellt werden, daß sich die MS-Aufnahmen in der Praxis trotz dieses hohen potentiellen Informationsgehalts gegenüber den Einkanal-aufnahmen doch nicht in einem solchen Umfange überlegen gezeigt haben, wie das von vielen Spezialisten anfangs erwartet wurde. Dieser Widerspruch zeigt, daß

- das Problem der vollständigen Ausschöpfung des Informationsgehalts offensichtlich noch immer nicht gelöst ist und
- die praktische Nutzung der Fernerkundungsdaten nicht allein von ihrem potentiellen Informationsgehalt bestimmt wird.

Die Ergebnisse belegen zugleich, daß die zahllosen aufwendigen und mit großer Sorgfalt ausgeführten Untersuchungen des geometrischen Auflösungsvermögens in ihrem Einfluß auf die Bewertung des Informationspotentials oft überbewertet werden.

Insgesamt zeigen diese Analyse und auch die internationalen Erfahrungen, daß die untersuchten Systeme bezüglich ihrer geometrischen Auflösung für die Herstellung und Laufendhaltung topographischer und thematischer Karten in folgenden Maßstäben geeignet sind:

- SPOT, MC, MKF-6, LFC bis etwa           1 : 50 000
- KFA-1000                                   1 : 25 000.

Bezüglich der Erkennung einzelner topographisch-kartographischer Objekte sind diese Aufnahmen allein für die angegebenen Maßstäbe jedoch nicht ausreichend.

Die temporale Komponente des Informationsgehalts  $H_T$  ist bei kartographischen Anwendungen von geringer Relevanz.

Zusätzlich zu den hier diskutierten statistischen Abschätzungen wurde am ZIPE der sog. "aktuelle" Informationsgehalt an Hand realer, vom DDR-Territorium verfügbarer einzelner Aufnahmen der o. g. Systeme bewertet [4]. Damit konnten die statistisch ermittelten Ergebnisse auch praktisch überprüft werden.

#### 4. Aspekte der Analyse und Nutzung der Fernerkundungsdaten

##### 4.1. Aufgaben

Die Analyse internationaler Arbeiten zeigt, daß mit Hilfe von Fernerkundungsdaten mit hoher Effektivität lösbar sind

- a) lokale und regionale Problemstellungen (Naturressourceninventarisierung und -erkundung, Umweltüberwachung), die im allgemeinen im nationalen Rahmen und im Interesse einzelner gesellschaftlicher Nutzerbereiche bearbeitet werden, und
- b) globale Probleme (Diagnose atmosphärischer, biogeochemischer, geodynamischer, neotektonischer Prozesse, Veränderungen von Klima und Energiehaushalt der Erde, Wechselbeziehungen Mensch-Natur u. a.), die in der Regel den Gegenstand internationaler komplexer Forschungsprogramme bilden.

Es ist offensichtlich, daß dem 2. Problemkreis künftig auch in der DDR größere Aufmerksamkeit gewidmet werden muß, um gezielt Beiträge für solche bedeutenden internationalen Forschungsvorhaben zu leisten, wie das Internationale Geosphäre-Biosphäre-Programm, das Programm Global Change, das Weltklimaprogramm u. a.

##### 4.2. Integrierte Technologien zur Analyse und Nutzung der Daten

Es ist gut bekannt, daß gegenwärtig kein größeres geowissenschaftliches Problem nur allein mit Hilfe von Fernerkundungsdaten lösbar ist und daß die Fernerkundungsdaten in eine komplexe Datenanalyse einzubeziehen sind. Dabei hat sich bisher meist gezeigt, daß Fernerkundungsdaten bei der Lösung einzelner Phänomene nicht ausreichend effektiv sind, sondern erst nach ihrer Darstellung in Karten bzw. ihrer Integration - gemeinsam mit anderen raumbezogenen Daten - in Datenbanken und Geoinformationssysteme. Eine solche Integration der Daten und Informationen wird begleitet von einer zunehmenden Verflechtung von Fernerkundungs-, Bildverarbeitungs-, photogrammetrisch-kartographischen, Datenbank- u. a. Informatiktechnologien. Diese Kombination und Kopplung der Daten bzw. Informationen und der Technologien ist die Voraussetzung für eine effektive Beherrschung komplizierter raumbezogener Erkundungs-, Planungs- und Entscheidungsprozesse und damit für die Entwicklung sog. integrierter Technologien in den verschiedenen gesellschaftlichen Nutzerbereichen, z. B. bei der Ressourcenver-

waltung und -nutzung, in der Kartographie, bei der Umweltkontrolle, in der Territorialorganisation usw. Bei wiederholten Entscheidungsabläufen gleicher Art ist eine Automatisierung der Prozesse sinnvoll, wie etwa bei der Bilderkennung durch Expertensysteme, die heuristisches Wissen formalisiert verarbeiten können. Bei allen Maßnahmen steht jedoch nicht prinzipiell der Automatisierungsaspekt im Vordergrund (etwa um Arbeitskräfte freizusetzen), sondern der Haupteffekt liegt - sowohl bezüglich der Fernerkundung, als auch der gesamten Informationssysteme - in der integrierenden Wirkung.

Dieser Entwicklungstrend ist in den letzten Jahren zum bestimmten Element der Forschungsarbeiten und der gesamten Fernerkundungstechnologie geworden.

Es ist von prinzipieller Bedeutung, daß bei der Behandlung raumbezogener Sachverhalte nicht nur die Integration der Daten und Technologien, d. h. der Informatik-Aspekte, sondern auch eine funktionelle Integration mit den Nutzungsaspekten, mit den Geowissenschaften, der Kartographie usw. erfolgt. Diese Integrationsaspekte, die mit der Bildung komplexer Daten bzw. Technologien verbunden sind, zeigt Abb. 4.

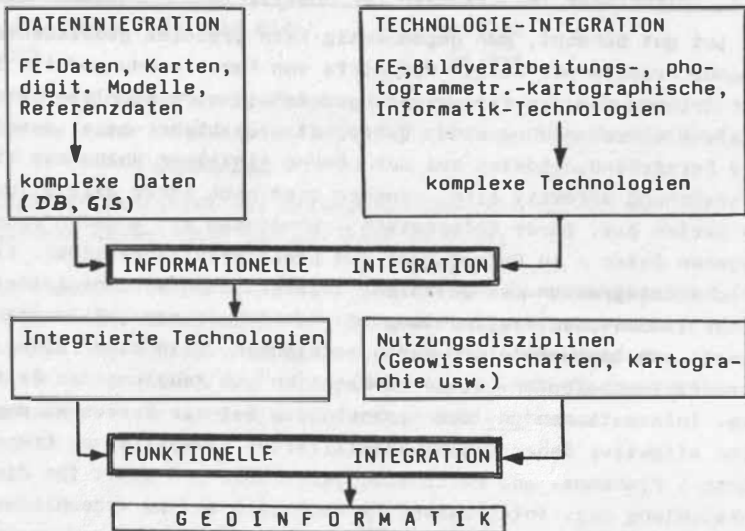


Abb. 4. Integrationsaspekte

Diese Tatsache ist das besondere Charakteristikum der sich entwickelnden Wissenschaftsdisziplin Geoinformatik, die entsprechend [2], [6] die Informationsprozesse in den Geowissenschaften von der Datengewinnung mit Fernerkundungsmethoden über die Datenmanipulation in den Geoinformationssystemen bis zur Informationsbereitstellung durch automatische kartographische Systeme in Form graphischer Karten oder digitaler Modelle beinhaltet.

#### 5. Aspekte der Weiterentwicklung der Fernerkundung

Die Geoinformatik entwickelt sich perspektivisch zu einer entscheidenden Hochtechnologie. Wie bereits im Abschnitt 2. erwähnt, werden im Zusammenhang mit dem bis zum Jahre 2000 erwarteten Masseneinsatz raumbezogener Daten in einigen Bereichen revolutionierende Veränderungen erwartet. Konkrete Beispiele, deren Realisierung in den 90er Jahren angestrebt wird, sind u. a.

- die radikale Umgestaltung der kartographischen Prozesse im Zusammenhang mit der Entwicklung der automatisierten Satellitenkartographie (angestrebt wird hier die Herstellung und Laufendhaltung bis zum Maßstab 1 : 10 000 aus regelmäßigen kosmischen Aufnahmen und vorhandenem Kartenmaterial entspr. Abb. 5 ) und
- die Einführung operativer Monitoring-Systeme zur Überwachung, Analyse und Prognose von Naturressourcen und Umwelt auf der Basis kosmischer Fernerkundungssysteme.

Es versteht sich von selbst, daß zumindest bis zum Erreichen der vollen Wirksamkeit der entsprechenden weltraumgestützten Systeme die nationalen Flugzeugsysteme ihre Bedeutung und Berechtigung bei der Datengewinnung behalten werden.

Aus dem Vorangegangenen folgt, daß die Schwerpunkte der künftigen Entwicklung der Fernerkundung insbesondere durch 3 Richtungen gekennzeichnet sind:

- a) Weiterentwicklung der technischen Mittel und Methoden zur Erhöhung des praktisch nutzbaren Informationsgehalts der Fernerkundungsdaten, insbesondere im IR- und MW-Bereich (hochauflösende Flugzeug- und Satellitenradarsysteme, abbildende Spektrometer, operative Systeme mit hoher Geländeauflösung, au-

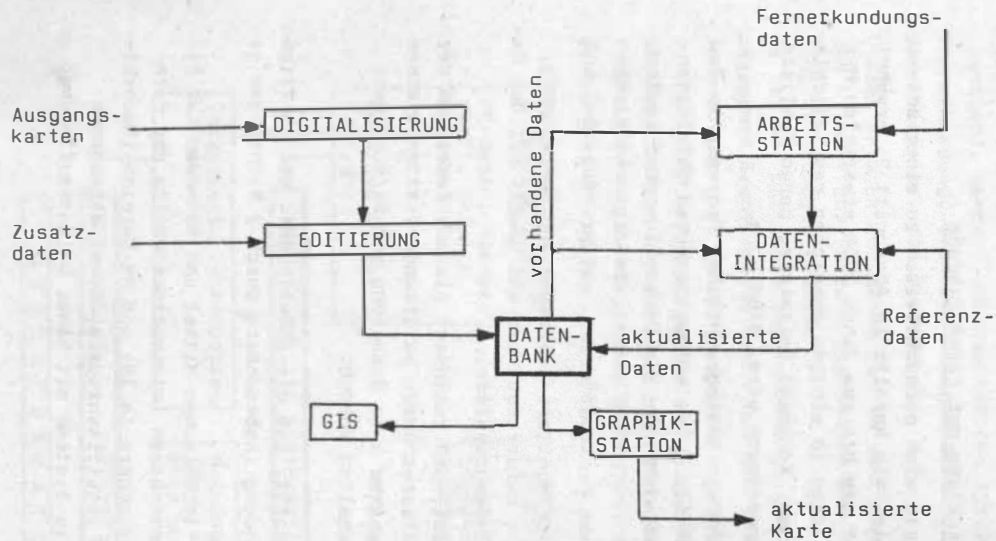


Abb. 5. Schema der digitalen Laufendhaltung von Karten

tomatische An-Bord-Datenbearbeitung u. a.).

Die UdSSR betreibt offensichtlich bis in die 90er Jahre in der experimentellen Nutzung ihre Landerkundungssysteme als photographische Missionen auf KOSMOS-Satelliten und als operative Scannermissionen mit dem Basissystem vom Typ METEOR-PRIRODA (H = 590 km, i = 96<sup>0</sup>) sowie ihre Ozeanerkundungssysteme mit radiophysikalischen Beobachtungsmethoden auf Satelliten vom Typ KOSMOS-1500 (H = 665 km, i = 82<sup>0</sup>,5). Methodische Untersuchungen und Weiterentwicklungen erfolgen mit Hilfe der ständig bemannten MIR-Weltraumstation (H = 300 - 400 km, i = 51<sup>0</sup>,6, Besatzung 2 - 6 Kosmonauten) mit Spezialmodulen und freifliegenden Plattformen.

- b) Entwicklung spezieller Geoinformatik-Technologien zur effektiven Nutzung der Fernerkundungsdaten, darunter
- Analyse und Optimierung der Datenströme (vgl. Abb. 6)
  - Aufbau und Nutzung digitaler Informationssysteme (automatische komplexe Technologien zur Sammlung, Speicherung, Verarbeitung, Interpretation und Darstellung von Geoinformationen)
  - Integration der Fernerkundungsdaten in digitale fachspezifische Datenbasen und Informationssysteme, Ableitung digitaler Modelle und Informationen aus Fernerkundungsdaten
  - komplexe Systeme zur automatischen Herstellung und Laufendhaltung von topographischen und thematischen Karten in mittleren Maßstäben aus Fernerkundungsdaten
  - Expertensysteme zur automatischen Durchführung und Beratung (in Echtzeit)
    - . von Merkmalerkennung und -extraktion
    - . der Klassifizierung (Ablösung der bekannten statistischen Klassifizierungsverfahren durch Expertensysteme auf der Basis von Spektralwissen, Karteninformationen u. ä.)
    - . zur Kombination des Informationsgehalts und zum Vergleich verschiedener Datenarten (Fernerkundungsdaten im Rasterformat, Karten im Vektorformat)
    - . der Bildanalyse und thematischen Interpretation.
- c) Beiträge zur Entwicklung komplexer automatischer Echtzeitsysteme, wie z. B. zur
- globalen und regionalen Überwachung, Analyse und Prognose von Naturressourcen und Umwelt (Monitoringsysteme)
  - automatischen Satellitenkartographie.

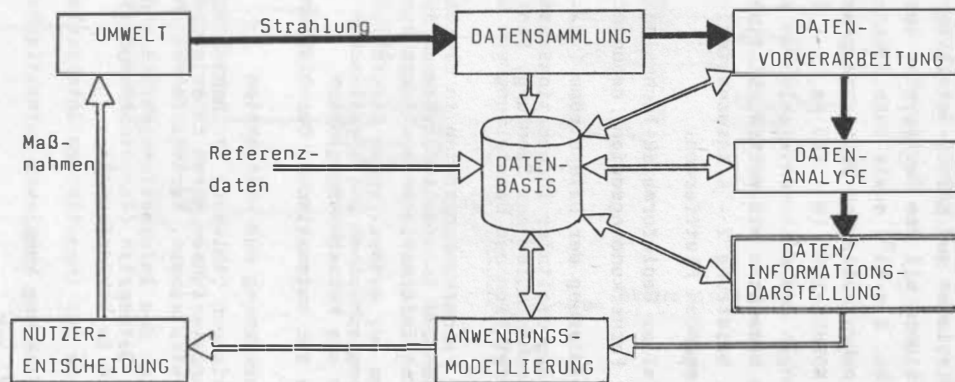


Abb. 6. Datenfluß in einem Umwelt - Informationssystem



Literatur

- [1] MAREK, K.-H.; JÄHN, S.: Zum Informationsgehalt des Verfahrens der visuell-instrumentellen Erderkundung aus dem Weltraum. Vermessungstechnik 32 (1984) 5, Berlin 1984
- [2] MAREK, K.-H.: Die Geofernerkundung als Bestandteil moderner geowissenschaftlicher Informationsprozesse. Proceedings 4. DDR-Fernerkundungskonferenz. Veröff. Zentralinstitut für Physik der Erde Nr. 93, Teil 1. Potsdam 1987
- [3] Report of the Committee for "Aquisition and Processing of Space Data for Mapping Purposes" of Working Group IV/3 of the ISPRS. Rio de Janeiro 1984
- [4] KAUTZLEBEN, H.; MAREK, K.-H.: Comparative Analysis of the Information Content of Several Remote Sensing Systems. Proceedings Int. Scientific Colloquium "Use of Space Photographic Data for Mapping". KdI, Wiss.-Techn. Gesellschaft für Geod., Phot. und Kartographie. Leipzig, Sept. 4.-6.1987
- [5] MALILA, W.A.: Components and comparisons of potential information from several imaging satellites. Proceedings IGARSS 86. ESA SP-254, Zürich 1986
- [6] MAREK, K.-H.: Über den Beitrag der Fernerkundung zur Entwicklung moderner geodätisch-kartographischer Informationsprozesse. Vermessungstechnik 34 (1986) 4, Berlin 1986

Das sowjetische System der Fernerkundung der Erde und die Geoinformatik

JU. P. KIENKO

Hauptverwaltung für Geodäsie und Kartographie  
der UdSSR  
Staatliches Zentrum "PRIRODA"

Zusammenfassung

Ausgehend vom Ressourcenpotential der Erde und seiner Nutzung wird das sowjetische System "Ressource" zur Untersuchung der natürlichen Ressourcen und der Umwelt dargestellt. Neben den zur Informationsgewinnung eingesetzten Methoden und Mitteln werden die verschiedenen Arten von Aufnahmen aus dem Kosmos und ihre Bearbeitung behandelt. Ferner wird darauf eingegangen, wie die ständig steigenden Anforderungen an das kosmische Umweltmonitoring zukünftig erfüllt werden können.

Summary

Based on facts on the resource potential of the Earth and its exploitation, the Soviet system "Resource" for the investigation of natural resources and the environment is described. Besides methods and means applied to gain information, different types of space-borne imagery and their processing are explained. Further, some details are given, of how the steadily increasing demands to monitoring of the environment can be met in the future.

Резюме

Исходя из потенциала ресурсов Земли и его использования, представлена советская система "Ресурсы" для исследования природных ресурсов и окружающей среды. Помимо методов и средств, примененных для получения информации, рассмотрены разные виды космических снимков и их обработка. Далее затронут вопрос о выполнении постоянно растущих требований на космический мониторинг окружающей среды.

Seit dem Start des ersten sowjetischen Erdsatelliten sind nun 30 Jahre vergangen. Heute verfügen wir über solche Ergebnisse der Untersuchung der Erde aus dem Kosmos, die es uns gestatten, über die Entstehung einer neuen Richtung der Untersuchung der Erde und ihrer Naturressourcen, das kosmische Umweltmonitoring zu sprechen. In dieser neuen Richtung der Grundlagen- und angewandten Forschung der Erde aus dem Kosmos sind die vielfältigsten Gebiete aus Wissenschaft und Technik - die Geowissenschaften, die physikalisch-technischen und mathematischen Wissenschaften, die Feinmechanik, die Optik und die Rechentechnik sowie die Raumfahrt und der Raketenbau - verbunden.

Heute hat das kosmische Umweltmonitoring in der UdSSR das Niveau der staatlichen wissenschaftlich-technischen Politik erreicht und macht bedeutende Fortschritte in ihrer Entwicklung, gestützt auf ein mächtiges wissenschaftliches und industrielles Potential des Landes. Es umfaßt immer breitere Anwendungsbereiche und erhöht die Effektivität der Untersuchung und Verwendung der Naturressourcen im Interesse der Entwicklung der Volkswirtschaft und des Wohlstandes der Sowjetmenschen. In der UdSSR werden planmäßig die komplexen Nationalprogramme der Entwicklung der Fernerkundung der Erde aus dem Kosmos realisiert: die Entwicklungen der Verfahren und Technik der Verarbeitung der kosmischen Informationen, die Anwendung der Fernerkundungsdaten zur Bestimmung des Naturpotentials in weiten Gebieten des Landes. In Übereinstimmung mit dem Vertrag von 1967 über die Prinzipien der Tätigkeit der Staaten bei der Erforschung und Nutzung des kosmischen Raumes hat die Sowjetunion viele praktische Schritte hinsichtlich der Bereitstellung der Errungenschaften der einheimischen Raumfahrt zum Nutzen der internationalen Gemeinschaft getan.

Es ist angebracht, einen kleinen Rückblick auf die Kennziffern des menschlichen Verbrauchs einiger Arten von Ressourcen und Rohstoffen zu werfen, um die Aktualität der Einbeziehung der produktivsten Forschungsverfahren und in erster Linie der Mittel der kosmischen Umweltbeobachtung, der Schaffung regionaler, nationaler und globaler Geoinformationssysteme für die Untersuchung der Umwelt zu zeigen.

Wie bekannt, ist die Existenz der Menschen undenkbar ohne Nutzung der Naturressourcen - der Sonnenenergie, der Luft, der Wasser-, Boden-, Pflanzen-, Mineralvorräte sowie der Tierwelt und anderer mehr. Einige davon werden auf dem Gebiet der materiellen Produk-

tion, zum Beispiel in der Land- und Forstwirtschaft, der Industrie, bei der Erzeugung der Elektro- und Wärmeenergie verwendet, die anderen sind im unproduktiven Bereich, zum Beispiel für das Gesundheitswesen notwendig. Die Verwendung eines großen Teiles der Ressourcen trägt Mehrzweckcharakter. Vom Standpunkt der Nutzbarmachung und Verwendung aus können die Ressourcen der Umwelt als praktisch unbegrenzt oder als begrenzt betrachtet werden, die ihrerseits in erneuerbare und nichterneuerbare Ressourcen einzuteilen sind. Zu letzteren gehören bestimmte Arten von Mineral- und Brennstoffen. Die erneuerbaren Ressourcen können sowohl natürlich als auch unter Mitwirkung des Menschen reproduziert werden.

Im Laufe der Zeit finden die Komponenten der menschlichen Umwelt immer mehr Verwendung zur Befriedigung der wachsenden materiellen und kulturellen Bedürfnisse der Gesellschaft. Nach Einschätzung von Akademiemitglied W.I. WERNADSKI nutzte der Mensch in alten Zeiten nur 19 chemische Elemente, zu Beginn des 20. Jahrhunderts etwa 60 Elemente. Gegenwärtig werden praktisch alle entdeckten Elemente verwendet. Aus der Umwelt werden jährlich gegen 100 Milliarden Tonnen von verschiedenen Produkten und Werkstoffen gewonnen.

Schnell wächst der Verbrauch an Naturbodenschätzen. Vor 15 Jahren betrug der Weltverbrauch an Erdöl 2,9 Milliarden Tonnen, von Kohle 2,2 Milliarden Tonnen, von Eisenerzen 750 Millionen Tonnen, von Mineräldünger 60 Millionen Tonnen, von Buntmetallen 30 Millionen Tonnen. Durch die Verbrennung der fossilen Brennstoffe in der Industrie und im Transport werden etwa 20 Milliarden Tonnen des freien Sauerstoffs der Atmosphäre gebunden.

Die Naturressourcen sind in verschiedenen Regionen des Erdballs äußerst ungleichmäßig verteilt, und in einigen von ihnen sind sie bereits erschöpft oder werden es bald sein. Die Nutzung der weit entfernten, schwer zugänglichen und teureren Brennstoffressourcen wird die Erhöhung der Investitionskosten nach sich ziehen. So ist zum Beispiel die Erkundung und Gewinnung des Erdöls in der Nordsee um das 10- bis 17-fache teurer als im Mittleren Osten. Das sind Beispiele, die die nichterneuerbaren Naturressourcen betreffen.

Einige Worte zur Nutzbarmachung der erneuerbaren Ressourcen. Es ist bekannt, daß der Waldbestand der Welt etwa 1/3 des Festlandes ausmacht. Nach Angaben des Internationalen Naturschutzverbandes

sind inzwischen 40 % der produktivsten Wälder unseres Planeten, der tropischen Wälder, in der letzten Zeit vernichtet worden. Jede Minute werden weltweit 20 Hektar Wald gefällt. In den meisten Fällen betrifft das die produktivsten Wälder.

Ein lebenswichtiges Problem für viele Völker unseres Planeten ist die Nutzung der Ressourcen der Meere und Ozeane. Im Ergebnis der beharrlichen Arbeit vieler Menschengenerationen sind die riesigen Wasserflächen für die Verkehrsverbindungen und die Gewinnung von Bioprodukten und Rohstoffen zugänglich gemacht worden. Das Weltmeer ist die reichste Quelle der Nahrungsprodukte für den Menschen. Es liefert etwa 15 % tierisches Eiweiß und 3 - 4 % tierischer Fette vom Weltverbrauch. Jährlich werden gegen 70 Millionen Tonnen Meeresprodukte gewonnen, die zur Ernährung verwendet werden (Fische, Mollusken, Meerestiere, Algen). Es wird angenommen, daß der jährliche Fischfang in der ganzen Welt in den nächsten 10 Jahren 120 Millionen Tonnen übersteigen wird, während die theoretische Fischfanggrenze nach Einschätzung der Biologen 200 Millionen Tonnen pro Jahr beträgt. Der zur Erschließung zugänglichste Teil der Meere und Ozeane ist ihr seichtes Küstengebiet - der Schelf. Neben Meeresprodukten und Meerestieren gehören zu den genutzten Schelfressourcen Erdöl, Erdgas, Schwefel, Magnesium, Jod, Brom, verschiedene Salze, die Erzeugung von Elektroenergie in den Gezeitenkraftwerken und anderes mehr. Nach einigen Einschätzungen sind etwa 60 % der Erdöl- und Gasvorräte der Welt an den Schelf gebunden. Die Verschmutzung des Weltmeeres sowie unrationelle Nutzung seiner biologischen Ressourcen führt aber zur Reduzierung der Vorräte. In die Meere und Ozeane werden jährlich Erdölprodukte abgelassen, die an der Wasseroberfläche einen luftundurchlässigen Film bilden, der den Luftaustausch zwischen der Atmosphäre und dem Wasser behindert. Die Verschmutzung des Ozeans fügt der Meeresflora und -fauna Schaden zu, darunter auch dem Phytoplankton, das die Futterbasis für alles im Ozean Lebende darstellt und 20 - 25 % Sauerstoff auf dem Planeten Erde erzeugt. Wenn man damit rechnet, daß der Ressourcenverbrauch das Niveau des Verbrauchs der entwickeltesten Länder der Welt erreicht, so muß der Gesamtumfang der Gewinnung von Ressourcen um das 3- bis 4-fache und bei den wichtigsten Roh- und Werkstoffarten um das 10- bis 15-fache erhöht werden.

All das spricht überzeugend davon, inwieweit es wichtig ist, die Methoden der Geoinformatik, die technischen Mittel der Erkundung

der Naturressourcen zu vervollkommen, die rationelle Organisation der Nutzbarmachung, die Reproduktion der erneuerbaren Arten von Naturreichtümern, den Naturschutz, die Einsparung von verschiedenen Rohstoffen, Materialien sowie Energie zu gewährleisten. Die oben angeführten Angaben über das Ressourcenpotential unseres Planeten und die Tempos seines Verbrauchs sind aufschlußreich genug. Es ist zu unterstreichen, daß die theoretischen Einschätzungen der Rohstoffvorräte und der Möglichkeiten der Nutzung von einzelnen Arten von erneuerbaren Ressourcen noch nichts darüber aussagen, daß die genaue räumliche Standortverteilung ihrer Gewinnung und Nutzbarmachung heute bekannt ist. Aus diesem Grund wird die Aufgabe aktuell, solche Methoden und Mittel der Umweltforschung wie die Raumfahrt zu nutzen, die eine hochproduktive und operative Suche nach den noch nicht untersuchten Bodenschätzen im Interesse der dynamischen Entwicklung der Wirtschaft in Zukunft gewährleisten könnten.

In allen Etappen der Entwicklung der Volkswirtschaft der UdSSR hat die Wirtschaftspolitik des Landes eine planmäßige Untersuchung der Naturressourcen sowie die rationelle Nutzung der natürlichen Produktionskräfte vorgesehen. Artikel 18 der Verfassung der UdSSR lautet: "Im Interesse der heutigen und künftigen Generationen werden in der UdSSR die notwendigen Maßnahmen zum Schutz und zur wissenschaftlich begründeten, rationalen Nutzung der Erde und ihrer Bodenschätze, der Wasserressourcen sowie der Pflanzen- und Tierwelt, zur Reinhaltung der Luft und des Wassers, zur Sicherung der Reproduktion der Naturreichtümer und zur Verbesserung der menschlichen Umgebung ergriffen".

Die Erfahrung zeigt, daß die Fernerkundung der Erde aus dem Kosmos sich als außerordentlich wertvoll für die Lösung der Aufgaben zur Untersuchung der Erdoberfläche, des Erdinneren, der Pflanzendecke, der Atmosphäre sowie der Meere und Ozeane erweist. Die Unterschiede und Vorteile der kosmischen Information im Vergleich zur traditionellen Information sind im wesentlichen durch Höhe und Fluggeschwindigkeit des kosmischen Körpers bedingt. Im Vergleich zu den bodengebundenen Untersuchungsmethoden sind kosmische Aufnahmen gekennzeichnet durch

- die Senkung der Kosten für die Gewinnung der Ausgangsinformation
- eine praktisch unbegrenzte Übersichtlichkeit (von der lokalen bis zur globalen)

- die Möglichkeit der Gewinnung von Informationen über schwer zugängliche und weitentfernte Territorien (z. B. auf den Inseln im Ozean, in den Wüsten, in den Gebirgs-, Taiga- und arktischen Gebieten usw.)
- die Möglichkeit der Gewinnung von Videoinformationen, deren räumliche Ausdehnung die Lösung eines großen Komplexes naturkundlicher Aufgaben gewährleistet
- die programmierte Trennschärfe und Generalisierung der Darstellungen der zu untersuchenden Objekte (Maßstabs- und Spektralgeneralisierung)
- die zeitgleiche Registrierung der Information über ein riesiges Territorium unter den gleichen physikalischen Bedingungen
- die Möglichkeit einer breiten Anwendung der Analogiemethode beim Dechiffrieren, die durch die Gewinnung und Verarbeitung der Angaben über eine große Objektanzahl unter den gleichen Bedingungen hervorgerufen ist
- die Möglichkeit der Durchführung von Untersuchungen nach dem Prinzip "Vom Allgemeinen zum Speziellen",
- die Erhöhung der Arbeitsproduktivität und Senkung der Kosten für die Bearbeitung der kosmischen Aufnahmen durch Übersichtlichkeit und Normgerechtigkeit der Datenfelder und anderes.

Die Analyse der Bedürfnisse der Volkswirtschaft und der Möglichkeiten der Verfahren der Fernerkundung führte zur Schaffung eines speziellen kosmischen Systems, das die Bezeichnung "Ressource" erhielt.

Dieses System kann sowohl ständige als auch zeitweilige Komponenten umfassen. Die wichtigsten davon sind bemannte kosmische Flugkörper, kosmische Flugkörper vom Typ "Meteor", kosmische Flugkörper der Serie "Kosmos", Flugzeuggelaboratorien, ein Netz von Boden- und Meeresversuchsgebieten, interdisziplinäre Zentren für den Empfang und die Bearbeitung der kosmischen Information, Branchenorganisationen und Einrichtungen zur gezielten Verarbeitung der kosmischen Informationen.

Die bemannten kosmischen Flugkörper sind neben der Lösung von Produktionsversuchsarbeiten zur Fernerkundung der Erde bestimmt (Durchführung visueller und visuell-instrumenteller Untersuchungen). Die Abmessungen der kosmischen Orbitalstationen ermöglichen es, einen Komplex von verschiedenen Geräten, darunter auch von hohem Gewicht, Ausmaß und Energieverbrauch unterzubringen.

Die kosmischen Flugkörper vom Typ "Meteor" erfüllten in der

ersten Etappe ihrer Entwicklung vorwiegend hydrometeorologische Aufgaben. Auf solchen Satelliten wurde aber auch die Methodik der operativen Gewinnung kosmischer Informationen im Interesse der Untersuchung der Naturressourcen der Erde ausgearbeitet.

Die Flugkörper der Serie "Kosmos" werden mit verschiedenen Geräten zur Fernerkundung ausgerüstet und gewährleisten die systematische Gewinnung von multispektralen großformatigen Fotos hoher räumlicher Auflösung.

Die Flugzeuggelaboratorien werden im kosmischen System der Fernerkundung für Subsatellitenexperimente bei der Gewinnung von Informationen mit besonders hohem Auflösungsvermögen eingesetzt.

Das Netz von Boden- und Meerestestgebieten umfaßt Abschnitte der Erdoberfläche, die in charakteristischen physikalisch-geographischen Zonen der UdSSR liegen. Auf ihnen werden Subsatellitenbeobachtungen und Messungen sowie komplexe Experimente zur Erprobung der Sondierungsmittel und der Auswertungsverfahren durchgeführt.

Die interdisziplinären Zentren für den Empfang und die Verarbeitung von Informationen lösen Aufgaben, die mit der Gewinnung, Verarbeitung, Archivierung und Verteilung der kosmischen Informationen an die Nutzer verbunden sind.

Die zweigspezifischen Organisationen und Einrichtungen zur gezielten Bearbeitung der kosmischen Informationen, die in verschiedenen Volkswirtschaftsbereichen existieren, führen Arbeiten zur Lösung konkreter Aufgaben im Interesse der zweigspezifischen regionalen und gesamtstaatlichen Nutzer durch.

Die in den letzten Jahren gesammelten praktischen Erfahrungen zeigten, daß die Ergebnisse der Fernerkundung aus dem Kosmos in folgenden Hauptrichtungen erfolgreich verwendet werden können: Untersuchung des Erdinneren, Erkundung der Brennstoff-, Mineral- und Rohstoffressourcen; Flurbereinigung, Kartierung der Böden und der Erosionsgefahr, Bestimmung von Futterressourcen, Inventur des Waldbestandes, Waldertragsregelung, Entdeckung von Schädigungen des Waldes durch Schädlinge und Brände, Kartierung der Wasserbecken, Untersuchung der Vorräte von Oberflächen- und Grundwasser und der Eisvorräte im Gebirge, Kontrolle des Wasserverbrauchs für die künstliche Bewässerung, ingenieurmäßige Einschätzung des Geländes, Untersuchung der seismischen, Mur- und Lawinengefahr, Projektierung des Baus von großen Ingenieur- und Verkehrsbauten, Untersuchung des Schelfs, der Meeres- und Ozeanströmungen, Ent-



deckung bioproduktiver Zonen, der perspektivischen Gebiete für den Fischfang in den Meeren und Ozeanen, Untersuchung der Dynamik der Naturprozesse zur Kontrolle und zum Schutz der Umwelt, Organisation der Reproduktion der erneuerbaren Naturressourcen, Schaffung und Erneuerung von topographischen und thematischen Karten verschiedener Maßstäbe.

Ein wichtiger Bestandteil des kosmischen Systems der Untersuchung der Naturressourcen ist das staatliche wissenschaftliche Forschungs- und Produktionszentrum "Priroda" der Hauptverwaltung für Geodäsie und Kartographie der UdSSR. Es realisiert die wissenschaftlichen Hauptentwicklungen auf dem Gebiet der kosmischen Naturkunde, bei der Schaffung von Geoinformationskomplexen und bei der Versorgung der Volkswirtschaft der UdSSR und der interessierten ausländischen Verbraucher mit kosmischen Informationen. In der UdSSR versorgt das kosmische System der Fernerkundung über 1000 Organisationen verschiedener Ministerien und zentraler Staatsorgane mit kosmischen Informationen. Jährlich werden an die Verbraucher bis zu einer Million Informationsdokumente zur Verfügung gestellt. Perspektivisch wird die Anzahl der Organisationen, die kosmische Aufnahmen anwenden, 2000 übersteigen, die Anzahl zu lösender Aufgaben um das 2,5- bis 3-fache anwachsen und der Jahresnutzeffekt eine Milliarde Rubel übersteigen.

Zur Informationsgewinnung im Rahmen der Fernerkundung werden Fernsehkameras, Scanner, Radiometer, Seitensicht radar, Ein- und Mehrkanalphotoapparate verwendet. Sie ermöglichen die passive oder aktive Sondierung im sichtbaren Infrarot- und Mikrowellenbereich sowie im Rundfunkbereich. So hat z. B. das Radarsystem auf dem kosmischen Flugkörper "Kosmos-1500" die Aufnahme des Festlandes und der Wasserflächen der Ozeane unter beliebigen Wetterverhältnissen, unabhängig von der Jahres- und Tageszeit gewährleistet. Die Information von diesem Satelliten wurde für die Untersuchung der Eissituation in den Polargebieten, darunter auch im Eismeer erfolgreich verwendet. Besonders wertvoll sind multispektrale und spektralzonale Aufnahmen der automatischen kosmischen Flugkörper der Serie "Kosmos". Auf diesen Flugkörpern werden die Großformatapparate KFA-200 (Bildgröße 180 mm x 180 mm) installiert, die Aufnahmen in den Spektralintervallen von 500 - 600, 600 - 700 und 700 - 900 nm durchführen. Die Objektive dieser Apparate haben 200 mm Brennweite und ermöglichen, die Aufnahmen im Maßstab von etwa 1:1 000 000 mit einer räumlichen Auflösung

von 15 - 30 m.

Spektralzonale und panchromatische Aufnahmen werden auch mit Hilfe langbrennweitiger Supergroßformatkameras mit einer Bildfenstergröße von 300 mm x 300 mm (Brennweite 1000 mm) gewonnen (Maßstab 1:200 000 bis 1:270 000; Bodenauflösung etwa 5 m). Gewöhnlich werden auf dem Satelliten zwei Fotoapparate KFA-1000 mit einer Brennweite von 1000 mm installiert. Ihre optischen Achsen werden nach dem "Fächer"-Schema unter einem Winkel zueinander in der Ebene angeordnet, die senkrecht zur Flugrichtung liegt. Die kosmischen Aufnahmen mit den Kameras KFA-1000 und KFA-200 werden mit einer Längsüberdeckung durchgeführt, die eine stereoskopische Auswertung erlaubt.

Der Komplex der fototechnischen Mittel auf den bemannten oder automatischen kosmischen Flugkörpern ermöglicht Aufnahmen im Maßstab 1:200 000 bis 1:5 Mio beim Übersichtsstreifen bis 500 km und einer Aufnahmefläche pro Bild von 3000 km<sup>2</sup> bis 250 000 km<sup>2</sup>

Die Konzeption des Systems der Bearbeitung kosmischer Aufnahmen besteht, erstens in der Möglichkeit der Bearbeitung sowohl langfristiger als auch operativer Informationen, die über den Funkweg erhalten werden, zweitens in der organischen Verbindung von analoger und digitaler Behandlung der Videoinformationen.

Die thematische Bearbeitung der Fernerkundungsdaten für Zwecke der Geoinformatik wird von den Branchenspezialisten durch visuelle Entschlüsselung und Auswertung mit Hilfe optischer, optisch-mechanischer oder optisch-elektronischer Systeme der Schaffung von automatisierten Datenbanken realisiert.

Das riesige Territorium der Sowjetunion und der zentralisierte Charakter von Planung und Leitung verlangen immer stärker objektive und umfassende Informationen über das Vorhandensein, die räumliche Standortverteilung und die Nutzbarmachung der Naturressourcen sowie den Zustand der Umwelt. Man kann voraussagen, daß der Informationsumfang, der für die Realisierung der rationalen Naturnutzung erforderlich ist, zur Notwendigkeit führen wird, eine automatisierte Datenbank über die Naturressourcen und die Umwelt sowie ein Geoinformationssystem zu schaffen. Die Realisierung dieser Aufgabe erweist sich bei Nutzung eines operativen Fernerkundungssystems als real und effektiv. Das Satellitensystem, die Zentren der Datenverarbeitung, das Potential qualifizierter Fachleute ermöglicht es, den Komplex der Geoinformationsanlagen operativ zu erhalten und die in wirtschaftlicher

Hinsicht erforderlichen Lösungen auszuarbeiten.

Insbesondere werden der Arbeits- und Kostenaufwand für die Redaktions- und Zusammenstellungsarbeiten bei der Nutzung von kosmischen Aufnahmen zur Schaffung von Geoinformationskarten wesentlich reduziert. So beträgt die Senkung der Kosten bei der Ausarbeitung von Geoinformationskarten 50 - 70 %, bei der Redigierung 40 - 60 % und bei der Zusammenstellung 20 - 40 %. Wie die Erfahrung zeigt, kann die Herstellung allgemein-geographischer und thematischer Karten nach Aufnahmen von Erdsatelliten 3-4mal so schnell wie bei der Verwendung konventioneller Quellen und Verfahren realisiert werden. Dabei werden die Qualität, die Vollständigkeit und die Sicherheit der Geoinformationsproduktion erhöht.

Die geographische Wissenschaft hat im Unterschied zu den anderen Geowissenschaften zur Zeit ihren Platz im Produktionsbereich insgesamt noch nicht gefunden, und nur fragmentarisch gelangt sie in den Tätigkeitsbereich einzelner Ministerien und zentraler Staatsorgane. Die Möglichkeiten der Entwicklung der Geographie und der dynamischen Kartographie auf der Grundlage kosmischer Informationen führen dazu, daß die Geographie aufhört, eine im wesentlichen Maße beschreibende Wissenschaft zu sein, und aktiven Einfluß auf die gesellschaftliche Produktion nimmt.

Der wachsende Bedarf an kartographischen Materialien stellt gleichzeitig neue Anforderungen an Inhalt, Form und Art der kartographischen Information. Immer größere Nachfrage besteht in den verschiedenen Wissenschaftsbereichen und in der Volkswirtschaft nach Fotokarten; es entsteht die Notwendigkeit, digitale Karten zu schaffen, die für die automatisierte Analyse und Anwendung geeignet sind. Die kosmische Information ist für die Lösung dieser Aufgaben gut geeignet.

Zur Zeit arbeitet die UdSSR zusammen mit anderen Ländern auf vielen Gebieten der Anwendung kosmischer Mittel für wissenschaftliche Untersuchungen und für die Lösung angewandter Aufgaben, darunter auch auf dem Gebiet der Untersuchung der Naturressourcen und der Kontrolle der Umwelt, der Astrophysik und der Astronomie, der kosmischen Technologie, der Funkverbindung und des Fernsehens. Die friedliche Richtung der sowjetischen kosmischen Programme hat einen eindeutigen Niederschlag bei der Realisierung der Flüge mit internationalen Besatzungen auf den Orbitalstationen gefunden. Das alles ist Ausdruck der humanen Richtung der

Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt, die Alternative zur Militarisierung des Weltraumes und zur Konzeption der "Sternenkriege".

Die Wirkung der angularen Luftfahrzeugschwingungen auf die Bilddaten elektronischer Aufnahmesysteme

F. PLISCHKE  
INTERFLUG

Betrieb Fernerkundung, Industrie- und Forschungsflug

Zusammenfassung

Für Flugzeugscanner ohne Korrekturereinrichtung werden die Aufnahmeverzerrungen durch die verschiedenen Komponenten der angularen Bewegungen des Scanners innerhalb einer Zeile, zwischen benachbarten Zeilen und im ganzen Schwad analysiert. Darauf aufbauend wird ein Verfahren zur elektronischen On-Line-Bewegungs-entzerrung vorgestellt. Es beruht auf der Auswahl der Einzelpixel der jeweiligen Momentanzeile am Boden, die der Sollfluglage entspricht, aus einer Bildmatrix. Die Koordinaten der auszuwählenden Matrixelemente werden aus den jeweiligen Lagesignalen geeigneter Geber gewonnen und für jede aufzunehmende Zeile neu berechnet.

Summary

For aircraft scanners without correcting device the taking distortions due to the different components of the angular motions of the scanner are analyzed within one line, between neighbouring lines and in the whole swath. On this basis a technique is presented for the electronic on-line motion rectification. It is based on the selection of the single pixels of the particular instantaneous line on ground, which corresponds to the nominal flight position, from an image matrix. The coordinates of the matrix elements to be selected are aquired from the appropriate position signals of suitable sensors and are newly calculated for each line to be scanned.

Резюме

Для сканера самолётов без корректурного устройства производится анализ искажений снимков, вызванных различными составляющими угловых перемещений сканера, в пределах одной строки, между соседними строками и на всей фотографируемой полосе. Основываясь на этом принципе, здесь представляется метод для электронного устранения искажений в режиме он-лайн. Он представляет собой способ выбора отдельных элементов матрицы изображения определенной строки на земле в данный момент, который соответствует заданной траектории полета самолёта. Координаты выбираемых элементов матрицы получаются от соответствующих сигналов расположения подходящих датчиков и вычисляются для каждой записываемой строки заново.

## 1. Einleitung

Die bilderzeugenden elektronischen Fernerkundungsaufnahmesysteme unterscheiden sich zunächst darin, ob sie passiv oder aktiv wirken. Von den passiven Systemen haben die Scanner (oder Abtaster) besondere Bedeutung in der Fernerkundung erlangt, während von den aktiven Systemen das Radar in der speziellen Fernerkundungsmodifikation als Seiteneichtradar SLAR mit realer Apertur (RAR) oder mit synthetischer Apertur (SAR) in zunehmendem Maße angewandt wird (/1/, /7/, /9/). Da sich die angularen (rotatorischen) Bewegungen bei den Scannern und beim SLAR etwa gleich auswirken, seien die Ausführungen auf die Scanner beschränkt.

Scanner sind Fernerkundungsaufnahmesysteme, die den überflogenen Geländestreifen quer zur Flugrichtung zeilenweise abtasten und die selektierten Strahlungswerte sofort in elektrische Daten umwandeln.

Sie arbeiten entweder nach dem älteren opto-mechanischen Drehspiegelprinzip (= Whisk-broom-Scanner) oder dem moderneren voll-elektronischen Prinzip (= Push-broom-Scanner) ohne mechanisch bewegte Teile mittels Detektorzeilen oder einer Detektormatrix (/6/, /7/).

Die Bildpunktwanderung geht gegenüber der fotografischen Momentaufnahme eines ganzen Bildes bei der Scanneraufzeichnung prinzipiell anders in die visualisierte Aufnahme ein.

Berücksichtigt man, daß die Abtastwinkelgeschwindigkeit um 2 bis 3 Größenordnungen höher als die wirksamen verzerrenden Winkelgeschwindigkeiten  $\dot{\omega}$ ,  $\dot{\varphi}$  und  $\dot{\alpha}$  ist, so kann man die Verzerrungen innerhalb der einzelnen Zeile in erster Näherung vernachlässigen und davon ausgehen, daß die ganzen Zeilen aus der Sollage auswandern und unter realen Aufnahmebedingungen auch soweit, daß eine abgetastete Objektzeile die vorige überlappt (bei  $-\dot{\varphi}$ ) oder einen unerfaßten Zwischenraum zu ihr (bei  $+\dot{\varphi}$ ) läßt.

Zwecke besserer Übersichtlichkeit wird zunächst nur der Einfluß einer Fluglagekomponente dargestellt. Wenn z.B. das Flugzeug durch Seitenwind den Abdriftwinkel  $\alpha_A$  zwischen Flugzeug-

längsachse und seiner wahren Flugrichtung bildet, dann wird ein rechteckiges Objekt, dessen Längskanten gerade parallel zu den Scannlinien verlaufen, im Scannerbild um den Winkel  $\alpha$  gedreht und als Parallelogramm erscheinen, wie es in Abb.1 dargestellt ist.

Wirken dagegen alle drei Fluglagewinkel dynamisch auf den Scanner während der Abtastung ein, so kann sich z.B. aus einem quadratischen Objekt eine Scannerabbildung gemäß Abb. 2 ergeben.

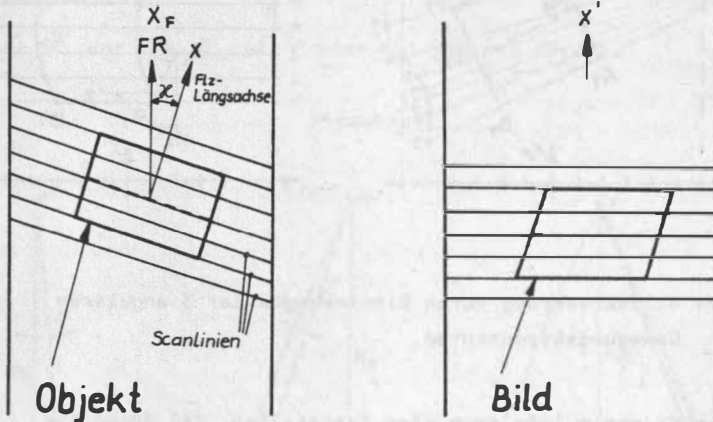


Abb. 1: Verzerrung der Scanneraufnahme durch die Einwirkung der Abdrift

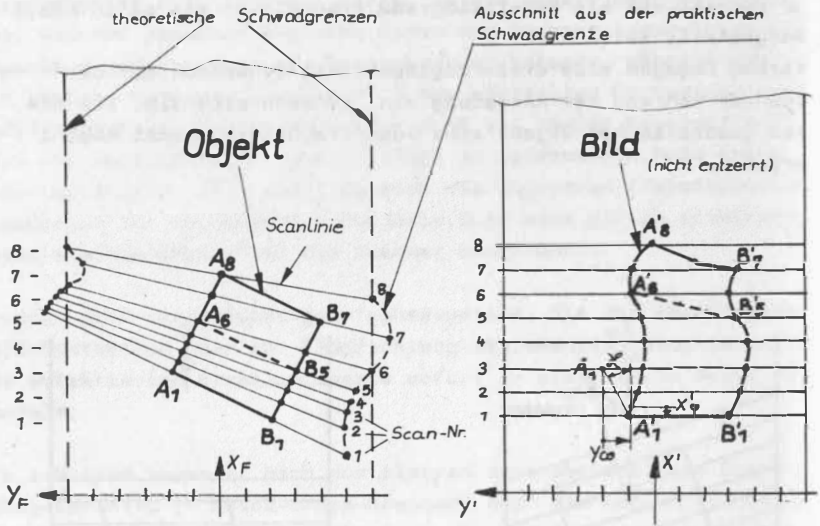


Abb. 2: Bildverzerrung durch Einwirkung aller 3 angularen Bewegungskomponenten

Bei den Scannern läßt sich also feststellen, daß durch die zeitliche Änderung des Rollwinkels  $\omega$  die Scanzellen am Boden parallel in  $\pm y$ -Richtung gegeneinander verschoben werden, daß sie durch den Verlauf des Nickwinkels  $\varphi$  in ihrem Abstand voneinander in  $\pm x$ -Richtung verändert werden und durch den Einfluß des Gierwinkels  $\alpha$  die Zeilen um die z-Achse gegeneinander aus der Parallelität gedreht werden.



## 2. Verzerrungen zwischen benachbarten Zeilen

Für die Verzerrungen zwischen zwei benachbarten Zeilen ist hinsichtlich der angularen Bewegung des Aufnahmesystems die Winkelgeschwindigkeit der jeweiligen Rotationskomponente verantwortlich.

Wird angesetzt, daß die Belichtung zur Aufnahme einer Bodenzeile im ungünstigsten Fall symmetrisch zu einem Maximum der Winkelgeschwindigkeit erfolgt und daß die Belichtungszeit  $t_p < 0,05 T_p$  (Periodendauer einer sinusförmig angenommenen angularen Schwingung) ist, so kann in Anbetracht von ca. 10 % Meßfehler

$$\text{für } \dot{x} = \frac{dx}{dt} \text{ hier } \dot{x} = \frac{x}{t_p} \quad (1)$$

( $\dot{x} = \dot{\omega}, \dot{\varphi}$  oder  $\dot{\alpha}$ ;  $x = \omega, \varphi$  oder  $\alpha$ ) gesetzt werden.

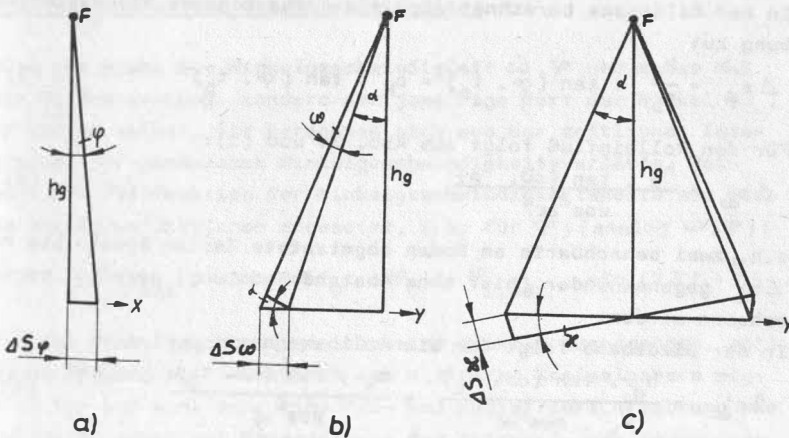


Abb. 3: Äußere Orientierung der Scanneraufnahme

- a) Längsneigung (Nickeinfluß)
- b) Querneigung (Rolleinfluß)
- c) Abdrift bzw. Gierwinkel (Seitenwind- bzw. Giereinfluß)

Im Objektraum folgt mit der äußeren Scangeometrie und dem Ansatz (1) für den Nickenfluß (Abb. 3a) die maximale Verschiebung zwischen zwei benachbarten Scanzeilen als Abstandsänderung entgegen bzw. in Flugrichtung zu:

$$\Delta s_{\dot{\varphi}} = h_g \cdot \tan(\dot{\varphi} \cdot t_p) \quad (2)$$

( $h_g$  = Flughöhe über Grund,  
 $t_p$  = Flugzeit für eine Scanzeilenbreite,  
 $m_b$  = Bildmaßstabzahl,  
 $c_k$  = effektive Systembrennweite)

Während das Flugzeug die Strecke einer Scanzeilenbreite am Boden von  $\Delta s_v$  zurücklegt, kann durch die Nickbewegung ein Weg von  $\Delta s_{\dot{\varphi}}$  zusätzlich oder abzüglich übertrichen werden.

Das bedeutet bei  $\Delta s_{\dot{\varphi}} > \Delta s_v$  für Nicken nach oben (+ $\dot{\varphi}$ ) eine Aufnahmeleücke von mehr als 1 Zeilenbreite und für Nicken nach unten (- $\dot{\varphi}$ ) eine Überlagerung bzw. wiederholte Abtastung einer schon zurückliegenden Bodenzeile.

In der Bildebene berechnet sich die entsprechende Nickverschiebung zu:

$$\Delta s'_{\dot{\varphi}} = \frac{h_g}{m_b} \cdot \tan(\dot{\varphi} \cdot t_p) = c_k \cdot \tan(\dot{\varphi} \cdot t_p) \quad (3)$$

Für den Rolleinfluß folgt aus Abb. 3b und (1):

$$\Delta s_{\dot{\omega}} = \frac{h_g \cdot \tan(\dot{\omega} \cdot t_p)}{\cos^2 \alpha}, \quad (4)$$

d.h., zwei benachbarte am Boden abgetastete Zeilen können bis zu  $\Delta s_{\dot{\omega}}$  gegeneinander (hier ohne Abstandsänderung) parallel verschoben werden.

In der Bildebene folgt für die Rollbewegung:

$$\Delta s'_{\dot{\omega}} = \frac{h_g \cdot \tan(\dot{\omega} \cdot t_p)}{m_b \cdot \cos^2 \alpha} = \frac{c_k \cdot \tan(\dot{\omega} \cdot t_p)}{\cos^2 \alpha} \quad (5)$$

Für den Giereinfluß (Abb. 3c und (1)) folgt schließlich eine maximale Klaffung der gegeneinander sich verdrehenden Bodenscanzeilen am Ende zweier benachbarter Zeilen von:

$$\Delta s_{\frac{x}{z}} = h_g \cdot \tan \alpha \cdot \tan (\dot{\alpha} \cdot t_p) \quad (6)$$

und die maximale Bildpunktverschiebung in der Bildebene an beiden Zeilenenden:

$$\Delta s_{\frac{x}{z}} = \frac{h_g}{m_b} \tan \alpha \cdot \tan (\dot{\alpha} \cdot t_p) = c_K \cdot \tan \alpha \cdot \tan (\dot{\alpha} \cdot t_p), \quad (7)$$

Mit diesen dynamischen Einflüssen auf zwei benachbarte Scanzeilen ist aber die maximale geometrische Verzerrung, die während der Aufnahme eines ganzen Schwadstreifens (also in Flugrichtung) und auch zwischen den Schwadstreifen der ganzen Aufnahmeobjektflächen (also quer zur Flugrichtung) auftreten kann, noch nicht erfaßt.

### 3. Gesamtverzerrung des Schwadstreifens

Hier ist nicht die Winkelgeschwindigkeit  $\dot{\omega}$ ,  $\dot{\varphi}$  und  $\dot{\alpha}$  das Maß der Bildverzerrung, sondern der jeweilige Wert der Winkel  $\omega$ ,  $\varphi$  und  $\alpha$  selbst. Sie berechnen sich aus der zeitlichen Integration der gemessenen Winkelgeschwindigkeitsverläufe. Dazu wird die Zeitfunktion der Winkelgeschwindigkeitswerte als Summe von Sinusfunktionen angesetzt, z.B. für  $\dot{\varphi}$ ; (analog  $\dot{\omega}$ ,  $\dot{\alpha}$ ):

$$\dot{\varphi}(t) = \dot{\varphi}_{0,\max} \cdot \sin(2\pi f_0 t + \varphi_0) + \dot{\varphi}_{1,\max} \cdot \sin(2\pi f_1 t + \varphi_1) + \dots \quad (8)$$

Von den Winkelgeschwindigkeiten wird deshalb ausgegangen, weil deren Messung mit leichteren und kleineren Kreiselgebern möglich ist und eine derartige Meß- und Registriereinrichtung vom Verfasser schon zur Untersuchung der rotatorischen Bewegungen in verschiedenen Luftfahrzeugen (s. (1)) hinsichtlich der fotografischen Aufnahmeeinrichtung aufgebaut und erprobt wurde.

Im vorliegenden Zusammenhang können die Phasenwinkel  $\varphi_0 = \varphi_1 = 0$  gesetzt werden. Der Maximalwert der Längeneigung wird bei  $\dot{\varphi} = 0$  im Umkehrpunkt erreicht, während in der normalen horizontalen Lage bei  $\varphi = 0$  die Winkelgeschwindigkeit  $\dot{\varphi}$  ihren Maximalwert besitzt.

Die Integration des Ausdrucks (8) wird für die Gesamtverzerrung durch die jeweilige Bewegungskomponente folglich in den Grenzen von  $\pi/2$  bis  $\pi$  durchgeführt:

$$\varphi(t) = \dot{\varphi}_{0,\max} \cdot \int_{(\pi/2)}^{(\pi)} \sin(2\pi f_0 t) dt + \dot{\varphi}_{1,\max} \cdot \int_{(\pi/2)}^{(\pi)} \sin(2\pi f_1 t) dt + \dots, \quad (9)$$

und liefert das Ergebnis:

$$\varphi_{\max} = \frac{\dot{\varphi}_{0,\max}}{2\pi f_0} + \frac{\dot{\varphi}_{1,\max}}{2\pi f_1} + \dots = \varphi. \quad (10)$$

Damit ergeben sich die maximalen geometrischen Verzerrungen auf die Objektdimension bezogen hinsichtlich des Gesamtnickbereiches (Längsneigungsumfang) als maximale dynamische Stauchung bzw. Dehnung der Szene zu (analog zu Abb. 3a, aber Verdopplung durch Spiegelung um  $h_g$ ):

$$\Delta s_\varphi = 2 h_g \cdot \tan \varphi. \quad (11)$$

Zur Dehnung bzw. Stauchung kommt außerdem der noch zu betrachtende Einfluß der quasistatischen (bzw. langsam veränderlichen) Abweichung vom vorgegebenen Wert des Verhältnisses von Flugeschwindigkeit und -höhe über Grund  $v_g/h_g$  hinzu.

Die Schwadverzerrung durch den Gesamtlängsneigungsumfang ergibt sich in der Bildebene analog zu Formel (3) aus (11):

$$\Delta s'_\varphi = \Delta s_\varphi \cdot \frac{1}{m_b} = 2 \cdot c_k \cdot \tan \varphi. \quad (12)$$

Für den Gesamtquerneigungsumfang ergibt sich eine maximale Verzerrung in Form einer Verschiebung der Zeilen des Schwades quer zur Flugrichtung mit dem Maximalbetrag am Boden von (analog zu Abb. 3b):

$$\Delta s_\omega = \Delta s_{+\omega} + \Delta s_{-\omega} = \frac{2h_g \cdot \tan \omega}{\cos^2 \alpha} \quad (13)$$

und im Bild von

$$\Delta s'_{\omega} = \Delta s_{\omega} \cdot \frac{1}{m_b} = \frac{2c_K \cdot \tan \omega}{\cos^2 \alpha} \quad (14)$$

Infolge des Gesamtgierwinkelumfanges erreicht die maximale Klaffungsdifferenz an den Schwadrändern (Verdopplung durch Spiegelung um  $\gamma$  in Abb. 3c) am Boden den Wert:

$$\Delta s_{\alpha} = 2 h_g \cdot \tan \alpha \cdot \tan \alpha \quad (15)$$

und im Bildbereich:

$$\Delta s'_{\alpha} = \Delta s_{\alpha} \cdot \frac{1}{m_b} = 2 c_K \cdot \tan \alpha \cdot \tan \alpha \quad (16)$$

#### 4. Quantitative Ergebnisse

Um einen quantitativen Eindruck von den Verzerrungen der Scaneraufnahmen durch angulare Bewegung zu vermitteln, sei folgendes Beispiel auf der Basis von Meßwerten im Flugzeugtyp L-410 UVP ohne Benutzung von Lagestabilisierungsmaßnahmen angeführt:

Flughöhe über Grund:	$h_g = 6000 \text{ m}$
Fluggeschwindigkeit über Grund:	$v_g = 70 \text{ m/s}$
Scanzeilenbreite = Bodenpixelausdehnung in Flugrichtung:	$b = 1 \text{ m}$
Bodenpixelausdehnung quer zur Flugrichtung:	$a = 1 \text{ m}$
Max. Winkelgeschwindigkeit der Fluglageänderung bei mittlerer Turbulenz und die daraus berechneten max. Fluglagewinkel (s. /14/ Tafel 1) in L-410:	
Nicken; Längeneigung:	$\dot{\varphi} = 1^\circ/\text{s}; \quad \varphi = \pm 0,6^\circ$
Rollen; Querneigung:	$\dot{\omega} = 4^\circ/\text{s}; \quad \omega = \pm 1,1^\circ$
Gieren; Gierwinkel:	$\dot{\alpha} = 1^\circ/\text{s}; \quad \alpha = \pm 1,0^\circ$
Gesamtgesichtsfeldwinkel des Scanners:	$\text{FOV} = 2\alpha = 40^\circ$

Damit folgt für die Maximalverzerrung zwischen zwei benachbarten Zeilen in der Objektebene aus (2):

$$\Delta s_{\varphi} = 1,5 b = 1,5 m ,$$

d.h., es können 1,5-Zeilenbreite unabgetastet bleiben bzw. doppelt abgetastet werden.

Aus (4) folgt:

$$\Delta s_{\omega} = 6,8 a = 6,8 m ,$$

d.h., zwei Zeilen können bis nahezu 7 Pixelbreiten parallel gegeneinander verschoben werden ,  
und aus (6) ergibt sich:

$$\Delta s_{\alpha} = 0,54 b = 0,54 m ,$$

d.h. 0,54-Zeilenbreite Rändklaffung.

Für die Gesamtschwadverzerrung ergeben sich folgende Werte aus der jeweiligen Bewegungskomponente:

$$\text{Aus (11): } \Delta s_{\varphi} = 126 \text{ Pixel} ,$$

$$\text{aus (13): } \Delta s_{\omega} = 261 \text{ Pixel} ,$$

$$\text{aus (15): } \Delta s_{\alpha} = 76 \text{ Pixel} .$$

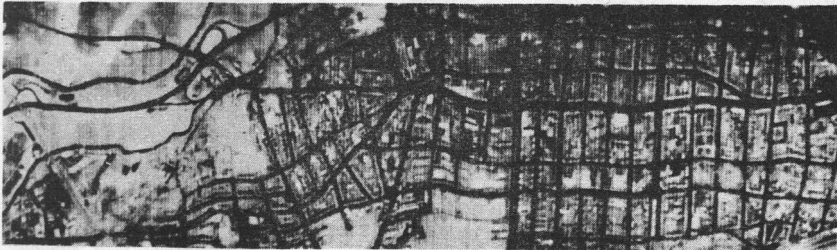
Die Winkelverzerrung infolge des mittleren Abdriftwinkels  $\alpha_A$  (Vorhaltwinkel) und die lineare Verzerrung infolge von Abweichungen vom exakten  $v_g/h_g$ -Wert in Form von Streckungen oder Stauchungen (d.h. Nichtübereinstimmung zwischen dem Bildmaßstablänge und quer zur Flugrichtung) kommen zu den hier berechneten Verzerrungen der Gesamtszene noch hinzu.

Letztere Verzerrungen entstehen, wenn der jeweilige, meist nur stufenweise wählbare, feste Wert des  $v_g/h_g$ -Quotienten vom Luftfahrzeug nicht exakt eingehalten wird.

Da alle genannten Bewegungseinflüsse unabhängig voneinander aber gleichzeitig einwirken, muß der jeweilige Gesamtvektor der Verzerrung bzw. Bildpunktverschiebung durch vektorielle Addition der Einzelkomponenten gebildet werden.

Für zwei benachbarte Zeilen stellt der jeweilige Momentanwert ein stochastisches Problem dar.

Bei den Untersuchungen auf dem Gebiet der elektronischen Aufnahmesysteme wurden mit einem Whiskbroom-Scanner guter geometrischer Auflösung im thermischen Infrarotbereich, der ohne Schwingungsdämpfung und Lagestabilisierung die Flugzeugbewegungen aufnimmt, Tag- und Nachtaufnahmen mit langen, geradlinigen Strukturen (Stadtgebiet) längs und quer zur Flugrichtung im Flugzeugtyp L-410 UVP (ohne Autopilot) hergestellt (Abb. 4). Darin fanden sich die qualitativen als auch die quantitativen Aussagen dieses Beitrages bestätigt (vgl. Abb. 4a mit 4b). Um die angularen Schwingungen des Luftfahrzeuges zu reduzieren, ist eine Autopilot- bzw. Flugregelanlage ein geeignetes und notwendiges Mittel.



a)



b)

Abb. 4: Bewegungsverzerrungen im Thermoscannerbild (freigegeben unter LFB-Nr.: 138/86), Flugrichtung von links nach rechts

a) Nachtaufnahme (geringe Verzerrung)

b) Tagaufnahme (starke Verzerrung)

Darüber hinaus wird mit einer derartigen Ausrüstung auch die Einhaltung des vorgegebenen Kurses und der Flughöhe wesentlich verbessert, was für die gewachsenen Genauigkeitsanforderungen, insbesondere für die Scanner- und Redareysteme, jedoch noch nicht ausreicht. Dafür und besonders in unbekanntem und kartennäßig wenig erschlossener Gebieten mit ausgedehnten Wald-, Wasser-, Wüsten- und Gebirgsregionen wird der Einsatz eines automatischen Navigationssystems erforderlich. Mit den steigenden Genauigkeitsanforderungen wird neben der automatischen Flugzeugführung künftig auch die dynamische Lagestabilisierung der Aufnahmesysteme zusätzlich an Bedeutung gewinnen (e. /8/ und /15/).

##### 5. Schlußfolgerungen aus den berechneten Verzerrungen der Scannereabbildung

Die bei der Scanneraufnahme ohne On-line-Korrektur entstehenden Abbildungsverzerrungen lassen sich nur teilweise nach der Aufnahme durch Transformationsprozesse mittels der digitalen Bildverarbeitung wieder korrigieren, sofern die verzerrenden Bewegungsdaten des Aufnahmesystems mit erfaßt wurden (/2/, /10/, /13/). Für einige Fälle wie z.B. bei Klaffung infolge der Nickbewegung oder der Gierbewegung gibt es a posteriori keine Entzerrung ohne Auflösungs- und/oder Informationsverlust. Zwar können doppelt oder mehrfach erfaßte Bildpixel aus dem Bild entfernt werden, aber dagegen sind die übersprungenen Pixel nicht mehr nachzugewinnen, es sei denn durch Interpolation zu Lasten der Auflösung bzw. bei großen Lücken mit ausgesprochenem Informationsverlust.

Deshalb ist eine On-line-Bewegungskorrektur im oder am Aufnahmesystem erforderlich. Aus den Ergebnissen in (14) kann abgeschätzt werden, welche Bewegungsamplituden und -komponenten mit welcher Geschwindigkeit kompensiert werden müssen.

Eine schnelle, in allen drei Achsen lagestabilisierte Aufhängung wäre zur Vermeidung von Abtastlücken und zur grobentzerrten Aufnahme unbedingt erforderlich. Die Feinentzerrung könnte denn z.B. durch digitale Bildverarbeitungsverfahren geschehen.



Von den bekannten Bewegungskorrekturverfahren (/3/, /4/, /5/, /7/) haben sowohl die mechanisch wirkenden Dämpfungsanordnungen oder kreiselstabilisierten Plattformen als auch die bisher bekannten elektronischen Korrekturverfahren (oder Kombinationen von beiden) mehr oder weniger ausgeprägte Nachteile: erstere sind störanfällig, schwer, voluminös und z.T. zu langsam (Typ GUT-3 der SU), und letztere wirken z.T. nur auf Teilkomponenten oder besitzen andere Einzeinschränkungen.

Folgendes aktive elektronische Verfahren könnte On-line-korrigierte Scanneraufnahmen nicht geminderter hoher geometrischer Genauigkeit und Detailauflösung gewährleisten (vgl. /16/). Dazu wird vorgeschlagen (s. Abb. 5):

- als Aufnahmesensor eines Push-broom-Zeilen-Scanners eine optoelektronische Detektormatrix zu verwenden,
- aus der Gesamtzahl der Pixel des Aufnahmesensors ein oder mehrere Abtastfenster festzulegen, wobei die Abtastfenster so auszubilden sind, daß die vollständige Erfassung des Sollschattdstreifens auf der Erde, unabhängig vom angularen Bewegungsbereich gegeben ist, wobei dies durch eine Erweiterung des Aufnahmewinkels längs und quer zur Luftfahrzeuglängsachse um den angularen Bewegungsbereich erfolgt,
- aus der Gesamtzahl der Pixel des jeweiligen Abtastfensters unter Inanspruchnahme der Flugbewegungs- und Fluglagesignale, die Pixel mindestens einer synthetischen Sollscanzeile je Abtastfenster bestimmt werden, die der Sollfluglage d.h. der Sollposition innerhalb des Sollschattdstreifens am Boden entsprechen, wobei die derart gewonnenen synthetischen Sollscanzeilen symmetrisch zum Nadir und senkrecht zur wahren Flugrichtung liegen,
- und durch eine Verringerung oder Erhöhung des Auslesetaktes der synthetischen Sollscanzeilen entsprechend dem Meßwert des Quotienten aus der Fluggeschwindigkeit zur Flughöhe über Grund  $v_g/h_g$  eine Übereinstimmung zwischen Längs- und Quermaßstab der Scanneraufnahme realisiert wird.

Durch die geeignete Festlegung der Matrixgröße und der Abbildungsoptik des Scanners, d.h. unter Beachtung der maximal auftretenden unerwünschten Bewegungen bzw. des angularen Bewegungs-

bereiches, wird eine vollständige Erfassung des Sollschwadrestreifens gewährleistet. Durch diese Maßnahme gehen keine für die Auswertung notwendigen Bildinhalte verloren. Mittels der Möglichkeit, aus der Gesamtheit der in den Pixeln des Matrixaufnahmesensors gespeicherten Informationen unter Berücksichtigung der von den Flugbewegungs- und Fluglagesignalsensoren bereitgestellten Informationen, die Koordinaten für die eine Sollscannzeile bildenden Pixel zu bestimmen, die der Sollfluglage entsprechen, ist ohne Auflösungsverlust eine Bewegungskorrektur realisierbar.

Künftig sollten anstelle der luftfahrzeugtypischen Winkelgeschwindigkeits- und Lagegeber auf Kreiselsbasis die aus modernen Sensororientierungssystemen (z.B. INS, GPS) mit viel höherer Genauigkeit zu gewinnenden Navigations- und Lagesignale (vgl. /17/) zur Bewegungskorrektur an Bord herangezogen werden.

Zur Realisierung des Korrekturverfahrens kann entweder eine optoelektronische Detektormatrix (CCD-Matrix, TIR-Matrix od.a. je nach aufzunehmendem Spektralbereich) mit wahlfreiem Zugriff zu den Detektorelementen (CID) herangezogen werden oder der ganze Bildinhalt der Detektormatrix wird während jedes Scannzeilentaktes in ein Register geladen und dort in der vorge schlagenen Weise die jeweilige Sollscannzeile ausgelesen.

Es kann in diesem Zusammenhang von einer quasi elektronischen Korrekturbewegung einer Zeile auf bzw. aus der Gesamtheit der Zeilen bzw. der Pixel des Matrixaufnahmesensors gesprochen werden. Bei genügend großer Zeilenanzahl des Matrixsensors besteht die Möglichkeit des Auslesens mehrerer Sollscannzeilen aus je einem Abtaufenster oder der Vorwärtbewegungskompensation und Verlängerung der Detektorelementbelichtung der Sollzeile durch TDI (Time Delay and Integration).

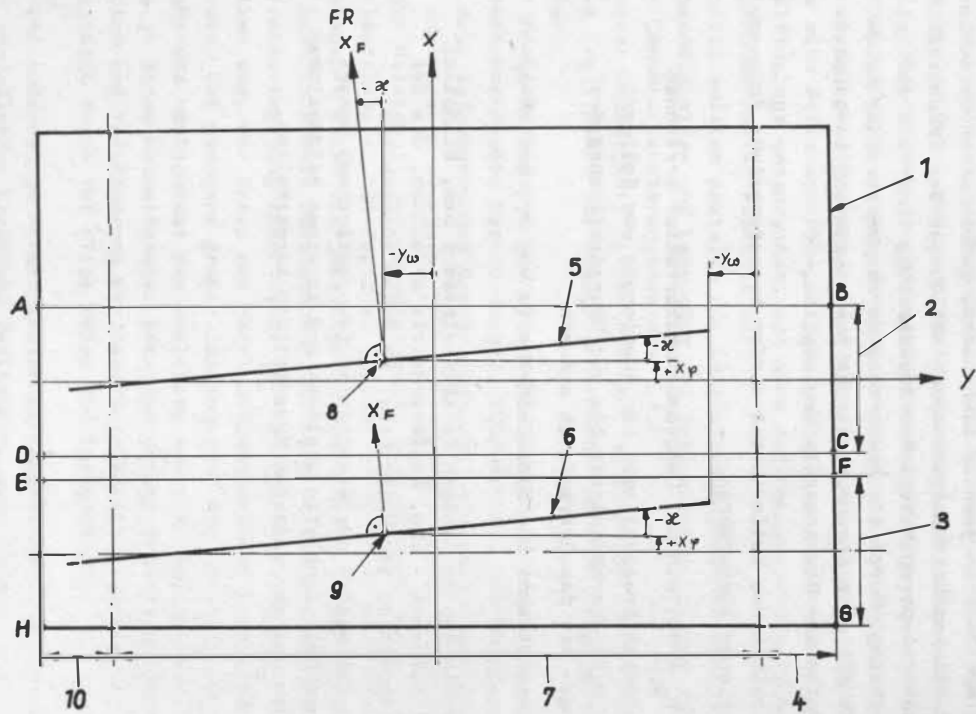
Werden außerdem je Abtaufenster definierte Spektralauszüge der einfallenden Strahlung realisiert, dann können echtzeitkorrigierte Multipektralaufnahmen gewonnen werden. Ebenfalls können gleiche zeilenweise Abbildungen der Erdoberfläche am Anfang und am Ende der Matrix, jeweils bezogen auf die Flugrichtung und zeitlich nacheinander erfolgen.

Diese werden dann nach dem vorgestellten Verfahren synchron bewegungsentzerrt. Durch fortlaufende Abtastung dieser Bildinhalte entstehen jeweils identische, jedoch unter verschiedenen Blickwinkeln aufgenommene Abbildungen der Erdoberfläche mit zentral-perspektivischem Zusammenhang innerhalb der Zeilenrichtung. Durch die Auswertung korrespondierender Bildpunkte ist eine Anwendung der so gewonnenen und verarbeiteten Daten zur Stereokartierung möglich.

Innerhalb eines Zeilentaktes werden zusammengefaßt folgende Operationen ausgeführt:

- $v_g/h_g$  ermitteln und Längemaßstabkorrektur errechnen
- Zeilentaktfrequenz nach der Abweichung vom Sollwert des  $v_g/h_g$ -Verhältnisses bis zur Übereinstimmung des Längemaßstabes mit dem Quermaßstab steuern
- Quasistatische und dynamische Werte von  $\omega$ ,  $\varphi$  und  $\alpha$  ermitteln
- Koordinaten derjenigen Detektorelemente bzw. Bildpixel der Aufnahme - bzw. Registermatrix errechnen, die der Sollposition der Objektpixel am Boden entsprechen
- Matrixelemente der errechneten (synthetischen) momentanen Sollscannzeile auslesen und in einen Bildspeicher laden und zur weiteren Verarbeitung bereithalten.

Abb. 5: Detektormatrix mit 2 Sollscanzellen (s. Legende)



Legende zu Abb. 5:

$x_F$	wahre Flugrichtung über Grund
$x$	Flugzeuglängeachse
$y$	Flugzeugquerachse
$\varphi$	Gesamt längsneigungswinkel
$\omega$	Gesamt querneigungswinkel
$\alpha, \alpha_A$	Gesamt gier- bzw. -abdriftwinkel
$x_p$	x-Verschiebung der synthetischen, momentanen Sollscannzeilen 5 und 6 infolge der Längsneigung bzw. Nickbewegung
$y_w$	y-Verschiebung der synthetischen, momentanen Sollscannzeilen 5 und 6 infolge der Querneigung bzw. Rollbewegung
1	Detektormatrix
2	$\varphi$ - und $\alpha$ -Bewegungsbereich von 5
3	$\varphi$ - und $\alpha$ -Bewegungsbereich von 6
4	positiver $\omega$ -Bewegungsbereich aller Scannzeilen (auf die Ruhelage $\omega = 0$ bezogen)
5	Lage einer synthetisch bestimmten, momentanen Sollscannzeile bei senkrecht auf den Boden gerichteter Scannstrahlebene
6	Lage der zu 5 synchronen Sollzeile bei vorausblickender Scannstrahlebene
7	y-Bereich aller Zeilen für $\omega = 0$ (Scannzeilenlänge)
8	Nadirpixel der Zeile 5
9	Mittelpixel der Vorauszeile 6
10	negativer $\omega$ -Bewegungsbereich aller Scannzeilen (auf die Ruhelage $\omega = 0$ bezogen)
ABCD	Abtastfenster für 5
EFGH	Abtastfenster für 6

6. Literatur

- /1/ SZANGOLIES, K.: Entwicklungstendenzen in der photogrammetrischen Aufnahme- und Auswertetechnik. Vermessungstechnik, Berlin 35 (1987) 8
- /2/ SITEK, Z.: Geometrische Korrektur von Scannerbildern. Przeglad Geod., Warschau 2/85
- /3/ ATKINS, A.: Verfahren zur Bewegungskorrektur digitaler Bilder. Pat. OS DE 3544863
- /4/ BROOKSBANK, J.: Verfahren und Einrichtung zur Korrektur eines Videosignals. Pat. OS DE 3334147A1
- /5/ BAILLET, G.E.; CHABONAT, A.M.: Steuervorrichtung für eine Einrichtung zur Aufnahme von Luftaufnahmen im Wege einer Einweganalyse. Pat. OS DE 2322379
- /6/ JOACHIM, R.; BACH, E.: Elektronische und optoelektronische Methoden der Fernerkundung. TIZL, Berlin 21 (1985) H. 6
- /7/ COLWELL, R.N.: Manual of Remote Sensing. (Herausgeber) American Society of Photogrammetry. Falls Church 1983, 2 nd Edition, Vol. I.
- /8/ HOFFMANN, O.: Bildgüte aktiver und passiver Abtaster. BuL, Karlsruhe 51 (1983) 4, S. 103 - 117
- /9/ SABINS, F.F.: Remote Sensing - Principles and Interpretation. San Francisco 1978
- /10/ BÄHR, H.P.: Analyse der Geometrie auf Photodetektoren abgetasteter Aufnahmen von Erdkundungssatelliten. Dissertation, Hannover 1976
- /11/ HOTCHKISS, R.N.: Image Motion Consideration in Electro-Optical Panoramic Camera. Proc. of SPIE, Airborn Recon. VII, Vol. 424

- /12/ SCHULZ, B. S.: Analyse der Datenqualität multispektraler Sensorzeilenabtaster. BuL, Karlsruhe 54 (1986) 6
- /13/ HOFMANN, O.: Dynamische Photogrammetrie. BuL. Karlsruhe 54 (1986) 3
- /14/ PLISCHKE, F.: Der Einfluß von Luftfahrzeugbewegungen auf die Qualität von Fernerkundungsaufzeichnungen. Vermessungstechnik, Berlin 35 (1987) 8
- /15/ KLOSE, H.;  
PLISCHKE, F.: Anordnung zur dynamischen Lagestabilisierung einer Luftbildmeßkammer. DDR-WP G01C/280 127 4 Nr. DD 2405955A1
- /16/ PLISCHKE, F.;  
BACH, E.;  
NOPIRAKOWSKI: Verfahren zur aktiven Korrektur der bewegungsbedingten Verzerrungen bei Scanneraufnahmen aus Luft- und Raumfahrzeugen. DDR-WP G01C Nr. 303 434 0
- /17/ ACKERMANN, F.: The Use of Navigation Data in Photogrammetry. - A Review. Proc. ISPRS, Com. I, Stuttgart Sept. 1986

Zuverlässigkeit von Polynomansätzen  
-----  
zur geografischen Anbindung von Scannerbildern  
-----

Th. SCHMIDT, T. SEIFERT

Akademie der Wissenschaften der DDR  
Institut für Meereskunde

Zusammenfassung  
-----

Auf der Grundlage eines vereinfachten Abbildungsmodells für Satellitenscanneraufnahmen wird die Zuverlässigkeit passpunktgestützter Polynome zur geografischen Anbindung von NOAA - AVHRR - Szenen abgeschätzt. Im allgemeinen sind Ansätze dritten Grades erforderlich, um Segmente von (512\*512) Pixeln mit einer mittleren quadratischen Restabweichung kleiner als ein Pixel anzupassen. Nach Korrektur der Panoramaentzerrung erweisen sich quadratische Polynome als ausreichend. Mit Bilinearformen ist die geforderte Pixelgenauigkeit nur für kleinere, vorentzerrte Bildsegmente erreichbar.

Abstract :  
-----

On the basis of a simplified model for satellite scanner images the reliability of polynomials fitted to ground control points is estimated for the geographical location of NOAA - AVHRR scenes. Generally an approach of third order is to be used to fit a segment of (512\*512) pixels with a root mean square error less than one pixel. After a correction of the panorama effect second order polynomials are sufficient. With bilinear forms an



one-pixel accuracy may be achieved only for smaller, preprocessed segments.

Резюме :

На основе упрощенной модели космических сканнерных изображений оценивается надежность ~~выравнивающих~~ по опорным точкам ~~много-~~ **членов** для географической привязки сцен NOAA - AVHRR. Вообще надо использовать подходы третьей степени для локализаций сегментов с  $512 \times 512$  элементами изображения с среднеквадратической ошибкой меньше чем **один элемент**. После коррекции панорамного искажения квадратические многочлены оказываются достаточно точными. Билинейные формы достигают требуемую точность только для меньших, предварительно скорректированных сегментов.

Ziel :

-----  
 Abschätzung der mit Polynomansätzen erreichbaren Anpassungsgüte für die Zuordnung von Bildkoordinaten zu geografischen Koordinaten und umgekehrt.

Modell :

-----  
 - Aufnahmegeometrie ( Bezug auf AVHRR-Scanner )

- \* kugelförmige Erdoberfläche ( Radius = 6371.2 km ); die Berechnung der geografischen Breite erfolgte unter Verwendung des Krassowski-Ellipsoids
- \* sonnensynchrone, gleichförmig durchlaufene Kreisbahn
  - Inklination =  $99^\circ$
  - nodale Regression =  $25.375^\circ$  /Umlauf
  - Umlaufzeit = 6090 sec
  - Höhe = 836.6 km
- \* Panoramaentzerrung auf 1.1 km-Raster nach dem Algorithmus von LEHECKIS, PRITCHARD (1976)

- Bildsegmente von  $x = 512$  Zeilen und  $y = 512$  Spalten aus der Originalaufnahme mit 2048 Spalten; geografisches Bezugsgebiet, siehe Abb. 1

- \* Bild I :  $y =$  Spalte ( 768 - 1279 ) Nadirlage
- \* Bild II :  $y =$  Spalte ( 256 - 767 ) typ. Anwendungsfall
- \* Bild III :  $y =$  Spalte ( 0 - 511 ) Randlage

- Untersuchte Polynome :

- \* affine Abbildung :  $P_0 = a_0 + a_1x + a_2y$
- \* Bilinearform :  $P_1 = P_0 + a_4xy$
- \* quadrat. Polynom :  $P_2 = P_1 + a_3x^2 + a_5y^2$
- \* kubisches Polynom :  $P_3 = P_2 + a_6x^3 + a_7x^2y + a_8xy^2 + a_9y^3$
- \* Polynom 4. Grades :  $P_4 = P_3 + a_{10}x^4 + a_{11}x^3y + a_{12}x^2y^2 + a_{13}xy^3 + a_{14}y^4$

- Passpunktverteilungen :

- \* Gitter mit 81 (9 \* 9) Passpunkten, Schrittweite 64 Pixel
- \* Gitter mit 25 (5 \* 5) Passpunkten, Schrittweite 64 Pixel, im zentralen Bildsegment von (256 \* 256) Pixeln liegend
- \* 20 quasirealistisch verteilte Passpunkte aus den 81 Gitterpunkten
- \* 32 Passpunkte auf dem Bildrand, Schrittweite 64 Pixel

Auswertung :

-----

Bewertungskriterium ist die mittlere quadrat. Restabweichung für einen vorgegebenen Satz von Passpunkten bzw. das Gitter mit der Schrittweite von 64 Pixeln als Satz von 81 Kontrollpunkten. Eine Anpassung wird als ausreichend betrachtet, wenn die mittlere Restabweichung kleiner als 1 Pixel ist.

Die Abbildungen zeigen charakteristische Beispiele, in denen die Restabweichung am jeweiligen Pass- bzw. Kontrollpunkt nach Betrag und Richtung als Vektor dargestellt ist. Dabei entspricht ein Restfehlervektor von 5 mm Länge einem Fehler von 1 Pixel.

Fehlervektoren, die den Rahmen der Abbildung überschreiten, werden dort abgeschnitten und gestrichelt gezeichnet. Restfehler kleiner als 0.5 Pixel werden aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

#### Ergebnisse :

- 
- PAN-entzerrte Bilinearformen weisen mittlere Abweichungen von deutlich mehr als 1 Pixel auf, siehe Abb. 2 .
  - Für PAN-entzerrte Bilder stellt ein quadratisches Polynom den optimalen Ansatz dar, siehe Abb. 3 . ( Maßstabsänderung ! )
  - Für nicht vorverarbeitete Bilder ist in der Regel ein kubisches Polynom erforderlich.
  - Innerhalb des regelmäßig von Passpunkten belegten Gebietes im zentralen Bildsegment von (256\*256) Pixeln erweist sich auch in der ungünstigen Randlage ein quadratisches Polynom als ausreichender Ansatz. Bilinearformen sind mit Pixelgenauigkeit nur für diese oder kleinere, vorentzerrte Bildsegmente anwendbar.
  - Alle betrachteten Beispiele zeigen, daß bei Extrapolationen über das von Passpunkten belegte Bezugsgebiet hinaus die Fehler stark zunehmen, siehe Abb. 4 .
  - Für die 32 auf dem Rand liegenden Passpunkte zeigt sich, daß die Polynome erst bei höheren Graden geringfügig (1 bis 2 Pixel) durchschwingen, siehe Abb. 5 .
  - Für einen im Rahmen des gegebenen, regelmäßigen Gitters ausgewählten Satz von 20 quasirealistisch verteilten Passpunkten ergibt ein Polynom 2. Grades für die gesamte Bildmatrix eine befriedigende Zuordnung, wenn PAN-Entzerrung vorliegt. Ohne PAN-Korrektur ergeben sich mittlere Abweichungen bis zu 1.8 Pixeln, siehe Abb. 6 .

- Alle oben getroffenen Aussagen gelten gleichermaßen für die Umkehrtransformation der geografischen Koordinaten in die Bildkoordinaten.

Literatur :

---

- LEGECKIS, R. and J.PRITCHARD :  
Algorithm for correcting the VHRR imagery for geometric distortions due to earth curvature, earth rotation and spacecraft roll attitude errors  
NOAA Techn. Memorandum NESS 77 (1976), 31 pp.

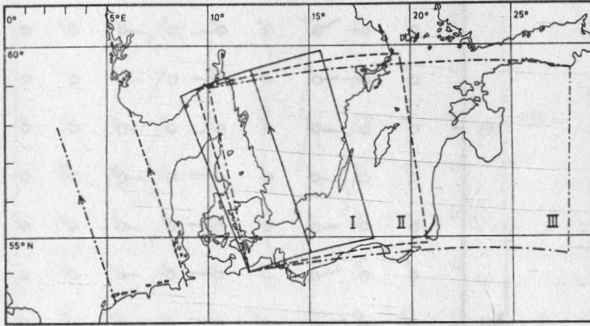


Abb. 1: Geographisches Bezugsgebiet der Modellrechnungen

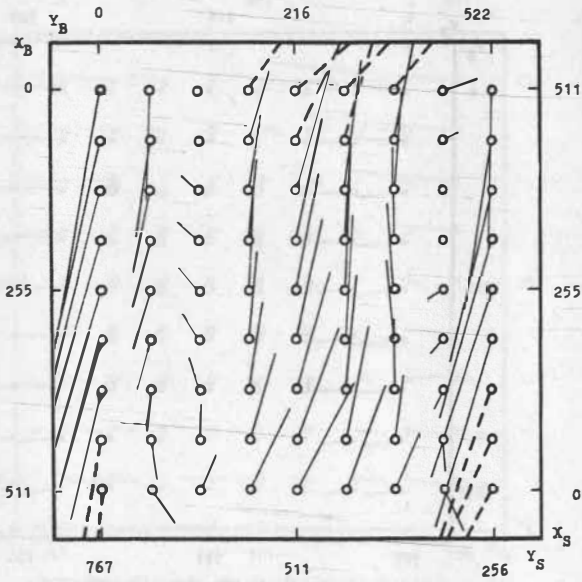


Abb. 2: BildII, PANq, 81PP, bilin. Polyn.

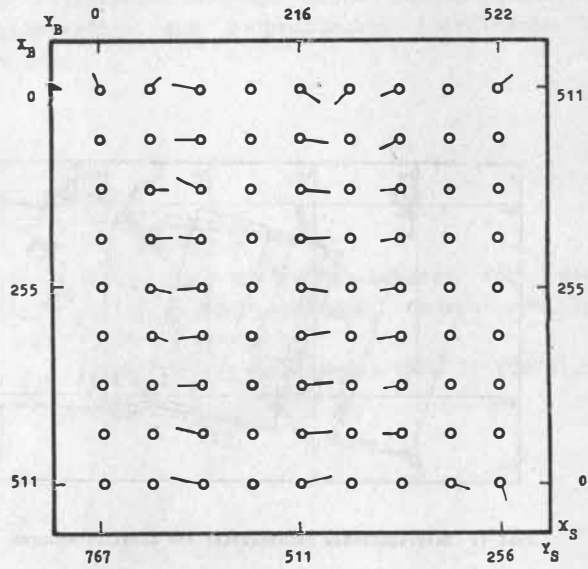


Abb. 3: Bild II, PAWq, 81PP, Polyn. 2. Grades  
10 mm = 1 Pix.!

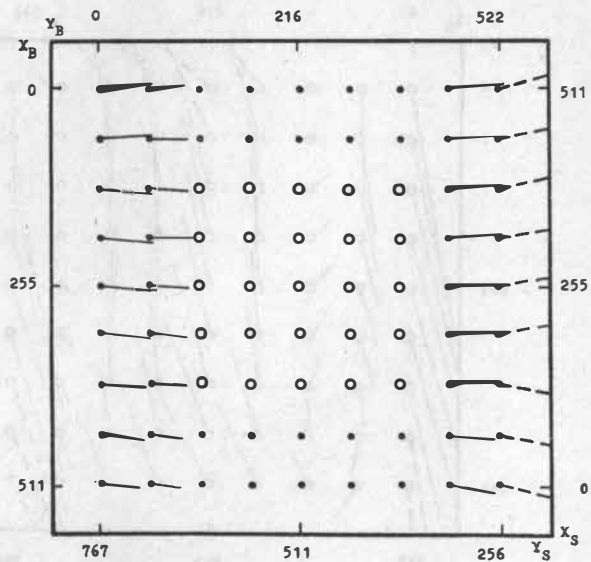


Abb. 4: Bild II, PAWq, 25PP, Polyn. 2. Grades

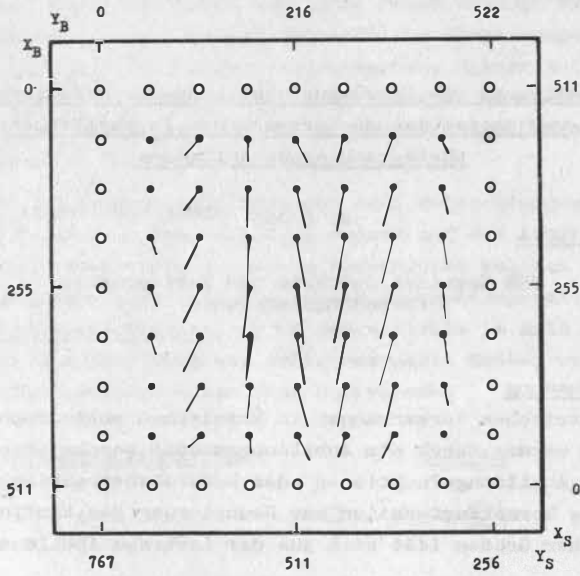


Abb: 5: Bild II, PANq, 32 PP, Polyn. 4. Grades

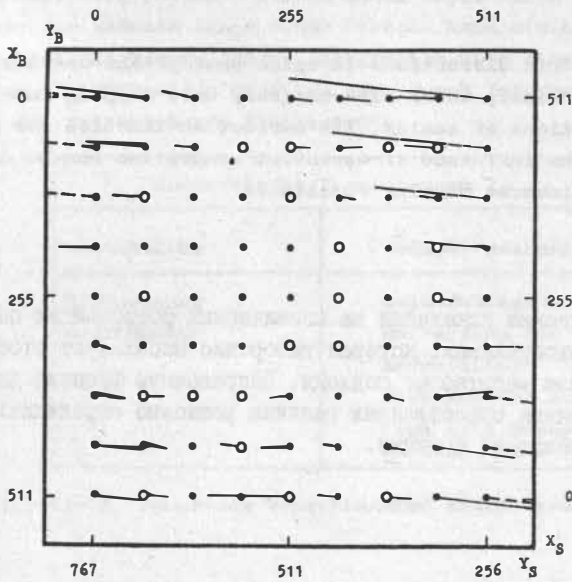


Abb.6: Bild II, ohne, 20 PP, Polyn. 2. Grades

Bestimmung von Korrekturfunktionen zur Reduzierung  
von geometrischen Verzerrungen in kosmischen  
photographischen Aufnahmen

E. PROSS

VEB Kombinat Geodäsie und Kartographie  
Forschungszentrum

Zusammenfassung

Die geometrischen Verzerrungen in kosmischen photographischen Aufnahmen werden durch ein Abbildungsmodell beschrieben, das wahlweise Abbildungsfunktionen oder Maßstabsbetrachtungen benutzt. Die Korrekturfunktion zur Reduzierung des Einflusses wesentlicher Größen läßt sich aus der inversen Abbildungsfunktion bestimmen.

Summary

The geometric distortions in space photographs are described by a mapping model, which alternatively uses mapping functions or considerations of scalos. The correction function for the reduction of the influence of essential quantities can be determined from the inverse mapping function.

Резюме

Геометрические искажения на космических фотоснимках описываются моделью отображения, которая выборочно использует отображающие функции или масштабные подходы. Поправочную функцию для уменьшения влияния существенных величин возможно определить по обратной отображающей функции.



Kosmische photographische Aufnahmen haben bedingt durch den Aufnahme-prozeß und -gegenstand geometrische Verzerrungen.

Ziel einer photogrammetrischen Auswertung dieser Aufnahmen ist in der Regel, in definierten Bezugssystemen die Lage von Objekten bzw. die Länge von linienförmigen oder den Flächeninhalt flächenhafter Objekte zu bestimmen.

Bei dem Abbildungsmodell kann man zwei Betrachtungsweisen zugrunde legen, und zwar kann man sich einmal auf die Abbildungsfunktion selbst konzentrieren, die genau vorschreibt welches Element wohin abgebildet wird, und die zweite Betrachtungsweise ist die der Maßstabsbeziehungen, wo an jeder Stelle im Bild gesagt wird, wie sich die Abbildung von infinitesimalen Größen verhält. Diese beiden Betrachtungsweisen sind äquivalent.

Abbildungsfunktion

$$x' = f(x)$$

≙

Maßstab

$$M = \frac{dx'}{dx}$$

Dies bedeutet, daß aus dem Maßstab die Abbildungsfunktion selbst durch Integration gewonnen werden kann. Bspw. durch die Integration über den Maßstab längs einer Strecke kann die Lage eines Punktes bestimmt werden, durch Integration über eine Kurve die Länge von linienförmigen Objekten oder durch Integration über Flächen die entsprechende Flächengröße.

Geometrische Verzerrungen	
wesentliche	weniger wesentlich
Bildneigung Erdkrümmung	Geländehöhenunterschiede Refraktion der Atmosphäre Erddotation Bewegung der Aufnahmeplattform (mit Bewegungskompensation)

Tabelle 1: Bewertung verschiedener Einflußgrößen

In den Abbildungen 1 und 2 sind die Verzerrungen durch den Einfluß der Erdkrümmung und Bildneigung aufgezeigt.

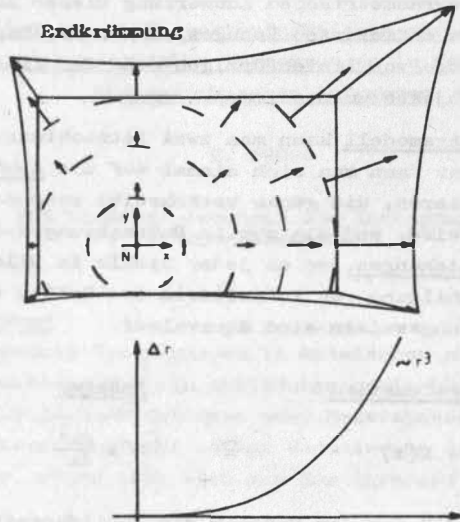


Abb. 1: Verzerrung durch den Einfluß der Erdkrümmung

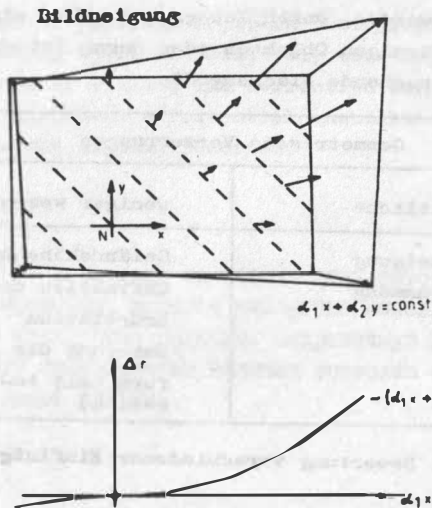


Abb. 2: Verzerrung durch den Einfluß der Bildneigung

Diese Äquivalenz ist auch nichts besonderes, weil ja die Ableitung einer Funktion und die Funktion selbst bei differenzierbaren Funktionen den gleichen Informationsgehalt haben und bis auf eine additive Konstante auseinander bestimmbar sind.

Die Vorteile dieser Maßstabsbetrachtungen sind

- die Reihenfolgeunabhängigkeit von Teilabbildungen - dies entspricht der Kettenregel der Differentiation verketteter Funktionen,
- die einfache Bestimmung des Maßstabes der inversen Abbildungsfunktion als Reziprokes des Maßstabes der Abbildungsfunktion - auch dies ist eine Differentiationsregel und zwar die für die inverse Funktion,
- eine einfache Bewertung der Bedeutung einer Einflußgröße. Der Maßstab hat bis auf eine multiplikative Konstante die Form  $M = 1 + f$ , wobei  $f$  klein gegenüber Eins ist. An diesem Anteil  $f$  sieht man die Wirkung der Aufnahmeparameter oder kann die Verzerrungscharakteristik ableiten.

Bei der Kenntnis der Maßstäbe und somit der lokalen Verhältnisse lassen sich globale Aussagen und Größen ableiten.

In Tabelle 1 werden für kosmische photographische Aufnahmen mit Kammerkonstanten von 200 mm und kleiner verschiedene Einflußfaktoren bewertet.

Aus der Kenntnis der wesentlichen Einflußgrößen läßt sich die Korrekturfunktion durch Invertierung der Abbildungsfunktion bestimmen.

Die inverse Abbildungsfunktion kann durch Reihenentwicklung oder über die Maßstabsbetrachtungen gewonnen werden. Entsprechende geometrische Transformationen, die diese Verzerrungen zielgerichtet reduzieren sollen, können abgeleitet werden. Diese Korrekturfunktion kann bspw. unmittelbar ein analytisches Auswertegerät steuern, oder es lassen sich Entzerrungsparameter für eine Entzerrungsparameter für eine Entzerrung bestimmen, wobei letzteres inhaltlich bedeutet, daß die Charakteristik, die zur entspr. Korrektur - hier zur Entzerrung - gehört, möglichst gut der zu korrigierenden Funktion angepaßt wird.

Die Überlagerungen verschiedener Einflußgrößen kann als Superpositionsprinzip bezeichnet werden. Dies bedeutet, daß sich bei den Maßstabsbetrachtungen die den Einfluß beschreibenden Anteile "addieren". Bspw. addieren sich die Neigungen, die sich bei der Entzerrung bei der Beseitigung der Flächenverzerrung durch den Einfluß der Erkrümmung und der Bildneigung ergeben, und die zugehörigen Vergrößerungen werden multipliziert.

Somit lassen sich relativ einfach zusammenfassende Wirkungen verschiedener Einflußfaktoren bestimmen.

Auffallend ist, daß für die kosmischen photographischen Aufnahmen - bedingt durch die Aufnahmekonstellation - die Funktionen derart sind, daß bei der Reihenentwicklung (diese Funktionen sind in der Regel nicht geschlossen invertierbar) erste Approximationen bereits sehr gut sind.

In /1/ ist ein spezielles digitales Transformationsverfahren zur Beseitigung von Flächenverzerrungen angegeben.

Diese Betrachtungs- und Darstellungsweise ist prinzipiell zur Übertragung auf Luftbilder und terrestrische Aufnahmen geeignet und für spezielle Aufgaben sind digitale Transformationsmethoden einsetzbar (s. /2/).

Die kosmischen photographischen Aufnahmen KFA-1000 (s.a. /3/, /4/), die als Fernerkundungsdaten der 2. Generation gelten, haben geometrische Verzerrungen, deren Wertung von den o.g. abweicht. Bspw. hat die Erkrümmung fast keine Bedeutung, während die Verzeichnung des Aufnahmesystems wesentliche Verzerrungen bewirkt. Diese Verzerrungen lassen sich aber ähnlich zu den oben vorgestellten in dieses Beschreibungskalkül einordnen. Relativ einfach lassen sich z. B. lokale Entzerrungsparameter bestimmen, die diesen Einfluß der Verzeichnung deutlich reduzieren.

Eine Ortszuweisung von Fernerkundungsdaten mit einer vorgegebenen Genauigkeit ist eine notwendige Voraussetzung zur Überführung dieser Daten in territoriale oder geographische Datenspeicher.

Literatur

- /1/ Proß, E.:        Digitales Transformationsverfahren zur Besei-  
                         tigung von Flächenverzerrungen.  
                         In diesem Heft, S. 78
- /2/ Proß, E.:        Geometrische Verzerrungen in kosmischen photo-  
                         graphischen Aufnahmen und Möglichkeiten ihrer  
                         Korrektur.  
                         Arbeiten aus dem Vermessungs- und Kartenwesen  
                         der Deutschen Demokratischen Republik, Band 55,  
                         Leipzig 1988
- /3/ Krämer, J.:     Kartenproduktion und -laufendhaltung mit Sa-  
                         tellitenphotos.  
                         In diesem Heft, S. 238
- /4/ Marek, K.-H.:   Zu Stand und Entwicklungstendenzen der Fern-  
                         erkundung.  
                         In diesem Heft, S. 16

Digitales Transformationsverfahren zur Beseitigung  
von Flächenverzerrungen

E. PROSS

VEB Kombinat Geodäsie und Kartographie  
Forschungszentrum

Zusammenfassung

Ein spezielles zeileninvariant arbeitendes digitales Transformationsverfahren ist für die Korrektur von Flächenverzerrungen in kosmischen photographischen Aufnahmen entwickelt worden. Verallgemeinerungen und Erweiterungen für beliebige geometrische Transformationen werden aufgezeigt.

Summary

A special line-invariant-working digital transformation method has been developed for the correction of areal distortions in space photographs. Generalizations and expansions for any geometric transformations are presented.

Резюме

Для исправления площадных искажений на космических фотоснимках разработан специальный инвариантно-строчный способ цифрового преобразования. Приводятся обобщения и расширения для любых геометрических преобразований.

Für die geometrische Transformation  $T$  von digitalen Bildern gibt es zahlreiche Verfahren, die mittels der indirekten Transformation realisiert werden. Alle diese Verfahren transformieren durch eine Abbildungsfunktion ausgewählte oder alle Bildpunkte. Dabei wird das sequentielle zeilenorientierte Speicherprinzip bei der rechentechnischen Realisierung wenig berücksichtigt und ein "Durcheinander" zwischen den Zeilen - also den Datensätzen - tritt auf (s. Abb. 1).

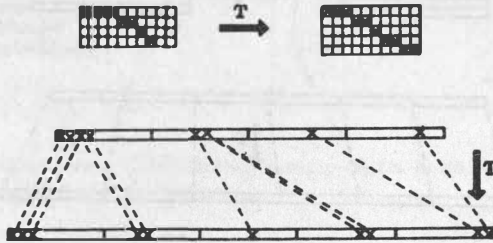


Abb. 1: Beliebige geometrische Transformation

Dieser hier sichtbare Widerspruch zwischen den visuellen Vorstellungen des Menschen und den rechentechnischen Realisierungen führt zu einem

1. Problem digitaler geometrischer Transformationen
  - eindeutige Abbildung zwischen den Datensätzen -

und als

2. Problem digitaler geometrischer Transformationen ergibt sich,
  - für welchen Anteil von Bildpunkten muß die Abbildungsfunktion berechnet werden.

Somit ergab sich die natürliche Fragestellung, wie eine digitale geometrische Transformation aussehen müsse, die zur zeilenorientierten Speicherung paßt.

Deshalb wurde ein neuartiges Transformationsprinzip entwickelt, das als logisches Grundelement die Bildzeile (oder Abschnitte davon) benutzt. Dieses Verfahren wurde als zeileninvariante Transformation <sup>1)</sup> bezeichnet, d. h. jede Bildzeile wird in genau eine neue Bildzeile abgebildet.

In Abb. 2 wird es veranschaulicht.

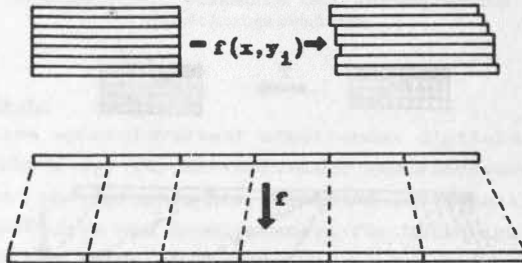


Abb. 2: Zeileninvariante Transformation

Für die Anwendung dieses Verfahrens ist entscheidend, die gewünschte geometrische Transformation auf dieses Transformationsprinzip zu projizieren.

An einem konkreten Problem - der Korrektur von Flächenverzerrung in kosmischen photographischen Aufnahmen - wurde dies umgesetzt.

<sup>1)</sup> Dieses Verfahren wurde unter dem Titel "Zeileninvariantes digitales Korrekturverfahren bildhafter Vorlagen nach Abbildungsfunktionen" am 21. 12. 1987 unter der Reg. - Nr. 310 883 2 beim Amt für Erfindungs- und Patentwesen der DDR zum Patent angemeldet.



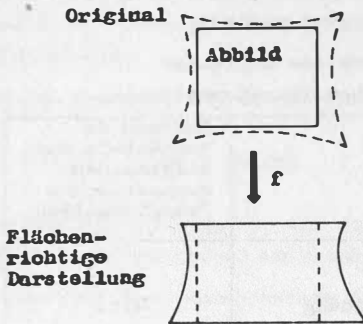


Abb. 3: Korrektur von Flächenverzerrungen in kosmischen photographischen Aufnahmen

In der Abb. 3 ist ein rechteckiger Bildausschnitt im Bild ausgewählt - dem entspricht bis auf einen Maßstabsfaktor auf der Erdoberfläche diese kissenförmige Fläche - und die lokale Korrektur der Flächenverzerrung erfolgt durch eine Zeilenabbildungsfunktion, mit der das Bild Zeile für Zeile so transformiert wird, daß innerhalb jeder Zeile diese an vorher bestimmten Korrekturstellen so "gestreckt" oder "gestaucht" wird, daß gerade die Flächenverzerrung korrigiert wird. Diese Streckung und Stauchung kann wegen des relativ geringen Auftretens durch Doppeln oder Löschen von Bildpunkten erfolgen. Wie aus den Parametern der kosmischen photographischen Aufnahme die Flächenverzerrung und daraus die Zeilenabbildungsfunktion sowie die Korrekturstellen bestimmt werden, ist in /1/ ausführlich dargestellt.

Die Effektivität des Verfahrens ergibt sich dadurch, daß

- die Abbildungsfunktion nur für einen geringen Teil der Bildpunkte explizit berechnet wird - erinnert sei hier an das sogenannte Ankerpunktverfahren, wo wenige ausgewählte Bildpunkte exakt transformiert werden, dazwischen aber interpoliert wird und
- die eigentliche Transformation (eindeutige Abbildung der Datensätze) durch die Berechnung der Korrekturstellen innerhalb

jede Zeile erfolgt.

Das sind genau die o. g. zwei Probleme digitaler geometrischer Transformationen. In Tab. 1 sind die Aufwände für die Lösung dieser beiden Probleme eingeschätzt.

Tab. 1: Aufwandsprobleme digitaler geometrischer Transformationen

	Aufwand im Verhältnis zur allgemeinen geometrischen Transformation
Problem 1 Eindeutigkeit der Abbildung der Datensätze	0,1
Problem 2 Berechnung der Abbildungsfunktion	0,01

Die digitale geometrische Transformation wurde somit auf ein "modifiziertes Kopieren" reduziert. Dabei wird Zeile für Zeile kopiert und an den Korrekturstellen wird das Schreibe-offset erhöht oder vermindert.

Eine Speicherplatzreduzierung ergab sich noch dadurch, daß das Output-Bild auf den Teil des nicht mehr benötigten Input-Bildes geschrieben wird. Dadurch wird der Speicherplatz halbiert.

In der Tab. 2 werden die Rechenzeitverhältnisse verschiedener Transformationen verglichen.

Tab. 2: Rechenzeitverhältnisse

Identische Transformation	1
Zeileninvariante Transformation	2
Herkömmliche geometrische Transformation	20 ... 30

Verallgemeinerungen dieses zeileninvarianten Transformationsverfahrens ergeben sich

- durch den Einsatz eines Zeilenresampling (der Wert wird aus den Werten einer Punktumgebung bestimmt) für komplizierte Abbildungsfunktionen,
- für beliebige geometrische Transformationen

$$x' = f(x,y) \quad ; \quad y' = g(x,y)$$

mit der notwendigen Bedingung, daß eine dieser Funktionen nach einer Variablen invertierbar sein muß.

Diese letztgenannte Verallgemeinerung ist in Abb. 4 dargestellt.

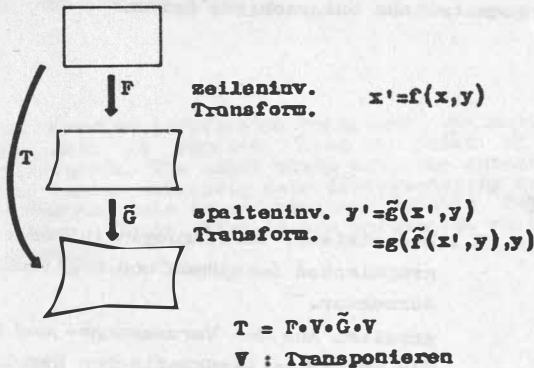


Abb. 4: Verallgemeinerungen des zeileninvarianten Transformationsverfahrens auf beliebige Abbildungen  $x' = f(x,y)$  ;  $y' = g(x,y)$

Logisch wird zunächst eine Zeilen- und danach eine Spaltentransformation ausgeführt, wobei durch das Transponieren auch die Spalten- als Zeilentransformation ausgeführt wird.

Für günstige Spezialfälle sind Vereinfachungen denkbar, die ohne Transponieren auskommen, und beide Transformationen können in einem Verarbeitungsschritt ausgeführt werden. Dies bedeutet, daß mit einer einzigen geschlossenen Lese-Schreibe-Operation

die geometrische Transformation ausgeführt wird.

Als Anwendungsgebiete dieses zeileninvarianten Transformationsverfahrens deuten sich an:

- die Zeilenkorrektur zeilenorientierter digitaler Aufnahmen (Scanner, Zeilenkamera),
- ein digitales Analogon zur Differentialentzerrung - hierbei ergibt sich aus dem Geländere relief die Zeilenabbildungsfunktion -,
- spezielle Transformationen der terrestrischen Photogrammetrie wie die Transformation auf abwickelbare Flächen (Zylinder, Kegel, mehrere Ebenen u. ä.),
- Transformation von quasiidentischen Bildern, die nur geringfügige geometrische Unterschiede haben.

#### Literatur

/1/ Proß, E.: Geometrische Verzerrungen in kosmischen photographischen Aufnahmen und Möglichkeiten ihrer Korrektur.

Arbeiten aus dem Vermessungs- und Kartenwesen der Deutschen Demokratischen Republik. Band 55, Leipzig 1988

Dimensionalitätsreduktion der multispektralen kosmischen Bilddaten

M. HAINDL

Tschechoslowakische Akademie der Wissenschaften  
Institut für Informationstheorie und Automatisierung, Prag

Zusammenfassung

Der Beitrag befaßt sich mit der Problematik der redundanten Information in multispektralen kosmischen Bilddaten vom Standpunkt der BAYES-Klassifikation. Es werden die gegenseitige Korrelation der spektralen Zonen und das Problem der Bestimmung der Dateninnendimensionalität diskutiert; einige Typen der orthogonalen Transformationen, die die Dekorrelation des Symptomraumes ermöglichen, werden erwähnt. Die angegebenen Verfahren werden an Beispielen der Verarbeitung von kosmischen Daten des Typs LANDSAT-TM und -MSS dokumentiert.

Summary

The problem of redundant information contained in multispectral cosmic picture data is studied, from the point of view of Bayesian classification. The paper deals with the mutual correlation of spectral bands, intrinsic data dimensionality problem and with some orthogonal data transformations usable for feature space decorrelation. These attempts are documented on Landsat TM and MSS data examples.

Резюме

Проблема излишней информации содержащейся в многозональных космических данных описана из точки зрения байесовского классификатора. Статья содержит корреляционный анализ спектральных каналов, проблеме внутренней димензиальности данных и некоторые методы ортогональных преобразований для декорреляции пространства признаков. В прикладах обработки данные типа Ландсат МСС, ТМ.

## 1. Einleitung

Die gleichzeitig in der Fernerdeforschung (FEF) benutzten kosmischen multispektralen Aufnahmen (Landsat-MSS, -TM, NOAA, SPOT und andere) sind oft in einzelnen Spektralzonen gegenseitig merklich korreliert und enthalten deshalb viele redundante Informationen. Die Verarbeitung der digitalisierten kosmischen multispektralen Szene mittels Klassifizierungsalgorithmen ist zeitraubend; eine schnellere Datenverarbeitung mittels Parallelprozessoren ist meistens auf relativ einfache Algorithmen begrenzt. Die Rechnerkomplexität des Entscheidungsproblems der Bildanalyse kann man auf zweierlei Weise reduzieren, entweder entscheidet man sich einen Teil der in Daten enthaltenen Information zu verlieren und dann benutzt man für deren Beschreibung einfachere Entscheidungsregeln /4/ oder vermindert die Dimensionalität des Datenraumes mittels deren optimaler Repräsentation, eventuell verwendet man die Kombination beider Möglichkeiten. Als optimale Datenrepräsentation bezeichnet man Optimalität der Fehlerwahrscheinlichkeit der Klassifizierung der gegebenen Szenenobjekte. Die Klassifizierungsexperimente sind mit Hilfe der meistens benutzten FEF-Methode - der BAYESSchen Klassifizierungsmethode - durchgeführt worden. Als Qualitätskriterium zur Klassifizierung verwendet man Resubstitutionsabschätzungen der richtigen Klassifizierungswahrscheinlichkeit, sowohl für einzelne Klassen als auch für die Abschätzung der totalen Wahrscheinlichkeit (overall accuracy) der richtigen Klassifizierung. Optimale Repräsentation der multispektralen kosmischen Daten im weniger dimensionalen Raum ist nicht nur für Dimensionalitätserniedrigung des Entscheidungsproblem es maßgebend, sondern auch für die Reduktion des Umfanges der archivierten Daten und für die Erhöhung der multispektralen Aufnahmen für ihre visuelle Analyse.

Es wurden zwei multispektrale kosmische Szenen für zwei meistens angewendete Typen der kosmischen Aufnahmen im Bereich FEF der Gleichzeitigkeit - MSS (Multispectral Scanner) und TM (Thematic Mapper)-verarbeitet. Dabei handelt es sich um zwei benachbarte Szenen landwirtschaftlichen Typs aus dem Gebiet Mähren /5/:

a) MSS 1978 - Trainingsmenge T3; Szenesegmentation in 10 Klassen:

- |                    |                                   |
|--------------------|-----------------------------------|
| 1. Gerste          | 6. Mais                           |
| 2. Winterweizen    | 7. Klee, Luzernekle, Grasbewuchse |
| 3. Stoppelfeld     | 8. Wald 1                         |
| 4. Landesverbauung | 9. Wald 2                         |
| 5. Zuckerrübe      | 10. Wasser,                       |

b) TM 1985 - Trainingsmenge T1; Szenesegmentation in 15 Klassen:

- |                                  |                      |
|----------------------------------|----------------------|
| 1. Wasser                        | 9. Dauergrasbewuchse |
| 2. Rotklee                       | 10. Raps 1           |
| 3. Wald                          | 11. Raps 2           |
| 4. Winterweizen                  | 12. Zuckerrübe       |
| 5. Mais                          | 13. Weizen 2         |
| 6. Klee                          | 14. Klee 2           |
| 7. Mengfutter (Mais+Sonnenblume) |                      |
| 8. Hirse                         | 15. Landesverbauung. |

## 2. Spektralzonenkorrelation

Individuelle Zonen des multispektralen Bildes sind beiderseits bedeutend korreliert. Die Naturspektralkorrelation besteht durch relativ niedriges Reflexionsvermögen der Vegetation in einigen Zonen (z.B. MSS 4,5) und umgekehrt in anderen (MSS 6,7). Die Hangtopographie und Lage verursacht weitere Korrelation. Für alle praktischen Lagen ist die topographische Schattierung in allen Solarzonen übereinstimmend und kann sogar dominante Kontrastkomponente in Gebirgsbereichen oder bei niedrigen Sonnenwinkeln sein. Eine weitere Korrelationsquelle zwischen benachbarten Spektralzonen ist die Überdeckung der spektralen Sensitivität. Dieser Faktor wird normalerweise durch die Scannerkonstruktion unterdrückt, was natürlich nicht voll erreicht werden kann. Die gegenseitige Relation zweier spektraler Zonen kann mittels Korrelationskoeffizient bewertet werden:

$$\tau(x_i, x_j) = \text{cov}(x_i, x_j) / \sqrt{(\text{var}(x_i) * \text{var}(x_j))}$$

$$\tau(x_i, x_j) \in [-1, 1]$$

wo  $x_i$  Komponenten des multispektralen Pixels, der  $i$ - resp.  $j$ - untersuchten Zone. Falls  $\tau = \pm 1$ , sind beide Spektralzonen linear abhängig, für  $\tau = 0$ , sind die Zonen nicht linear abhängig. Die Normalitätsvoraussetzung des multispektralen Pixels wird allgemein /3/ beim Lösen des Entscheidungsproblemles FEF akzeptiert, da die Klassifizierungsgenauigkeit wenig sensitiv auf Abweichungen in dessen Gültigkeit ist /3/. Wenn der Pixel aus einer mehrdimensionalen Verteilung stammt, dann bedeutet Unkorrelation der Komponenten auch ihre Unabhängigkeit. Falls mit  $\tau$  der Auswahlkorrelationskoeffizient bezeichnet wird,  $n \geq 3$  der Umfang der Auswahl aus zweidimensionaler Normalverteilung mit positiver Dispersion und Nullkorrelationskoeffizient ist, dann ist die Größe

$$T = \tau / \sqrt{(1 - \tau^2) * (n - 2)}$$

die STUDENTverteilung mit  $n - 2$  Freiheitsgraden. Mittels des kritischen  $t(\alpha)$ -wertes kann die Hypothese des Nullkorrelationskoeffizientes in zweidimensionaler Normalverteilung getestet werden. Für gegenseitigen Korrelationsvergleich der multispektralen Aufnahmen wird der durchschnittliche Korrelationsauswahlkoeffizient eingeführt:

$$\tau' = 2 / (d * (d - 1)) \sum_{i=1}^{d-1} \sum_{j=i+1}^d \tau(x_i, x_j)$$

Korrelationskoeffizienten, die aus Trainingsdaten einzelner Klassen des Bereiches TM, T1 berechnet werden, beweisen eine bedeutende Korrelation zwischen einigen Spektralzonen. Die Reihenfolge der meistens korrelierten Zonen und Größe der Korrelationskoeffizienten unterscheiden sich für einzelne Klassen zwar gewissermaßen, aber allgemeine Abhängigkeiten (wie z.B. bedeutende Korrelation der Zonen 5 und 6) deuten eine Möglichkeit der erfolgreichen Benutzung der Datenkompression an.

In Tab. 1 sind durchschnittliche Korrelationskoeffizienten und prozentuale Zahlen der gefundenen unabhängigen statistischen Anzeichenpaare (am Niveau 0.05) zusammengestellt.



Tab. 1. Durchschnittliche Korrelationskoeffizienten des Bereiches T1; n ist die Anzahl der unabhängigen (max. 21) Anzeichenpaare

Klasse	Spektraldatenraum		Transformierter Raum mittels $\varnothing 2$	
	$\tau'$	n [%]	$\tau'$	n [%]
1	0.15	81	0.14	90
2	0.33	29	0.09	90
3	0.26	10	0.09	67
4	0.41	14	0.21	48
5	0.19	48	0.07	86
6	0.07	76	0.08	81
7	0.13	76	0.13	76
8	0.28	52	0.14	86
9	0.17	71	0.11	86
10	0.12	76	0.11	71
11	0.29	67	0.10	90
12	0.30	48	0.10	90
13	0.31	62	0.14	90
14	0.26	38	0.11	76
15	0.30	38	0.13	71
$\varnothing 2$	0.55	19	0.002	100

Tab. 2. Dasselbe für Bereich T3

Klasse	Spektraldatenraum		Transformierter Raum mittels $\varnothing 2$	
	$\tau'$	n [%]	$\tau'$	n [%]
1	0.29	17	0.05	83
2	0.23	67	0.02	100
3	0.36	50	0.08	100

4	0.14	100	0.05	100
5	0.07	100	0.01	100
6	0.40	50	0.10	100
7	0.33	33	0.07	83
8	0.23	83	0.03	100
9	0.11	83	0.02	100
10	0.21	67	0.11	83
Σ2	0.33	33	0.03	67

Die Korrelationskoeffizienten für die gemeinsame Trainingsmenge aller T1-Klassen resümieren erwähnte allgemeine Angaben. Es ist ersichtlich, daß Zone 4 minimal mit anderen korrelierbar ist (am Niveau  $\alpha = 0,05$  wurde die Hypothese der Unkorrelierbarkeit TM4 mit TM1, TM3, TM6, TM7 bestätigt) und deswegen deren bedeutender Einfluß auf Diskrimination einzelner Klassen unserer Aufgabe zu erwarten ist. Die übrigen Zonen werden schon in einem größeren Ausmaß korreliert. Die analoge Analyse für den Aufnahme-Typ MSS zeigt Unkorrelation der Zonen MSS7 mit MSS4, MSS5.

Im Vergleich mit Korrelationsresultaten des ganz verschiedenen Szenentyps des Gebietes San Francisco (See, Großstadt) /2/ ist der Einfluß der Naturbedingungen auf die Zonenkorrelation ersichtlich. Einige Züge bleiben übereinstimmend (hohe Korrelation der Zonen TM1, TM2, TM3; Unkorrelation der Zone TM4 mit Zonen TM1, TM2, TM3), andere sind vom Szenentyp deutlich abhängig (minimal korrelierte Zone TM6, höhere Korrelation der Zone TM4 mit Zonen TM5, TM6, TM7). Beim dritten Szenentyp - gebirgisches, aus 3/4 mit Felsen bedecktes Gebiet von New Almaden /2/ - ist wieder die mindestens korrelierte Zone TM6, und die Zonen TM1, TM2, TM3, TM4, TM7 sind gegenseitig korreliert.

Die Effektivität orthogonaler Transformationen, wie z.B. die K-L-Transformation, ist von dem Korrelationsgrad zwischen den Spektralzonen abhängig. Je mehr sie korreliert sind, desto effektiver ist die Dimensionalitätsreduktion mit Hilfe der Transformation.

### 3. Dateninnendimensionalität

Dateninnendimensionalität (ID) ist die wesentliche Charakteristik der Datenmenge. Da in der Literatur verschiedene Definitionen dieses Begriffes vorkommen, nehmen wir die Definition /7/ an: Die minimale Anzahl der freien oder unabhängigen Parameter, die für Generieren der gegebenen Datenmenge nötig sind, ist ID. ID stellt die untere Grenze der für eine genaue Datenrepräsentation nötigen Kennzeichenanzahl dar. Für die Abschätzung der Innendimensionalität wird üblich das K-L-Verfahren angewendet:

Man reiht eigene Zahlen  $\beta$  der Kovarianzmatrix des Datenkomplexes nach (4.2) ein, dann das kleinste  $d$ , welches das Beachten des gewählten Teiles der Spur der Kovarianzmatrix gewährleistet. Als Abschätzung von ID kann man dann nehmen

$$d_1^{\wedge} = \min\{j | j=1, \dots, D, \sum_{i=1}^j \beta_i \geq \alpha \sum_{i=1}^D \beta_i\} \quad \alpha=0.95 \quad (3.1)$$

Eine ähnliche Abschätzung ID tritt aus eignen Zahlen, verglichen gemäß (4.2), auf:

$$d_2^{\wedge} = \max\{i | \beta_i > \alpha \beta_1\} \quad \alpha \leq 0.05 \quad (3.2)$$

Abschätzungen  $d_1^{\wedge}$ ,  $d_2^{\wedge}$  können auch aus der Matrix  $\hat{\Phi}_1$  berechnet werden. Dann gewährleistet die Abschätzung  $d_1^{\wedge}$  das Behalten des gewählten Teiles (95%) der durchschnittlichen Datenenergie:

$$Z = E\{X^{\sim T} X^{\sim}\} = \sum_{i=1}^D \beta_i$$

Eine andere Möglichkeit ist das Benutzen des ANDERSON-Testes der Hypothese /1/, daß die übrigbleibenden eigenen Zahlen der Generierungsmatrix  $\hat{\Phi}$  identisch sind. Wenn die Hypothese gültig ist, dann müssen die ersten  $d$  - Komponenten des transformierten Vektors  $X$  genügend sein zum Bestimmen, daß die übrigbleibenden  $D-d$  Komponenten zugehörige Zerstreung als unzerlegbar gehalten sind

und der Wirkung verschiedener Nebenfaktoren zuerkannt werden kann. Der Test besteht im Kriterium ( $n$  ist der Wahlumfang):

$$V = -(n-1) \sum_{k=d+1}^D \ln \beta_k + (n-1)(D-d) \ln \left( \sum_{k=d+1}^D \beta_k / (D-d) \right), \quad (3.3)$$

Wenn die Hypothese gültig ist, dann hat die Größe  $V$  die Verteilung von chi-Quadrat mit  $0.5(D-d)(D-d+1)-1$  Freiheitsgraden. Man verwendet auch andere Verfahren der ID-Abschätzung, die laut Vergleichstudie /7/ weniger günstig sind.

Tabelle 3 enthält gerechnete Abschätzungen der Innendimensionalität  $d_1^{\wedge}$ ,  $d_2^{\wedge}$  für T1, T3. Der Vergleich der Resultate beider Abschätzungen (Tab.3) mit den in der Literatur angeführten Ergebnissen (TM..4, MSS..2) zeigt eine zu große Streuung der Abschätzung  $d_2^{\wedge}$ .

Tab. 3. Abschätzung der Innendimensionalität

Klasse	T1								T3					
	$d^{\wedge}$		d=		P [%]				$d^{\wedge}$		d=		P [%]	
	1	2	1	2	3	4	5	7	1	2	1	2	4	
1	4	4	94	92	100	100	100	100	3	3	47	97	98	
2	4	4	22	57	65	57	64	80	2	3	58	87	88	
3	2	2	81	94	98	97	98	99	2	3	21	74	85	
4	2	2	59	93	97	96	97	100	3	4	79	96	96	
5	3	2	54	95	97	97	98	98	3	4	94	76	97	
6	5	4	93	100	100	100	98	100	2	3	86	100	100	
7	4	3	0	85	92	90	90	92	2	2	31	100	93	
8	4	3	46	95	96	100	100	100	2	2	56	99	99	
9	4	3	0	55	73	86	82	80	2	4	48	98	98	
10	5	6	57	92	92	91	90	97	3	4	98	98	100	
11	4	3	2	89	98	100	100	100						
12	4	4	88	90	100	100	100	100						
13	3	2	0	63	71	94	94	100						
14	5	4	47	76	76	81	84	92						
15	4	3	0	61	77	89	91	95						
total			54	86	91	93	93.5	96			55	95	96	
$\bar{\Phi}2$	2	2							2	2				

Die in der Tab. 3 für einzelne Komponentenzahlen angeführten Klassifizierungsergebnisse bestätigen diese angegebenen Abschätzungen der Innendimensionalität. Als die meist realistische Abschätzung der Innendimensionalität zeigt sich in unserem Falle die zahlreichste Abschätzung aus der Abschätzungsmenge  $d_1^{\wedge}$ , die für einzelne Klassentrainingsmengen berechnet wird.

#### 4. Orthogonaltransformation des Anzeichenraumes

Eine der Möglichkeiten der Erniedrigung der in multispektralen Daten begriffenen Information sind die Methoden, die aus der Minimalisierung des gewogenen mittleren quadratischen Fehlers zwischen dem Anzeichenvektor im ursprünglichen Datenraum und dessen Approximation im weniger dimensional Raum /6/ stammen:

$$\epsilon = \sum_{i=1}^K P_i E\{[(X^{\sim} - B_i^{\sim}) - (X^{\wedge} - B_i^{\wedge})]^T [(X^{\sim} - B_i^{\sim}) - (X^{\wedge} - B_i^{\wedge})] | i\} \quad (4.1)$$

$$\mu_i = E\{X^{\sim} | i\}$$

$$\mu = E\{X^{\sim}\}$$

Hierin bezeichnet:

K - die Anzahl der Klassen der Klassifizierungsszene,

$P_i$  - deren Apriori-Wahrscheinlichkeiten,

$X^{\sim}$  - Approximation mittels der ersten  $d < D$  Glieder der Entwicklung  $X^{\sim}$ ,

$B^{\sim}$ ,  $B^{\wedge}$  - deterministische Zentriervektoren.

Eine klassische Darstellung dieser Methoden ist die KARHUNEN-LOEVE-Transformation. Die Lösung der Aufgabe (4.1) (der Minimalisierung) gibt das System der orthogonalen Basisvektoren  $u_i$ , welche eigene Vektoren der Generierungsmatrix

$$\Phi = \sum_{i=1}^K P_i E\{(X^{\sim} - B_i^{\sim})^T (X^{\sim} - B_i^{\sim}) | i\}.$$

sind.

Der mittlere quadratische Fehler der Approximation ist minimal, wenn für die Approximation  $X^{\sim}$  eigene, den ersten  $d$  größten eigene Zahlen korrespondierende Vektoren gewählt werden.

$$\beta_1 \geq \beta_2 \geq \dots \geq \beta_d \geq \dots \geq \beta_D \quad (4.2)$$

Die Transformation des Anzeichenraumes  $X^{\sim}$ , welcher in der Standardbasis in die optimal gefundene, durch charakteristische Vektoren  $B = u_1, \dots, u_D$  geschaffene Basis angegeben ist, kann in der Matrixform ausgedrückt werden:

$$X' = T' X^{\sim}$$

$$T' = [u_1, \dots, u_D] ,$$

Wählt man in dem durch die Basis  $B$  generierten Raum den linearen Raum der niedrigeren Dimension  $d < D$ , dessen Basis durch erste Vektoren der Basis  $B$  geschaffen wird, dann entsteht die betreffende Transformationsmatrix  $T$  ( $d \times D$ ) aus der Matrix  $T'$  durch die Wahl der ersten  $d$  Zeilen.

$B_i = 0 \quad i=1, \dots, K$ $\Phi_1 = E\{X^{\sim} X^{\sim T}\}$ <p>(Karhunen-Loeve-Transformation)</p>	$B_i = \mu \quad i=1, \dots, K$ $\Phi_2 = E\{X^{\sim} X^{\sim T}\} - \mu \mu^T$
$B_i = 0 \quad i=1, \dots, K$ $\Phi_3 = \sum_{i=1}^K P_i E\{X^{\sim} X^{\sim T}   i\}$ <p>(generalisierte Karhunen-Loeve-Tr.)</p>	$B_i = \mu_i \quad i=1, \dots, K$ $\Phi_4 = \sum_{i=1}^K P_i \text{var}\{X^{\sim}   i\}$
$B_i = \mu \quad i=1, \dots, K$ $\Phi_5 = \sum_{i=1}^K P_i E\{X^{\sim} X^{\sim T}   i\} - \mu \mu^T$	$B_i = \mu_j \quad i=1, \dots, K$ $\Phi_6 = E\{X^{\sim} X^{\sim T}\} - \mu_j (2\mu - \mu_j)$
$B_i = 0 \quad i=1, \dots, K$ $P_i = 0 \quad \text{für } i \neq j \quad P_j = 1$ $\Phi_7 = E\{X^{\sim} X^{\sim T}   j\}$	$B_i = 0, \quad P_i = 0 \quad \text{für } i \neq j$ $B_j = \mu_j, \quad P_j = 1$ $\Phi_8 = \text{var}\{X^{\sim}   j\}$

Das Benutzen einzelner Generationsmatrizen /6/ hängt teils von der erreichbaren apriori-Information teils vom Typ der Information, deren Kompression optimal sein soll (zentrierte, unzentrierte Version) ab. Da es nicht möglich ist, für mehr als zwei Klassen  $K > 2$  den Datenraum vollkommen zu dekorrelieren, ist es nötig, immer eine Kompromißlösung hinsichtlich der einzelnen Klassen zu wählen. Die Versionen  $\phi 3, \phi 5$  ermöglichen dann mit Hilfe der Wahl der Pi-Apriori-Wahrscheinlichkeiten diesen Kompromiß (z.B. nach Sinn einzelner Klassen) zu regeln.

Tab. 4. Klassifizierungsergebnisse

Transf.	Durchschnittliche Transformation T1 der richtigen Klassifizierung		Klassifizierungs- klasse 2 [%]
	d=4	[%]	
$\phi 1$	92.8		64
$\phi 2$	92.5		56
$\phi 3$	90		66
$\phi 4$	92.3		72
$\phi 5$	92.1		60
$\phi 7$	86		77
$\phi 8$	89		80

In Tab. 4 angegebene Resultate der Klassifizierung zeigen auf Ähnlichkeit der durchschnittlichen Resultate; Klassifizierungen einzelner Klassen können sich in einzelnen Versionen ziemlich unterscheiden, wie aus der Klasse 2 der angegebenen Tabelle ersichtlich ist.

### 5. Zusammenfassung

Das Problem der in 4 angegebenen Transformationen ist ihre nicht genaue Beziehung zu dem Hauptziel - d.h. einer möglichst hohen Wahrscheinlichkeit der richtigen Klassifizierung. Optimale Datenrepräsentation im weniger dimensional Raum gewährleistet noch

nicht optimales Behalten des Klassifikators. Die Ergebnisse müssen experimental beglaubigt werden. Die Datenredundanz ist eine vom konkreten Szenentyp abhängige Eigenschaft und deswegen muß die Datendekorrelation immer mit Hinsicht auf die konkrete Szene gemacht werden. Dekorrelation mittels der gemischten Kovarianzmatrix ist hinsichtlich einzelner Trainingsmatrizen nur suboptimal, nichtsdestoweniger die Anzahl der dekorrelierten Komponenten aller kovarianten Klassenmatrizen zugenommen hat, was eine erfolgreiche Approximation des BAYESSchen Klassifikators mittels des normalisierten EUKLIDischen Klassifikators und so den Übergang von der quadratischen Rechnungskompliziertheit zu der linearen ermöglicht.

### Literatur

- /1/ ANDERSON, T.W.: An Introduction to Multivariate Statistical Analysis. J. Wiley, New York. 1958
- /2/ BERNSTEIN, R.; LOTSPIECH, J.B.; MEYRS, H.J.; KOLSKY, H.G.; LEES, R.D.: Analysis and Processing of Landsat-4 Sensor Data Using Advanced Image Processing Techniques and Technologies. IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing vol. GE-22 1984, no. 3, pp. 192-221
- /3/ CRANE, R.B.; MALILA, W.A.; RICHARDSON, W.: Suitability of the Normal Density Assumption for Processing Multispectral Scanner Data. IEEE Trans. Geosci. Electron., vol. GE-10 1972, pp. 158-165
- /4/ HAINDL, M.: Problém dimenzionality bayesovského rozhodování v DPZ. In: Sbornik přednášek Aplikace umělé inteligence AI'87, Praha 1987
- /5/ HAINDL, M.: Analýza kosmických dat typu MSS a TM z hlediska jejich optimální reprezentace v ortonormálním prostoru. (Vyzkumna zprava c. 1504) Praha, UTIA CSAV, 1987
- /6/ HAINDL, M.: The optimal representation of multidimensional data. In: Sbornik přednášek BIOSIGNAL 88. Brno 1988
- /7/ WYSE, N.; DUBES, R.; JAIN, A.K.: A critical evaluation of intrinsic dimensionality algorithms. Pattern Recognition in Practice. ed. E.S. GELSEMA, L.N. KANAL. North-Holland, 1980



Ansätze zur Prozeßanalyse durch multitemporale  
Dechiffrierung von Kosmischen Fernerkundungs-  
daten

K. KADEN

Pädagogische Hochschule "Karl Liebknecht" Potsdam  
Sektion Geographie

Zusammenfassung

Prozeßorientierte Aussagen über Verteilung und Zustand von Nutzflächen auf der Grundlage von Fernerkundungsdaten werden für zukünftige Aufgaben des Monitoring, speziell bei Fragen zur Belastbarkeit oder des Leistungsvermögens von Landschaften, von wachsender Bedeutung sein. Räumlich und zeitlich hochauflösende Fernerkundungsdaten leisten somit einen Beitrag zur komplexen und globalen Erforschung, Überwachung und Erhaltung der Umwelt. Durch den Einsatz von Quotienten- und Differenzbildern im multitemporalen Ansatz und deren Integration in rechnergestützte interaktive Klassifizierungsverfahren können prozeßfundierte Interpretationsmöglichkeiten erschlossen werden, die neben dem Vergleich von Zuständen auch eine Berücksichtigung von Veränderungen in Richtung und Intensität ermöglichen. Die als Prinziplösung vorgestellten Ansätze sind reproduzierbar und übertragbar.

Summary

The orientation on processes to describe pattern of landscape, topical situations and changes of landuse is going to become more and more important. Especially the use of data of remote sensing is steadily increasing for problems of monitoring of load capacity and productivity of different types of landscape and landuse. Thus, data of remote sensing with a high spatial and temporal resolution contribute to a complex and global investigation, control and maintenance of environment. New possibilities of interpretations in a process orientated way are founded on images of quotients or differences. So you cannot only compare stages of development of landscape but also interpret changes of development mainly characterized by directions and intensities. The shown example is a principle way. It can be reproduced and transferred.

### Резюме

Ориентирование на использовании от процессов к описанию изменений, состояний и размещений ландшафтов отмечает современное географическое исследование. Проблемы, как например, пределы нагрузки и работоспособности ландшафты должны решать.

Данные дистанционного зондирования с хорошим временным и объемным разложением вносят вклад в комплексное и глобальное исследование, контроль и сохранение окружающего мира.

Новые возможности интерпретации являются частными и разностями спектральных изображений.

Der Vortrag wurde unter gleichem Titel veröffentlicht in:  
Wiss. Mitt. d. Inst. f. Geogr. Geoökol. der AdW d. DDR  
22 Leipzig 1987, S. 107-116

Texturparameter zur Diskriminierung städtischer GeosystemeK. SCHMIDT<sup>1</sup> ; H. STOYE<sup>2</sup>

Akademie der Wissenschaften der DDR

<sup>1</sup> Zentralinstitut für Physik der Erde<sup>2</sup> Institut für Geographie und GeoökologieZusammenfassung

Da allein mit spektralen Merkmalen städtische Nutzflächenstrukturen nicht in ausreichender Genauigkeit unterschieden werden können, werden zusätzlich Texturparameter auf Objektseparierbarkeit getestet. Der Texturparameter Standardabweichung sowie die Cooccurrenceparameter ASM, IDM, SDM und ENT werden im Subpixelniveau ermittelt. Besonders die Merkmale ASM und IDM eignen sich für differenzierte Analysen kleinflächiger und linienförmiger technogener Nutzflächenarten.

Abstract

Since structures of urban landcover cannot be discriminated with adequate accuracy by spectral features alone, textural features are tested with regard to object identification. The textural feature of standard deviation and the co-occurrence parameters ASM, IDM, SDM and ENT are computed on a subpixel level. ASM and IDM proved especially useful for a detailed analysis of small area and linear landcover units.

Резюме

Так как только с помощью спектральных признаков невозможно различить структуры городского землепользования с достаточной степенью точности, дополнительно проводятся тесты текстурных параметров на разделимость объектов. Текстуальный параметр дисперсия, а также параметры, получаемые из конкурентных матриц, ASM, IDM, SDM, и ENT вычисляются на уровне подпикселей. Признаки ASM и IDM особенно пригодны для дифференцированного анализа техногенных видов землепользования единиц с малой площадью или в форме линий.

## 1. Problemstellung

Städtische Geosysteme sind unterschiedlich dimensionierte natürlich-technische Geosysteme mit starker technogener Überprägung und geringem Natürlichkeitsgrad. Sie weisen eine enge Verflechtung dominierender technogener und natürlicher Teilstrukturen auf und dienen der Realisierung gesellschaftlicher Grundfunktionen. Eine wichtige Teilstruktur dieser Systeme ist die Flächennutzungsstruktur (1), deren natürlich-technogene Komponenten bei einer Vielzahl städte- und territorialplanerischer Aufgaben berücksichtigt werden müssen. Die Strukturelemente der natürlich-technogenen Komponente der Flächennutzungsstruktur sind die Nutzflächenarten (NFA), die demzufolge bei großmaßstäbigen Analysen als Basiseinheiten fungieren. NFA (z.B. Gebäude, Straßen, Plätze usw.) werden auf Fernerkundungsaufzeichnungen über Oberflächeneigenschaften widergespiegelt. Der Zusammenhang zwischen Oberflächeneigenschaft und NFA ist jedoch nicht in jedem Fall eindeutig und ausschließlich, wie nachfolgende Abbildung zeigt.

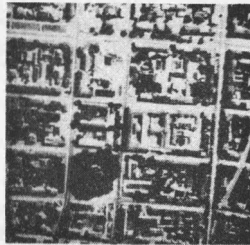


Abb. 1: Digitalisierte städtische Szene  
(MKF-6-Kanäle 4 und 6; Bodenauflösung - 1m)

Es ist eine bekannte Tatsache, daß Spektralklassifikationen von NFA unabhängig vom Klassifizierungsalgorithmus und der geometrischen Auflösung der Fernerkundungsdaten Genauigkeitsgrenzen aufweisen, die eine Applikation in den Nutzerbereichen der Stadt- und Territorialplanung beeinträchtigen (2), (3). Diese Grenzen sind objektiver Natur und lassen sich auf objektspezifische Wertebereichsüberschneidungen von Spektralmerkmalen zurückführen, die aus materialbedingter Ähnlichkeit des Remissions- bzw. Emissionsverhaltens, aus Grenz- und Mischpixeleffekten, aus der

starken Strukturiertheit und Heterogenität besonders technogener Objekte, aus differenzierten Einstrahlungs- und Expositionsbedingungen usw. resultieren. Zur Verbesserung der Objektcharakteristik und -separierung empfiehlt sich neben Verfahren einer themenspezifischen Datenvorverarbeitung wie z.B.

- Datenfilterungen (Unterdrückung des Rauschens, Bildhomogenisierung, Hervorhebung interessierender Information)
- Berechnung und Zusammenstellung der für die Objektdiskriminierung am besten geeigneter Merkmale (spektrale Merkmale, Kanalkombinationswerte, Hauptkomponentenwerte, statistische Maße usw.)

- Maskierungsverfahren (Hervorhebung und Segmentierung bestimmter Objektgruppen für die gesonderte Weiterverarbeitung Abb.2)

besonders die Verwendung von struktur- und texturkennzeichnenden Merkmalen (4).

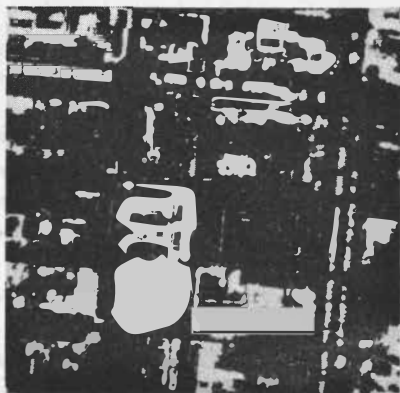


Abb. 2: Ungefilterte Grünflächenmaskierung (Binärdarstellung) auf der Basis des Vegetationsindex (5)  
(Vegetationsflächen weiß)

## 2. Methodik

Zur Gewinnung texturbeschreibender Parameter wurde eine Sub-pixelanalyse durchgeführt. Die Texturparameter wurden aus einem gegenüber der Multispektralauflösung um den Faktor  $5 \times 5 = 25$  höher

auflösenden Kanal extrahiert. Als Texturkanal fungiert der MKF-6-Kanal 4, der bezüglich technogener NFA den größten Informationsanteil aller MKF-6-Kanäle aufweist. Die Operatorfeldgröße (Texturextraktionsfläche) beträgt  $5 \times 5 = 25$  Pixel, es ist damit gewährleistet, daß jeweils 25 Pixel des hochauflösenden Kanals (Bodenauflösung 1 m) genau lageidentisch mit einem Pixel der Multispektralaufzeichnung sind (Bodenauflösung 5 m). Bei einem Verschiebungsincrement von 5 Pixeln wird erreicht, daß die Spektralinformation jedes Pixels durch Texturinformation erweitert wird. Folgende Merkmale wurden berechnet:

1. Standardabweichung : Maß für Heterogenität
2. Angular Second Moment (ASM): ungewichtetes Homogenitätsmerkmal
3. Inverse Difference Moment : gewichtetes Homogenitätsmerkmal (IDM)
4. Second Difference Moment : Kontrastmerkmal (SDM)
5. Entropy (ENT) : Streuverhalten der Grauwertverteilung

Die letztgenannten vier Parameter beziehen sich auf die Co-occurrence (bzw. Abhängigkeits-) Statistik und werden aus der Art der Besetzung der Grauwertmatrizen der Operatorfelder berechnet (6), (7).

Tabelle 1: Definition und Wertebereich der Texturparameter

<u>Parameter</u>	<u>Definition</u>	<u>Wertebereich</u>
ASM	$ASM = \sum_i \sum_j P(i,j) / R^2$	$1 / NG(NG-1) \leq ASM \leq 1$
IDM	$IDM = \sum_i \sum_j P(i,j) / R * (i-j)^2$	$1 / (NG-1)^2 + 1 \leq IDM \leq 1$

SDM	$SDM = \sum_i^{NG} \sum_j^{NG} (i-j)^2 * P(i,j) / R$	$O = \sqrt{SDM} = \sqrt{(NG-1)^2}$
ENT	$ENT = \sum_i^{NG} \sum_j^{NG} P(i,j) / R * \log(P(i,j) / R)$	$O = ENT = \log_2((NG-1) * NG)$

mit folgenden Hilfsgrößen:

R - Anzahl der möglichen Bildpunktpaare in der Bildmatrix

P(i,j) - Bildpunktpaar (Pixel i benachbart zu Pixel j)

NG - Zahl der in der Bildmatrix vorhandenen Graustufen.

Da die Berechnung dieser Parameter sehr rechenzeitintensiv ist, wurden repräsentative Bildausschnitte ausgewählt, die typische NFA und NFA-Anordnungsmuster in dicht bebauten Stadtgebieten repräsentieren. Zur Verminderung des Rechenaufwandes wurde außerdem das ursprüngliche Grauwertintervall auf ein Drittel reduziert (86 Graustufen), da bekannt ist, daß die Texturen auch noch bei Grauwertreduktionen auf 10 - 15 Graustufen erhalten bleiben (8), (9). Neben der generellen Eignung der Texturparameter für eine verbesserte Objektdiskriminierung wurde auch die Richtungsabhängigkeit (Zählrichtung) dieser Parameter untersucht. Dazu wurden die Parameter ASM, IDM, SDM und ENT für den Zählabstand 1 in den vier Zählrichtungen horizontal, vertikal und diagonal 45° bzw. 135° berechnet und mit den Richtungsmittelwerten verglichen.

### 3. Ergebnisse

1. Das Merkmal Standardabweichung erweist sich als geeigneter Parameter zur Kennzeichnung der Objektheterogenität. Mit

seiner Hilfe kann die Bildszene z.B. in Bereiche unterschiedlicher Heterogenität segmentiert werden (s. Abb. 3)

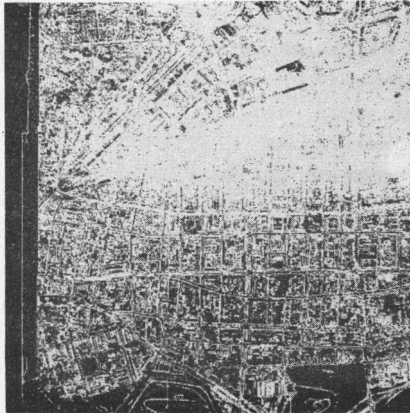


Abb. 3: Bildsegmentierung nach der Standardabweichung  
(homogene Pixel: schwarz; Pixel geringer Heterogenität: grau; sehr heterogene Pixel: weiß)

Die Segmentierung kennzeichnet die Mischpixelanteile städtischer Szenen und erlaubt u.a. eine bessere Auswahl von Lernstichproben für überwachte Klassifizierungsverfahren (Ausschaltung von Grenz- und Mischpixeln, Gewinnung genauerer spektraler Objektsignaturen).

2. Die Texturmerkmale ASM, IDM, SDM und ENT zeigen richtungsabhängige Werteänderungen in zu berücksichtigender Größenordnung nur bei Gehölzflächen, die technologenen NFA haben dagegen nahezu invariante Werte. Für technologene NFA wurde demzufolge nur auf die Richtungsmittelwerte der Texturparameter orientiert.



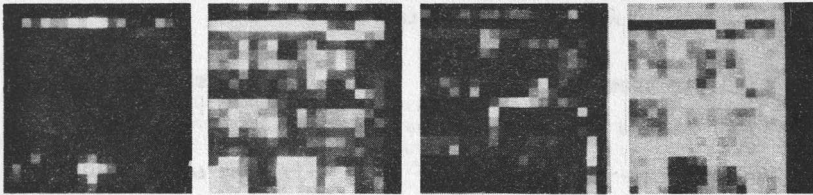
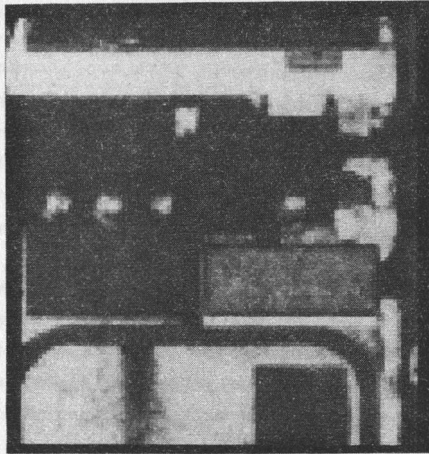


Abb. 4: Visualisierung der Texturparameter ASM, IDM, SDM und ENT (von links nach rechts) für die Testfläche Schulneubaugelände (oben Original, unten texturcodiert)

3. Die Texturmerkmale ASM, IDM, SDM und ENT eignen sich in unterschiedlichem Maße zur Objektseparierung, wie Abb. 4 verdeutlicht.

4. Das Merkmal ASM (Homogenitätsmaß) ist nur wenig differenziert. Mit seiner Hilfe können z.B. größere homogene Frei- und Gehölzflächen von Gebäudeflächen deutlich unterschieden werden, auch Flachdächer heben sich von anderen Dachkonstruktionen ab. Eine weitere Diskriminierung heterogener Objekte ist dagegen nicht möglich. Ähnliches Verhalten zeigt auch das gewichtete Homogenitätsmaß IDM. Es differenziert die Objekt-heterogenität allerdings wesentlich feiner und läßt linienhafte Objekte wie Straßen, Einfahrten, Leitungssysteme usw.

hervortreten (s. Tabelle 2).

5. Das Kontrastmerkmal SDM eignet sich zur Vorsortierung von Objektgruppen. Mit ihm können kontrastarme Objekte wie Flachdächer, Großsegmentdächer, Schattenflächen und größere homogene Flächen von kontrastreichen linienhaften Objekten (Gleiskörpern, Einfahrten, schmale Wege und Straßen) deutlich getrennt werden.
6. Das Merkmal ENT gibt Auskunft über die Grauwertverteilung und kennzeichnet z.T. auch Objektfleckigkeiten. Demzufolge werden z.B. Dächer mit Aufbauten, Spielplätze, Freilagerflächen, Segmentdächer mit unterschiedlichen Belägen usw. hervorgehoben. Es eignet sich dadurch mehr zur Objektcharakterisierung als zur Objektdiskriminierung.

Tabelle 2: Texturwertbereiche für ausgewählte städtische Nutzflächenobjekte

<u>Objektgruppe</u>	<u>Wertebereiche</u>			
	ASM	IDM	SDM	ENT
Flachdächer mit Aufbauten	7-10	60-80	0	65-75
Flachdächer	5- 6	20-45	0	72-81
Sattel-, Walm-, Shed- und Leipziger Dächer	5- 6	20-40	1-4	76-81
Schattenflächen	5- 6	35-55	0	70-77
Straßen	5- 6	15-40	1-4	68-81
Eisenbahnflächen	5- 6	15-30	1-4	78-81
versiegelte Freiflächen (Freilager)	5- 6	20-50	1-4	72-81
vers. Freiflächen (Parkplatz)	200-210	195-205	0	0-10
Gehölzflächen	7-10	40-60	0	76-81

7. Generell läßt sich feststellen, daß die Texturmaße ASM und IDM besonders dann für Diskriminierungsprobleme verwendbar sind,

wenn die zu untersuchenden Objekte in homogener Umgebung auftreten. Dann sind z.B. bei Gebäuden sogar Aussagen zu Dachkonstruktionen und -formen zu treffen. Das Maß SDM eignet sich im besonderen zur Feststellung linearer Objekte (Straßen, Wege usw.), deren Breite unter der geometrischen Auflösung liegt. Das Entropymerkmal kennzeichnet u.a. Objektfleckigkeiten und weist punkthafte Objekte nach (Bäume, Dachaufbauten usw.), die unter der Auflösung des Bearbeitungsfiles (5 m) liegen.

8. Aufgrund des Berechnungsaufwandes empfiehlt sich der Einsatz von im Subpixelniveau gewonnenen Cooccurrenceparametern nur in speziellen Fällen, wo Spektralklassifikationen unter Einbeziehung des Merkmales Standardabweichung versagen bzw. in Bildsegmenten mit extrem hohen Mischpixelanteilen. Hier können punkt- und linienhafte NFA zusätzlich extrahiert werden bzw. auch andere NFA, die sich durch charakteristische Grauwertverteilungen und Umgebungskontraste auszeichnen.

#### Literatur:

- (1) HAASE, G.; LÜDEMANN, H. : Flächennutzung und Territorialforschung - Gedanken zu einem Querschnittsproblem bei der Analyse und Prognose territorialer Strukturen  
Geogr. Berichte 17 (1972) 1, S. 13-25
- (2) FORSTER, B.C. : Some urban measurements from LANDSAT-data  
Photogr. Engin. and Remote Sensing 49 (1983) 12, S. 1693-1707
- (3) CUSHNIE, J.L. : The interactive effect of spatial resolution and degree of internal variability within landcover types on classification accuracies  
Intern. Journal of Remote Sensing 8 (1987) 1, S. 15-29
- (4) QUIEL, F. : Trends and developments in the classification of multispectral data  
XV. ISPRS-Symp., Com. VII, Rio de Janeiro 1984, S. 440-451
- (5) STOYE, H.; USBECK, B. : Rechnergestützte Analyse und Bilanzierung von Nutzflächengefügen  
in : KRÖNERT u.a.: Geoökologischer Zustand von Geosystemen - Ergebnisse des Interkosmos-Experimentes GEDEX-86 im Testgebiet Leipzig  
F/E-Bericht IGG der AdW der DDR, Leipzig 1987, S. 20-49
- (6) HARALICK, R.M., SHANMUGAN, K., RINSTEIN, I. : Texture features for image classification  
IEEE Transact. on systems, man and cybernetics, Vol.SMC-3, (1973), 6, S. 610-621

(7) SÖLLNER, R., SIEBERT, R., SCHMIDT, K. : Zur Extraktion von Textur- und Strukturmerkmalen in Fernerkundungsdaten  
Veröff. ZIPE der AdW der DDR, 82 (1986), S. 208-218

(8) WANG, J., VELASCO, F., WU, A., ROSENFELD, A. : Relative effectiveness of selected WU, A.; ROSENFELD, A. textures statistics for texture discrimination  
IEEE Transact. on systems, man and cybernetics. Vol. SMC-11, (1981), 5, S. 360-370

(9) LAMONT, J.; KLEIN, P. : . Texture analysis in synthetic aperture radar imagery  
ESAIEAR Sel-Symp., Lyngby 1986

Thermisches Verhalten von städtischen Nutzflächengefügen -  
Ergebnisse des Experimentes GEOEX-86

I. SCHMIDT, B. GROSSER

Akademie der Wissenschaften der DDR  
Institut für Geographie und Geoökologie

Zusammenfassung

Während des INTERKOSMOS-Experiments "GEOEX-86" wurden im Stadt- und Stadtrandgebiet von Leipzig Thermalaufzeichnungen vom Flugzeug aus vorgenommen, um die städtische Wärmeinsel während einer sommerlichen windarmen Hochdrucklage in Beziehung zu städtischen Nutzflächenstrukturen thermisch zu kennzeichnen und zu differenzieren. Daraus wurden Schlußfolgerungen für die Planung von Bau- und Freiflächenstrukturen abgeleitet, die als Teil einer urbanökologischen Beurteilung zur Abschwächung von Überwärmung und Hitzestreß im Stadtgebiet beitragen können.

Термический режим городских структур землепользования -  
результаты эксперимента "Геоэкс-86"

Резюме

Во время эксперимента "Геоэкс-86" в рамках международной кооперации ИНТЕРКОСМОС в городе Лейпциг и на его окраине проводилась аэросъёмка в термальном инфракрасном диапазоне спектра. Целью исследований являлась характеристика и дифференциация городского острова теплоты во время летнего высокого давления воздуха. Были сделаны выводы о планировании застройки, зелёных насаждений и зон отдыха, которые как часть экологической оценки города смягчают остров теплоты и термический стресс.

### Summary

#### Thermal behaviour of urban land-use structures - results of the experiment "GEOEX-86"

As part of the INTERKOSMOS-Experiment "GEOEX-86" were obtained airborne records of the radiation temperatures of the town and of suburbs of Leipzig.

The aim of these activities was to characterize and to differentiate the thermal behaviour of landuse-structures of the urban heat island during a typical weather situation in summer (high pressure weather, calm).

From the results of the experiment were drawn conclusions for the planning of built-up and green areas, which can be part of an urban-ecological evaluation to diminish the heat stress in the urban region.

#### 1. Zielstellung

Ursachen und Folgen der Klimabelastung in Großstädten und Ballungsgebieten sind in großen Zügen bekannt (KRATZER, 1956). In zunehmendem Maße gibt es stadtklimatische Untersuchungen zur inneren Differenzierung der städtischen Wärmeinsel, um aus dem Zusammenhang mit der Bebauungs- und Freiflächenstruktur Planungsmaßnahmen abzuleiten, die zu einer Klimamelioration und damit zum Abbau von Hitzestress in den Großstädten führen sollen < ENDLICHER, W. (1980), HORBERT, H. u. a. (1986)>. Im Stadtgebiet von Leipzig ist in den nächsten Jahren besonders die Umgestaltung der Altbauwohn- und Mischgebiete in Verbindung mit innerstädtischem Wohnungsneubau vorgesehen. Für eine klimaökologische Einschätzung dieser Nutzflächenstrukturen und entsprechende Planungsschlußfolgerungen war es erforderlich, die im Rahmen des INTERKOSMOS-Experimentes GEOEX-86 aus Thermalaufnahmen vom Flugzeug aus zu einer sommerlichen Hochdrucklage gewonnenen Ergebnisse über die räumliche Temperaturverteilung in der Stadt zu interpretieren. Der Einsatz von Flugzeugaufnahmen im thermischen Infrarot (TIR) erfolgte im Stadtbereich in der DDR erstmalig. International sind die Aufnahme- und Auswertungsverfahren bekannt.

## 2. Testflächen und Methodik

Für die ausgewiesene Zielstellung wurden drei Testareale in Leipzig bzw. eine Großgemeinde südöstlich Leipzigs ausgewählt. Bei den beiden städtischen Untersuchungsgebieten handelt es sich einmal um Ein- bzw. Zweifamilienhausbebauung mit Hausgärten, um ein Neubaugebiet und um ein sich in Gestaltung befindliches Erholungsgebiet auf dem Gelände eines ehemaligen Braunkohlentiefbaufeldes.

Das andere Untersuchungsgebiet erstreckt sich von Zentrumsnähe mit vorwiegend dichter Wohnbebauung und zum Teil überbauten Innenhöfen über stärker durchgrünte Wohngevierte bis zu einem Villenviertel im Stadtrandbereich, dem sich der von Verkehrs- und Leitungstrassen zerschnittene Auwald anschließt.

Von diesen Testarealen wurden mit zwei Thermalscannern Aufnahmen zu verschiedenen Tageszeiten und aus verschiedenen Höhen gefertigt, um den Tagesgang der Strahlungstemperaturen dieser unterschiedlichen Nutzflächenarten und -gefüge zu erhalten und um dabei die für die Zielstellung günstigsten Aufnahmehöhen und -zeiten zu ermitteln.

Tab. 1: Meßprogramm

Aufnahmezeiten MESZ	Flughöhen über Grund (jeweils)	Geräte	Terrestr. Messungen	Geräte
-----				
4. 7. 86				
16. 35-18. 42 Uhr	350 m	Thermovi-	-Oberflächen	-Digital-
21. 05-23. 45 Uhr	700 m	sionsscan-	temperatur	thermo-
	1400 m	ner	-Lufttemp.	meter
5. 7. 86	2800 m	-AGA THP-1	50 cm Höhe	
03. 45-05. 35 Uhr		-AGA 750	2 m Höhe	
			-Windmess.	-Handane-
				nometer
-----				

Thermalbefliegungen für die thermische Kennzeichnung bzw. Differenzierung städtischer Nutzflächenstrukturen setzen eine

windarme Strahlungswetterlage (Windgeschwindigkeit unter 2m/s) mit Dominanz des Strahlungshaushaltes gegenüber anderen Wärme-flüssen an der Erdoberfläche, Bewölkung unter 1/8 und Befliegungsbeginn mehrere Stunden nach dem letzten Niederschlag voraus. Infolge eines beginnenden Luftmassenwechsels waren die Bedingungen zum Befliegungszeitpunkt nicht mehr optimal, jedoch sind die während des terrestrischen Meßprogramms sowie die auf den Flugzeugaufnahmen enthaltenen Differenzen der Oberflächen-, Luft- und Strahlungstemperaturen im Tagesgang als auch in ihrer räumlichen Verteilung für die formulierte Zielstellung als ausreichend anzusehen.

Das realisierte umfangreiche terrestrische Meßprogramm diene einerseits der Einordnung in die konkrete Wettersituation als auch der Qualifizierung der Scannerdaten.

Beide eingesetzte Thermalscanner (AGA 750 des VEB Energiekombinates Berlin und AGA THP-1 des Instituts für Geodäsie und Kartographie Warschau) arbeiten im Wellenlängenbereich zwischen 2,0-5,6µm und lassen keine Absoluteichung, sondern nur die Ermittlung der relativen Unterschiede zwischen den Nutzungsformen zu.

Das Gerätesystem AGA 750 speichert die Aufzeichnungen auf Videoband und die schwarz-weiß Bilder sind auf dem Systemmonitor visualisierbar. Gleichzeitig ist auf dem Monitor eine Isothermenbelegung in Form von Linien, Punkten und Punktscharen als Ausdruck von Bereichen gleicher Strahlungstemperatur darstellbar.

Die Methodik zur Quantifizierung dieser Thermogramme, d.h. die Ermittlung der Strahlungstemperaturen über die Grauwerte wurde durch das VEB Energiekombinat Berlin entwickelt. (VEB ENERGIEKOMBINAT BERLIN, Arbeitsmaterial B86/220).

Die Fixierung der Aufnahmewerte des Systems AGA THP-1 geschieht auf Filmmaterial. Die Auswertung erfolgt über die punkthafte Bestimmung der optischen Dichte (D) auf den Originalnegativfilmen mittels Mikrodensidometers und der Berechnung der Strahlungstemperaturen ( $T_R$ ) über den linearen Zusammenhang:

$$T_R = A_1 \times D + A_0$$



$A_1$  und  $A_0$  sind befliegungs- bzw. geräteabhängige Variable, die für jeden Flugstreifen ermittelt werden müssen. (PIETRZAK und RUDOWSKI, 1987).

Die Aufbereitung der Video- und Filmaufzeichnungen erfolgte analog und digital-automatisch. Die analoge Farbcodierung der Filmaufzeichnungen wurde aufgrund des Zusammenhanges zwischen optischer Dichte und Strahlungstemperatur vorgenommen; Ergebnis davon sind Farbäquidensitenbilder. Die Videoaufzeichnungen wurden mit Isothermen belegt. Die digital-automatische Auswertung der AGA THP-1-Aufnahmen wurde über die Digitalisierung der Aufnahmen mit dem FEAG und die Weiterverarbeitung am BVS nach IPU-Programmen bzw. der Videoaufzeichnungen nach einem Programmpaket des VEB Energiekombinates Berlin realisiert. Wichtigste Ergebnisse dieser Auswertestrecke stellen

1. die Histogramme verschiedener Nutzflächengefüge in den untersuchten Zeitschnitten für die Einschätzung thermaler Strukturen und deren Verhalten im Tagesgang sowie
2. die interaktiv vorgenommenen Colorierung von Grauwertgruppen zur differenzierten Einschätzung des thermalen Verhaltens von Nutzflächenarten, vor allem nach regionalen Gesichtspunkten, und zur Absicherung der Histogramme

dar.

### 3. Ergebnisse und Schlußfolgerungen

Folgende Aussagen zur Temperaturverteilung ergaben sich aus den Thermalaufnahmen und den damit verbundenen terrestrischen Messungen:

1. Tagesgang der Oberflächen- und Lufttemperatur (überwiegend aus terrestrischen Messungen),
2. räumliche Verteilung der Strahlungstemperaturen (aus Thermalaufnahmen).

Bezugsbasis für die in der Zielstellung genannten Zusammenhänge sind Nutzflächenarten (Rasen, Bäume, Asphalt usw.) und daraus zusammengesetzte Nutzflächengefüge (Parkanlagen, Kleingärten, Altbauwohngebiete, Neubauwohngebiete mit den dazugehörigen Freiflächen usw.).

Zu 1. Die Temperaturdifferenzen zwischen dem Zeitpunkt der stärksten Aufheizung am frühen Nachmittag und der stärksten Abkühlung vor Sonnenaufgang betragen von 4 K bei Gewässern, über 7 K bei Bäumen bis zu 21 K bei Beton und Asphalt. Damit lassen sich für die windarme sommerliche Hochdrucklage nutzflächenartenbezogen typische Tagesgänge der täglichen Erwärmung und nächtlichen Abkühlung ableiten. Sie bilden eine Grundlage für die thermische Charakteristik von Raumeinheiten - den oben erwähnten Nutzflächengefügen.

Zu 2. Der Grad der Erwärmung bzw. Abkühlung einzelner Nutzflächenarten wird außer vom "Material" von ihrer Lage beeinflusst. Dabei überschneiden sich zwei Lageeinflüsse verschiedener Größenordnungen: Die großräumigen Temperaturdifferenzen zwischen den bebauten Gebieten und zusammenhängenden Freiflächen einerseits werden überlagert von dem sehr kleinräumigen Temperaturwechsel innerhalb dieser größeren Strukturen, der durch Verschattung, Anordnung der Gebäude (Hauswände), der Bäume bzw. Baumgrößen - also durch die Kleinkammerung innerhalb der Nutzflächengefüge entsteht.

So besteht das thermische Verhalten von Nutzflächengefügen aus dem der Komponenten und dem Lageeinfluß und läßt sich z.B. durch Histogramme darstellen.

Für typische Nutzflächengefüge der Stadt, die mit ähnlichem thermischen Verhalten auch in anderen Großstädten Mitteleuropas auftreten können, lassen sich im Aufnahmezeitraum in Tab.2 angeführte Temperaturverhältnisse erkennen.

Tab.2: Strahlungstemperaturen städtischer Nutzflächengefüge  
( $T_R$  in  $^{\circ}\text{C}$ ) - Zeit: ca. 22.00 Uhr MESZ

Nutzflächengefüge	Mittlere $T_R$ u. Amplitude	Mittlere Amplituden $T_R$ der Nutzflächenarten		
		Wald, Baumgruppen	Gras	versiegelte bebauete u. unbebaute Flächen
<hr/>				
<b>Grünflächen</b>				
1. Umbaute Grünpl. (1-2 ha)	17,0 12,7-20,0	15,7-16,7	13,8-14,9	17,0-19,0
2. Kleingärten	14,5 13,7-16,8	14,0	-	15,0
3. Auwald	15,0 14,9-18,6	14,0-16,0	-	17,0-18,5
4. Wiesen	11,9 9,2-18,5	-	9,8-12,8	17,0-18,5
<hr/>				
<b>Wohngebiete</b>				
5. Geschl. Altbau- mischg. (bis 1918)	18,0 14,9-20,3	16,5-18,5	15,0-16,5	18,0-21,0
6. Parkart. Villen- viertel (bis 1918)	15,5 12,8-18,5	14,0-16,5	11,5-13,5	16,0-18,0
7. Neubaugebiete	17,5 12,9-21,5	-	13,0-15,2	18,5-21,5

Damit wird unter Nutzung durch Ergebnisse aus der Literatur die innere Differenzierung der städtischen Wärmeinsel wie folgt charakterisiert:

1. Als Warmluftentstehungsgebiete sind dichte Altbauwohn- und Mischgebiete (Baualter vor 1918) und baumarme Neubau-, Wohngebiete (Baualter nach 1970) mit hohem Anteil versiegelter Freiflächen einzustufen;
2. thermisch ausgeglichen sind gut durchgrünte, halboffene Wohngebiete (Baualter nach 1918 bis etwa 1960);
3. mit zunehmender Ausprägung stellen kleine umbaute Grünflächen sogenannte Kaltluftentstehungsgebiete dar, die in großflächigen Gras- und Ruderalgebieten des Offenlandes am intensivsten ausgeprägt sind. Es wird in der Literatur bestätigt, daß Grünflächen von 1 ha eine temperatursenkende Wirkung von etwa 1 K und von 100 ha von etwa 3 K haben (STULPNAGEL, A.v. zitiert in WILMERS, F. u.a. 1987).
4. ausgeglichenes thermisches Verhalten weisen auch größere zusammenhängende Waldgebiete der Leipziger Aue auf, deren Wirksamkeit jedoch durch große wärmere Trassen (F2/F95) unterbrochen wird.

Aus diesen Grundzusammenhängen lassen sich sogenannte klimameliorative Maßnahmen für die städtebauliche Planung ableiten:

- a) Großräumig auf dem Niveau der Generalbebauungsplanung sind zusammenhängende Kaltluftentstehungsgebiete zu erhalten und in Form von Grüntrassen bzw. Grüngürteln (Netz von Grünflächen) zu schaffen. Eine Zerschneidung durch Verkehrsstrassen ist zu vermeiden. (In Städten mit stärkerem natürlichem Relief führen Kaltluftentstehungsgebiete in Hanglagen zu einem lokalen horizontalen Luftaustausch und zur Abkühlung innerstädtischer Bereiche.)
- b) Auf dem Niveau der Teilgebietsplanung ist durch Entsiegelung und Durchgrünung ein kleinräumiges Netz von Freiflächen zu

schaffen, das in Verbindung mit geeigneten Bebauungsstrukturen zu einer Verbesserung der innerstädtischen Temperatur- und Durchlüftungsverhältnisse führen kann.

Die Durchgrünung der Strukturen sollte bei etwa 40% liegen, wobei der überwiegende Anteil mit Bäumen überschattet sein muß (einschließlich Straßenbaumreihen usw.). Von lokal sehr begrenzter Wirksamkeit sind Dach- und Fassadenbegrünungen, die nicht als Ersatzmaßnahmen für ein funktionstüchtiges Grünflächennetz angesehen werden dürfen.

Diese weitreichenden planerischen Schlußfolgerungen müssen durch weitere kombinierte terrestrische und Flugzeugaufnahmen im TIR gestützt werden. Außerdem kann der Faktor Temperatur mit seinen Beziehungen zur Bebauung und Durchgrünung nicht allein Grundlage eines ökologisch fundierten Maßnahmekomplexes sein. Dennoch bietet die während des Experimentes GEOEX-86 in Testgebieten gewonnene thermische Kennzeichnung städtischer Nutzflächengefüge in Verbindung mit vorhandenen Ergebnissen aus anderen Städten (BRD, VR Polen usw.) den Ausgangspunkt für eine regionale Verallgemeinerung im Hinblick auf die Verteilung von Warmluft- und Kaltluftentstehungsgebieten sowie von thermisch ausgeglichenen Gebieten in der Stadtregion Leipzig.

#### 4. Methodische Schlußfolgerungen zu GEOEX-86

1. Eine Erprobung zu anderen Jahreszeiten im Bereich stabiler Wetterlagen, besonders im Herbst und Winter, ist anzustreben.
2. Durch Thermalaufnahmen wird eine synchrone flächenhafte Isothermendarstellung möglich wie sie durch kein städtisches Klimameßnetz erreichbar ist. Allerdings sind zur Feststellung der Temperaturrelationen synchrone terrestrische Messungen sowohl der "wahren" Oberflächentemperaturen als auch der Strahlungstemperaturen im entsprechenden Wellenlängenbereich erforderlich.

Als am günstigsten für stadtklimatische Aussagen ist eine Kombination von flächendeckenden Flugzeugaufnahmen mit mehr-

Jährigen Meßreihen in typischen städtischen Gebieten.

3. Für unsere Zielstellung und bei der eingesetzten Technik hat sich eine Aufnahmehöhe von 700m über Grund entweder im Tagesgang oder zu einem bzw. zwei Aufnahmezeiten bewährt. Zur Ermittlung der Warm- und Kaltluftentstehungsgebiete ist der Vergleich Tag (höchster Sonnenstand) - Morgen (vor Sonnenaufgang) bzw. des Abkühlungsverhaltens der Flächen sind die Abendaufnahmen am günstigsten.

#### Literatur

- ENDLICHER, W.: Thermalbilder-Möglichkeiten und Probleme ihres Einsatzes in der Landschaftsökologie und Stadtklimatologie. In: Vermessungswesen und Raumordnung, Vermessungstechnik 42(1980), S.58-73
- HORBERT, H., KIRCHGEORG, A.; STULPNAGEL, A.v.: Klimaforschung in Ballungsgebieten (dargestellt am Beispiel Berlin(W))  
In: Geographische Rundschau 38(1986)H.2
- KRATZER, P.A.: Das Stadtklima, 1956
- KRÖNERT, R.u.a.: Geoökologischer Zustand von Geosystemen- Ergebnisse der INTERKOSMOS-Experimentes GEOEX-86 im Testgebiet Leipzig. Unveröffentl. Forschungsber., IGG der AdW, Leipzig 1987
- PIETRZAK, E., RUDOWSKI, G.: Thermale Luftbilder von Teilen der Stadt Leipzig. Unveröffentl. Manuskript, Warschau 1987
- VEB ENERGIEKOMBINAT Berlin, Arbeitsmaterial B86/220
- WILMERS, F., SCHOLZ, K.-D., KATZSCHKE, D.: Stadtklima und räumliche Planung- klimaökologische Funktion und Beurteilung der Freiräume der Kernrandzone des Großraumes Hannover. In: Beiträge zur regionalen Entwicklung, Zweckverband Großraum Hannover, 1987

Anwendung von Fernerkundungsmethoden zur Erstinventarisierung  
der Landschaftsstruktur der VDR Jemen

G. VILLWOCK

Martin-Luther-Universität Halle  
Sektion Geographie

Zusammenfassung

Anhand von Untersuchungen in der VDR Jemen werden Möglichkeiten der Interpretation von Fernerkundungsdaten für die klein- und mittelmaßstäbige Landschaftserkundung dargestellt. Dabei erweist sich der geomorphologische Ansatz der Landschaftsforschung unter Nutzung kosmischer Aufnahmen als geeigneter Weg für eine Erstinventarisierung der großräumigen Landschaftsstruktur. Für Detailkartierungen liefern Luftbilder vielfältige Informationen über Relief-, Boden- und Vegetationsmerkmale.

Summary

Possibilities of remote sensing data in small- and medium-scale landscape surveys are shown by investigations in P.D.R. of Yemen. Geomorphological approach in landscape survey by use of satellite images proves a suitable way to first characterisation of small-scale landscape structure. In detailed mapping aerial photographs give manifold information on features of relief, soil and vegetation.

Резюме

На примере исследований в НДР Йемен показаны возможности интерпретации данных дистанционной разведки Земли для мелко- и среднemasштабного анализа ландшафта. Геоморфологический подход в разведку ландшафта посредством интерпретации космических снимков образует способ для характеристики мелкомасштабной структуры ландшафтов. Аэрофотоснимки содержат информации для детального картирования.

## 1. Einleitung

Aue der Bedeutung der natürlichen Ressourcen und Umweltbedingungen für die Entwicklungsländer ergeben sich auch für die geographische Forschung und Erkundung vielfältige Aufgaben und Einsatzbereiche. Der in vielen Entwicklungsländern noch unzureichende geowissenschaftliche Erkundungsstand sowie die zum Teil erschwerten Erkundungsbedingungen erfordern dabei den Einsatz rationeller und aussagekräftiger Kartierungs- und Analysemethoden. In diesem Zusammenhang ist durch die Geofernerkundung erstmals die Möglichkeit gegeben, eine flächendeckende Bearbeitung bisher wenig erkundeter Territorien vorzunehmen. Insbesondere Methoden der kosmischen Fernerkundung finden hier seit Jahrzehnten ihr eigentliches Einsatzgebiet, was sich international in einem umfangreichen methodischen Erfahrungsschatz sowohl hinsichtlich der Verwendung einfacher, für einen breiten Nutzerkreis handhabbarer Methoden wie auch zunehmend des Einsatzes digital-automatischer Verfahren dokumentiert (vgl. z. B. EDEN/PARRY 1986).

Im Rahmen von geowissenschaftlichen Arbeiten in der VDR Jemen, einem rückständigen Agrarland im Südwesten der Arabischen Halbinsel, bestand ein Ziel darin, eine erstmalige flächendeckende Inventarisierung der Landschaftsausstattung für dieses Land vorzunehmen (vgl. VILLWOCK 1987).

## 2. Fernerkundungsmethoden im System der Landschaftserkundung der VDR Jemen

### 2.1. Methodische Grundlagen

Die Größe und weitgehend fehlende Verkehrserschließung der VDRJ lassen ausgedehnte und flächendeckende terrestrische Kartierungsarbeiten mit vertretbarem ökonomischen und zeitlichem Aufwand nicht zu. Deshalb wird im Rahmen der auf eine komplexe Erfassung von wesentlichen Merkmalen der natürlichen Ausstattung zielenden Landschaftserkundung in umfassendem Maße auf Fernerkundungs-



methoden zurückgegriffen. Die Tabelle 1 zeigt einen Überblick über die Arbeitsstufen innerhalb des Systems der Landschaftserkundung, in denen Fernerkundungsdaten Verwendung fanden.

Tab. 1. Fernerkundungsmethoden innerhalb der Landschaftserkundung der VDR Jemen

Arbeitsstufe	Kartierungsmerkmale	Verwendete FE-Daten	Kartierungsmaßstab
<b>1. Großräumige Inventarisierung der Partialkomplexe im Gesamtgebiet</b>			
- Relief	Makroformen Prozeßbereiche	LANDSAT-1,2	1:1 Mill.
- Wasserverhältnisse	Entwässerungsnetz, Grenzen der Einzugsgebiete	LANDSAT-1,2	1:2 Mill. 1:4 Mill.
- Böden	Substratareale	LANDSAT-1,2	1:2 Mill. 1:4 Mill.
- Vegetation	Verbreitungsareale	LANDSAT-1,2	1:2 Mill. 1:4 Mill.
<b>2. Großräumige Landschaftsgliederung</b>			
	Arealgefüge der Landschaftseinheiten	LANDSAT-1,2	1:2 Mill.
<b>3. Mittelmaßstäbige Übersichtskartierung von Teilgebieten</b>			
	Mesorelief Substratareale Prozeßspuren Vegetationsareale	Panchromatische Luftbilder	1:200 000 - 1:100 000
<b>4. Großmaßstäbige Detailkartierung von Teilgebieten</b>			
	Mesorelief Substratareale Prozeßspuren Vegetationsareale	Panchromatische Luftbilder	1:50 000 - 1:10 000

Fernerkundungsdaten für die VDRJ waren nur in begrenztem Umfang zugänglich, so daß eine Kombination der verfügbaren, in ihrer Qualität sehr heterogenen Materialien notwendig war. Als kosmische Fernerkundungsdaten standen Bildszenen des Systems LANDSAT-1 und -2 in Form einer vierteiligen Bildkarte (Maßstab 1:500 000) und als einkanalige Bildversionen von größeren Teilräumen (vgl. TRAVAGLIA/MITCHELL 1982) sowie ältere fotografische Aufnahmen der Gemini- und Skylab-Missionen zur Verfügung. Für Teilgebiete der Hadramaut-Region und des Küstengebietes lagen panchromatische Luftbildserien (Maßstab 1:50 000 - 1:100 000) vor. Die Auswertearbeiten wurden zum Teil noch unter Feldbedingungen mit einfachen visuell-gerätegestützten Verfahren (Stereoskop, Lupe) durchgeführt.

## 2.2. Fernerkundungsmethoden in der großräumigen Landschafts- erkundung

Entsprechend dem bisherigen Erkundungsstand des Territoriums der VDRJ erwies sich die Erarbeitung einer großräumigen Übersicht über die Landschaftsstruktur als notwendig. Sie zielt auf eine für das Land erstmalige Gesamtdarstellung einer Gliederung in Landschaftseinheiten der oberen chorischen Dimension. Dabei bildet der von der Erfassung der Reliefstruktur ausgehende geomorphologische Ansatz der Landschaftserkundung (im Sinne von VERSTAPPEN 1977) unter weitgehender Nutzung von Fernerkundungsmethoden einen geeigneten und bei der Datensituation möglichen Weg zur Erstinventarisierung der Landschaftsstruktur (vgl. auch MITCHELL u. a. 1979).

Das angewendete Verfahren zur geomorphologischen Auswertung der kosmischen Aufnahmen gliedert sich in folgende Teilschritte (vgl. VILLWOCK 1989). Für den Aufbau eines landesweit nutzbaren Interpretationsschlüssels werden zunächst repräsentative und durch Geländebeobachtungen, Luftbildauswertung bzw. Literaturquellen in ihren Reliefverhältnissen bekannte Teilgebiete ausgewählt. Für diese Gebietsausschnitte erfolgt eine detaillierte Analyse des Zusammenhanges zwischen Reliefstruktur und Bildmustersausprägung in den kosmischen Aufnahmen und deren Verall-

gemeinerung zu Mustertypen, die vor allem die räumliche Anordnung des Talnetzes und markanter Vollformen (Bergrücken, Schichtstufen usw.) widerspiegeln. Daneben zeigen sich auch Zusammenhänge zwischen der Bildtönung und den unter ariden Bedingungen weitestgehend unbedeckten Oberflächensubstraten. Im Ergebnis der Analyse in den ausgewählten Teilgebieten konnten damit aussagekräftige und signifikante Abbildungsmerkmale für die Makroformentypen des Reliefs ausgewiesen werden. Ihre Extrapolation auf das Gesamtgebiet unter Einbeziehung von Zusatzinformationen aus vorliegenden kleinmaßstäbigen Karten (Topographie, Geologie) ermöglicht im zweiten Arbeitsschritt die typologische Ansprache und räumliche Abgrenzung von großräumigen Reliefeinheiten (Grundrißbreite 10 - 100 km) sowie von markanten subordinierten Reliefformen (Täler, Einzelberge, Stufenhänge u. a.).

Weitere Einsatzmöglichkeiten kosmischer Fernerkundungsverfahren im Rahmen der Untersuchung ergaben sich vor allem bei der großräumigen Erfassung der Vegetationsverbreitung. Die in erster Linie aus vorliegenden Farbsynthesen des westlichen Landesteiles kartierbaren Areale mit dichter Vegetationsdecke in Form natürlicher Strauch- und Buschformationen bzw. landwirtschaftlicher Kulturf lächen bilden unter ariden Klimabedingungen geeignete Indikatoren für die Interpretation der klimatischen Bedingungen (Höhenstufung in den Gebirgen) und der Wasserverhältnisse (grundwasserversorgte Talbereiche). Darüber hinaus war durch die Nutzung der kosmischen Aufnahmen die Kartierung des Entwässerungsnetzes und der oberirdischen Einzugsgebietsgrenzen als Ausgangsdaten für die Analyse der hydrogeographischen Verhältnisse sowie die Abgrenzung von Verbreitungsarealen charakteristischer Oberflächensubstrate möglich.

### 2.3. Fernerkundungsmethoden in der mittel- und großmaßstäbigen Landschaftskartierung

Eine auf/der Grundlage der kleinmaßstäbigen Landschaftsgliederung vorgenommene Bewertung der agrarwirtschaftlichen Eignung der Landschaftsräume der VORJ führt zu einer Auswahl von Teilgebieten,

die unter Landnutzungsaspekten einer detaillierteren Analyse zu unterziehen sind. Für die Erkundung der natürlichen Ausstattung dieser Gebiete erweisen sich deshalb mittel- und großmaßstäbige Kartierungsarbeiten als notwendig. Unter Berücksichtigung des landschaftlichen Beziehungsgefüges in werriden Gebieten bilden Merkmale des Reliefs und der Substratbildung Hauptkriterien für die Kennzeichnung und Abgrenzung von Landschaftseinheiten der unteren chorischen Dimension. Sie stellen gemeinsam mit den die Feuchtebedingungen widerspiegelnden Verteilungsmerkmalen der Vegetation aussagekräftige und mittels Luftbilddauswertung in ausreichender Genauigkeit kartierbare Indikationen der landschaftsökologischen Verhältnisse dar (vgl. auch HOWARD/MITCHELL 1985). Das angewendete Verfahren beinhaltet zunächst die Kartierung der mittels stereoskopische Bildanalyse erfaßbaren Reliefstruktur im Niveau von Meso- und ausgewählten Mikroformen, die die wesentliche Grundlage für die Grenzfindung der Landschaftseinheiten bildet. Dem schließt sich eine weitergehende Differenzierung durch die Einbeziehung von aus der Bildtönung erschließbaren Substratverbreitung an. Hierzu waren partielle Geländeerkundungen notwendig. Die luftbildgestützte Erkundung charakteristischer Verteilungsmuster der Vegetationsverbreitung ermöglicht schließlich die indikative Ableitung von Merkmalen der Bodenwasserverhältnisse. Im Ergebnis der Luftbilddauswertung können für die chorischen Landschaftstypen kennzeichnende, durch die Relief-, Substrat- und Vegetationsausprägung bedingte Bildmusterformen ausgewiesen werden, die eine weitestgehende luftbildgestützte Kartierung weiterer Teilgebiete ermöglichen (vgl. VILLWOCK 1987).

#### Literatur

- EDEN, M. J. u.  
J. T. PARRY: Remote Sensing and Tropical Land Management. - London 1986
- HOWARD, J. A. u.  
C. W. MITCHELL: Phytogeomorphology, - New York u. a. 1985

- MITCHELL, C. W. u. a.: An analysis of terrain classification for long-range prediction of conditions in deserts. - Geogr. Journal 145 (1979), S. 72 - 85
- TRAVAGLIA, C. u. C. W. MITCHELL: Applications of satellite remote sensing for land and water resources appraisal/PDRY. - FAO. RSC Ser. 9, Rome 1982
- VERSTAPPEN, H. Th.: Remote Sensing in Geomorphology. - Amsterdam u. a. 1977
- VILLWOCK, G.: Beiträge zur Kennzeichnung der Landschaftsstruktur der VDR Jemen. - Halle 1987. - Diss. B
- VILLWOCK, G.: Fernerkundungsgestützte Kartierung der großräumigen Reliefstruktur in der VDR Jemen. - Hall. Jahrbuch f. Geowiss. 15 (im Druck)

Ergebnisse und Erfahrungen der INTERKOSMOS-Komplexexperimente zur Untersuchung der Dynamik von Geosystemen

H. WEICHELТ  
Akademie der Wissenschaften der DDR  
Zentralinstitut für Physik der Erde Potsdam  
Potsdam

H. BARSCH  
Pädagogische Hochschule Potsdam

Zusammenfassung

In Realisierung der Komplexaufgabe "Untersuchung der Dynamik von Geosystemen mit Fernerkundungsmethoden" der IK-Arbeitsgruppe Fernerkundung wurden in den Jahren 1984-1988 auf den Territorien der UdSSR, der DDR, der VR Polen und der Republik Kuba internationale Komplexexperimente durchgeführt. Es werden einige Erfahrungen bei der Organisation und Durchführung solcher Experimente dargestellt. Der Beitrag der DDR, in dessen Rahmen die Spektrometermeßtechnik des ZIPE bei allen Komplexexperimenten eingesetzt wurde, konzentrierte sich vorrangig auf die Kennzeichnung von Bestandsparametern in agrotechnischen Geosystemen und die Ableitung einer Zustands- bzw. Produktivitätseinschätzung auf der Grundlage spektraler Merkmale. Über einige in diesem Zusammenhang gewonnene Ergebnisse aus dem letzten Komplexexperiment "CARIBE-88" wird berichtet.

Summary

During the period of 1984 - 1988 on the territories of the USSR, the GDR, Poland and the Republic of Cuba international complex experiments were organized to performe the INTERCOSMOS-Programm "Investigation of the Dynamics of Geosystems by Remote Sensing Methods". The paper presents some experiences in organizing and performing such experiments. The GDR-part including the multi-spectral radiometer complex of the CIPE, deals mainly with the derivation of parameters and to evaluate the productivity of agrocultural geosystems on the basis of their spectral signature. Some results from the last complex experieient "Caribe-88" are presented.

Резюме

В течение 1984-1988гг. на территориях СССР, ГДР, ПНР и Республики Куба были проведены международные эксперименты для реализации задач программы РГДЗ "Исследование динамики геосистем дистанционными методами". Представлен опыт организации и проведения таких экспериментов. Задача ГДР, при выполнении которой использовалась спектрометрическая измерительная техника ЦИФЗ, сконцентрировалась, главным образом, на определении параметров растительности в агротехнических геосистемах и на получении оценок состояния и продуктивности на основе спектральных признаков. Даются некоторые результаты, которые были получены при проведении последнего комплексного эксперимента "Карибе-88".

## 1. Erfahrungen und Schlußfolgerungen für Organisation und Durchführung internationaler Komplexexperimente

Bei der Untersuchung komplexer Vorgänge an der Erdoberfläche mit Fernerkundungsmethoden bietet sich die Nutzung des Geosystemkonzeptes an /1,2,3/. Da es gegenwärtig in der geographischen Literatur zum Geosystem-Begriff keine einheitliche Auffassung gibt, sollen im folgenden nach HAASEV /4/ und KADEN /5/ unter Geosystemen diejenigen Systeme verstanden werden, die durch geowissenschaftliche Aspekte bei der Auswahl der Systemelemente gekennzeichnet sind. Geosysteme gehören danach zur Gruppe der offenen Systeme mit einem prinzipiell erfaßbaren Stoff- und Energieaustausch, die durch eine hohe Komplexität und oft ausgeprägte Dynamik gekennzeichnet sind. MOSIMAN /6/ weist auf der Grundlage dieser charakteristischen Eigenschaften auf eine Reihe von Besonderheiten bei der Untersuchung von Geosystemen hin, aus denen sich unter Beachtung der speziellen Bedingungen der Fernerkundung als physikalisches Meßverfahren folgende methodisch wichtige Schlußfolgerungen ableiten lassen:

1. Durch die Fernerkundung lassen sich grundsätzlich lediglich Teilaspekte eines Geosystems bzw. einiger seiner Komponenten erfassen. Dabei wird immer ein stark vereinfachter Ausschnitt der räumlichen Wirklichkeit erfaßt. Gleichzeitig wird aber nach einer Aussage mit Gesamtcharakter gestrebt.
2. Die untersuchten Zusammenhänge enthalten Elemente oder Faktoren, deren Zustand bzw. Funktion die Wirkung ganzer Systemteile widerspiegeln kann (Beispiel: Assimilationsapparat der Pflanzen, Bodenfeuchte). Nach /6/ erhalten solche aussagefähigen Komplexgrößen die Stellung von Indikatoren.
3. Die Dimension und individuelle Vielfalt eines Geosystems bedingen, daß in vielen Fällen sehr große Stoffmengen und eine Vielzahl von Einzelproben erfaßt werden müssen. Da die in einem Geosystem widergespiegelte komplexe Realität nicht beliebig vereinfachbar ist, die repräsentative Gültigkeit der abgeleiteten Beziehungen nachgewiesen werden muß und speziell

die Fernerkundungsmethoden beeinflussende zusätzliche Störfaktoren nur durch eine hohe Zahl von Einzelmessungen beherrscht werden können, ist die dadurch bedingte Größe eines entsprechenden Experimentes eines der zentralen methodisch-technischen Probleme bei der Untersuchung von Geosystemen. Dies betrifft insbesondere die für die Auswertung und Interpretation der Fernerkundungsdaten erforderlichen terrestrischen Vergleichsmessungen und -daten.

Unter Beachtung dieser methodischen Besonderheiten lassen sich für die drei Grundphasen eines solchen Komplexexperimentes die im folgenden im Überblick gegebenen wichtigen Arbeitsschritte angeben:

Phase	Arbeitsschritte
1. Vorbereitung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parameterfestlegung (Zielstellung, Testgebiet, Sensoren, Termine),</li> <li>- Geowissenschaftliche Geländeerkundung a-priori-Beschreibung des Geosystems,</li> <li>- Konkretisierung/Modifikation der Parameter (Trassen, Referenzpunkte, Wiederholrate, Rayonierung, Gegenerkundung) auf der Grundlage der Ergebnisse der Geländeerkundung,</li> </ul>
2. Realisierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Durchführung des Meßprogramms,</li> <li>- Quick-look,</li> <li>- Modifikation des Meßprogramms, Wiederholung,</li> </ul>
3. Auswertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyse der spektralen und fachspezifischen Daten,               <ul style="list-style-type: none"> <li>· geometrische Einordnung,</li> <li>· qualitative (visuelle) Interpretation,</li> <li>· rechnergestützte Analyse,</li> </ul> </li> <li>- Analyse der Dynamik (multitemporale Auswertung),</li> <li>- Ableitung und Interpretation der Zusammenhänge zwischen spektralen und fachspezifischen Merkmalen und ihrer Dynamik.</li> </ul>



Aus den bei der Durchführung vergangener INTERKOSMOS-Komplexexperimente gewonnenen Erfahrungen muß geschlußfolgert werden, daß bei künftigen Experimenten der Vorbereitungsphase wesentlich mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden muß. Insbesondere eine detaillierte Geländeerkundung, die Vorbereitung entsprechend aussagefähigen Kartenmaterials und die Abstimmung und Festlegung des Meßprogrammes einschließlich der Lage der Meßpunkte und -profile sind neben den technisch-organisatorischen Vorbereitungen von besonderer Wichtigkeit für die Effektivität der folgenden Durchführungsphase. Weitere Schlußfolgerungen können bezüglich des Umfanges des Bodenreferenzmeßprogrammes zur Gewinnung fachspezifischer Referenzdaten der Objekte, die zeitliche Ausdehnung eines solchen Experimentes und die Datengewinnung aus unterschiedlichen Meßhöhen, insbesondere die synchrone Datengewinnung aus dem Kosmos gezogen werden, die bei den bisherigen Komplexexperimenten noch nicht zufriedenstellend gelöst werden konnten.

## 2. Einige Ergebnisse des internationalen Komplexexperimentes "CARIBE-88"

Das Experiment CARIBE-88 fand vom 20.3.-20.4.1988 in der Republik Kuba statt. Die Untersuchungen erstreckten sich auf insgesamt 9 Testgebiete in verschiedenen Teilen des Landes. Im Mittelpunkt der Arbeiten der DDR-Teilnehmer standen wiederum Untersuchungen zum Boden-Pflanze-Komplex mit dem Ziel der Ableitung von Vitalitäts- bzw. Produktivitätskennzeichnungen aus multispektralen Fernerkundungsdaten. Dazu wurden insbesondere fachspezifische und spektrale Messungen an Reispflanzen auf Feldern mit einer 5-10 cm hohen Wasserbedeckung und auf Weideflächen mit unterschiedlichen Grassorten bei differenzierter Bearbeitung durchgeführt, worüber im folgenden an Hand erster Bearbeitungsergebnisse kurz berichtet wird.

### 2.1. Spektralcharakteristika von Reis

Die fachspezifischen und radiometrischen Untersuchungen an jungen Reiskulturen erfolgte im Gebiet der Cauto-Mündung, in der Nähe

der Siedlung Ponte Guillen, 50 km westlich von Bayamo. Der Reis wuchs hier auf tonigen Flußsedimenten, auf denen sich ein nährstoffreicher Vertisol herausgebildet hatte. Insgesamt handelte es sich um ein rund 140 ha großes Areal, das in 12 große Reistafeln gegliedert war (Abb. 1). Auf den 6 Reistafeln im Norden des Gebietes war der Reis etwa einen Monat alt, auf den 6 Reistafeln im Süden etwa zwei Monate. Die Stauhöhe des Wassers war dem Mikrorelief der Tafeln entsprechend unterschiedlich. Vielfach lag sie bei 5 bis 10 cm, wobei die höheren Werte meist im Süden jeder Tafel auftraten, in Richtung auf die Mündung des Cauto. Die für ausgesäten (nicht gepflanzten) Reis charakteristischen Unterschiede in der vegetativen Entwicklung wurden durch terrestrische Vergleichsuntersuchungen an Teststandorten bestätigt. Erwartungsgemäß waren diese Unterschiede bei den einmonatigen Beständen größer als bei den zweimonatigen (Abb. 2). Es zeigte sich aber auch, daß die Standorte maximaler Produktivität 1 Monat nach Reisaussaat bereits den Standorten minimaler Produktivität gleichwertig oder überlegen waren, auf denen der Reis bereits zwei Monate stand. So ergab sich eine aus den Produktivitätsmerkmalen Deckungsgrad, Chlorophylldichte, Biomasse und Blattflächenindex abgeleitete Rangfolge der Reisstandorte, in der die Standorte mit zwei Monate altem Reis maximaler Produktivität an erster Stelle zu setzen waren, gefolgt von den Standorten minimaler Produktivität mit zwei Monate altem Reis und Standorten maximaler Produktivität mit einem Monat altem Reis. An letzter Stelle schließlich ordneten sich die Standorte minimaler Produktivität mit einem Monat altem Reis ein.

Diese Positionen wurden bei radiometrischen Messungen am Boden durch das Vegetationsmerkmal ebenfalls zum Ausdruck gebracht (Tab. 1). Allerdings konnten die radiometrischen Messungen nur das Strahlungssignal der über dem Wasser stehenden Pflanzenteile erfassen. Deswegen kann bei gleicher Biomasse das Vegetationsmerkmal einmonatiger Reispflanzen, die nur 5 cm überflutet sind, höher sein als das Vegetationsmerkmal zweimonatiger Reispflanzen, die 10 cm überflutet sind.

Das Wassermerkmal gibt die unterschiedlichen Überflutungshöhen nicht wieder, weil in beiden Fällen der Turgor der Reispflanzen hoch ist. Das Mikrowellensignal verdeutlicht im 3-cm-Bereich, auf

Grund der Tatsache, daß der Standort überflutet ist, die in den einzelnen Produktivitätsklassen unterschiedliche projektive Bedeckung der Wasserfläche mit Biomasse. Nicht überflutete Flächen wie beispielsweise der relativ trockene Standort mit einmonatigem Reis, der auch eine minimale Produktivität aufweist, heben sich von den anderen durch ein deutlich geringeres Mikrowellensignal ab. Das ist auch beim Vegetationsmerkmal der Fall. So bietet es sich bei der Interpretation der radiometrischen Daten an, bei jungem Naßreis lediglich die Stellen mit geringer Produktivität auszugliedern, die Stellen mittlerer und höherer Produktivität nach radiometrischen Merkmalen jedoch nicht voneinander zu trennen.

Betrachtet man unter diesem Aspekt die Meßwerte, die auf den Trassen ermittelt wurden (Tab. 2), dann wird deutlich, daß bei einem Monat altem Reis die Vegetationsmerkmale, die eine geringe Produktivität anzeigen, weitaus häufiger auftreten als bei zwei Monate altem Reis (Abb. 3). Innerhalb der Reiskulturen gleichen Alters sind die Bereiche auf tiefer gelegenen Tafeln mit stärkerer Wasserversorgung besser entwickelt als die auf den höher gelegenen Tafeln mit schlechter Wasserversorgung. Allerdings muß man davon Areale ausnehmen, auf denen das Wasser schlecht abfließt und - nach unseren Beobachtungen - höher als 10 cm steht. Man erkennt daran, daß sich Unterschiede in der Vitalität des junges Reises nach einiger Zeit ausgleichen können, wenn eine optimale, nicht zu starke und nicht zu schwache, Wasserversorgung erfolgt. Ist das nicht der Fall, wirken sich diese Unterschiede weiterhin auf die Ertragsbildung aus. Die areale Differenzierung der Ertragsbildung kann man durch eine Clusteranalyse der Trassendaten, nach dem KMEANS-Algorithmus, verdeutlichen. Extrapoliert man die dabei erzielten Ergebnisse, so läßt sich feststellen, daß 16 % des Reisanbaugebietes von Ponte Guillen von den Klassen 1 und 2 und 21 % von der Klasse 3 repräsentiert werden, die eine hohe bis mittlere Produktivität anzeigen, und 28 % bzw. 24 % des Gebietes von den Klassen 4 und 5, die auf eine geringe Produktivität hinweisen. 11 % der erfaßten Fläche lag außerhalb der bewirtschafteten Reisflächen (Abb. 4).

## 2.2. Spektralcharakteristika von tropischen Weiden

Weideflächen wurden während des Experimentes CARIBE-88 im Polygon Havanna erfaßt. Das geschah auf den Weiden des Institutes für Tierzucht in El Chivo bei San Jose de los Lajos, etwa 25 km südöstlich Havanna (Abb. 5). Diese Weiden liegen auf einer Ebene innerhalb des Hügellandes von Havanna. Auf einer lehmigen Verwitterungsdecke über Kalk hat sich hier ein kalkhaltiger Ferral-sol entwickelt, der nach Süden kalkärmer wird, weil dort die Ablagerungen des kleinen Flusses Mamposton das Material der Bodenbildung darstellt. Die Ausdehnung der durch Bodenmessungen und Trassenbefliegungen erfaßten Weidefläche beträgt etwa 200 ha. Der größte Teil davon wird nicht gemäht. Angesät ist hier vor allem Sterngras (Pasto estrella; *Cynodon plestostachyum*), das im feuchten Tropenklima 100 bis 250 dt/ha Trockenmasse pro Jahr erbringen kann. Daneben sind an Saatgräsern Guinea-Gras (*Panicum maximum*), das etwa die gleichen Erträge ergibt, sowie Bermuda-Gras (*Cynodon dactylon*) und die Leguminosenart *Glycine wightii* zu nennen. Bei Bermuda-Gras kann man mit 50 bis 100 dt/ha rechnen, bei *Glycine wightii* mit 80 bis 150 dt/ha. Diese Leguminose wird vor allem angebaut, um die Stickstoffversorgung des Bodens zu verbessern.

Die radiometrischen und biologischen Bodenmessungen konzentrierten sich auf Standorte mit Sterngras. Dabei ergaben sich erhebliche Unterschiede in der produzierten Biomasse und in der wirksamen Chlorophyll-dichte, die sich in der Spektralcharakteristik deutlich abzeichneten (Abb. 6). Hochproduktive Areale wiesen eine deutliche Chlorophyllbande, ein hohes Remissionsplateau im nahen Infrarot und einen starken Abfall der Remissionswerte im mittleren Infrarot auf. Bei weniger produktiven Standorten waren die Chlorophyllbande, das Remissionsplateau im nahen Infrarot und der Abfall der Remissionswerte im mittleren Infrarot erheblich schwächer ausgeprägt. Das ließ sich auch am Vegetationsmerkmal und am Wassermerkmal erkennen (Tab. 3).

Ein Vergleich von Bodenmessungen in verschiedenen Weideflächen zeigt, daß diese Unterschiede auch für andere Areale charakteristisch sind, auf denen Sterngras wächst (Abb. 7). Bermuda-Gras erbringt erwartungsgemäß auch an den produktivsten

Stellen weniger Biomasse als Sterngras. Dagegen kommen die Produktionsleistungen von Glycine wightii dem Sterngras näher. Vor allem aber fällt auf, daß das vorher gemähte Sterngras, das sich in einer neuen Wachstumsphase befindet, infolge seiner relativ hohen Chlorophylldichte Spektralcharakteristika aufweist, die den besten Standorten mit nicht gemähtem Sterngras gleichen. Dadurch wird eine Interpretation der Biomasseproduktion auf der Grundlage von radiometrischen Meßwerten erschwert. Deswegen wurden bei der Auswertung der Trassenbefliegungen die gemähten Flächen mit Sterngras, die alle nur 3 ha umfaßten, gesondert betrachtet. Auf der Trasse 3 (Abb. 8) befinden sie sich am Ende des Profils und fallen durch eine sprunghafte Erhöhung des Vegetationsmerkmals auf. Abgesehen davon läßt sich bereits an dieser Trasse erkennen, daß im nicht gemähten Weideland die Flächen, die eine sehr hohe Bioproduktivität aufweisen, relativ klein sind. Es überwiegen Areale mittlerer und geringer Produktivität. Bei der Extrapolation der Trassenmessungen ist die Feldstruktur des Testgebietes zu beachten, die abgeleiteten Kennziffern gelten nur für die von den Trassenmessungen erfaßten Felder. Für diese Gebiete läßt sich abschätzen, daß etwa 18 % des Weidelandes den Produktivitätsklassen 1 und 2 zuzuordnen sind, die eine hohe Produktivität anzeigen (mit mehr als 50 dt/ha Trockenmasse trotz Beweidung), etwa 28 % des Weidelandes der Klasse 3 und etwa 36 % des Weidelandes den Klassen 4 und 5, die eine mittlere bis geringe Produktivität (25 bis 50 dt/ha oder weniger als 25 dt/ha Trockenmasse bei Beweidung) vertreten (Tab. 4). Inwieweit diese Unterschiede naturbedingt sind oder durch die Technologie der Beregnung und des Weideumtriebs verursacht werden, muß an Hand der Bewirtschaftungsunterlagen festgestellt werden.

### 3. Schlußbemerkungen

Wie die Beispiele zeigen, lassen sich bei Reis und Grünland aus radiometrischen Messungen unter Hinzuziehung von produktionsbiologischen und pedologischen Referenzdaten Aussagen über die Ertragsentwicklung auf landwirtschaftlichen Nutzflächen ableiten. Dabei hat es sich als zweckmäßig erwiesen, zunächst an Hand von

Bodenmessungen die Spektralcharakteristika der landwirtschaftlichen Kulturen zu erfassen. Auf dieser Grundlage können Meßwerte von Trassenbefliegungen relativ sicher interpretiert werden. Die Extrapolation der Trassendaten auf das gesamte Untersuchungsgebiet gestattet einen ersten Überblick über die areale Differenzierung der Ertragsbildung. Für die Eingrenzung der Areale unterschiedlicher Produktivität ist es allerdings erforderlich, zeitgleich aufgenommene Luftbilder heranzuziehen und diese nach den gleichen Gesichtspunkten rechnergestützt zu bearbeiten wie die Trassendaten. Dieser Arbeitsgang kann wegfallen, wenn ein abbildender Scanner zur Verfügung steht. Das sollte in absehbarer Zeit der Fall sein.

#### Literatur:

- /1/ BARSCH, H.; SÖLLNER, R.; WEICHELT, H.: Zur Kontrolle des Zustandes agrotechnischer Geosysteme auf der Grundlage ihrer spektralen Signaturen. Forschungsbericht Zentralinstitut für Physik der Erde, Pädagogische Hochschule Potsdam, Potsdam (1987)
- /2/ BARSCH, H.; SÖLLNER, R.: Erfassung von Komponenten der Ertragsbildung in agrotechnischen Geosystemen auf der Grundlage spektraler Signaturen. PGM 131 (1987) 1, S. 41-50
- /3/ BARSCH, H.; SÖLLNER, R.; MAREK, K.-H.; WEICHELT, H.: On the Estimation of the Condition Of Agricultural Objects from Spectral Signatures in the VIS, NIR, MIR and TIR wavebands. Proc. of the 7. international Symp. on Rem. Sens., 15 PRS COMM. VII, Enscheda 1986, S. 321-324
- /4/ HAASE, G.: Entwicklungstendenzen in der geotopologischen und geochorologischen Naturraumerkundung. PGM 123 (1979) 1, S. 7-18
- /5/ KADEN, K.: Mathematisch-statistische Verfahren zur Ausgliederung von Geosystemtypen am Beispiel glazial bestimmter Gebiete des Bezirkes Potsdam. Diss. A. Pädagog. Hochschule Potsdam, 1983
- /6/ MOSIMANN, T.: Landschaftsökologische Komplexanalyse. Wiss. Paperb. Geogr. Stuttgart, Wiesbaden: Steiner-Verlag, 1984

Tab. 1: Produktionseinschätzung nach Spektralmerkmalen auf der Grundlage terrestrischer Spektrometermessungen im Testgebiet Puente Guillen (Reis)

Prod. gruppe	Standort	VMZ	WMZ	MW (mv)	Anzahl Meßpunkte
1	83 max 82 max	17,9	2,19	353	6
2	82 min	14,5	2,11	381	2
3	83 min	9,6	2,06	470	4
4	81 max	5,0	2,24	583	4
5	81 min	2,5	1,85	716	4

Tab. 2: Produktivitätseinschätzung des Gebietes nach Spektralmerkmalen auf der Grundlage von Trassendaten im Testgebiet Puente Guillen (Reis)

Prod.	Profil-klasse	VMZ	WMZ	Mikrow. (mv)	Pkte	Anteil (Fläche) %
1	3	10,2	2,3	291	30	7
2	2	6,5	2,1	395	40	9
3	4	4,1	2,0	451	76	17
	1	3,8	2,8	502	20	4
4	6	2,9	1,9	519	96	21
	10	2,8	1,8	359	32	7
5	9	2,0	1,6	444	33	7
	7	1,9	1,7	601	76	17
AUBERHALB	5	4,9	2,0	275	25	6
	8	1,6	1,4	190	22	5

Tab. 3: Produktivitätseinschätzung nach Spektralmerkmalen auf der Grundlage terrestrischer Spektrometermessungen im Testgebiet San Jos (Weideland)

Prod. gruppe	Standort	VMZ	WMZ	Mikrow. (mv)	Anzahl Meßpunkte
1	H1 max	15,3	2,2	276	14
	H5 max	12,3	2,3	283	
2	H2 max	7,4	2,0	278	7
	H5 min	6,8	2,1	288	
3	H1 med	5,8	1,9	272	7
	H2 med	5,5	1,8	278	
4	H2 min	4,1	1,8	279	7
	H1 min	3,9	1,8	271	
5	H4 min	2,8	1,7	282	12
	H3 min	2,7	1,7	278	

Tab. 4: Produktivitätseinschätzung nach Spektralmerkmalen auf der Grundlage von Trassendaten im Testgebiet San Jose (Weideland)

Prod. gruppe	VMZ	WMZ	Mikrow. (mv)	T (°C)	Anz.Pkt.	Anteil %
1	7,4	2,03	175,4	27,9	7	7
2	6,5	1,99	164,4	29,4	10	11
3	2,9	1,74	172,0	32,8	26	28
4	2,5	1,66	167,0	38,3	28	30
5	1,0	1,50	149,5	38,0	6	6
freier Ackerboden	0,25	1,46	169,7	40,6	6	6
Schatten- gebiet	1,9	1,67	187,0	35,2	8	8



Abb. 1

Testgebiet Bayomo

Reis in der Cauto-Ebene : Puente Guillen bei Vado del Yeso

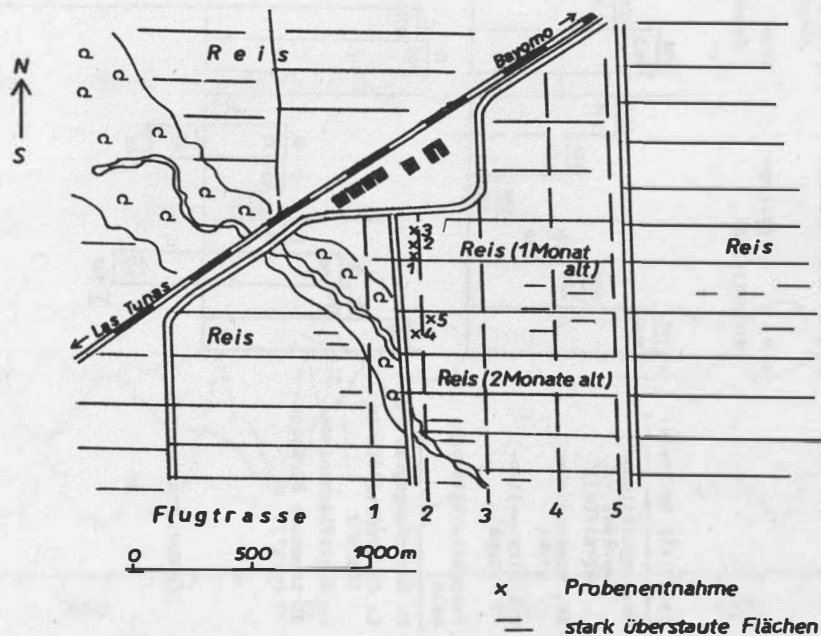


Abb. 2: Experiment "Caribe-88", Testgebiet Poute Guillen"  
Ergebnisse der Bodenmessungen

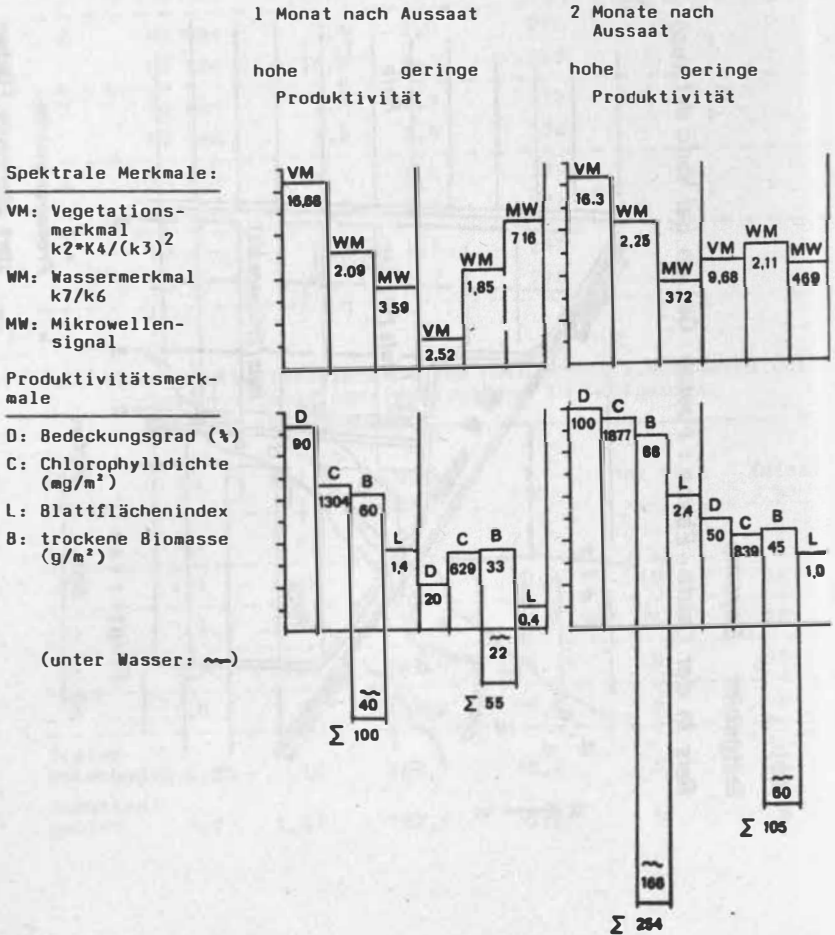


Abb. 3: Trassenmessung "Caribe-88", Polygon Puente Guillen

Cubo, Puente Guillen, 1002

— MWR  
 - - - VMZ  
 - · - · - WMZ

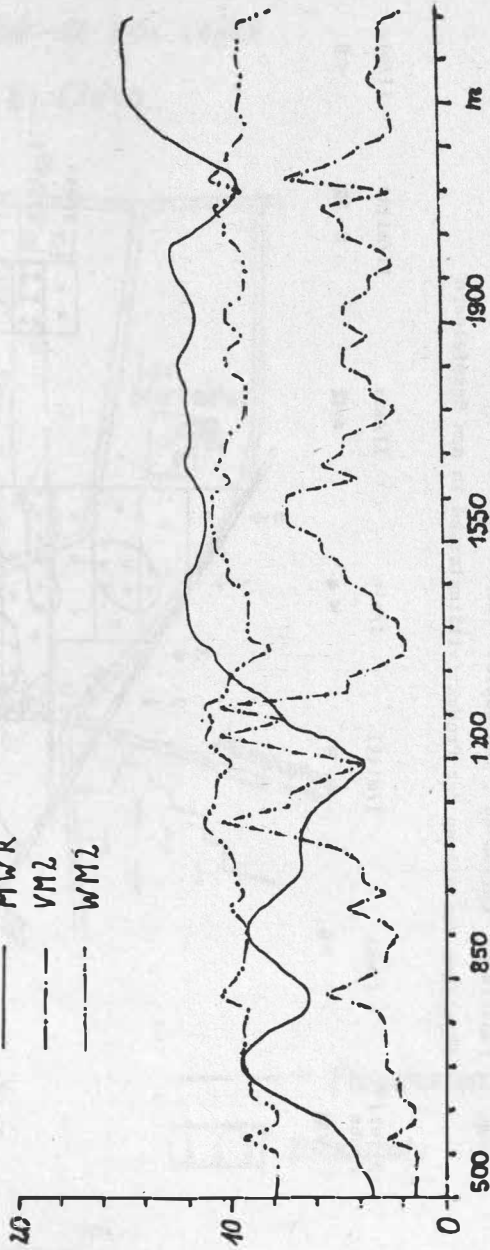
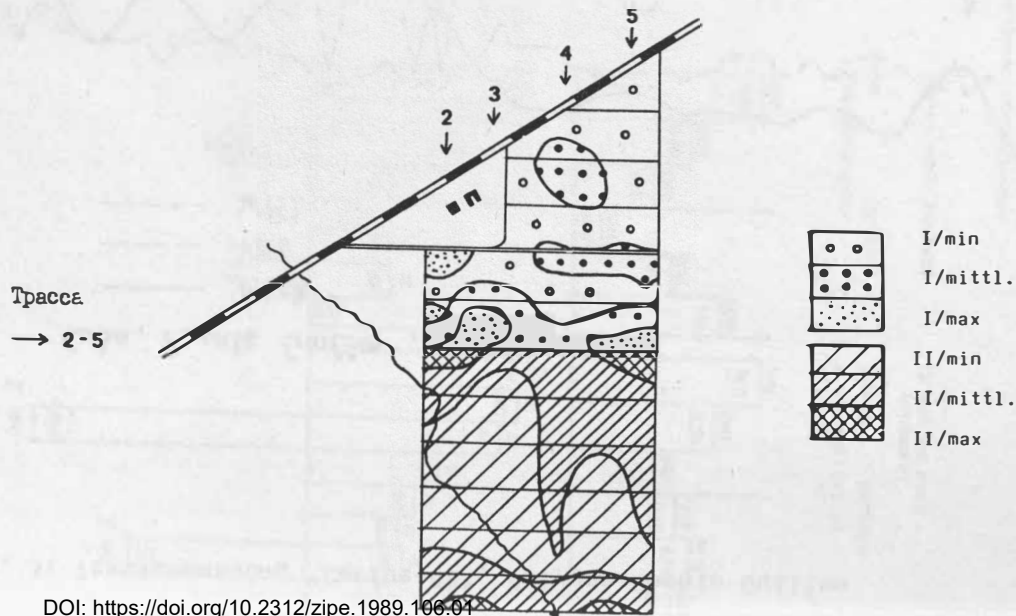


Abb. 4: Experiment "Caribe-88", Testgebiet "Puente Guillen"

Räumliche Verteilung der Produktivitätsklassen in den Reisfeldern

Alter/ Probe	I/max	I/mittl.	I/min	II/max	II/mittl.	II/min
<b>VM</b>	<b>&gt;8</b>	<b>4 - 8</b>	<b>&lt; 4</b>	<b>&gt; 12</b>	<b>8 - 12</b>	<b>&lt; 8</b>



## Abb. 5

## Testgebiet San. José de Los Lajas

## Weideflächen bei El Chivo

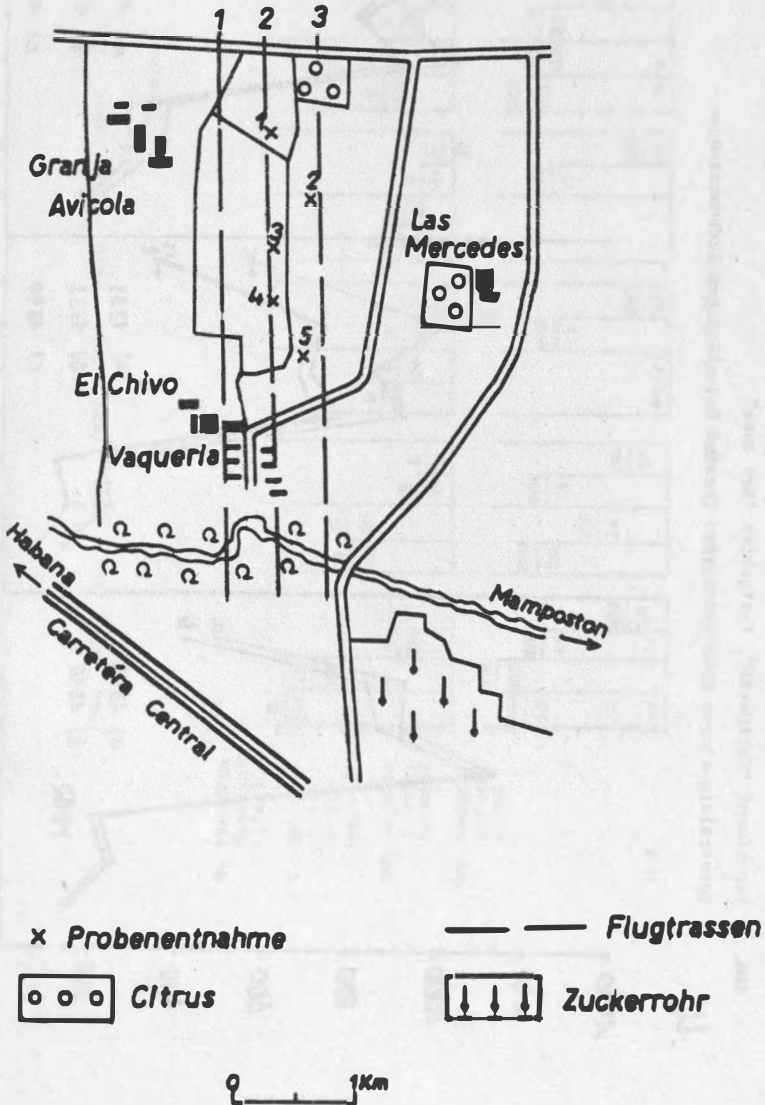


Abb. 6: Experiment "Caribe-88", Testgebiet "San Jose"  
 Spektralsignaturen über Weidegras "Pastro Estrella" aus Bodenmessungen

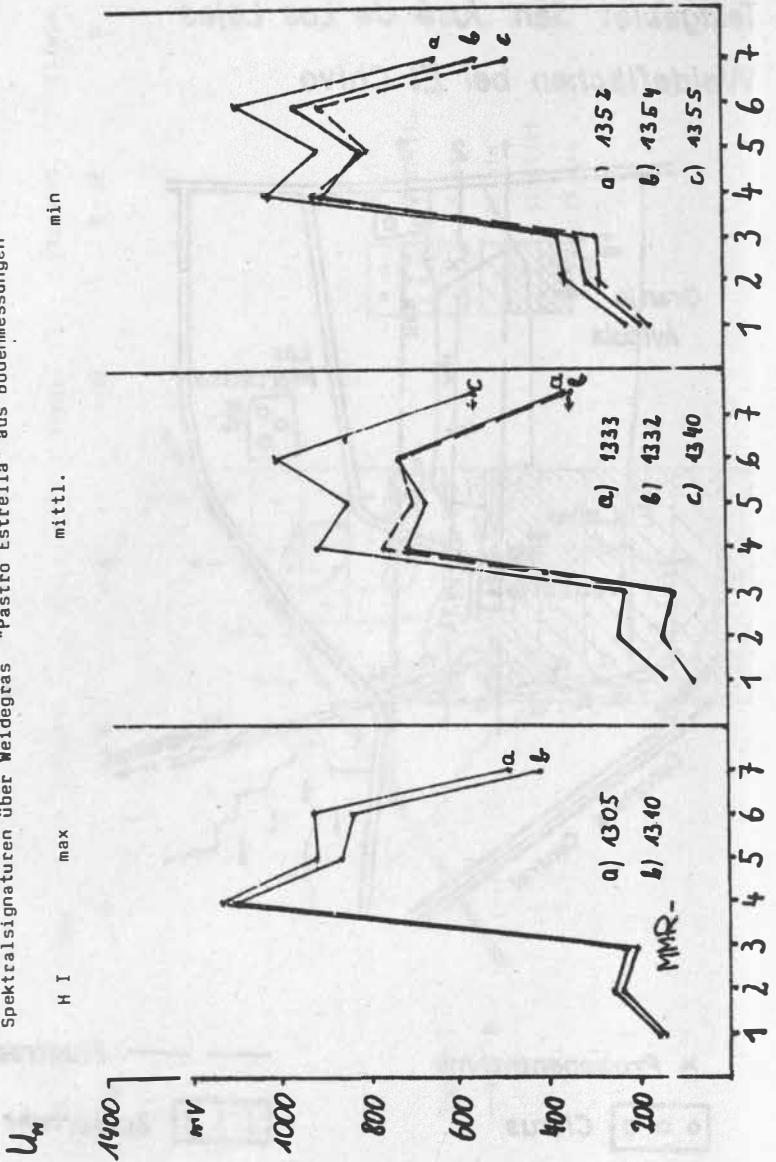


Abb. 7: Experiment "Caribe-88", Testgebiet "San Jose"

Ergebnisse der Bodenmessungen

H 1 /max /min /max H 2 /max /min /max H 3 /max /min /max H 4 /max /min /max H 5 /max /min

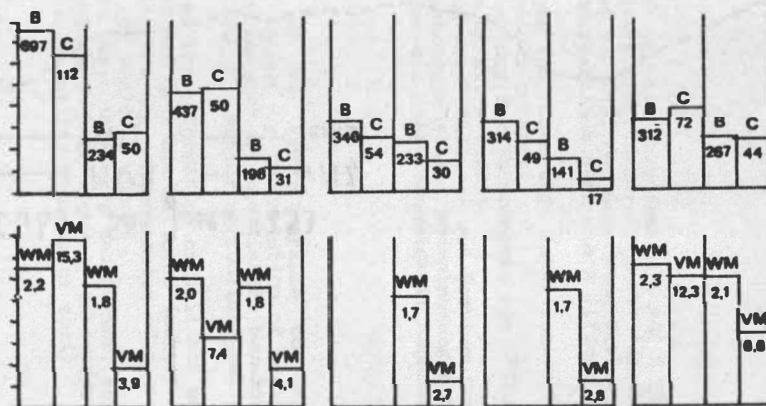
(gemäht)

B: trockene  
Biomasse  
(g/m<sup>2</sup>)

C: Chloro-  
phyll-  
dichte  
(mg/m<sup>2</sup>)

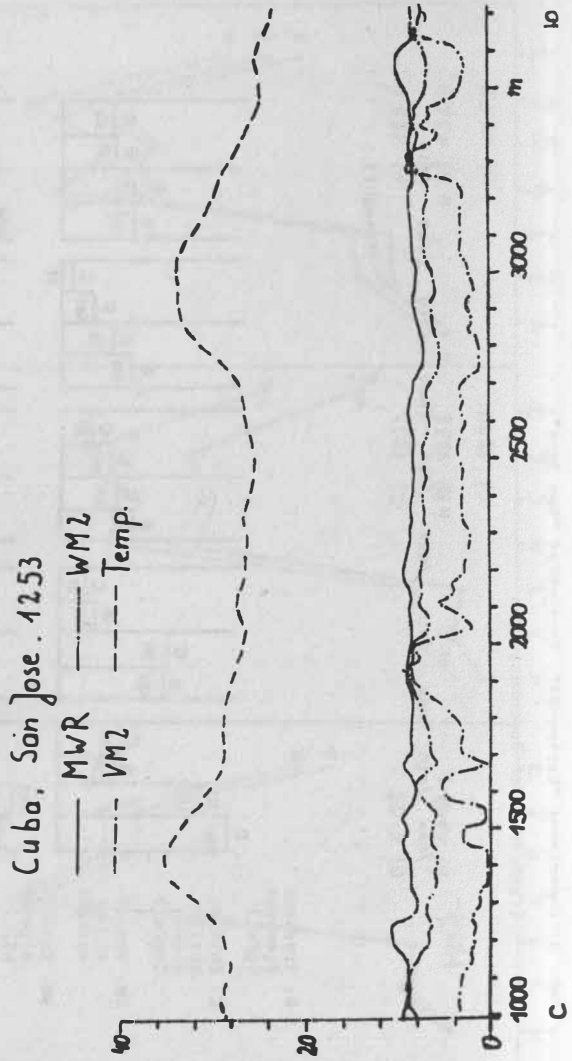
VM: Vegeta-  
tions-  
merkmal

WM: Wasser-  
merkmal  
k7/k6



Pasto Estrella: *Cynodon plestostachyum*

Abb. 8: Trassenmessung "Caribe-88", Testgebiet "San Jose"





Ergebnisse des SPOT-PEPS-Programms in der Landwirtschaft der UVR

K. TÓTH; G. BUTTNER

Institut für Geodäsie und Kartographie Budapest  
Zentrum für FernerkundungZusammenfassung

Ziel des PEPS-Programms war es, die Anwendbarkeit von SPOT-Aufnahmen für die Lösung landwirtschaftlicher Fragestellungen zu untersuchen. Testgebiet war ein Teil der Gemarkung Kisköre, das landwirtschaftlich und landschaftlich sehr stark differenziert ist.

SPOT-Bilder sind zur Prüfung von Böden und Nutzpflanzen ähnlich wie mittelmaßstäbige Luftbilder nutzbar.

Ferner sind sie zur Feststellung der Phasen von Pflanzen und für Ertragsprognosen sehr gut geeignet.

Durch die parallele Nutzung von Frühlings- und Sommeraufnahmen ist es möglich, Pflanzeninhomogenitäten, Bodeninhomogenitäten und Bodenqualitätsänderungen mit hoher Genauigkeit nachzuweisen.

Summary

It had been the aim of the PEPS-programme to test the applicability of the SPOT-images for the solution of agricultural problems. The testing area was part of the Kisköre boundaries which show a high variability concerning agriculture and landscape.

SPOT imagery can be applied for information on soil and useful plants in a similar way as medium-scale airborne imagery. Moreover it is very well suited for the determination of phenophases of plants as well as for yield prognoses.

The parallel use of images taken in spring and summer, respectively, enables to determine with high accuracy inhomogeneities of plants and soil as well as quality changes of soil.

Резюме

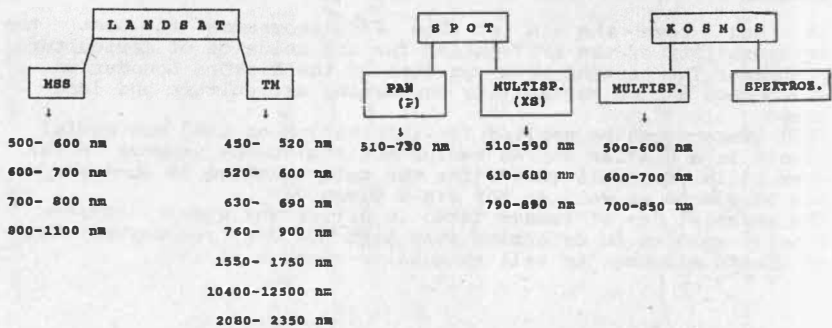
Целью программы PEPS являлось исследование возможности применения снимков системы SPOT при решении сельско-хозяйственных задач. Тестовым полигоном служила часть района Кизкёре, который характеризуется сильно сельско-хозяйственным и ландшафтным дифференцированием.

Снимки системы SPOT могут быть использованы, также как и аэрофотоснимки среднего масштаба, для испытания почв и сельско-хозяйственных культур. Кроме того они годятся для определения фенофаз растений и прогнозирования урожая.

При одновременном использовании весенних и летних снимков можно с высокой точностью доказывать неоднородности растений и почв, а также изменения в качестве почв.

Am Institut für Geodäsie und Kartographie werden Forschungen zur Fernerkundung seit Januar 1981 auf Grund eines Regierungsbeschlusses von 1979 durchgeführt. Drei Arten von Satellitenaufnahmen werden genutzt:

- LANDSAT MSS- und TM-Aufnahmen, die entweder in digitalisierter oder in photographischer Form zur Verfügung stehen,
- Kosmos-Meßkammeraufnahmen, die in photographischer Form aus der Sowjetunion gekauft werden,
- SPOT-Aufnahmen, die nur für Experimentalzwecke - sowohl in digitalisierter als auch in photographischer Form - zur Verfügung stehen.



Tab. 1. Wellenlängenbereiche der verfügbaren Aufnahmen

Von der Firma SPOT-IMAGE wurde im Jahre 1984 ein internationaler Wettbewerb für die Prüfung der SPOT-Satellitenaufnahmen ausgeschrieben (PEPS-Programm). Das Programm wurde gemeinsam mit dem Bodenforschungs- und Agrochemischen Institut (TAKI) Budapest durchgeführt. Als Testgebiet diente eine Fläche beim Dorf Kisköre, das landschaftlich und landwirtschaftlich stark differenziert ist. Als Basismaterial wurden von der Firma SPOT-IMAGE multispektrale SPOT-XS-Aufnahmen (multispektral) von Frühlings-, Sommer- und Herbst-Terminen übergeben. Zusätzlich standen panchromatische Bilder zur Verfügung, die gleichzeitig mit den Sommerbildern aufgenommen wurden.

Die Frühlings- und Herbstbilder sollten der Bodeninterpretation, die Sommeraufnahmen der Einschätzung des Reifegrades von Sommerweizen dienen.

Hauptziel der Forschungstätigkeit war vor allem, das neue Datensystem systematisch durch praktische Aufgaben kennenzulernen und zwar

- Korrelationsprüfungen zwischen den in-situ-Referenzmessungen und den Satellitendaten,
- Prüfung der spektralen Abgrenzungsmöglichkeiten der Nutzpflanzen,
- Darstellung der Bodeninhomogenitäten durch Verarbeitung von Multitemporalaufnahmen,
- Vergleich der SPOT- und der LANDSAT-TM-Satellitenaufnahmen.

Zur Vorbereitung der obigen Aufgaben mußten folgende technische Arbeiten ausgeführt werden:

- Ausarbeitung einer Technologie für die Sammlung der quantitativen Referenzdaten,
- hochgenaue Anpassung der multitemporalen Daten,
- Vereinigung der digitalen Daten von XS- und P-Bildern,
- Prüfung der Datenqualität und des Informationsinhaltes,
- Herstellung einer digitalisierten Referenzkarte,
- Ausarbeiten der Algorithmen für quantitative Vergleiche von SPOT- und LANDSAT-TM-Aufnahmen.

Für die genannten Aufgaben wurden bei der Firma SPOT-IMAGE Frühlings-, Sommer- und Herbst-Multispektralaufnahmen ausgesucht; zusätzlich wurden für die Sommertermine auch panchromatische Aufnahmen übernommen. Zur Vermeidung radiometrischer Probleme wurde der Abtastwinkel zwischen  $\pm 12^\circ$  eingestellt.

Bild	Geplanter Termin	Tatsächlicher Termin; Winkel		Bemerkung
Frühlings XS	15.04.-10.05.	04.05.	6,4 W	wolkenlos
Sommer XS	20.06.-15.07.	31.07.	16,3 E	teilweise wolkig
Sommer P	20.06.-15.07.	16.07.	0,0	wolkenlos
Herbst XS	20.10.-15.11.	13.10.	7,9	wolkenlos

Tab. 2. Wichtigste Merkmale der verwendeten SPOT-Aufnahmen

Es ist zu sehen, daß die Zeitpunkte der Sommerbilder nicht den gewünschten Terminen entsprachen. Außerdem sind die XS- und die P-Bilder nicht gleichzeitig aufgenommen worden. Wegen dieses Problems mußten kleine Änderungen der geplanten Ziele vorgenommen werden. Für den Vergleich der SPOT- und LANDSAT-TM-Bilder wurde ein mit dem SPOT-Bild identisches TM-Bild eingekauft. Das wolkenfreie TM-Bild, das zwei Tage früher als das Frühlings-SPOT-Bild angefertigt wurde, bietet einwandfreie Möglichkeiten für den Vergleich der zwei Datentypen. Als Referenzdaten dienten Luftbildaufnahmen, die mit einer Hasselblad-Kamera auf Falschfarbfilm (KODAK Infrarot) im Sommer und im Herbst angefertigt wurden. Der Maßstab der Sommeraufnahmen ist 1 : 23 000, der Herbstaufnahmen 1 : 40 000.

Für die Korrelationsprüfungen wurden drei terrestrische Meßreihen aufgenommen:

- im Frühling (vom 26. April bis 6. Mai) für die Sammlung von Bodenfeuchtigkeitsdaten und Weizenmustern,
- im Sommer (vom 26. Juni bis 12. Juli) für Weizen- und Maismuster,
- im Herbst nochmals Bodenfeuchtigkeitsdaten.

Zu allen drei Terminen wurde auch die Geländekalibrierung durchgeführt.

Luftbild	Boden- feuchtigkeit	Pflanzen	Meteorologie
Falschfarben- film mit Has- selblad-Kamera	0,5 - 5 cm 5 - 10 cm	Blattflächen- index, Stockzahl, Höhe, trockene u. feuchte Biomasse, Oberflächenbedek- kung, phänolog. Zustand	Temperatur der Luft- u. Bo- denoberfläche, Niederschlag, Windgeschwin- digkeit, Feuchtigkeit
ausgewähltes Gebiet	17 Punkte	a) 9 (Weizen) b) 2 (Raps) c) 11 (Mais)	1 Wettersta- tion
	2. Mai 6. Mai	a) 5. Mai b) 5. Mai c) -	
18. Juli		a) - b) - c) 9., 10. Juli	ständig
8. Nov.	6. Nov.	a) - b) - c) -	

Tab. 3. Referenzdaten des PEPS-Programms

Als kartographische Referenzdaten dienten folgende Unterlagen:

- topographische Karten, Maßstab 1:10 000 bzw. 1:25 000,
- Bodenkarten, Maßstab 1 : 25 000,
- geologische Karten, Maßstab 1 : 200 000,
- Betriebskarten der Produktionsgenossenschaften von 1986.

Die Bearbeitung der systematisch auf geometrische und radiometrische Fehler korrigierten SPOT-Aufnahmen wurde auf einem Honeywell-Bull-Großrechner des Staatlichen Rechenzentrums vorgenommen. Die Auswahl der Testgebiete erfolgte mit dem im FOMI hergestellten Programm IPS-1. Zur Anpassung der Bilder dienten Vermessungen von Paßpunkten mit dem Stereokomparator Steco-meter. Die Transformation wurde mit dem Rechner TPA 1148 im FOMI durchgeführt (Programm GEOM). Durch Nutzung einer Methode für die digitale Vereinigung von XS- und P-Aufnahmen ergab sich ein Bild, in welchem gleichzeitig die vom XS-Bild gegebenen Farben und das Auflösungsvermögen vom P-Bild vorhanden waren. Die interaktive digitale Bildanalyse wurde am PERILCOLOR-2000E durchgeführt.

#### Resultate:

Bei der Vorverarbeitung der (Frühlings-)SPOT-Aufnahmen wurde ein Referenzbild mit 1500 x 1500 Bildpunkten genutzt. Die anderen drei SPOT-Bilder und das LANDSAT-TM -Bild wurde dazu angepaßt. Die Datenqualitäts- und die Informationsinhaltsprüfungen erfolgten in den Phasen:

- visuelle Bewertung,
- Fourieranalyse,
- Berechnung der statischen Merkmale,
- Hauptkomponentenanalyse.

#### Resultate der visuellen Interpretation:

- Wie erwartet, sind in einigen Fällen die SPOT-Bilder zur Untersuchung von Böden und Nutzpflanzen ähnlich nutzbar wie mittelmaßstäbige Luftbilder.
- Durch die Nutzung von Frühlings- und Sommeraufnahmen ist es möglich, Pflanzeninhomogenitäten, Bodeninhomogenitäten und Bodenqualitätsänderungen mit hoher Genauigkeit nachzuweisen.
- Die SPOT-Satellitenbilder sind einerseits für die Feststellung der Zustände von Pflanzen, andererseits für die Feststellung von Ertragsprognosen sehr gut geeignet.

An allen drei SPOT-Satellitenbildern wurde eine Pflanzenklassifizierung durchgeführt. Das Ziel der Prüfung war, die wesentlichen und wichtigsten Pflanzen, die in diesem Gebiet vorkommen, zu unterscheiden. Die Genauigkeit der Klassifizierung wird von der Spektralähnlichkeit einiger Kategorien und der Ungenauigkeit der Betriebskarten beeinflusst. Folgende Gruppen ließen sich abtrennen: Mais, Sonnenblumen, Luzerne, pflanzenlose Bodenfläche, Wasser und Wald. Einige Pflanzen sind nicht oder sehr schwer voneinander abgrenzbar, z. B. Mais-Luzerne-Sonnenblumen, Mais-Wald.

#### Prüfungsergebnisse der Bodeninhomogenitäten:

Es ist bekannt, daß die Entwicklung der Pflanzen auf schwachen Böden langsamer verläuft. Diese Tatsache wurde genutzt, um die unproduktiven Böden zu identifizieren. Hierfür wurden die Frühlings- und Sommerbilder von SPOT in folgenden Paaren bearbeitet: Frühlings-Bodeninformation mit Sommer-Pflanzeninformation; sommerliche Bodeninformation mit Frühlings-Pflanzeninformation. Die Korrelationsprüfungen mit den Referenzmessungen erfolgten in zwei Teilen:

- Prüfungen der Bodenfeuchtigkeit,
- Untersuchung der Pflanzenparameter.

Resultate der Bodenbeobachtungen:

- Die Punktmessungen der Bodenfeuchtigkeit sind nicht geeignet für die Kennzeichnung von großer Nässe.
- Starke Änderungen der Bodenqualität überdecken Unterschiede der Bodenfeuchtigkeit.

Bei der Korrelationsprüfung der Pflanzen ließ sich feststellen:

- Im Interesse der statistischen Zuverlässigkeit müssen die Mustersammlungen von Referenzdaten in großer Zahl fortgesetzt werden.
- Obwohl man mit den gesammelten Daten homogene betrachten kann, muß die technische Zuverlässigkeit der Datensammlung gesteigert werden.
- Auf den Luft- und Satellitenbildern sollte die Lage der Referenzdaten besser festzustellen sein.

Im Laufe der Forschungs- und Klassifikationsarbeiten wurde festgestellt:

- Das SPOT-Bild bietet bessere Resultate als die LANDSAT-TM 2-3-4-Kanalkombination, obwohl die Frequenzen der Kanäle ähnlich sind, da das Auflösungsvermögen der SPOT-Bilder besser ist.
- Beim Vergleich von TM-3-4-5-Kanalkombinationen mit dem SPOT-XS-Bild konnte festgestellt werden (obwohl das geometrische Auflösungsvermögen des SPOT-Bildes besser ist), daß die Spektralabgrenzungseigenschaften des LANDSAT-Bildes bessere Resultate bei der Abgrenzung von Pflanzen erbringt.

Die dargestellten Untersuchungen sind erste Schritte bei der praktischen Nutzung von SPOT-Satellitendaten in der Landwirtschaft der UVR. Die Forschungsarbeiten werden mit dem Ziel fortgesetzt, eine effektive und in der Praxis gut nutzbare Technologie für die Ertragsprognosen auszuarbeiten.

Nutzung der Fernerkundung für Informations- und Beratungssysteme der Pflanzenproduktion

---

K. WEISE, J. BEHRENS

Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg  
der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR

Zusammenfassung

Im Informations- und Beratungssystem "Computergestützte Boden- und Bestandsführung" (COBB) werden stabile Standortgrunddaten sowie Bodenfruchtbarkeitskennziffern zur Steuerung der betrieblichen Pflanzenproduktion genutzt. Praxisreife Fernerkundungsverfahren (Luftbildauswertung, Inspektionsflüge) ermöglichen eine effektivere und präzisere Ermittlung einiger Informationen. Zur Schlagkarte 1 wurde ein Grafikteil mit thematischen Schlagübersichtskarten im Maßstab 1:10 000 entwickelt. Diese weisen Lage und Verteilung der entsprechenden Kennwerte flächenhaft aus. Eine digitale kartographische Nutzung mittels PC innerhalb von COBB ist vorgesehen.

Summary

In the information and consultation system "Computer-Aided Soil and Crop Management" (COBB) are used stable basic data of agricultural lands and soil fertility values for control of plant production processes in farms. Practicable remote sensing methods (air-photo interpretation, agricultural reconnaissance flights) make possible a more effective and more precise determination of some information. For the field card 1 are developed a graphic part with thematic field overview maps at the scale 1:10 000. These maps show position and distribution of the corresponding characteristics over all area. A digital cartographic use on PC is assigned for COBB.



## Резюме

В информационно-консультативной системе "Компьютеризированное управление сельскохозяйственными угодьями и почвы" используются стабильные данные о месте произрастания а также показатели плодородия почв для управления производственного растениеводства. Способы дистанционного зондирования, которые готовы для практики /дешифрирование аэроснимков, инспекционные полеты/ разрешают эффективное и точное определение некоторых информаций. Разработана графическая часть к карте участков I, которая содержит тематические обзорные карты участков в масштабе 1:10000. Они демонстрируют пространственно расположение и распределение соответствующих показателей. Дигитальное картографическое использование с помощью персонального компьютера внутри компьютеризированного управления сельскохозяйственными угодьями и почвой предусматривается.

### 1. Einleitung

Die fortschreitende Intensivierung der Pflanzenproduktion erfordert zielgerichtete und komplexe Maßnahmen zur Erreichung hoher und stabiler Erträge. Eine Steuerung der Pflanzenproduktion ermöglicht des weiteren einen effektiven Fondseinsatz sowie die stärkere Beachtung ökologischer Aspekte. Positive Erfahrungen wurden mit dem bereits vorliegenden Informations- und Beratungssystem "Computergestützte Boden- und Bestandsführung" gemacht.

### 2. Arten der Informationssysteme

Im Bereich der Pflanzenproduktion können zwei Arten von Informationssystemen unterschieden werden:

#### 2.1. Rechnergestütztes Informationssystem auf der Basis von Erhebungen bzw. Meldungen über den Stand der Feldarbeiten

Der Informationsfluß verläuft vom Pflanzenproduktionsbetrieb zum Ministerium für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft (MLFN) mit Zwischenauswertungen auf Kreis- und Bezirksebene. Das beauftragte Organ für die Organisation und Verrechnung der Daten ist

der VEB Datenverarbeitungszentrum Berlin des MLFW. Das statistisch administrative Informationssystem ist rechnergestützt und trägt die Kurzbezeichnung RIS. Es ist sowohl für eine zentrale (RIS/Z) als auch für eine bezirkliche Auswertung (RIS/T) konzipiert.

## 2.2. Informations- und Beratungssysteme zur Steuerung der Pflanzenproduktion auf Betriebsebene bzw. auf Schlagbasis

Als Beispiel sei das System der COBB genannt, das die beiden Teilsysteme Bodenführung (ISBO) und Bestandsführung (BESFU) vereint. Es ist auf längere Sicht die wichtigste WtF-Maßnahme der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion (KUNDLER, 1987) und umfaßt folgende Teilschritte:

- Erhebung/Bonitur bzw. Messung von Boden- und Pflanzenzuständen (IST-Werte)
- Vergleich der IST-Werte mit den Soll-Werten
- Ableitung von Empfehlungen zur Durchführung von Maßnahmen unter Einbeziehung einer großen Menge von Daten oder als Resultat von Modellberechnungen.

Die inhaltliche Gliederung des Projekts COBB ist in Abbildung 1 dargestellt.

Hauptbestandteile sind die Schlagkarten 1 und 2 (SK 1 und SK 2). Die SK 1 enthält im wesentlichen langfristig stabile Standortgrunddaten (SGD), die i. d. R. einmalig erhoben werden, sowie Bodenfruchtbarkeitskennziffern (BPK), die turnusmäßig aktualisiert werden müssen. Die SK 2 umfaßt die Angaben zu acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen. Hierbei handelt es sich prinzipiell um Werte, deren geographische Bezugseinheit der Schlag (Anbau- oder Geländeschlag), in Einzelfällen Teilschläge sind.

## 3. Nutzungsmöglichkeiten der Fernerkundung für COBB

Durch die Entwicklung von Fernerkundungsmethoden zu praxisreifen Verfahren ist es bereits gegenwärtig möglich, einige Daten der SK 1 und SK 2 mit Hilfe des Luftbildes und der Inspektions-

flüge effektiver oder präziser zu erfassen. Entsprechende Gegenüberstellungen werden in den Tabellen 1 und 2 vorgenommen, wobei der Vergleich zu den gegenwärtig geltenden Bestimmungen lt. Datenerfassungsvorschrift (Autorenkollektiv, 1987) sinnfälliger ist.

Bei SGD sind vor allem die Standortelemente Substrat, Feinanteil der Ackerkrume und Erosionsgefährdung wesentlich präziser areal erfassbar (Tab. 1), bei BFK lassen sich z. B. die flächenhaften Differenzierungen des Gehalts an organischer Bodensubstanz, der Naßstellensituation sowie der Erosionsschäden auf den Schlägen mit geringerem Zeitaufwand repräsentativ für den gesamten Pflanzenproduktionsbetrieb ausweisen. Deutliche ökonomische Effekte ergeben sich durch Arbeitszeiteinsparungen sowie den flächendeckenden Informationsaspekt.

Als neue Qualität wird jedoch für einige wichtige Kennwerte zum Zwecke des flächenhaften Nachweises in der betrieblichen Bodendokumentation eine Reihe von Schlagübersichtskarten (SÜK) als Grafikelement zur SK 1 für erforderlich gehalten (WEISE; BEHRENS, 1988). Durch ein Bearbeiterkollektiv des Forschungszentrums für Bodenfruchtbarkeit, Bereich Bodenkunde/Fernerkundung Eberswalde, wurden Algorithmen und Ablaufschemata für die inhaltliche Ausgestaltung und die kartographische Erarbeitung einer Reihe von SÜK in analoger Form erarbeitet und für zwei Pflanzenproduktionsbetriebe realisiert (BEHRENS; WEISE, 1988). Dort werden diese Karten bereits mit Erfolg in der Bodenführung eingesetzt (WEISE ..., 1986; WEISE ..., 1988). Alle SÜK bilden die Schläge einheitlich im Maßstab 1:10 000 ab. Kernstück und geometrische Bezugsbasis ist die "Topographische SÜK", die durch schlagweises Ausschneiden aus der Grundlagenkarte Landwirtschaft (GKL) bzw. Topographischen Karte 1:10 000 (AV) gewonnen wird. Die GKL wird seit 1987 schrittweise bis 1992 in den Pflanzenproduktionsbetrieben der DDR eingeführt (BEHRENS, 1987).

Für eine Reihe von SGD auf Ackerschlägen bildet die Karte der Bodenheterogenität (Luftbild-Bodenkarte) die Ausgangsbasis. Sie wird als Karte der Konturen luftbildsichtbarer Bodenareale erarbeitet. Daraus ableitbar sind (unter Hinzuziehung weiterer

Kartenmaterialien) z. B. SÜK zu den Themen FAT, OBS, Vernässung, Trockensohäden, Erosionsgefährdung und -schädigung. Die dargestellten Kennziffern geben den Spezialisten in den Landwirtschaftsbetrieben detaillierte Hinweise für erforderliche gezielte Meliorations-, Düngungs- und Bodenbearbeitungsmaßnahmen. Werden mehrere dieser Parameter zu einer komplexen Karte zusammengefaßt (ein Beispiel zeigt Abb. 2), erhält der Betrieb genaue Informationen über die Verteilung der ertragsmindernden Standortbedingungen auf den Schlägen. Mit Hilfe derartiger Karten können z. B. Erträge wesentlich genauer eingeschätzt, standortgerechte und schlagrepräsentative Flächen für Probenahmen abgegrenzt und fruchtfolgespezifische Schlagunterteilungen getroffen werden.

Ein weiterer methodischer Schritt wird sein, entsprechende thematische Karten in digitaler Form auf eine grafikfähige Bildschirmereinheit zu bringen, um sie noch besser in die COBB einzu beziehen. Durch die Interpretation von Luftbildern in Verbindung mit anderen standortkundlichen Unterlagen im Dialogsystem mit dem Computer wird eine effektivere und qualitativ bessere Standortkennzeichnung der Schläge erreicht.

#### 4. Schlußfolgerungen

1. Die vielen methodischen Ansätze und Fallbeispiele im Rahmen der Fernerkundungsforschung sind schneller und umfassender zu praxisnutzbaren Verfahren zu entwickeln, wobei eine vertragliche Zusammenarbeit zwischen den Einrichtungen diesen Prozeß fördern und wesentlich zur Beschleunigung beitragen kann.
2. Durch Qualifizierungsmaßnahmen und Schaffung von materiell-technischen Voraussetzungen in den Pflanzenproduktionsbetrieben ist eine breitere Anwendung des Luftbildes zur schlagbezogenen Standortkennzeichnung zu erreichen. Inspektionsflüge zur Erfassung des Bodens und von Pflanzenbeständen sind als Informationsquelle bzw. Diagnosemethode für die COBB in breiterem Umfang zu nutzen.

3. Die Effektivität der FEK wird wesentlich erhöht, wenn es gelingt, einzelne spezifische Verfahren als relevante Diagonosemethoden zur quantitativen und flächenhaften Erfassung von Boden- oder Bestandsparametern zu entwickeln. Solche Kennwerte wären z. B.

- der absolute Bodenfeuchtigkeitsgehalt im Pflughorizont,
- die Entwicklung und Verteilung der Biomasse auf dem Schlag als Startwert für Ertragsvorschätzungen,
- die frühzeitige und sichere Ausgrenzung von Pflanzenbeständen mit Streßsituationen.

Entsprechende Informationen müßten periodisch und operativ den Pflanzenproduktionsbetrieben zur Verfügung stehen, wozu der regelmäßige Empfang von Satellitenscannerdaten mit einer Pixelgröße von ca. 30 m x 30 m erforderlich ist. Dies bedingt den Aufbau und die Realisierung eines operativen Systems der Fernerkundung (OSFE). Die Agrarwissenschaft ist bereit, sich dieser Aufgabe zu stellen.

### Literatur

- Autorenkollektiv: Datenerfassungsvorschrift zur Schlagkarte 1 - Bodenführung.  
WTZ der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft Frankfurt (Oder), 1987
- BEHRENS, J.: Die Grundlagenkarte Landwirtschaft 1:10 000, 1:25 000 und 1:50 000 - eine neue Kartierungsbasis für Fernerkundungsinformationen in der Pflanzenproduktion der DDR.  
Veröff. ZIPE Potsdam (1987)93, T. I, S. 112 - 116.
- BEHRENS, J.; WEISE, K.: Jedem Schlag sein getreues Abbild - Neue Grundlagenkarten geben wertvolle Einzelinformationen.  
Neue Deutsche Bauernzeitung (1988)25, S. 7

- KUNDLER, P.: Neue Programme für den Agronomen.  
Neue Deutsche Bauernzeitung (1987)43, S. 4 - 5
- KUNDLER, P.; GRAFE, B.; WENKEL, K.-O.: Inhaltliche Gliederung  
des Projekts Mikrorechnergestützte Boden- und Bestands-  
führung.  
Müncheberg, 1987; zitiert in Feldwirtschaft 29(1988)1,  
S. 3
- THAMM, B.; HEYMAN, H.-C.: Methodische Grundlagen zur Identifi-  
zierung und Ausgrenzung standortbedingter Ertragsdiffe-  
renzierungen mittels Luftbild.  
AdL Berlin (1984), Diss. A, 253 S.
- WEISE, K.; BEHRENS, J.: Maßstabsgerechte, standortbezogene Schlag-  
übersichten zur Qualitätsverbesserung der Boden- und  
Bestandsführung.  
Feldwirtschaft 29(1988)8, S. 352 - 353
- WEISE, K.; SCHULZ, R.; THAMM, B.; STIEHL, M.: Schlagbezogene  
Standortkennzeichnung mit Hilfe von Luftaufnahmen -  
Beitrag zur effektiven Bodennutzung.  
Feldwirtschaft 27(1986)H. 1, S. 31 - 34
- WEISE, K.; REINHOLD, A.; DARGE, H.-J.: Nutzung von Fernerkun-  
dungsinformationen für die Boden- und Bestandsführung  
im VEG Pflanzenproduktion Müncheberg.  
Feldwirtschaft, Berlin 29(1988)1., S. 19 - 22

**Tabelle 1:** Möglichkeiten der Erfassung von Standortgrunddaten (SGD) für die SK 1 unter Nutzung der Fernerkundung

SGD	Bestimmung lt. Datenerfassungsvorschrift	Ermittlung/Präzisierung durch Einbeziehung des Luftbildes (LB)
Feinanteil	Analysewerte des ACUB (gewogenes Mittel für 12 ... 16 ha große Probenahmeflächen)	Ausgrenzung von Teilschlägen durch Kombination von Luftbild (LB), Unterlagen der MMK und Bodenschätzung
Wasserverhältnisse	Hydromorphieflächentyp lt. MMK	flächenhafte Ausgrenzung durch LB und MMK
Wassererosionsgefährdung	Bestimmungsschlüssel (Kombination Feinanteil/Hangneigungsgruppe und Bodentiefe)	Beziehung zwischen LB-Bodenklassen, Hangneigung und Erosionsgefährdung; Ausweis sichtbarer Erosionserscheinungen
Bodentiefe	Messungen vor Ort	Nutzung Luftbild: - flächenhafte Ausgrenzung erodierter Kuppen auf D-Standorten - erodierte Lö-Standorte
Binnengräben	entsprechend Meliorationsdokumentation	Aktualisierte Angaben aus LB
Befliegbarkeit	Abstimmung mit Agrarflug	Einschätzung aus LB und Grundlagenkarte Landwirtschaft

**Tabelle 2:** Möglichkeiten der Erfassung von Bodenfruchtbarkeitskennziffern (BFK) für die SK 1 unter Nutzung der Fernerkundung

BFK	Bestimmung lt. Datenerfassungsvorschrift	Ermittlung/Präzisierung durch Einbeziehung der FEK (LB = Luftbild, ISF = Inspektionsflug)
Organische Bodensubstanz (OBS)	Laborbestimmung	Nachweis der flächenhaften Differenzierung mittels LB und Reliefposition unter Einbeziehung des Feinanteils
Naßstellen	Feldbegehung	Ausweis der Anzahl, Größe, Lage und Verteilung mit Angaben von Intensitätsstufen mittels LB
Erosionsschäden	Feldbegehung	Ausweis Umfang, Intensität und Art der Wassererosion mittels LB oder ISF
bodenbürtige Schaderreger (Kartoffel-, Zuckerrüben-nematoden)	Ermittlung durch Pflanzenschutzamt (Stichprobenprinzip)	Ausweis bei nesterartigen und teilschlagbezogenem Befall mittels LB



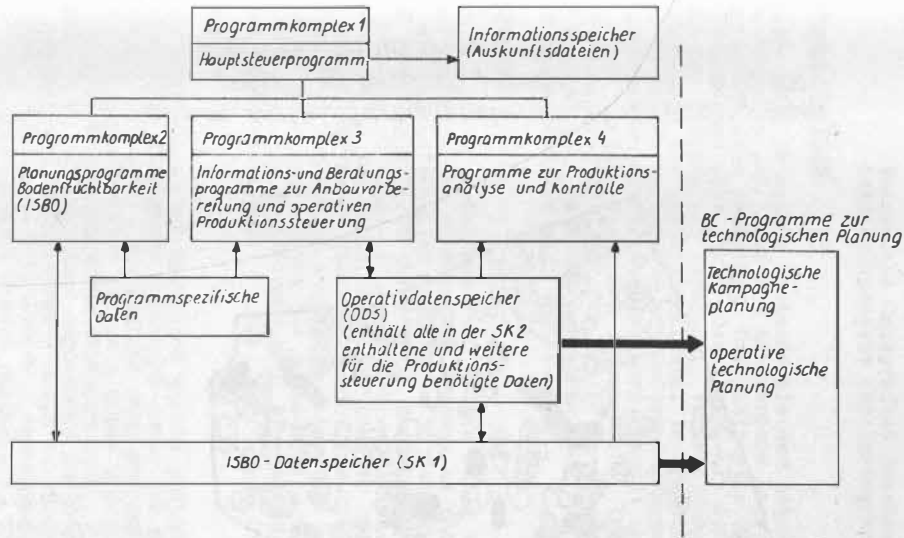






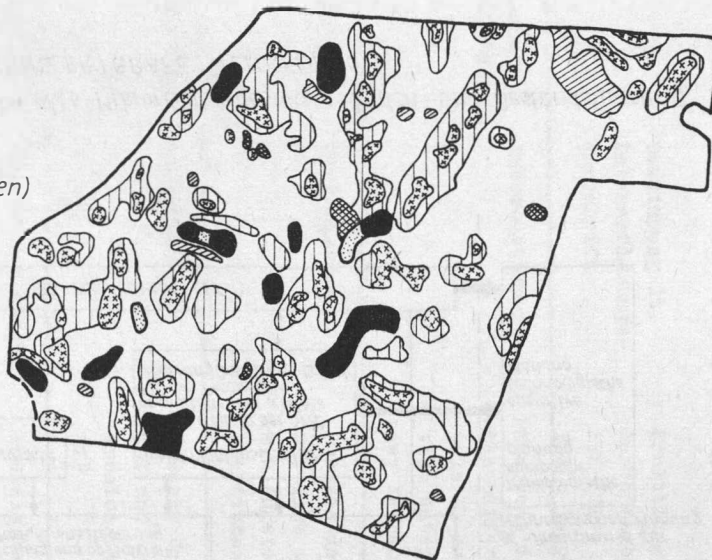


Abb. 1: Inhaltliche Gliederung des Projekts Mikrorechnergestützte Boden- und Bestandsführung (nach KUNDLER / GRAFE / WENKEL, 1987)

Legende

-  Areale mit Oberflächenwasser
-  vernähte Areale
-  erodierte Oberhänge (Parabraunerden)
-  erodierte Kuppen (Rendzinen)
-  Sölle, z.T. wassergefüllt
-  Öd- /Unland



162

Abb.2 : Thematische Karte „ Ertragsmindernde Standortbedingungen“

LP6 (P) „ VIII. Parteitag“ Dedelow  
(nach THAMM/ HEYMANN, 1984)

1: 10 000

Stand und Tendenzen der Anwendung von  
Daten der Fernerkundung für Waldschaden-  
inventuren

E. PELZ

Technische Universität Dresden  
Sektion Geodäsie und Kartographie

Zusammenfassung

Wälder sind relevante Bestandteile der natürlichen Umwelt des Menschen und haben als erneuerbare Ressourcen erhebliche wirtschaftliche Bedeutung. Die rationelle Gewinnung von Informationen über ihren Zustand ist ein spezifischer Bestandteil der allgemeinen Gewinnung, Verarbeitung, Speicherung und Darstellung von Geoinformationen. In der DDR werden seit mehr als 10 Jahren Luftbilder zur Informationsgewinnung über wirtschaftsbeeinflussende Waldschäden genutzt und die Ergebnisse in einen zweigspezifischen Datenspeicher Waldfonds eingeführt. Das Beispiel zeigt, daß für Geoinformationssysteme auch optisch-analoge Methoden der Auswertung von Daten der Fernerkundung effektiv sein können.

Summary

Forests are an important part of the human environment and play an important role in the economy as renewable resources. A rational information acquisition on forests condition is the specific part of the general geoinformation acquisition, processing, storage and presentation. Aerial photos have been used in the G.D.R. for more than 10 years to gain information on forest damage relevant for the economy with results being stored in a special data store for the forest stocks. An example shows the optic-analog methods to be efficient for the geoinformational systems in the remote sensing data processing.

Резюме

Леса являются важной составной частью природной среды человека, а как возобновляющееся природное сырьё они имеют важное хозяйственное значение. Рациональный сбор информации о их состоянии является специфической частью в общем процессе сбора, обработки, накопления и представления геоинформации. В ГДР уже в течение более 10 лет используются аэроснимки для получения информации о значительных повреждениях лесов с хозяйственными последствиями с хранением результатов в накопителе информации о лесном фонде. Приведённый пример показывает, что в геоинформационных системах могут быть эффективно использованы и аналого-оптические методы обработки данных дистанционного зондирования.

## 1. Einleitung

Wälder sind relevante Bestandteile der natürlichen Umwelt des Menschen und haben als erneuerbare Ressourcen erhebliche wirtschaftliche Bedeutung. Die rationelle Gewinnung von Informationen über ihren Zustand ist ein spezifischer Bestandteil der allgemeinen Gewinnung, Verarbeitung, Speicherung und Darstellung von Geoinformationen. Die in Form 10-jähriger periodischer Waldinventuren gewonnenen Daten werden seit ca. 25 Jahren in einem Datenspeicher Waldfonds des Wirtschaftszweigs Forstwirtschaft nach dem System der forstwirtschaftlichen Wirtschaftsflächen bis zur Aufgliederung nach Teilflächen (Beständen) eingeordnet. Dieser Datenspeicher Waldfonds kann als spezifische Kategorie eines Geoinformationssystems betrachtet werden. Die Informationen über wirtschaftsbeeinflussende Waldschäden werden seit 1976 in einem 3- bis 5-jährigen Turnus über Luftbildauswertung gewonnen. Die DDR gehört damit zu den ersten Ländern der Welt, in der eine Methode der Fernerkundung zur speziellen Informationserhebung für einen zweigspezifischen Datenspeicher angewendet wird.

## 2. Methodische Grundlagen

Allgemein wird zwischen den Begriffen Schädigung, neuerdings auch zunehmend Streß, als Ausdruck für eine Beeinträchtigung der Vitalität der Pflanze und Schaden als der wirtschaftlich relevante Teil der Schädigung unterschieden. Unter der zusammenfassenden Bezeichnung "neuartige Waldschäden" treten in Europa in den letzten Jahren zunehmend Komplexerkrankungen des Waldes auf großer Fläche auf, die im Interesse einer regulären forstwirtschaftlichen Bewirtschaftung und der bedeutenden Rolle des

waldes als Element der Umwelt inventarisiert und deren Einwirkung auf die Entwicklung des Waldzustandes fortlaufend zu beobachten ist. Neben terrestrischen Zustandserfassungen spielten dabei von Anfang an Luftbildauswertungen und darauf aufbauende Inventurmethode eine dominierende Rolle.

Wesentlicher methodischer Ausgangspunkt für den Einsatz von Methoden der Fernerkundung ist die Nutzung der aus der Luft erkennbaren Symptome einer Schädigung an Baumkronen und Beständen. Dabei ist bekannt, daß ein einzelner Schadfaktor eine Vielzahl bzw. große Streubreite unterschiedlicher Symptome hervorrufen kann. Analog dazu können gleiche oder ähnliche Schadenssymptome durch eine Vielzahl unterschiedlicher Schadfaktoren hervorgerufen werden. Es muß also vorausgesetzt werden, daß die Ursachen der Schädigung bereits durch spezifische Diagnosemethoden geklärt und Ziel der Informationsgewinnung mit Methoden der Fernerkundung die Erfassung und Beobachtung der flächenmäßigen Ausdehnung und Intensitätsabstufungen dieser Waldschädigung sind.

Als allgemeine Symptome kann man sich dabei stützen auf

- morphologische Veränderungen im Kronenhabitus
- physiologische Veränderungen in der Biomasse der Kronen
- kombinierte morphologische und physiologische Veränderungen.

Für die Auswertung der Fernerkundungsaufnahmen ist es notwendig, die luftsichtbaren Kennzeichen der Schädigung so in allgemeine Typen, Syndrome oder Kategorien von Schadenssymptomen zusammenzufassen, daß mit dem Interpretationsvorgang eine Klassifizierung möglich ist.

Nach den grundlegenden Arbeiten von MURTHA /1/ hat sich inzwischen vielfach bestätigt, daß die Wellenlängenbereiche des nahen Infrarot und damit Infrarot-Filme zur differenzierten Darstellung solcher Waldschäden besonders geeignet sind.

Als Interpretationseinheit wird in den meisten Fällen die einzelne Baumkrone als Träger der Informationen über den Gesundheitszustand gewählt. Die morphologischen und physiologischen Veränderungen äußern sich in der bildlichen Darstellung inte-

grativ in Gestaltmerkmalen (Form, Grob-, Feinstruktur der Äste) und Farbmerkmalen.

Bei der Wahl ganzer Bestände bzw. Teilflächen als Interpretationseinheit haben morphologische Faktoren, wie Kronengröße, Kronenschluß, Teile des sichtbaren Bodens unter dem Bestand bei lockerem Kronenschluß, zunehmend Einfluß auf die Darstellung. Sie können eine wenig signifikante Symptomatik leichter Schädigungen mehr oder weniger überdecken. Reflexionsunterschiede in Abhängigkeit vom Aufnahmewinkel, Aufnahmeart, Aufnahmerichtung sowie Einfallwinkel der Sonne bilden eine Vielzahl von Variablen, die eine Formalisierung nur annäherungsweise zulassen. Darin ist eine der wesentlichen Ursachen zu suchen, daß praktisch angewendete und erprobte Waldschadeninventuren bisher ausschließlich auf visuellen Auswertemethoden unter Nutzung von Infrarot-Colcerfilmen aufgebaut sind und digitale Auswertemethoden zur Zeit noch im experimentellen Stadium sind.

### 3. Waldschadeninventursystem der DDR

Im Institut für Forstwissenschaften Eberswalde wurde Mitte der siebziger Jahre ein Waldschadeninventursystem auf Grundlage der visuellen Interpretation von IRC-Luftbildern entwickelt und bei VEB Forstprojektierung ab 1976 eingeführt, das sich seit mehr als 10 Jahren inzwischen praktisch bewährt hat (/2/, /3/). Die Information wird dabei auf Grundlage von Daten der Fernerkundung erhoben. Das Ergebnis ist eine Ziffer für die Schadstufe einer jeden forstwirtschaftlichen Teilfläche, die die Intensität der Schädigung ausdrückt. Diese Schadstufenziffer wird über die Ortskoordinaten Forstwirtschaftsbetrieb, Oberförsterei, Revier, Abteilung, Unterabteilung, Teilfläche (und Anteilfläche) in den zentralen Datenspeicher Waldfonds der DDR eingeführt. Sie steht dort in Kombination mit weiteren quantitativen und qualitativen Waldzustandsparametern, die in 10-jährigen Inventurzeiträumen substanziell neu erhoben werden, zum Abruf für spezielle Aufbereitungen zur Verfügung. Die territoriale Übersicht ist in Schadstufenkarten zusammengefaßt, die als

spezielle thematische Karten aus der forstwirtschaftlichen Grundkarte 1 : 10 000 aufbereitet werden. Aus der abstrahierten Zusammenfassung der Schadstufen werden unter Verwendung weiterer Zusatzinformationen Schadzonen kartiert, die der territoriale Rahmen zur Anwendung gleicher Bewirtschaftsprinzipien in Form spezieller Bewirtschaftsrichtlinien sind. Sie bilden gleichzeitig den Übergang zur Umweltmonitoring und zur Umweltgestaltung.

Die Anforderungsparameter an die DFE, Interpretationsschlüssel und Zusammenfassung zum Informationsparameter "Schadstufe" sind in Übersicht 1 zusammengestellt.

Die Zuverlässigkeit der Informationsableitung in Abhängigkeit vom Filmmaterial sowie der Schädigungsintensität wurden eingehend untersucht. Durch umfangreiche terrestrische Untersuchungen (Probefällungen, Bestimmung der Biomasse, biochemische Untersuchungen, Gang des Radialzuwachses) wurde verifiziert, daß die im Luftbild ausgeschiedenen Kronenschädigungsklassen mit der wirklichen Intensität der Schädigung des Einzelbaumes übereinstimmt /3/.

Die Information Schadstufe wird für bedrohte Waldgebiete im Durchschnitt alle 3 Jahre über einen Bildflug aktualisiert.

#### 4. Tendenzen der Weiterentwicklung

##### 4.1. Interpretationsschlüssel

Moderne Interpretationsschlüssel (/4/, /5/) ziehen gegenüber älteren Auffassungen in stärkerem Maße morphologische Merkmale zur Beurteilung des Kronenzustands heran. Nadel- und Blattverluste der Gesamtkrone sowie Vergilbungen des Assimilationsapparates dienen als Weisermerkmale. Die Hauptgliederungskriterien für Kronenmerkmale ohne Chlorosen sind Form, Grobstruktur und Feinstruktur sowie Farbverteilung, Farbsättigung, Farbhelligkeit und Farbton. Das Vorhandensein von Chlorosen wird gesondert geprüft.

#### 4.2. Filmmaterial

Mit den angewendeten Infrarot-Colorfilmen haben alle Nutzer m.o.w. große Probleme der Farbwiedergabe. Ursachen dafür sind Uneinheitlichkeiten in der Filmemulsion, den Lieferchargen, Lagedauer, Filteranwendungen sowie Entwicklungsbedingungen. Die Suche nach Wegen, diese Problematik zu umgehen, führte einerseits zur stärkeren Beachtung farbt<sup>un</sup>abhängiger morphologischer Merkmale in den Interpretationsmethoden. Sie führte andererseits zur Erprobung multispektraler photographischer Aufnahmemöglichkeiten im S/W-Moden, die nachträglich in entsprechenden Geräten als Mischbilder und pseudocoloriert für die Interpretation aufbereitet werden.

#### 4.3. Aufnahmetechnik

Mit Entwicklung der Kamerareihe LMK steht ein Aufnahmesystem zur Verfügung, das durch Kompensation der Bewegung des Trägers der Kamera die Entstehung eines Schmiereffekts in den Bildern wesentlich vermindert. Die Kompensation der Bewegung hat eine Verbesserung des Auflösungsvermögens um ca. Faktor 1,5 zur Wirkung, Damit wird es möglich, die aus Sicherheit der Erkennung gewählten relativ großen Maßstäbe auf wirtschaftliche kleinere Maßstäbe zu reduzieren.

Mit der MSK-4 steht eine leistungsfähige Multispektralkammer für spezifische Aufnahmewecke zur Verfügung, die höchste spektrale Differenzierung der Objekte erfordern. Der Ausgangspunkt für weitere Entwicklung liegt im entscheidenden Vorteil, daß die Aufnahme mit einem Schwarzweißfilm erfolgt und die zur visuellen Interpretation günstige Farbe im Interpretationsgerät, dem Multispektralprojektor MSP-4, hergestellt wird. Der Nachteil des kleinen Bildformats der MSK-4 (7,0 x 9,3 mm) und die Forderung, bei der Interpretation eine minimale Fläche mit den gegebenen forstwirtschaftlichen Zusammenhängen überblicken zu können, veranlaßte speziell Versuche mit der Methode des Doppelkammerflugs. Diese Methode kam den Anforderungen entgegen, durch ein größeres Bildformat eine größere Fläche im Bild zu überblicken. In der Kombination von panchromatischem und infra-



rotem Schwarzweißfilm sind die Wellenlängenbereiche erfaßt, von denen die meisten Informationen für forstwirtschaftliche Zwecke zu erwarten sind. Im Kartoflex kann analog zum Multi-spektralprojektor die Pseudocolorierung durchgeführt werden. Unsere bisherigen Untersuchungen ergaben, daß insbesondere Probleme der Synchronisierung beim Doppelkammerflug sowie mit dem Kartoflex nicht zu beseitigende Verzerrungen (Geländehöhenunterschiede) ein genaues Einpassen der beiden Bilder beeinträchtigten und zu häufiger Nach~~ein~~stellung zwangen. Die Herstellung synthetischer Farbmischbilder unter Verwendung unterschiedlicher Projektionsfarben (Pseudocolorierung) im Gerät erwies sich aber als wesentlicher Faktor zur Stabilisierung der Farbparameter für die Zustandserfassung, der die geometrische bedingten Probleme aufwog und bei ersten forstwirtschaftlichen Applikationen zu erfolversprechenden Ergebnissen führte.

Das neue kosmische Bildmaterial der KFA-1000 auf SN-10 Film ist es zweifellos wert, einer intensiven Prüfung für die Anwendung zu Waldschadeninventuren unterzogen zu werden. Nach unseren Erfahrungen aus dem Experiment GEOEX /'86 im Waldgebiet Dübener Heide können insbesondere die infolge von Umwelteinflüssen eintretenden großflächigen Strukturveränderungen im Waldgefüge damit gut erfaßt werden.

#### 4.4. Weitere Entwicklungstendenzen

Auf weitere Entwicklungstendenzen, insbesondere den praktisch sehr bedeutungsvollen Trend der Mehrphasenprobenahme, eine sinnvolle Kombination der Datenerhebung auf verschiedenen Ebenen, das heißt die kombinierte Auswertung flächendeckender Daten der Fernerkundung von Satelliten und Ergänzung durch mittel- und großmaßstäbigen Luftbilder sowie terrestrisch erhobene Daten, kann hier aus Zeitmangel nicht näher eingegangen werden.

Ebenso können die für den zukünftigen Aufbau von Geoinformationssystemen wichtigen, aber bisher noch ausschließlich im experimentellen Bereich liegenden digitalen Methoden zur Datengewinnung über Waldschäden an dieser Stelle nicht tiefer behandelt werden. Wie bereits erwähnt, liegen wesentliche Probleme auf der Auswerte-

seite bei der Formalisierung und Bildung von einmalig belehrten stabilen Klassifikatoren für Daten der Fernerkundung, die unter verschiedenen Bedingungen aufgenommen wurden und eine Schädigungsintensität in sehr unterschiedlichen Straten (Baumart, Altersklassen, Bonität, Bestockungsgrad, Vertikalschluß, Horizontalschluß) trennbar darstellen sollen. Sie erfordern eine modifizierte Klassifikation mit nachgeschalteten Verfeinerungs- und Adaptionsschritten. Es ist zu prüfen, welche Algorithmen dafür gefunden werden können, welche Gültigkeitsgrenzen diese für die auszuwertenden verschiedenen Straten haben, und wie das alles in ein effektives Auswertesystem integriert werden kann. Ein wesentlicher Impuls für die Anwendung digitaler Auswertemethoden ist vorhanden, wenn auch die Aufnahme direkt digital über den Einsatz von Flugzeugscannern erfolgt /5/.

## 5. Schluß

Stand und Tendenzen der Anwendung von Daten der Fernerkundung für Waldschadeninventuren zeigen, daß sich zur Informationsgewinnung bisher optisch-analoge Methoden praktisch vielseitig bewährt haben und in absehbarer Zeit ihre Berechtigung behalten werden. Sie haben auch in Zukunft für Informationssysteme ihren Platz neben digitalen Auswertemethoden, wenn die Ergebnisse an einer Stelle des Interpretationsvorganges in digitalisierter Form so aufbereitet werden, daß sie in den Speicher eingeführt werden können. Eine Weiterentwicklung effektiv-optisch-analoger Auswertemethoden für Waldschadeninventuren konzentriert sich nach dem derzeitigen Stand der Gerätetechnik auf:

- Verwendung kleiner maßstäbiger Bilder
- Übergang von der Interpretationseinheit Einzelkrone zum Integral der Fläche
- Herstellung synthetischer Farbmischbilder (Pseudocolorierung) aus Schwarzweißbildern im Auswertegerät bei der Interpretation
- Nutzung digitaler Methoden der Bildverbesserung.

## Literatur

- /1/ MURTHA, P.A.: Remote Sensing on Vegetation Damage; A Theory for Detection and Assessment. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Vol. 44 (1978), Nr. 9, S. 1147-1158.
- /2/ PELZ, E.; PERLWITZ, W.; HABERMANN, R.: Rationelle Intensivinventuren des Schädigungszustandes rauchgeschädigter Fichtenbestände mit falschfarbigen Luftbildern. Beiträge für die Forstwirtschaft, Eberswalde, 1977, H. 1, S. 1-7.
- /3/ PELZ, E.; POFAHL, U.: Prüfung qualitativer Zustandsmerkmale geschädigter Fichtenbestände aus spektrozonalen Luftbildern mit Hilfe mehrdimensionaler Varianzanalysen. Beiträge zur 2. Konferenz Fernerkundung, Weimar 15./16. 4. 1982. Veröffentlichungen des Zentralinstituts für Physik der Erde, Potsdam, 1983, Nr. 76, S. 153-161.
- /4/ RUNKEL, M.; KENNEWEG, H.: Waldschadens- und Waldstruktur-analyse Schleswig-Holstein. Landschaftsentwicklung und Umweltforschung. Schriftenreihe des Fachbereichs Landschaftsentwicklung der TU Berlin, 1986, Nr. 36, 125 S.
- /5/ - : Tagungsband 2. DFVIR-Staatsseminar. Untersuchung und Kartierung von Waldschäden mit Methoden der Fernerkundung. Oberpfaffenhofen/München 30. 11. - 2. 12. 1987. Herausgeber DFVIR-Tagungsbüro "Waldschaden", 1988, 432 S.

**Übersicht 1: Anforderungsparameter, Interpretationsschlüssel zur Nutzung von SN-6M-Luftbildern für die Schadstufenbestimmung in rauchgeschädigten Fichtenbeständen**

Aufnahmekammer:	Normalwinkel
Bildformat:	18 x 18 bzw. 23 x 23 cm
Film:	IRC-Spektrozonalfilm SN-6M (Hersteller/ UdSSR, Filmwerk Schostka)
Filter:	O 3 (Orange) bei frischem Film RG 1 (rot) bei einer Lagerzeit 1 Jahr
Aufnahmezeitpunkt:	Mitte Juli bis Ende August Schattenfaktor 1,5
Aufnahmebeleuchtung:	Sonne ohne Wolkenschatten
Bildmaßstab:	1 : 4000 - 1 : 6000
Bildüberdeckung	Längsüberdeckung 60 % Querüberdeckung 20 %
Belichtungswert für Rotfilter:	Lichtwert 6, 1/170 sec., Blende 4.

**Interpretationsschlüssel**

Die auftretenden Kronenschädigungsgrade werden einzelkronenweise nach 4 Gruppen örtlich bewertet und der Kronenfarbe im Luftbild wie folgt zugeordnet:

Bewertungsziffer	Kronenschädigungsgrad	Farbe der Krone im Luftbild bei normaler Farbsteuerung
1	gesund	rot - braun
2	leicht geschädigt	braun - gelb
3	stark geschädigt	gelb - grün
4	tot	grün

Für die Schadstufenbestimmung der Teilfläche werden die Bäume der Bewertungsziffern 3 und 4 zusammengefaßt und als Prozentzahl im Vergleich mit der Gesamtzahl der Bäume (nach Stichproben) ausgedrückt.

**Kriterien der Schadstudenansprache in Fichtenbeständen**

Schadstufe	Anteil Bewertungsziffern	Nebenmerkmale <u>Abgestorbene Bäume</u>
0	0	0
1	bis 10	Nur ausnahmsweise
2	11 - 30	Vereinzelte, vornehmlich am Rand
3	31 - 50	Vereinzelte, ggf. flächenweise vom Rand her
4	51 - 70	Vereinzelte und flächenweise vom Rand und den lückigen Bestandteilen aus
5	über 70	Flächenweise

## Früherkennung von Waldschäden auf der Grundlage von Fernerkundungsdaten

H. BARSCH, K. KADEN; H. WEICHELТ, W. HERR; E. SCHRÖDER

Pädagogische Hochschule Potsdam, Sektion Geographie;  
Akademie der Wissenschaften der DDR  
Zentralinstitut für Physik der Erde;  
VEB Forstprojektierung Potsdam

### Zusammenfassung

Im Gebiet von Oberbärenburg (Osterzgebirge) wurden bei immisionsbelasteten Wäldern Abweichungen von der Remission gesunder Wälder mit einem modularen Multibandradiometer (Barnes) erfaßt. Die Ergebnisse wurden mit den Vitalitätsklassen verglichen, die am Boden auskartiert worden waren. Sie verdeutlichen, daß die photobiologische Aktivität der Pflanzen bei zunehmender Belastung abnimmt. Die Verteilung der Remissionswerte entspricht der Verteilung unterschiedlicher Vitalitätsklassen.

### Summary

In the forest-area around Oberbärenburg (Osterzgebirge), stressed by acid rain, the deviation from the remission of non-stressed forests was tested using a modular multiband-radiometer (Barnes). The results were compared with classes of vitality, which were mapped out at the ground. They demonstrate, that the photobiological activity of plants decreases, when the stress increases. The distribution of remission data corresponds to the distribution of different classes of vitality.

### Резюме

В районе Oberbärenбурга (Восточные рудные горы) с помощью многоспектрального радиометра (Barnes) измерялись отклонения спектрального отражения лесов, подверженных в результате промышленных дымовых отходов загрязнению, от здоровых лесных массивов. Результаты сравнивались с классами жизнестойкости, которые были получены при наземных измерениях. Они подтверждают, что фотобиологическая активность растений уменьшается при растущей нагрузке. Распределение значений спектрального отражения соответствует распределению различных классов жизнестойкости.

## 1. Zur Methode

Neben der visuellen Auswertung von Luftbildern (WOLFF 1970; PELZ, PERLWITZ, HABERMANN 1977) gewinnt die rechnergestützte Verarbeitung von Fernerkundungsdaten (HILDEBRANDT, KADRO, KUNZ, KIM 1987) bei der Waldschadensinventur zunehmend an Bedeutung. In diesem Zusammenhang wurde versucht, im Gebiet von Oberbärenburg (Osterzgebirge), Abweichungen von der Remission gesunder Bestände experimentell zu erfassen.

Man konnte dabei davon ausgehen, daß ein Bestand um so produktiver und vitaler ist, je stärker im photobiologischen Bereich (VIS und NIR) durch die Chlorophyllpigmente (bei einer Wellenlänge von  $0,65 \mu\text{m}$ ) und das Wasser der Pflanzen (bei  $1,4$  und  $1,9 \mu\text{m}$ ) die einfallende Strahlung absorbiert bzw. durch Zellen mit hohem Turgor remittiert wird (zwischen  $1,1$  und  $2,4 \mu\text{m}$ , maximal bei  $1,0$  bis  $1,3 \mu\text{m}$ ). Die Intensität von Absorption und Remission ist artspezifisch verschieden, die Ausprägung der Maxima und Minima unterliegt jedoch stets dem beschriebenen Produktivitäts- und Vitalitätskriterium (BARSCH und SÖLLNER 1987).

Mit Hilfe eines modularen Multibandradiometers (MMR - Barnes) ließen sich die in Frage kommenden Spektralbereiche im Gelände erfassen. Es verfügt über folgende Kanäle:

1: $0,45 - 0,52 \mu\text{m}$	5: $1,15 - 1,30 \mu\text{m}$
2: $0,52 - 0,60 \mu\text{m}$	6: $1,55 - 1,75 \mu\text{m}$
3: $0,63 - 0,69 \mu\text{m}$	7: $2,08 - 2,35 \mu\text{m}$
4: $0,76 - 0,90 \mu\text{m}$	8: $10,0 - 12,0 \mu\text{m}$

Wie man sieht, arbeiten die Kanäle 1 - 3 im Bereich des sichtbaren Lichtes (VIS), die Kanäle 4 - 7 im nahen und mittleren Infrarot (SWIR) sowie der Kanal 8 im thermischen Infrarot (TIR).

Als terrestrische Vergleichswerte konnten im Untersuchungsgebiet die forstlich gekennzeichneten Vitalitätsklassen der Einzelbäume (1 - 5: gut bis sehr schlecht), der im Labor ermittelte Chlorophyllgehalt ihrer Nadeln und die Schadstufen der Bestände (1 - 5: sehr geringe bis sehr große Schädigung) herangezogen werden. Sie wurden auf Remissionsmessungen an Zweigen

und Einzelbäumen bezogen, die am Boden erfolgten, sowie auf Trassendaten, die mit einem Hubschrauber aus 100 m Höhe gewonnen wurden.

## 2. Zu Ergebnissen der Bodenmessungen

Da nicht überall zur gleichen Tageszeit gemessen werden konnte, mußte beachtet werden, daß sich die absolute Höhe der Meßwerte entsprechend dem Sonnenstand veränderte. Da aber deren Verhältnis zueinander gewahrt blieb, empfahl es sich, eine dementsprechende Normierung der Meßwerte durchzuführen. Demzufolge wurden aus den Meßwerten mehrerer Einzelkanäle des Multibandradiometers Barnes folgende Remissionsmerkmale abgeleitet (WEICHELT und HERR 1987):

- VM 1 =  $K_2^2/K_1 \cdot K_3$  - zeigt die photo-biologische Aktivität an;
- VM 2 =  $K_2 \cdot K_4/K_3^2$  - ebenfalls zur Kennzeichnung der photo-biologischen Aktivität;
- WM 2 =  $K_6/K_7$  - zeigt Einflüsse des Wassergehaltes infolge der Nähe der Wasserbanden an und charakterisiert die Neigung des infraroten Remissionsplateaus.

Die mit zunehmender Schädigung erlahmende photo-biologische Aktivität der Fichten äußerte sich in der von Schadstufe zu Schadstufe abnehmenden Größe der abgeleiteten Vegetationsmerkmale VM 1 und VM 2 (Abb. 1). Darin kamen sowohl die sich verringernde Absorption der einfallenden Strahlung durch die Schädigung der Chlorophyllpigmente als auch die zunehmend nekrotischen Veränderungen in der Zellstruktur der Nadeln (sinkender Turgor) zur Geltung. Diese Veränderung wurde gleichfalls durch die Abnahme der Werte für das Wassermerkmal WM 2 deutlich angezeigt.

Damit ließ sich aus diesen Merkmalen ein Vitalitätskriterium zur Bestimmung des Schädigungsgrades nach MMR-Spektrometern ableiten: Je höher die spektralen Vegetations- bzw. Wassermerkmale VM 1, VM 2, WM 2 liegen, desto größer ist die Vitalität der Fichten. Dieses Kriterium ließ sich sinngemäß

auch beim Einsatz anderer Spektrometer zur Beurteilung von Waldschäden anwenden. Allerdings war bei der Auswertung der Trassenbefliegungen zu prüfen, inwieweit dieses an Hand von Bodenmessungen entwickelte Kriterium den komplexeren Signalen ganzer Waldbestände gerecht wird.

### 3. Zu Ergebnissen der Trassenbefliegungen

Die Prüfung der Aussagekraft des Vitalitätskriteriums für die Bestimmung des Schädigungsgrades von Fichtenbeständen erfolgte an Hand des Vegetationsmerkmals VM 2, da dies am deutlichsten die abnehmende Vitalität geschädigter Bäume widerspiegelt. Bei der Auswertung der Daten mußte beachtet werden, daß bei den Trassenbefliegungen eine Meßfleckgröße von  $80 \text{ m}^2$  erreicht wurde und so ein Mischsignal von Baumgruppen entstand, das in sich Bäume unterschiedlicher Vitalität vereinigte. Die Baumgruppen wiederum stellten Ausschnitte von Forstschäden dar, für die - bezogen auf eine übergeordnete Dimensionsstufe - das gleiche zutrif.

Der Anteil von schwer geschädigten Bäumen (Vitalitätsklasse 5) am Bestand ist aber maßgebend für die Festlegung der Schadstufe. Ein hoher Anteil von Bäumen der Vitalitätsklasse 5 ist mit relativ großen Anteilen von Bäumen der Vitalitätsklassen 3 und 4 verknüpft, so daß in dem Mischsignal, das durch den einzelnen Meßfleck erbracht wird, ein integrales Merkmal über den Zustand des Bestandes zum Ausdruck gebracht wird. Ein wenig geschädigter Bestand bringt beispielsweise in dieses Signal vor allem die Signaturen von Bäumen der Vitalitätsklassen 1 und 2 ein. Die Schadstufen der Forstbestände äußern sich so durch Spektralmerkmale, die den Anteil von Einzelbäumen unterschiedlicher Vitalität im jeweiligen Meßfleck widerspiegeln. Bezogen auf das Vegetationsmerkmal VM 2 war deshalb zu erwarten, daß sich Bestände der Schadstufe 1 durch überwiegend hohe Werte auszeichnen, Bestände der Schadstufen 2 und 3 durch überwiegend niedrige Werte - infolge der zunehmenden Vergrasung.

Die erwartete Werteverteilung ergab sich dann auch aus den Trassenbefliegungen (Abb. 2). Im Vergleich zum Histogramm aller Vegetationsmerkmale erstreckte sich das Histogramm der Vege-



tationsmerkmale von Beständen der Schadstufe 1 allein im hohen Wertebereich (um 10 bis 15).

Das Histogramm der Vegetationsmerkmale von Beständen der Schadstufe 2 hob sich davon deutlich durch niedrigere Werte ab (um 5 bis 10), ebenso das der Schadstufe 3 (um 3 bis 9). Die in den Histogrammen dargestellten Werteverteilungen wurden allerdings überlagert von denen, die innerhalb von Beständen mit Schadstufen 4 und 5 ermittelt wurden. Das zeigte, daß sich diese Bestände auf Grund ihrer vom Gras mitgeprägten spektralen Signaturen nicht eindeutig gegenüber den Beständen geringerer Schädigung abgrenzen lassen.

Aus diesen bei Oberbärenburg im Osterzgebirge vorgenommenen Trassenbefliegungen ließ sich somit schlußfolgern, daß Spektrometerdaten insbesondere zur Früherkennung von Waldschäden und zur Kontrolle der Schadentwicklung bei Beständen der Schadstufen 1, 2 oder 3 herangezogen werden können, sich aber zur Überwachung schwer geschädigter Bestände kaum eignen. Die Überwachung hochgradig geschädigter Areale kann jedoch terrestrisch leichter wahrgenommen werden als die Kontrolle von nicht oder wenig geschädigten Beständen. Es erscheint deshalb sinnvoll, die hier dargestellten Untersuchungen zur Schadstufenerfassung an Waldbeständen auf der Grundlage spektraler Signaturen fortzusetzen und die dabei angewandte Arbeitsmethode in anderen Gebieten zu überprüfen und auf andere Sensoren zu übertragen, die flächenhafte Abbildungen ermöglichen.

#### Literatur

BARSCHE, H.; SÖLLNER, R. unter Mitarbeit von H. STOYE, L. SCHUBERT und H. WEICHELT: Erfassung von Komponenten der Ertragsbildung in agrotechnischen Geosystemen auf der Grundlage spektraler Signaturen - Ergebnisse des Interkosmos-Experimentes Kursk-85, Petermanns Geographische Mitteilungen, Gotha 131 (1987) 1, S. 41 - 50

HILDEBRANDT, G.; KADRO, A.; KUNTZ, S.; KIM, C.: Entwicklung eines Verfahrens zur Waldschadensinventur durch multi-spektrale Fernerkundung. Projekt Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung. Forschungsbericht KfK-PEF. Kernforschungszentrum Karlsruhe 1987

PELZ, E.; PERLWITZ, W.; HABERMANN, R.: Rationelle Intensivinventuren des Schädigungszustandes rauchgeschädigter Fichtenbestände mit falschfarbenen Luftbildern. Beiträge für die Forstwirtschaft, 1977, 1

WEICHEL, H.; HERR, W.: Zur Vorverarbeitung multispektraler Daten. Vermessungstechnik, Berlin 35 (1987) 9, S. 270 - 272

WOLFF, G.: Die Interpretation falschfarbener Luftbilder im Dienste der Rauchscheidendiagnose von Nadelholzbestockungen. Beiträge für die Forstwirtschaft, 1970, 3

Abb. 1 Abgeleitete Remissionsmerkmale bei unterschiedlicher Vitalität

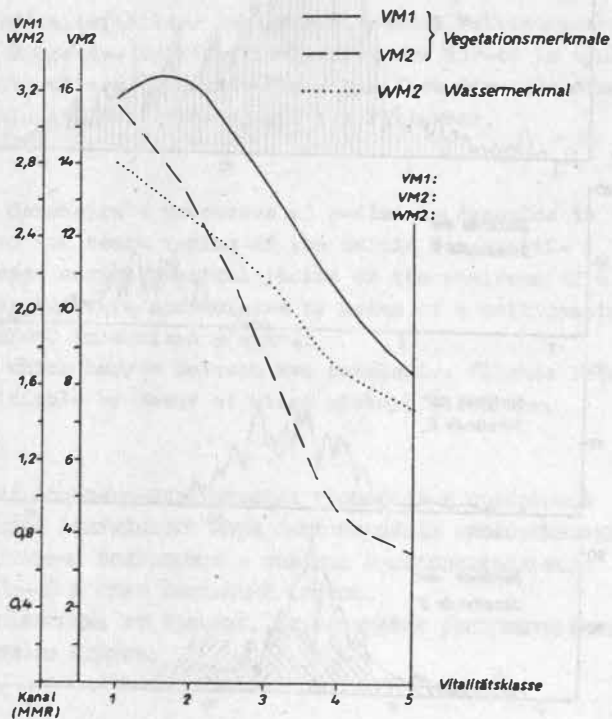
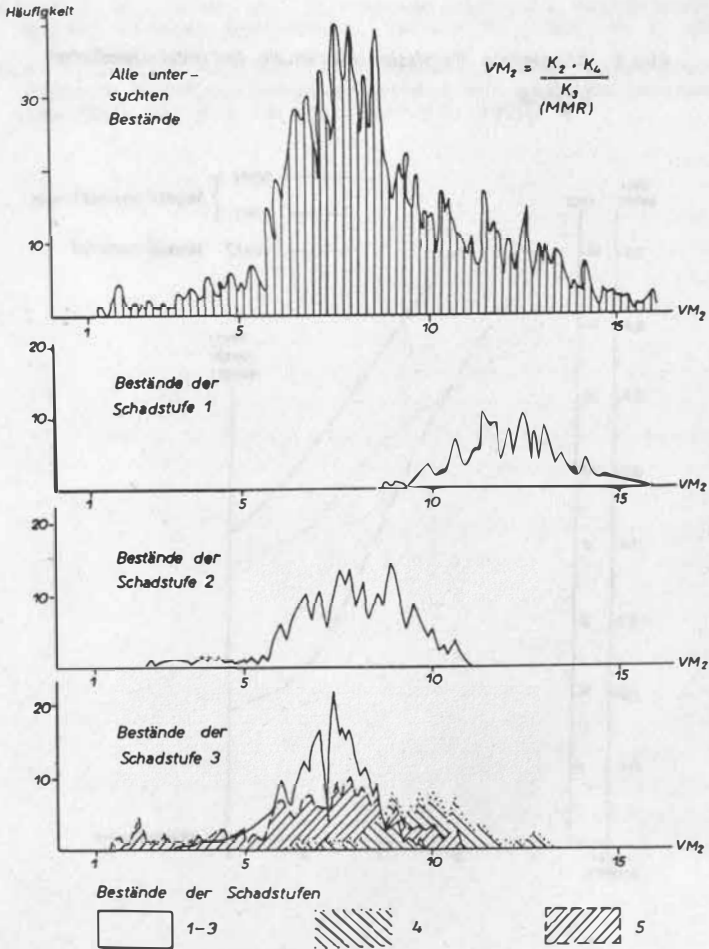


Abb. 2 Vegetationsmerkmale von Fichtenbeständen



Geofernerkundung überwacht Küstendynamik

Th. VOIGT

Zentrum für Umweltgestaltung Berlin

**Zusammenfassung**

Zur Verdeutlichung sedimentdynamischer Vorgänge im Flachwasser- und Strandbereich der Ostseeküste wurden multitemporal gefertigte Spektralluftbilder des Umfeldes eines Wellenbrechersystems mit Hilfe des Multispektralprojektors MSP-4C in einem Mischbild akkumuliert. Die zeitabhängigen Veränderungen sind anhand der Mischbildkolorierung gut verifizierbar.

**Summary**

In order to demonstrate processes of sediment-dynamics in the shallow water and beach region of the Baltic Sea, multitemporally made aerial spectral photos of the environs of a breakwater system were accumulated by means of a multispectral projector MSP-4C in a mixed picture.

The changes which happen between two successive flights become clearly verifiable by means of mixed picture colouring.

**Резюме**

Для пояснения осадочно-динамических процессов в прибрежной зоне мелководия Балтийского моря синтезировали многозональные аэроснимки системы волноломов с помощью многоспектрального проектора МСП-4С в один смешанный снимок.

Изменения, зависящие от времени, определяются раскрашиванием синтезированного снимка.

## 1. Aufgabenstellung

Es gibt keinen Punkt an der Küste, der sich nicht in permanenter geomorphologischer und sedimentologischer Veränderung befindet.

Rund 70 % der DDR-Ostseeküste sind Rückgangsgebiete. Da der Küstenraum in vielen Abschnitten volkswirtschaftlich genutzt wird, ist eine Verringerung des Küstenabtrages unbedingt erforderlich.

Das Küsteningenieurwesen, dessen Hauptgegenstand der anthropogene Eingriff in die Küstendynamik ist, beschäftigt sich mit dem Entwurf und dem Bau von Küstenschutzbauwerken. Infolge der ausgeprägten Dynamik im Küstenbereich stehen diese Bauwerke aber nach Jahren bzw. Jahrzehnten deutlich veränderten Funktionsbedingungen gegenüber als zum Zeitpunkt ihres Baus bzw. Entwurfs.

Damit diese Bauten für einen langen (berechenbaren) Zeitraum und für einen ausgedehnten (berechenbaren) Küstenabschnitt ihrer Schutzfunktion gerecht werden können, müssen die hydro- und sedimentdynamischen Vorgänge des küstennahen Seeraums (Schorre) und die Wechselwirkungen mit Einbauten (z.B. Wellenbrecher) genau bekannt sein.

Alle traditionellen, wasserfahrzeuggebundenen Verfahren und Erkundungen sind auf "punktförmiges" Arbeiten mit starker zeitlicher Klaffung beschränkt. In einem auf diese Weise gewonnenen Bilanzsystem sind daher die einzelnen Bereiche in unterschiedlichen Prozeßphasen dargestellt und die Befunde zur Bodenbeschaffenheit nicht flächendeckend.

Erforderlich ist ein Verfahren, das einen großen Schorreraum gleichzeitig (auf den Prozeßmaßstab bezogen) aufnimmt, dabei

eine Küstenzone uferparallel kilometerweit bei geringer Zeitverschiebung erfaßt und in Wassertiefen von 6 m, 8 m oder 10 m dringt. Für eine Zeitebene (Zeitpunkt) soll der räumliche Zusammenhang der morphologischen sowie hydro- und sedimentdynamischen Bedingungen sichtbar sein.

Dazu gehören:

- Tiefendarstellung, Tiefenkartenherstellung
- Kennzeichnung der prozeßbedingten Bodenmorphologie und der charakteristischen Transportkörper
- Darstellung der Bodenbeschaffenheit und der prozeßbedingten Sedimentbedeckung des Meeresbodens.

Wiederholungsmessungen nach äquidistanten Zeitschritten oder ausgewählten Ereignissen sollen eine räumlich-zeitlich Entwicklungscharakteristik ermöglichen.

Durch die zeitliche Aneinanderreihung von Prozeßergebnissen in einem Küstenabschnitt kann dann auf den Prozeß selbst und damit auf den natürlichen Entwicklungstrend geschlossen werden.

## 2. Bildfertigung

Flugzeug: L - 410  
Kamera: MKF-6 / MSK-4  
Zeitpunkte: 9/84; 9/85; 6/86; 10/87  
Maßstab: 1 : 10.000; 1 : 15.000  
Filmmaterial: T 28; UT 18

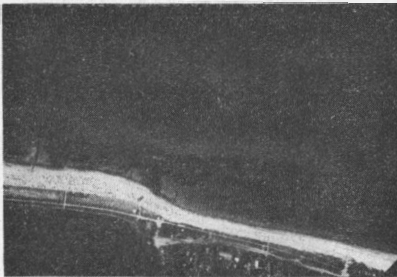


Abb. 1: Zustand 9/84  
(LFB-Nr. 06/86)



Abb. 2: Zustand 9/85  
(LFB-Nr. 06/86)

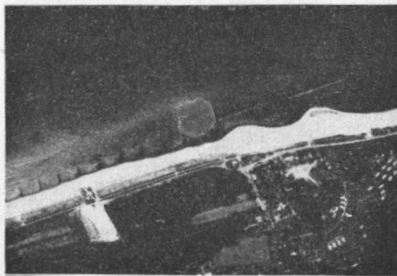


Abb. 3: Zustand 6/86  
(LFB-Nr. 58/87)



### 3. Bildmischung

Die Überwachung der Dynamik des Küstenlinienverlaufs und der Riffkammlage durch Akkumulation von Informationen multitemporal gefertigter Spektralbilder mit Hilfe optisch-analoger Bildmischungen in einem Mischluftbild stellt eine wesentliche Komponente bei der Realisierung der gestellten Aufgabe dar.

Dabei werden über ein und denselben Küstenabschnitt in Spektralkanälen geeigneter Transparenzbereiche (Kanal 2 und 3 der MKF-6) gefertigte Luftbilder in ihren Maßstäben einander angeglichen und in transparente Diapositive umkopiert.

Im Multispektralprojektor MSP-4C sind die Luftbildmaterialien derart zu orientieren, daß einander entsprechende Bildobjektive (Wege, Gebäude) im Mischbild deckungsgleich projiziert werden (siehe Abb. 4, 5).

Zur Erzeugung eines deutlichen Farbkontrastes für die Kennzeichnung charakteristischer Veränderungen der Küstenlinien- bzw. Schorremorphologie im Zeitraum zwischen beiden Bildflügen hat es sich bewährt, die Farbfilter "rot" und "grün" in den Strahlengang des Projektors einzubringen. Die gefilterten Bilder werden optisch-analog durch Projektion am Bildschirm verschmolzen und ergeben ein entsprechend den Gesetzen der additiven Farbmischung koloriertes Mischbild mit farbdifferenzierter Darstellung der dynamischen Veränderungen des Küsten- und Schorrebereiches.

**Anmerkung:** Zur Umgehung technischer Probleme bei der druckgraphischen Darstellung farbiger Abbildungen wurden die zu unterscheidenden Bildmerkmale durch Schraffuren verdeutlicht.

#### 4. Bildinterpretation

In Abhängigkeit von der Zielstellung der Bildinterpretation wurden für die Herstellung der Bildmischungen Luftbilder verschiedener Spektralbereiche herangezogen.

Das erste Beispiel (Abb. 4) zeigt eine Bildmischung zur Verifizierung zeitabhängiger Verschiebungen der Kammlage des küstennahen Hauptriffs.

Zur Mischung wurden hier Luftbilder der Aufnahmekanäle mit Transparenzbereichen in Spektralregionen maximaler Lichttransparenz des Küstenwassers (K1: 520 - 560 nm) verwendet.

— Riffkammlage 9/84  
—•— Riffkammlage 9/85

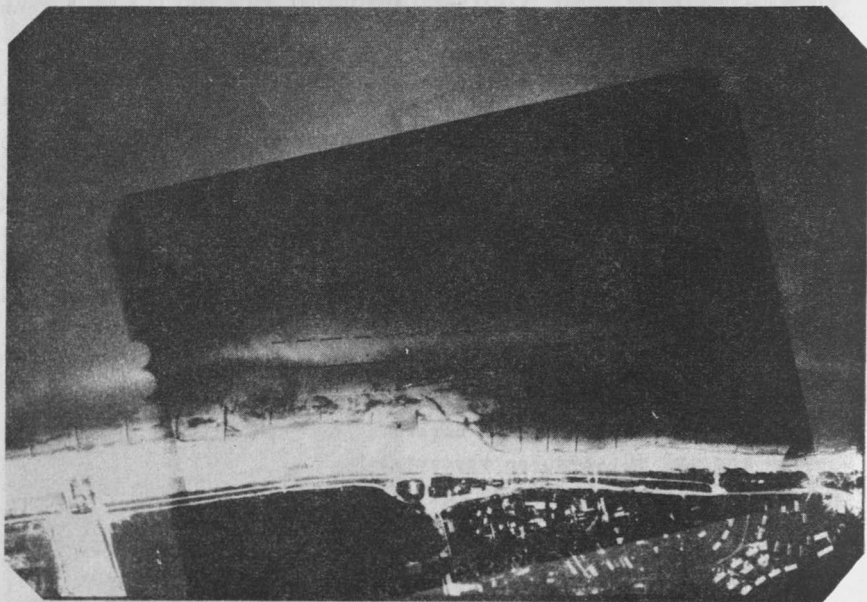


Abb. 4: Luftbildmischung zur Verifizierung der zeitabhängigen Riffkammlagenverschiebung

Das zweite Beispiel (Abb. 5) soll die Veränderungen im Strandbereich eines Küstenabschnittes unter Einwirkung von großräumig wirkenden Küstenschutzbauten (Wellenbrecher) verdeutlichen. Deshalb wurden hier Luftbilder aus Spektralbereichen mit gut ausgeprägtem Helligkeitskontrast der Übergangszone Land/Wasser (K4 : 640 - 680 nm) verwendet.

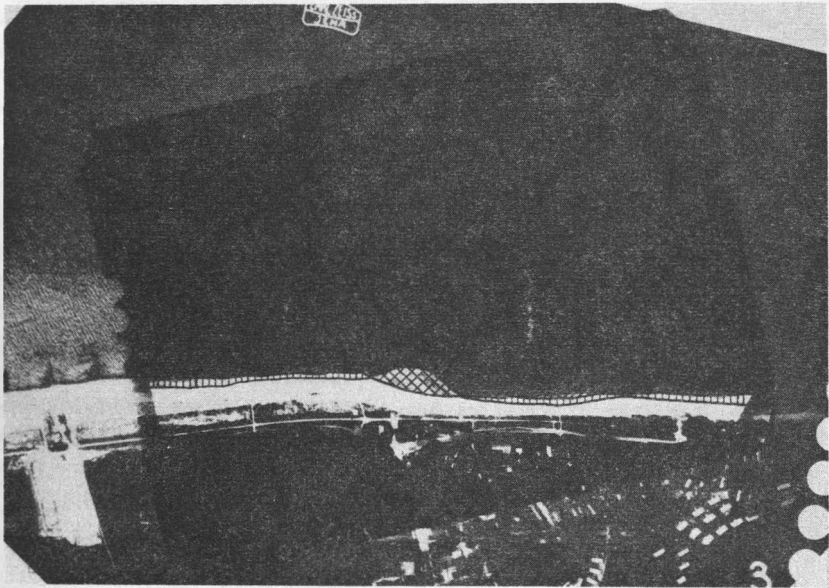


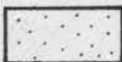
Abb. 5: Luftbildmischung zum Nachweis zeitabhängiger Veränderungen im Strandbereich



Strandzuwachs 9/84 - 9/85



Strandzuwachs 9/85 - 6/86



Strandverlust 9/84 - 6/86



Strandverlust 9/84 - 9/85

(6/86 bereits  
kompensiert)

Diese übersichtliche Darstellung wichtiger dynamischer Veränderungen von Küstenabschnitten gibt dem Küstenschutzspezialisten ein wichtiges Hilfsmittel bei der Beurteilung sedimentologischer Vorgänge in der Flachwasserzone und der Einschätzung der Wirksamkeit küstenschutztechnischer Bauten in die Hand.

Zur Gestaltung des Interpretationsatlas von Satellitenscanneraufnahmen

G. FRIEDLEIN

Akademie der Wissenschaften der DDR  
Institut für Geographie und GeoökologieZusammenfassung

Als Gemeinschaftswerk der UdSSR und der DDR wurde ein neuer Interpretationsatlas bearbeitet, der in einer deutschen, englischen und russischen Ausgabe erscheint. Er stellt geographische und geologische Interpretationen und ihre methodischen Grundlagen und Notwendigkeiten vor. Problematisch erwies sich die Technologie "Farbvereintes Herausgabeoriginal - Farbtrennung mittels Scanner - Vierfarbdruck" und die Dreisprachigkeit der Legenden- und Erläuterungstexte. Sprachwissenschaftliche Aspekte führten zur Erweiterung des kartographischen Terminus "Gestaltung".

Abstract

Scientists of the USSR and the GDR compiled the MSS "Meteor - Fragment" image interpretation atlas which will be published in German, English and Russian. It contains geographical and geological interpretation maps and texts, and provides an insight in the ensemble of methods used. Design and editing problems resulted from the cartographic technology (colour-combined master map drawing - colour separation scanning - four-colour printing) and the three-lingual editing of legends and texts characterized by numerous geographic specialities. The technical term "atlas design" has been extended by linguistic aspects.

Резюме

Географы-картографы СССР и ГДР создали атлас по дешифрированию снимков МСС "Фрагмент", выпускаемый на русском, немецком и английском языках. Он включает географические и геологические интерпретации, а также описания их методических основ и условий. Трудности в разработке появились в связи с технологией "целостное оформление издательского оригинала - цветоделение сканером - четырехкрасочная печать" и с иноязычным редактированием специальных текстов. Языковедческие вопросы расширили объем термина "редактирование атласов".

Ein neues Ergebnis der wissenschaftlichen Zusammenarbeit der UdSSR und der DDR auf dem Gebiet der Geofernerkundung ist der "Atlas zur Interpretation kosmischer Multispektral-Scanneraufnahmen. Methoden und Ergebnisse", der in separaten Ausgaben in Deutsch, Englisch und Russisch in den Verlagen der Akademien der Wissenschaften in Berlin und Moskau 1988/89 erscheint. Grundlage ist Satellitenaufnahmematerial des Scannersystems "Fragment", das bei einer mittleren Flughöhe von 630 km einen Geländestreifen von 85 km Breite mit einer Auflösung von rund 80 m am Boden in 8 Spektralkanälen (zwischen 0,4 und 2,4  $\mu\text{m}$ ) abtastete. Der Atlas dient der Information über das gleichnamige Experiment, der Aus- und Weiterbildung von Fachleuten der Fernerkundung in Wissenschaft und Praxis und der Verbreitung und Aktualisierung geowissenschaftlicher, vor allem geographischer Kenntnisse von Gebieten der Sowjetunion, aber auch Rumäniens, der DDR, Bulgariens, Dänemarks und Italiens.

Auf 124 Blättern im Format 48 cm x 34 cm werden geographische und geologische Interpretationen und ihre methodischen Grundlagen und Notwendigkeiten vorgestellt. Am Anfang steht das Kapitel "Gewinnung der Aufnahmen und Methoden ihrer digitalen Verarbeitung" mit einem Umfang von 9 Atlasblättern. Darauf folgen die 10 Interpretationskapitel zu den Themen Geologische Strukturen (9 Blätter), Geomorphologie (15), Deltamorphogenese (12), Bodendecke (3), Waldvegetation (11), Naturräume (14), Landwirtschaft (11), Stadt und Umland (6), Anthropogene Beeinflussung der Natur - Geographisches Monitoring (8) und Komplexe geographische Untersuchungen (23 Atlasblätter für die drei Gebiete Kalatscher Höhen im Dongebiet, Harz und Thüringer Becken sowie Nordost-DDR). Das thematische Gliederungsprinzip ist also beherrschend. Andererseits läßt sich aufgrund der Loseblattform des Atlas leicht beispielsweise eine regionale Ordnung nach geographischen Zonen - Taiga, Waldsteppe, Steppe, subtropischer Mittelmeergürtel, Halbwüste, Wüste als auch des Hochgebirges - einrichten.

Von speziellem methodischen und ergebnisorientiertem Interesse sind Demonstrationen thematisch gleicher Auswertungen nach unterschiedlicher Bearbeitungsmethodik - rein visuell, instrumentell unterstützt oder rechentechnisch automatisiert. Als Beispiel seien hier Blätter aus dem Kapitel Landwirtschaft auf-

geführt: Landwirtschaftliche Kulturen im Kubantal - Dechiffrierung nach Farbsynthesen, Landwirtschaftliche Kulturen im Kubantal - Rechnergestützte Dechiffrierung, Ablauf landwirtschaftlicher Arbeiten ... - Rechnergestützte Interpretation.

Aus didaktischen Gründen wurde jedem regionalen Interpretationsbeispiel ein sogenanntes Einführungsblatt mit einer allgemeinen geographischen Charakteristik vorangestellt, dem die Interpretationsblätter - entweder vorherrschend thematisch oder methodisch angelegt - folgen. Da der Wert eines solchen Atlas im Wechselverhältnis von spezieller Farbsynthese, Spektralaufnahme, Auswertungsvisualisierung, Karte und Text liegt, ist natürlich dieser Gestaltungsmodus kennzeichnend.

Die wesentliche Ergebnisform sind thematische Karten; im Atlas sind 112 neue mehrfarbige Karten in Maßstäben zwischen 1:500 000 und 1:3 Millionen (und einigen größeren Ausnahmemaßstäben) enthalten, die durch Farbtrennung farbvereinter Herausgabeoriginale und Vierfarbdruck (!) reproduziert wurden. Diese Technologie beeinflusste bedeutend Gestaltung, Redaktion und Herstellung des Atlas.

Bekanntlich wird bei der - dazu vorgesehenen - Aquarell-Kolorierungstechnik (im Unterschied zum Beispiel zur Ölfarbtechnik) die Farbe und ein großer Teil des Lösungsmittels Wasser vom Zeichenträger, dem Aquarellkarton, aufgenommen. Deshalb mußten die Farbstofflösungen farbtönsicher gemischt und unabhängig von der Flächengröße betont zügig aufgetragen werden; zur Verbesserung gedachte Übermalungen verlangten noch größere manuelle Fertigkeit. Selbst Farb n u a n c e n mußten bei dieser Herstellungsart hundertprozentig thematisch und anschaulich-optisch durchgeprüft sein, bevor der Farbauftrag beginnen konnte; nach dem Andruck waren Farbvariierungen eines einzelnen Tons nicht mehr möglich. Vielmehr als bei anderen Herstellungsverfahren war im voraus zu sichern, daß in der Karte auftretende Flächengrößen und Farbgewichte nicht der Farbbedeutung, der thematischen Aussage entgegen wirkten. Obwohl von vielen Autoren an unterschiedlichen Orten bearbeitet, galt es außerdem, für gleiche Inhalte gleiche oder annähernd gleiche Farbtöne zu wählen. Das führte in einigen Fällen zu ungewöhnlichen, ja sogar ungünstigen Kartenbildern (z.B. erhielten bestimmte Waldarten und landwirtschaftliche Flächennutzungsarten ähnliche

Brauntöne), da bei ein- oder zweimalig im Atlas vorkommenden inhaltlichen Spreizungen nicht auf thematisch anders gebundene Farbtöne zurückgegriffen werden konnte.

Um dem polygrafischen Scanner chemisch und physikalisch gleiche Farben vorzulegen, erfolgten diese Arbeiten in der Sowjetunion und der DDR mit demselben Farbmaterial. Trotzdem kam es im An- druck verschiedentlich zu schlecht unterscheidbaren Farbtönen, so daß dann auf das Hilfsmittel Legendenpunktbezifferung ausge- wichen werden mußte; insbesondere betrifft das grüne und orange- rot-rotbraune Töne.

Weitere gestalterische Probleme resultierten aus der Dreispra- chigkeit des Atlas im allgemeinen und der Legenden im besonde- ren. Die Legendenräume mußten so bemessen werden, daß die aus sprachlichen und terminologischen Gründen unterschiedlich lan- gen Texte ohne Beeinträchtigung der Lesbarkeit und des Gesamt- bildes der Blätter und des Atlas nach der Farbtrennung ohne Platznot einmontiert werden konnten. Für verschiedene sowjeti- sche Karten, bei deren Legendengestaltung auf dieses Problem keine Rücksicht genommen worden war, mußte dann auf inhaltlich zusammenfassende Legendentexte im Deutschen und Englischen ausgewichen werden.

Die Kartennamen sollten nur einmal montiert werden, d.h. einer kyrillischen Namenform war unmittelbar eine lateinische zuzu- ordnen. Um zum einen nicht eine deutsche neben eine englische/ amerikanische Namenform stellen zu müssen und zum anderen wei- tere Abweichungen zur Umschrift der "Karta mira - World map 1:2,5 Millionen" zu riskieren (deren Ausschnitte der Orientie- rung auf den Einführungsblättern dienen), wurden (geringe) Verstöße gegen die für den jeweiligen Sprachraum angenommenen Transliterationssysteme in Kauf genommen und das System der Akademie der Wissenschaften der UdSSR aus der genannten Welt- karte für beide lateinschriftlichen Ausgaben übernommen.

In den Erläuterungstexten - englisch und deutsch - wird aller- dings für bekannte, häufig genannte geographische Namen eine zweite, die traditionell und in Standardwerken eingeführte Form benutzt (also Moskau und Moscow, Kaukasus und Caucasus, Russisches Tiefland und Russian Plain u.a.), was der bequemen Rezeption dient; die kleinen Objekte mit transliterierten Na- men können dann leicht in den räumlichen Zusammenhang eingeord- net werden.



Umfangreiche Recherchen verlangte die Redaktion der eigentlichen (übersetzten) Erläuterungstexte bezüglich der geographischen, geologischen, botanischen und teilweise technischen Terminologie, insbesondere zum Begriffsumfang in den drei Sprachen. Für in den jeweiligen Fachsprachen (noch) nicht existierende Begriffe mußten aus dem geographischen Zusammenhang heraus treffende, gut verständliche Übertragungen oder Benennungen abgeleitet werden. Aus dem Namengut seien als Beispiele genannt:

Lesnoe Zavolž'e - Waldzonen-Wolgagebiet - Zavolzhye Forest,  
 Privolž'skaja vozv. - Wolgaplatte - Volga Upland,  
 Donskaja gr'ada - Donhöhen - Don Hills,  
 bišurgun - Anabasis salsa,  
 bojaljč - Salsola arbuscula,  
 itsegek - Anabasis aphylla.

Aus den Fachsprachen könnte eine große Anzahl von Begriffen aufgezählt werden; stellvertretend seien aufgeführt:

stenka sryva (opolznej) - Abrißnische - slide wall,  
 fakel vynosa - Schwebstoffahne - river load tongue,  
 rybochodnyj kanal - Fischwanderungskanal - fishway,  
 uval - Rücken - ridge,  
 polosa otvoda šosse - Vorbehaltsstreifen (längs) der Straße -  
 highroad reservation zone,  
 z'ablevaja vspaška otval'naja i bezotval'naja - Herbstfurche  
 mit Schar- und Scheibenpflug - autumn ploughing (moldboard  
 and subsoil),  
 fragment - (Karten-) Ausschnitt - portion  
 kontur - Kontur; Fläche, Areal - outline; area, patch, plot.

Als Hilfsmittel dienen vor allem (einsprachige) russische und englische Wörterbücher (Sov. Enciklopedičeskij Slovar' (1981), Enciklop. slovar' Geografičeskich terminov (1968), Slovar' narodnych geogr. terminov (1984), die Monographienserie Prirodnje uslovlja i estestvennye resursy SSSR sowie Longman New Universal Dictionary (1982), Encyclopaedic Dictionary of Physical Geography (1985), Stamp: Glossary of Geographical Terms (1961)/ Slovar' obščegeogr. terminov (1975) u.a.) sowie einige gut redigierte zwei- und mehrsprachige Wörterbücher der entsprechenden Sachgebiete.

Damit wurde bei der Bearbeitung des angekündigten Atlas neuerlich demonstriert, wie komplex die Aufgabe "Redaktion eines wissenschaftlichen Atlas" ist. Es wurde sogar notwendig, für die vorliegende Atlasart den kartographischen Terminus Gestaltung durch sprach-(wissenschaft-)liche Aspekte zu erweitern.

Bewertung der Wasserverschmutzung in einer Seenplatte anhand  
multispektraler digitaler Satellitenbilder

Teresa Baranowska

Institut für Geodäsie und Kartographie  
Warschau, VR Polen

Die Anwendung der digitalen Verarbeitung eines multispektralen Satellitenbildes nach der Methode der modifizierten Farbwertanteile zur Bewertung der Wasserverschmutzung in einer Seenplatte wird vorgestellt. - Es wurden Satelliten- und direkte Messungen für 17 Seen der Masurischen Seenplatte ausgeführt und auf einem Landsat-2-Bild vom 6. Mai 1978 dargestellt.

Die durchgeführte Analyse beweist, daß die Bewertung der Wasserverschmutzung aufgrund der Sichtbarkeit des Secchi Disc eine Klassenbestimmung mit der Wahrscheinlichkeit 0.91 zuläßt. Auf der Basis des aus der Sichtbarkeit des Secchi Disc berechneten Carlson-Indexes läßt sich die Klasse der Wasserverschmutzung mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.95 und einer Standardabweichung von  $\pm 0.2$  angeben. Also kann die Klasse der Wasserverschmutzung aufgrund der Sichtbarkeit des Secchi Disc, d. h. aufgrund der Wassertransparenz bestimmt werden.

Eine digitale Verarbeitung von Satellitendaten nach der Methode der modifizierten Farbwertanteile ermöglicht die Bestimmung der Wassertransparenz mit einer Standardabweichung von  $\pm 0.3$  m ( $r = 0.9$ ). Ähnliche Werte werden mit Hilfe des Carlson-Indexes gewonnen. Die mit dieser Methode bestimmte Wassertransparenz in den untersuchten Seen wurde in Fotoschemen in den Maßstäben 1 : 250 000 und 1 : 160 000 dargestellt.

Schiffsgebundene Experimente für die  
Entwicklung von Fernerkundungsalgorithm-  
men zur Chlorophyll-a-Bestimmung in me-  
so- und eutrophen Oberflächengewässern

Mittenzwey, Kl.-H. und A. A. Gitelson

Zentrum für Umweltgestaltung Berlin  
Hydrochemisches Institut Rostov/Don

Zusammenfassung:

Zur Einschätzung des ökologischen Zustandes von Oberflächenge-  
wässern ist u. a. die Chlorophyll-a-Konzentration (Chla) von  
Interesse. Eine Möglichkeit ihrer Bestimmung ist die Spektrome-  
trie vor Ort: Spektrometer auf Schiffen, Scanner in Flugzeugen  
und Satelliten. Derartige Meßtechnik registriert die Strahl-  
dichte bzw. die Reflektanz  $R(\lambda)$  der Gewässer ( $\lambda$  - Wellen-  
länge). Reflektanzmessungen auf den Berliner Gewässern (vom  
Boot aus) lieferten folgendes Ergebnis: Zwischen der Chla und  
den Reflektanzkombinationen  $R(705)/R(670)$ ,  $R(705)/R(550)$  und  
 $(R(705)-R(670))/R(550)$  existieren definierte Zusammenhänge mit  
Bestimmtheitsmaßen von  $r^2 > 0,92$ .

Resume:

When estimating the ecological status of surface waters, their  
chlorophyll-a concentrations (Chla) are, among other parame-  
ters, of particular interest. By means of spectrometric in-situ  
techniques the determination of Chla is possible. Spectrometers  
aboard a ship, aeroplane-based or satellite-borne scanners  
measure the radiance or the reflectance  $R(\lambda)$  of waters ( $\lambda$  -  
wavelength). Ship-based measurements of R on water bodies around

Berlin yield the following results: Between  $Chla$  and the reflectance quotients  $R(705)/R(670)$ ,  $R(705)/R(550)$  and  $(R(705)-R(670))/R(550)$  there exist defined correlations of relatively good quality ( $r^2 > 0.92$ ).

Резюме:

Для оценки экологического состояния поверхностных вод концентрация хлорофилла а /  $Chla$  /, среди других параметров, особенно интересна. Одной возможностью ее определения является спектрометрия на месте: с помощью спектрометров, установленных на борту судна или сканеров, находящихся на борту самолета или спутника измеряются лучистость или спектральный коэффициент яркости  $R(\lambda)$  водных объектов /  $\lambda$  - длина волн /.

Измерения яркости водных объектов г. Берлина /с борта судна/ показали, что между  $Chla$  и  $R(705)/R(670)$ ,  $R(705)/R(550)$  и  $(R(705)-R(670))/R(550)$  существуют корреляции довольно хорошего качества /  $r^2 > 0,92$  /.

## 1. Einleitung

Für die Ermittlung des ökologischen Zustandes von Gewässern ist u.a. die Kenntnis des Phytoplanktongehaltes (z.B. als Chlorophyll-a-Konzentration Chla) erforderlich. Er ist ein Maß für den Trophiegrad, wesentlich für die Klassifizierung der Gewässer und eine Voraussetzung für entsprechende Sanierungsmaßnahmen. Zur Bestimmung der Chlorophyll-a-Konzentration mit Hilfe der Fernerkundung müssen die Zusammenhänge zwischen Chla und der Reflektanz R der Gewässer bekannt sein. Solche Zusammenhänge können experimentell ermittelt werden. Deshalb wurden bodengebundene Experimente auf den Berliner Gewässern durchgeführt. Dabei wurden vom Boot aus die Reflektanz mit einem Zweikanalspektrometer gemessen, Wasserproben gezogen und die Chlorophyll-a-Konzentration im Labor nach /1/ bestimmt.

## 2. Reflektanzmessung

Die spektrale Reflektanz R (Quotient aus der Strahldichte  $L_e$  der Gewässer und der Bestrahlungsstärke  $E_e$  der Globalstrahlung) ist ein Maß für die vom Gewässer zurückgestreute Globalstrahlung.

R ist u.a. eine Funktion von Konzentration und Art im Gewässer enthaltener suspendierter und optisch aktiver Stoffe /2/, /3/, /4/.

R wurde mit Hilfe eines Zweikanalspektrometers (Abb. 1) bei den Wellenlängen 450, 550, 670 und 705 nm gemessen. Grundlagenuntersuchungen /5/, /6/, /7/, /8/ ergaben, daß diese Wellenlängen für quantitative Aussagen zum Phytoplanktongehalt gut geeignet sind. So bestehen beispielsweise zwischen der Chla und den Quotienten  $R(450)/R(550)$  für Ozeanwasser sowie  $R(710)/(R(710) + R(660))$  für meso- und eutrophe Gewässer Korrelationen mit relativ hohen Bestimmtheitsmaßen.

### 3. Ergebnisse

Gemäß /6/, /7/, /8/ wäre ein Ansteigen von  $R(\lambda)$  mit  $\lambda=690-720$  nm bei wachsender Algenkonzentration zu erwarten. In einem ersten Schritt wurde deshalb die im Labor ermittelte Chlorophyll-a-Konzentration in Abhängigkeit von  $R(705)$  dargestellt (Abb. 2). Ein definierter Zusammenhang zwischen Chla und  $R(705)$  ist nicht erkennbar. Ursachen dafür können sein:

- Änderung der Konzentration der restlichen suspendierten Substanz
- Abhängigkeit der Reflektanz von den Bestrahlungsverhältnissen.

In Anlehnung an Kapitel 2 wurden dann im zweiten Schritt R-Quotienten (Farbindizes) gebildet. In den Abb. 3 und 4 sind die Zusammenhänge zwischen Chla und  $R(705)/R(670)$  und  $R(705)/R(550)$  ersichtlich. Durch die Bildung dieser Quotienten konnten relativ gute Zusammenhänge ( $r^2 = 0.986$  bzw.  $0.925$ ) zwischen Chla und R-Werten im Konzentrationsbereich von 10 ... 360  $\mu\text{g/l}$  gefunden werden. Zu bemerken ist, daß sich die sogenannten Reststreuungen um die Regressionsgeraden wesentlich voneinander unterscheiden. Für  $R(705)/R(670)$  beträgt der Variationskoeffizient  $V = 10,8\%$  und für  $R(705)/R(550)$  ist  $V = 29,3\%$ . Ursachen für diesen Unterschied können sein:

- $R(550)$  wird durch suspendierte und gelöste Stoffe (z.B. Huminsäuren) beeinflusst -  $R(670)$  und  $R(705)$  dagegen in der Hauptsache durch suspendierte Stoffe.
- Aufgrund der größeren Eindringtiefe grüner Strahlung im Vergleich zu rotem Licht repräsentiert  $R(550)$  einen größeren Tiefenbereich als  $R(670)$  und  $R(705)$ . Mögliche Vertikalgradienten der Konzentration könnten zu größeren Streuungen führen.

Brauchbare Ergebnisse liefert ebenfalls der Quotient  $(R(705) - R(670))/R(550)$  (Abb. 5). Dieser Quotient zeigt eine Korrelation (zu Chla) mit  $r^2 = 0.976$  und  $V = 16,6\%$ .

Es ist weiterhin zu bemerken, daß o.g. Zusammenhänge für alle im Berliner Raum untersuchten Gewässer (Spree, Dahme, Müggelsee, Seddinsee u.a.) gültig sind. Das deutet darauf hin, daß offenbar keine wesentlichen Unterschiede bezüglich gewässerspezifischer

Konstanten (= Regressionskoeffizienten) existieren (gilt natürlich nur für die untersuchten Gewässer zum Zeitpunkt der Experimente).

Die bisher vorgestellten Ergebnisse (Abb. 2, 3, 4, 5) basieren auf Messungen innerhalb eines kurzen Zeitraumes (10 Tage). Zur Erfassung möglicher jahreszeitabhängiger Einflüsse auf  $Chla = f(R(\lambda_1)/R(\lambda_2))$  wurden derartige Experimente (Messung von R bei  $\lambda = 705$  und  $670$  nm sowie Chla-Analyse) regelmäßig innerhalb eines Zeitraumes von 2 Jahren durchgeführt. Das Ergebnis  $Chla = f(R(705)/R(670))$  in der Zeit 1986 - 1987 für die Berliner Gewässer ist in Abb. 6 ersichtlich. Das hohe Bestimmtheitsmaß  $r^2 = 0,98$  und der relativ niedrige Variationskoeffizient  $V = 13 \%$  lassen vermuten, daß im genannten Zeitraum die gewässerspezifischen Konstanten bzw. die Regressionskoeffizienten wahrscheinlich unabhängig von der Jahreszeit sind. Diese Vermutung sollte durch weitere Messungen untersucht werden.

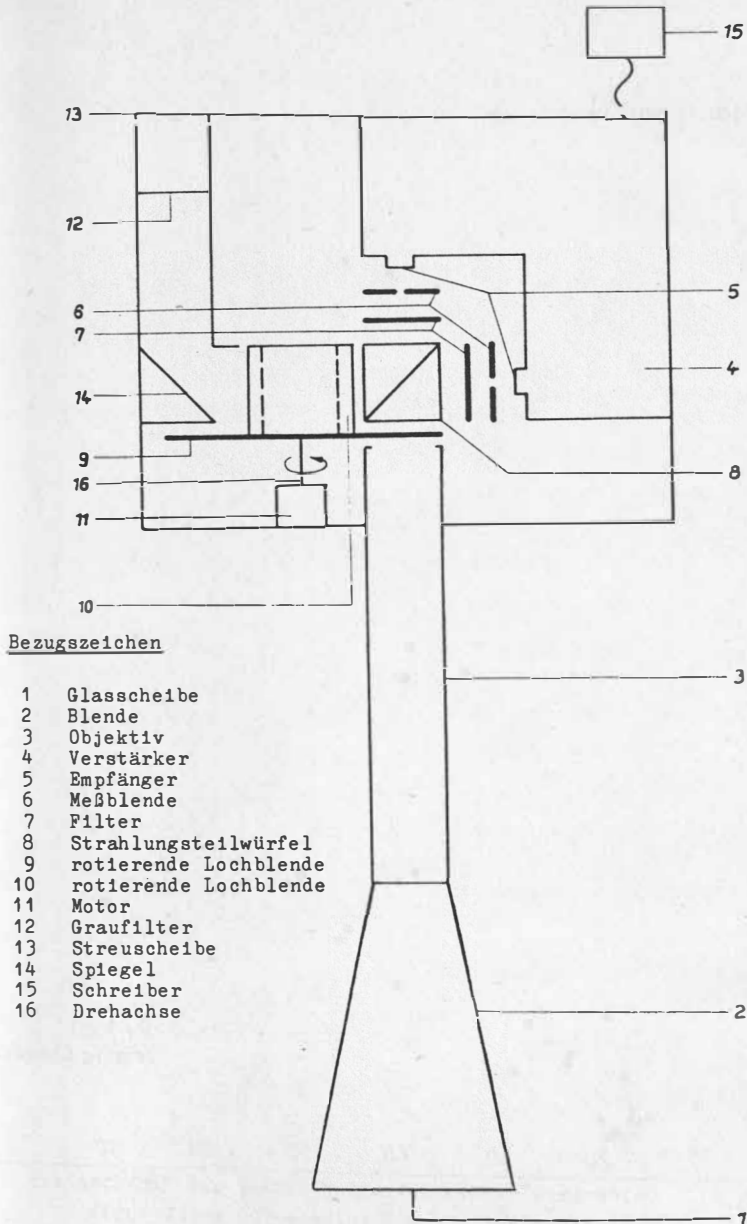
Weiterhin sollte bemerkt werden, daß rote Strahlung (705, 670 nm) nicht tief in das Gewässer eindringt. Die sogenannte Eindringtiefe (ist diejenige Tiefe, bei welcher die Bestrahlungsstärke der eindringenden Strahlung auf den  $1/e$ -ten Teil seines ursprünglichen Wertes an der Wasseroberfläche abgefallen ist) zeigt für eutrophierte Oberflächengewässer bei o.g. Wellenlängen Werte von ca.

1 m. Somit ist die beschriebene Methode geeignet, Algenkonzentrationen in den nahen Oberflächenschichten der Gewässer zu bestimmen.

4. Literatur

- /1/ Nusch, E.A.: Comparison of different Methods for Chlorophyll and Phaeopigment Determination. Arch. Hydrobiol. Bei. Ergebn. Limnol. 14 (1980) S. 14-36
- /2/ Austin, R.W.: Gulf of Mexico, Ocean-color Surface-Truth Measurements. Boundary Layer-Meteorology 18 (1980) S.269-285
- /3/ Bukata, R.P.; Jerome, J.H.; Bruton, J.E.; Jain, S.C.; Zwick, H.H.: Optical Water Quality Model of Lake Ontario. Appl. Opt. 20 (1981) S. 1704-1714
- /4/ Gordon, H.R.; Clark, D.K.; Brown, J.W.; Brown, O.B. Evans, R.H.; Broenkow, W.W.: Phytoplankton pigment concentrations in the Middle Atlantic Bight: comparison of ship determinations and CZCS estimates. Appl. Opt. 22 (1983) S. 20-36
- /5/ Morel, A.; Prieur, L.: Analysis of variations in ocean color. Limnol. Oceanogr. 22 (1977) S. 709-722
- /6/ Gitelson, A.A.; Nicanorov, A.M.; Szabo, Gy.; Szilagyi, F.: Etude de la qualife des eaux de surface tele-detection (Monitoring of detected changes in water quality series). Proc. of the Budapest symp., July 1986, IAHS Publ. 157, S. 111-121
- /7/ Mittenzwey, Kl.-H.; Rummel, W.: Development of algae in waters and a possibility of spectrometric in-situ monitoring Acta Hydrochim. et Hydrobiol. 15 (1987) S.143-154
- /8/ Ulrich, S.: Persönliche Mitteilung  
In Vorbereitung für Publikationen in: Acta Hydrophysica





**Abb. 1:** Prinzipskizze des Zweikanalspektrometers

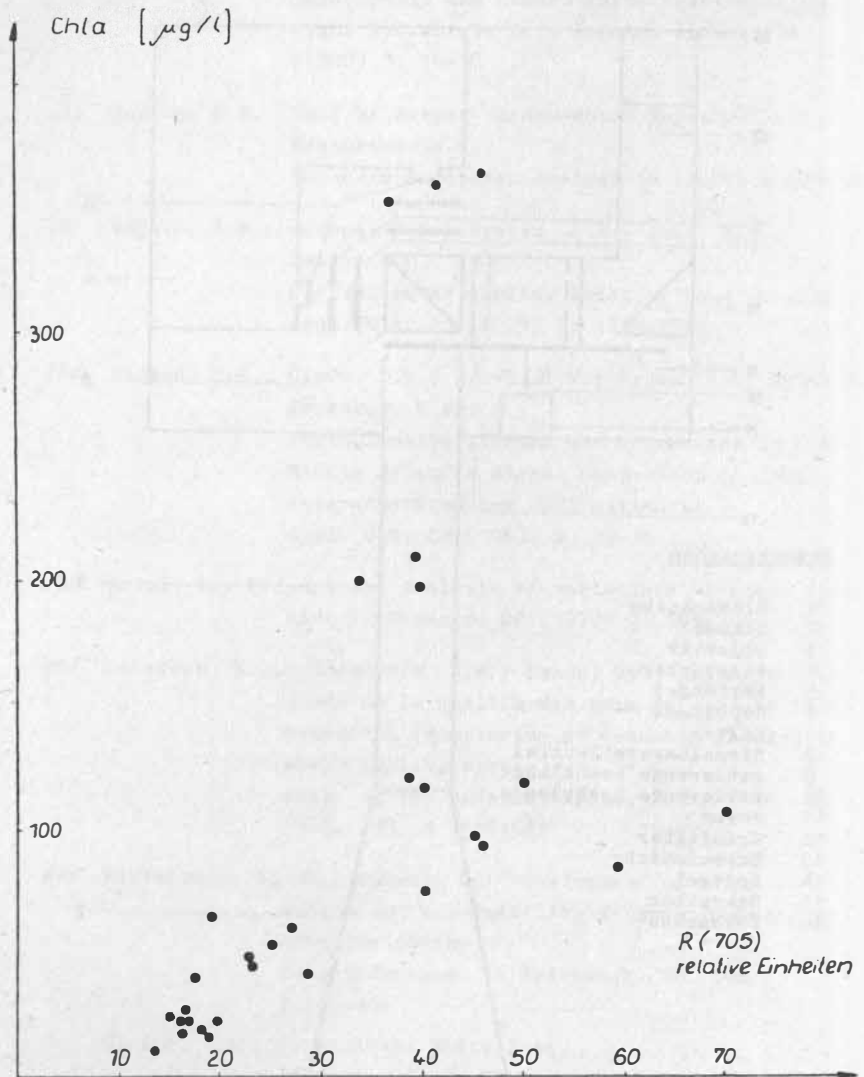


Abb. 2: Chlorophyll-a-Konzentration (Chla) als Funktion der Reflektanz bei der Wellenlänge 705 nm ( $R(705)$ )  
Zeitraum der Experimente: 18. 09. - 27. 09. 86

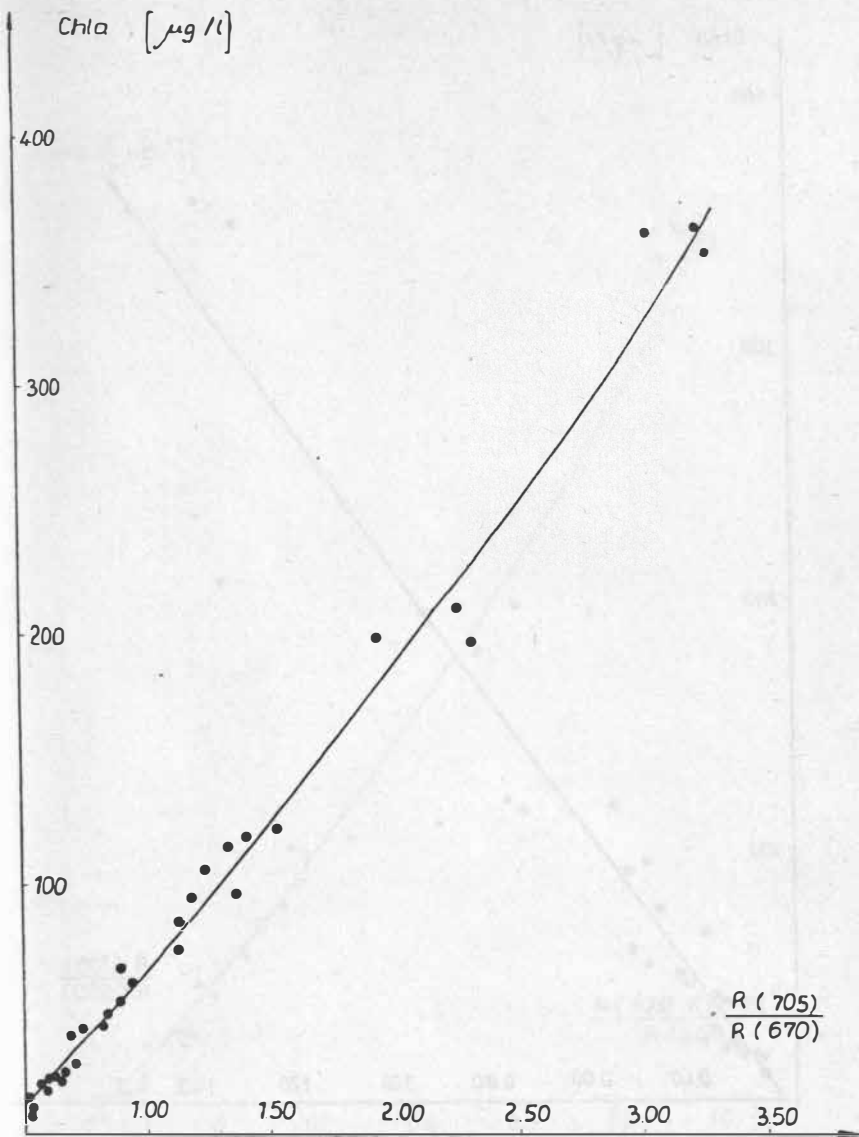


Abb. 3: Chlorophyll-a-Konzentration (Chla) als Funktion des Reflektanzquotienten  $R(705)/R(670)$

Zeitraum der Experimente: 18. 09. - 27. 09. 86

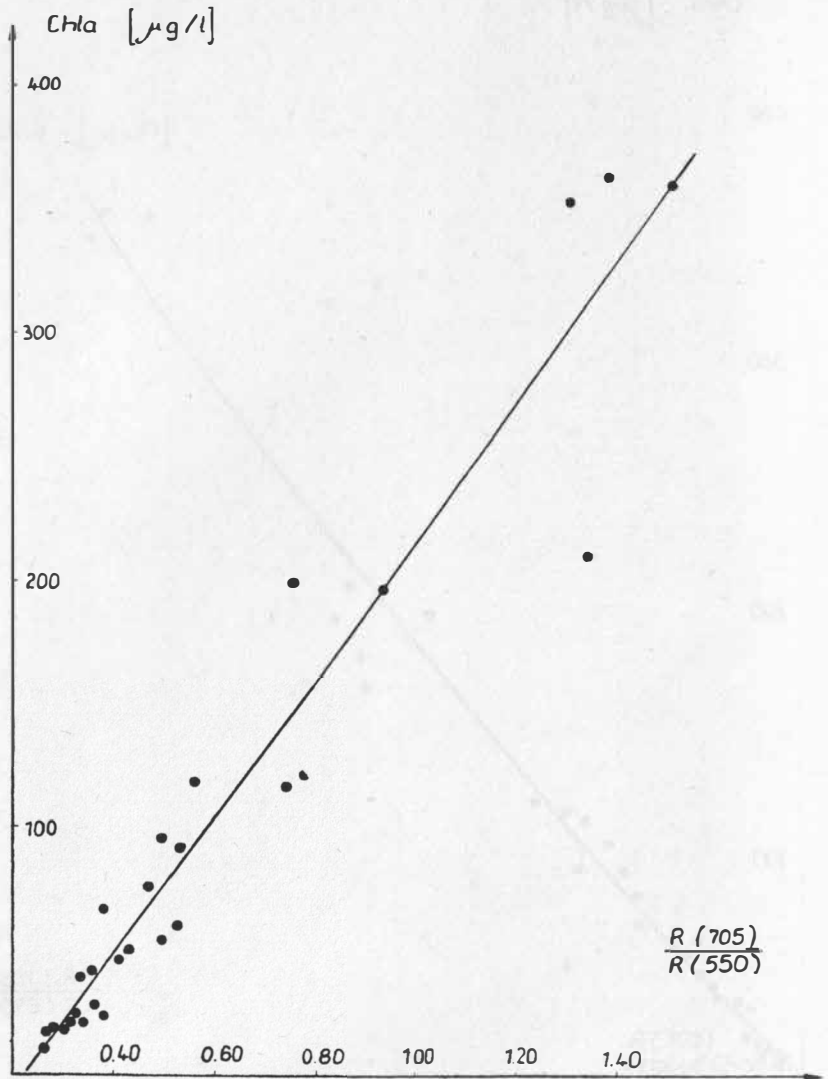
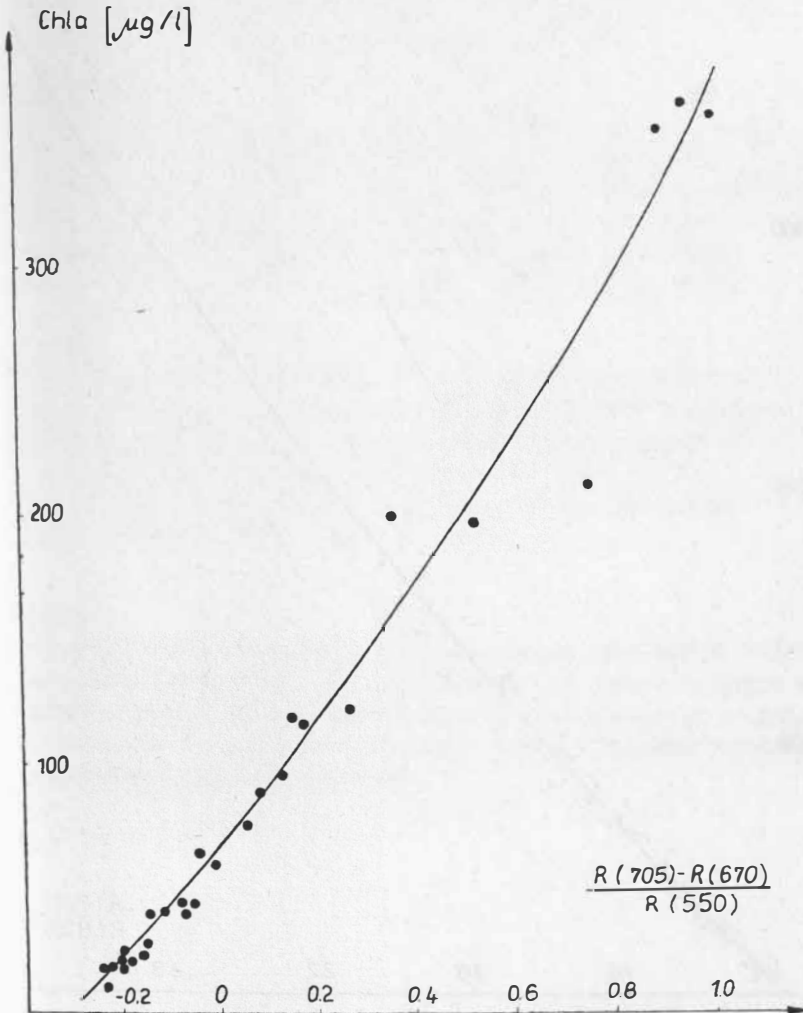


Abb. 4: Chlorophyll-a-Konzentration (Chla) als Funktion des Reflektanzquotienten  $R(705)/R(550)$   
 Zeitraum der Experimente: 18. 09. - 27. 09. 86



**Abb. 5:** Chlorophyll-a-Konzentration (Chla) als Funktion des Reflektanzquotienten  $(R(705) - R(670)) / R(550)$   
 Zeitraum der Experimente: 18. 09. - 27. 09. 86

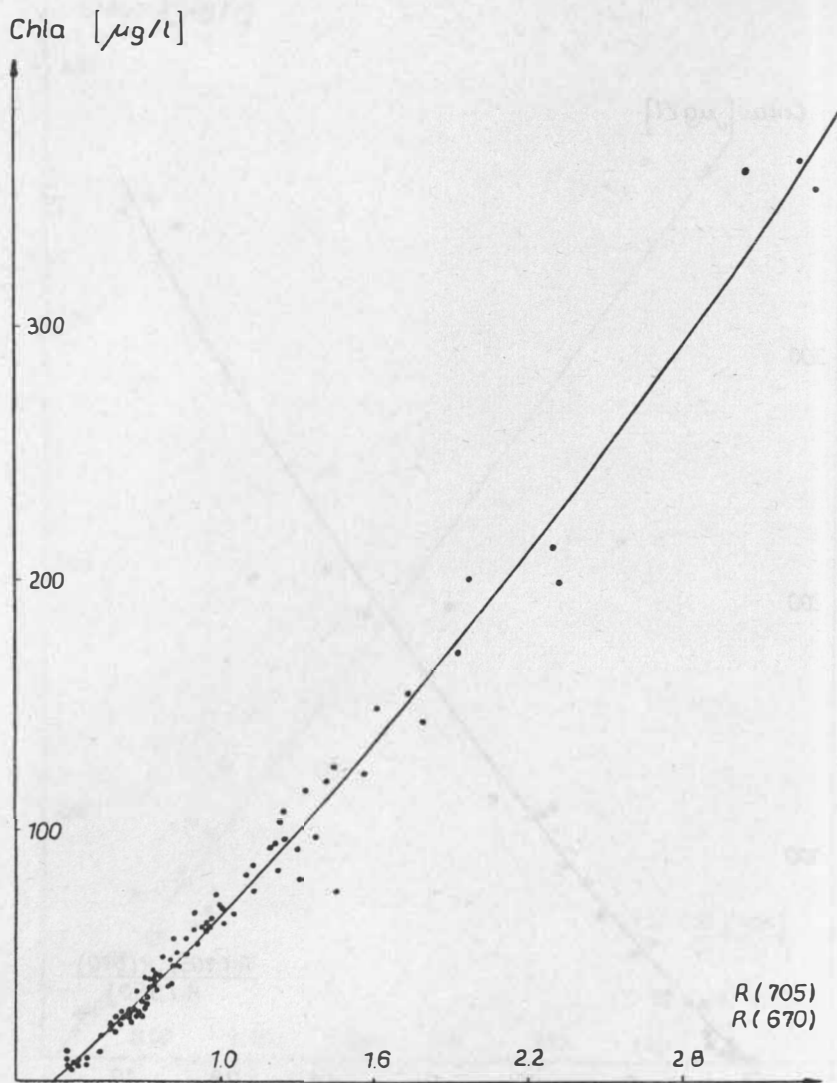


Abb. 6: Chlorophyll-a-Konzentration (Chla) als Funktion des Reflektanzquotienten  $R(705)/R(670)$   
 Zeitraum der Experimente: 1986 - 1987

Untersuchungen zur Möglichkeit der Wassertiefenab-  
schätzung durch die Bestimmung von Oberflächenwellen-  
feldparametern in Luftbildern

TH. VOIGT

Zentrum für Umweltgestaltung Berlin

Zusammenfassung

Es wird eine Methode zur Wassertiefenabschätzung aus panchromatischen Luftbildaufnahmen des küstennahen Flachwasserbereiches beschrieben. Dabei werden die Veränderungen der Anlaufwinkel von Wellenfronten beim Eintritt in flache Gewässerzonen vermessen und mit Hilfe von Grundgleichungen der linearen Wellentheorie die zuzuordnenden Wassertiefenwerte berechnet.

Summary

The author describes a method of water depths assessment by means of aerial photos taken in the near-shore shallow water district. This method is based on measuring the changes of wave front angles entering the flat water region and on calculations of the corresponding water depths data using basic formulas of the linear wave theory.

Резюме

Описывается метод оценки глубины мелководия прибрежного района на основе панхроматических аэроснимков. При этом измеряются изменения угла приливного фронта волны при вступлении их в более мелкие зоны и рассчитываются данные глубины с помощью основного уравнения линейной теории волны.

## 1. Historische Entwicklung und internationaler Stand

Erste Untersuchungen zur Nutzung von Luftaufnahmen zum Studium von Ozeanwellen wurden von SCHUMACHER /1/, HIDAKA /2/ und MUNK /3/ betrieben.

Im 2. Weltkrieg sind zur Vorbereitung von Marinelandungsunternehmungen der alliierten Streitkräfte Untersuchungen zur Wassertiefenbestimmung aus der in Luftbildern erfaßten Wellenfeldmorphologie durchgeführt worden /4/. Dabei wird von WILLIAMS /5/ erstmals ein Verfahren beschrieben, das die Wassertiefenberechnung anhand von Messungen der Wellenlängenveränderung im Flachwasserbereich ermöglichen soll.

BIGELOW und EDMONTON /6/ dagegen führten Untersuchungen zur Wassertiefenbestimmung aus Wellenrichtungsveränderungen in der Flachwasserzone durch.

In Japan setzten SATO /7/ und IJIMA /8/, /9/, /10/ erfolgreich Meßkammern zur Anfertigung terrestrischer Stereobildpaare für die Wellenhöhenbestimmung in Flachwassergebieten (bis ca. 700 m Uferentfernung) ein.

Zur Herstellung von Stereobildpaaren der Wasseroberfläche ist nach MARK /11/ der Einsatz von zwei Flugzeugen mit synchron ausgelösten Luftbildmeßkammern notwendig, wogegen BOLDYREV /12/ auf ein sowjetisches Spezialflugzeug verweist, welches die Anfertigung von Stereobildpaaren während eines Überfluges des Flugzeuges gestattet.

In /13/ wird auf eine Fertigungsvariante für Stereoluftbildpaare zur Bestimmung dreidimensionaler Wellenparameter durch gleichzeitige Kameraauslösung an zwei verschiedenen Punkten eines amerikanischen Bildflugzeuges beschrieben.

Nach NICHOLS /14/ sind auf Satellitenbildern infolge der geringeren



Geländeauflösung nur die langwelligen Komponenten des Wellenfeldes erfaßbar, wobei die Brechungsmuster und die landwärts veränderten Wellendimensionen zur Wassertiefenabschätzung und zur Lagestimmung von Untiefen genutzt werden konnten. Die Untersuchungen von COX /15/ zur Analyse von Wellenglittermustern und von LIBBY /16/ zur Spektralverteilung langperiodischer Wellen geben wertvolle Hinweise zur Bildauswertung.

MEADOWS /17/ beschreibt ein neueres Experiment zur Bestimmung von Parametern eines Wellenfeldes auf dem Michigansee mit Hilfe aktiver Mikrowellentechnik (Synthetik Apertur Radar-SAR).

Dabei wurden die Wassertiefenverteilung aus Veränderungen der Wellenlängen und -winkel gut ausgeprägter Oberflächengravitationswellen mit Hilfe von Gleichungen der linearen Wellentheorie abgeschätzt. Beim Vergleich mit kartierten Tiefenkarten erhält er bei Zugrundelegung von Winkelveränderungen einen empirischen Korrelationskoeffizienten von 0.76, dessen Wert bei Rechnungen auf Basis von Längenveränderungen 0.81 beträgt. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangt HYES /18/, der für die aus SAR-Daten berechneten Tiefenwasser-Wellenwinkel eine Standardabweichung von 30 % erhält, während sie für Wellenlängen nur 6 % beträgt.

Zu den aktiven Verfahren, die bei der Analyse von Wellenfeldmorphologien genutzt werden, gehören extrem kurzgepulste ( $t \approx 10^{-9}$  s) Radar-Höhenmesser, deren Rückstreuimpulse als Informationsträger dienen /13/.

An gleicher Stelle wird ein Mikrowellen-Zweifrequenz-Verfahren zur Analyse des zweidimensionalen Seegangsspektrums beschrieben.

CARLSON /19/ erläutert die Nutzung des SAR zur Bestimmung von Wellenzahlen und -einrichtungen der Hauptkomponenten eines Ozeanoberflächenfeldes.

## 2. Gravitationswellen der Meeresoberfläche

Wirkt auf die Meeresoberfläche eine mechanische Kraft (Wind), so werden Wasserteilchen auf Orbitalbahnen bewegt, deren Größe mit zunehmender Wassertiefe exponentiell abnimmt. Bedingt durch die räumliche und zeitliche Instationarität dieses Vorganges kommt es zur Herausbildung der bekannten Meereswellen.

Zur mathematischen Beschreibung des Bewegungsverhaltens von Oberflächenwellen wurden verschiedene lineare und nichtlineare Theorien entwickelt (siehe Abb. 1).

Die bisher meist verwendete Theorie zur mathematischen Beschreibung der Wellenrefraktion und -diffraktion ist die lineare AIRY-LAPLACE-Theorie. Die nichtlineare STOKES-Theorie 2. und 3. Ordnung berücksichtigt zwar die Wellensteilheit durch Einführung spezieller Terme  $H/l$  (Wellenhöhe/Wellenlänge), wird aber ebenso wie die lineare Theorie in ihrer Aussagefähigkeit für Wellen des Flachwasserbereiches eingeschränkt. Durch die Substitution der  $H/l$ -Terme der STOKES-Theorie mit Quotienten  $H/d$  (Wellenhöhe/Wassertiefe) erhält die onoidale Wellentheorie Bedeutung für die Beschreibung des Verhaltens von Wellenfronten in Flachwasserbereichen /13/.

Speziell für Berechnungen des Energieeintrags in Küstenbereichen und für Belastungsuntersuchungen an Küstenschutzbauwerken hat sich bisher die Anwendung der linearen Wellentheorie aufgrund ihrer einfachen Handhabung durchgesetzt.

Bewegt sich die Schwerewelle im Tiefwasserbereich, tritt keine Störung der Orbitalbewegung der Wasserteilchen auf. Erhält die Welle jedoch Grundberührung, so nimmt die Vertikalkomponente der

Wasserteilchengeschwindigkeit auf Orbitalbahnen zum Meeresboden hin ab. Dieser sogenannte "Shoaling-Effekt" bewirkt die Veränderung wesentlicher Wellenparameter (Länge, Geschwindigkeit, Anlaufwinkel, Höhe, Steilheit) bei schräg zur Uferböschung in den Flachwasserbereich einlaufenden Wellen.

Die Dynamik des gesamten Seegangs, der sich aus einem komplexen System unterschiedlicher Wellenhöhen, -perioden und -richtungen zusammensetzt, ist außerordentlich kompliziert und kann nur mit Hilfe statistischer Verfahren (z.B. Modelle des Seegangsspektrums) näherungsweise beschrieben werden.

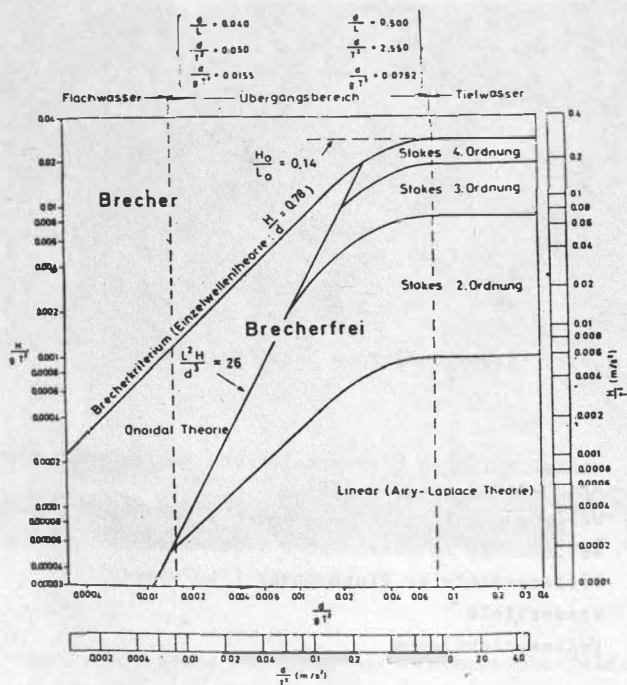


Abb. 1: Gültigkeit verschiedener Wellentheorien und Bezeichnungen /13/

### 3. Berechnungsvorschrift

Das Modell zur luftbildgestützten Wassertiefenabschätzung aus Veränderungen des Oberflächenwellenfeldes wurde bei Annahme der Gültigkeit von drei Grundgleichungen der AIRY-LAPLACE-Wellentheorie hergeleitet.

(1) SNELLIUS'sches Brechungsgesetz

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha_0} = \frac{V}{V_0} \quad /4/$$

(2) Bestimmung der Wellengeschwindigkeit

$$V = \frac{g \cdot T}{2 \cdot \pi} \tanh \frac{2 \cdot \pi \cdot z}{l} \quad /2/$$

(3) Erhaltung der Wellenperiode

$$T = \frac{V}{l} = \text{const.} \quad /5/$$

(4) Für Flachwasserzonen konnte daraus die Gleichung

$$z = \frac{l_0}{4} \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha_0} \cdot \ln \frac{1 + \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha_0}}{1 - \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha_0}}$$

zur Wassertiefenabschätzung bestimmt werden.

$\alpha (\alpha_0)$	Winkel zwischen Ufernormaler und Wellenfrontnormaler im Flachwasser (Tiefwasser)	
$v (v_0)$	Wellengeschwindigkeit im Flachwasser (Tiefwasser)	$[m \cdot s^{-1}]$
$l (l_0)$	Wellenlänge im Flachwasser (Tiefwasser)	$[m]$
$T (T_0)$	Wellenperiode im Flachwasser (Tiefwasser)	$[s]$
$z$	Wassertiefe	$[m]$
$g$	Erdbeschleunigung	$[m \cdot s^{-2}]$

#### 4. Luftbildfertigung

Flugzeugtyp:	L 410	Seegang:	Dünung der Seegangs- stärke 4 - 5 aus
Kamera:	MRB - 15		nördlicher Richtung
Filmtyp:	VF - 35		(Winkel zwischen Wellen- frontnormalen des
Maßstab:	1 : 10.000		Tiefenwasserbereiches
Flughöhe:	1500 m		und Ufernormalen ca. $60^\circ$ )

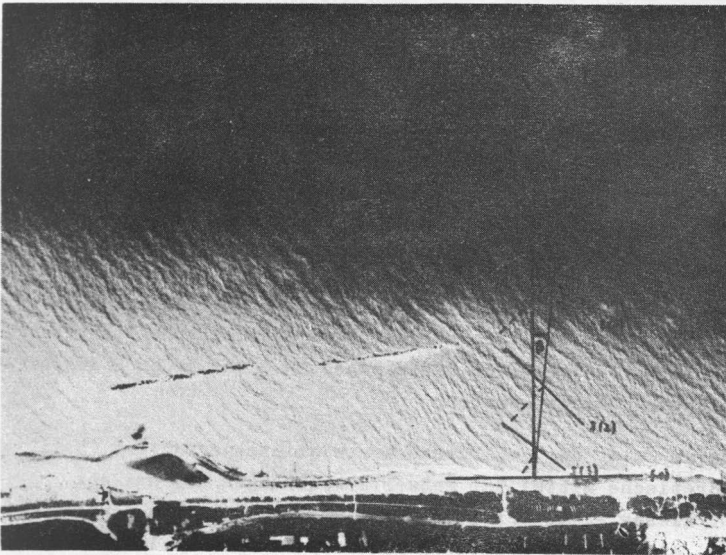


Abb. 2: Panchromatisches Luftbild des Wellenbrecherfeldes  
bei Seegang  
(LFB-Nr. 06/86)

### 5. Meßverfahren und Datenauswertung

Im Testgebiet befanden sich 5 mit jeweils 2 Spierentonnen markierte Trassen, für die über eine Länge von jeweils ca. 1 km die Wassertiefenprofile zur Erzeugung von Referenzwerten echografisch bestimmt worden waren.

Da die Lage dieser Trassen in der Regel nicht ideal ufernormal war (siehe Abb. 3), wurde es notwendig, die Winkelabweichung ( $\beta$ ) zu den entlang der Trassen bestimmten Schnittwinkeln zwischen der Wellenfrontnormalen und der markierten Trasse ( $\varphi$ ) hinzuzuaddieren, um den für die Tiefenabschätzung benötigten Winkel zwischen der Ufer- und Wellenfrontnormalen ( $\alpha$ ) zu erhalten.

Die Winkelbestimmung erfolgte mit handelsüblichen Kursdreiecken.

Mit Hilfe der in Abb. 3 dargestellten Methode wurden im gesamten Luftbildmaterial die Wellenwinkel des Tiefwasserbereiches ( $\alpha_0$ ) und des küstennahen Flachwasserbereiches ( $\alpha, \varphi$ ) entlang der markierten Trassen bestimmt. Die Wellenlänge im Tiefwasserbereich ( $l_0$ ) ist durch Mittelwertbildung aus den Wellenkammabständen ausgeprägter Wellenfronten über größeren Wassertiefen berechnet worden.

Der Umfang des zur Verfügung stehenden Datenmaterials (908 Meßpunkte) gestattete eine rechnergestützte statistische Auswertung, bei der die morphologischen Besonderheiten eines jeden Bodenprofils berücksichtigt werden konnten.

Dabei wurde u. a. der empirische Korrelationskoeffizient (5), das quadratische Mittel der Meßwertabweichungen (6) und der Quotient dieses Mittelwertes mit der durchschnittlichen Wassertiefe (7, als Maß des relativen Fehlers) für die schiffsgebundenen echografisch vermessenen Tiefendaten und die luftbildgestützt ermittelten Wassertiefen bestimmt:

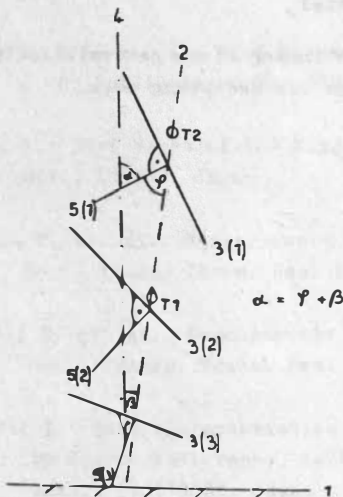
$$(5) \quad r = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\left( \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \cdot (y_i - \bar{y})^2 \right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$(6) \text{MQA} = \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2 \right)^{\frac{1}{2}},$$

$$(7) \text{RMQA} = \text{MQA} / \bar{x}.$$

Abb. 3: Meßverfahren zur Bestimmung der Wellenwinkel

- 1 - Wasserlinie
- 2 - Markierte Trasse (T1, T2)
- 3(1)3(2)3(3) - Wellenfronten
- 4 - Ufernormale
- 5 - Wellenfrontnormale
- $\alpha$  - Winkel (Wellenfrontnormale, Ufernormale)
- $\gamma$  - Winkel (Wellenfrontnormale, Trasse)
- $\beta$  - Winkel (Trasse, Ufernormale)



## 6. Ergebnisse

Die graphische Darstellung (Abb. 4) zeigt eine nahezu gleichverteilte Streuung der berechneten Tiefenwerte um eine "generalisierte Tiefenlinie", die die Feinstruktur der Bodenmorphologie (Riffe, Rinnen) weitgehend ignoriert.

Für die Untersuchungen im Testgebiet "Fischland" wurde für einen Meßdatenumfang von ca. 900 Werten im Wassertiefenbereich (0 - 7 m) eine mittlere quadratische Abweichung  $MQA = 0,92$  m und ein empirischer Korrelationskoeffizient  $r = 0,87$  ermittelt.

Damit ist das Verfahren in der Genauigkeit der Wassertiefenbestimmung nahezu dreimal schlechter als bisher untersuchte Methoden der Tiefenberechnung anhand fotometrisch ermittelter Luftbilddaten und für die Herstellung genauer Tiefenkarten ungeeignet.

Bei Berücksichtigung der Vorteile des Verfahrens, wie

- Unabhängigkeit von Gewässertrübung, Meeresbodenbeschaffenheit, Bodenmarkierungen und -messungen sowie optischen Inhomogenitäten des Aufnahme- und Übertragungskanals
- einfachste Meßhilfsmittel,

kann es aber für die Bestimmung eines generalisierten Schorregradienten in Küstenzonen von Bedeutung sein.



Literaturübersicht

- /1/ SCHUMACHER, A.: Results of Exact wave Measurements with Special Reference to Recent Theoretical Investigations Proc. NBC Semicentennial Symposium of Gravity Waves National Bureau of Standards Circular 521, 1952
  
- /2/ HIDAKA, K.: A Stereophotogrammetric Survey of Waves and Swells in the Ocean Me. Insp. Mar. Obs., 7 (1941), Kobe
  
- /3/ MUNK, W.H. und C. COX: Optical measurements of Sea Surface Roughness. Coastal Engineering Instruments Council of Waves Research, 1955
  
- /4/ LUNDAHL, A.C.: Underwater Depth Determination by Aerial Photography. Photogramm. Eng., 14 (1948), Nr. 4, pp. 454 - 462
  
- /5/ WILLIAMS, W. W.: The Determination of Gradients on Enemy-Held-Beaches. The Geogr. Journal, July, 1946, pp. 76 - 93
  
- /6/ BIGELOW, H.B. et. a.: Wind Waves at Sea, Breakers and Surf H. O. Publikations No. 602, 1947
  
- /7/ SATO, K.: Surf Waves of the Niigata- Coast Bull. Hydrol. Off., (1951), Japan
  
- /8/ IJIMA, T. et. al.: Measurements of ocean waves (VIII) Rept. Trans. Techn. Res. Inst., 5 (1954), Japan
  
- /9/ IJIMA, T. et. al.: Measurements of ocean waves (VI) Rept. Transp. Techn. Res. Inst., 5 (1955)
  
- /10/ IJIMA, T.: Wave characteristics in the Surf Zone observed by Stereophotography, Rept. Trans. Techn. Res. Inst., 31 (1958), Japan

- /11/ MARKS, W. und R. C. RONNE: Aerial Stereophotography and Ocean Waves. Photogramm. Eng., 21 (1955), Nr. 1
- /12/ BOLDYREW, V. L.: Primenie aerofotosjemki dlja isuchenia potokov peschanjik nanasov  
Trudy okeanograficheskoi Komissii, Acam. Sci.,  
13 (1961), UdSSR
- /13/ Autorenkollektiv: Seegangsmessungen Die Küste, 41 (1984),  
pp. 30 - 53
- /14/ NICHOLS, M. M.: Coastal Processes from Space Photography  
Coastal Eng., 1979, pp. 641 - 651
- /15/ COX, L. und W. MUNK: Statistics of the sea surface derived  
from sun glitter; effects of slids, Journal Marine  
Research, 2 (1954), pp. 222 - 226
- /16/ LIBBY, L. et. al.: Measurements on ocean waves in a satellite  
photography Rand Corp. Misall. Docum., A D 696 - 492,  
(1969), pp. 1 - 9
- /17/ MEADOWS, G. A. et. al.: SAR Observations of Coastal Zone  
Conditions, Proc. 14<sup>th</sup> Symp. on Rem. Sens. of Env.,  
San José, Costa Rica, 1980, pp. 845 - 863
- /18/ HYES, J. G.: Ocean Current Wave Interaction Study  
Journal of Geophysical Research, in pres.. 1980
- /19/ CARLSON, G. E.: Estimation of Ocean Wave Wavenumber and  
Propagation Directions ..., IEEE Transactions on  
Geoscience and Remote Sensing 22 (1984), Nr. 6

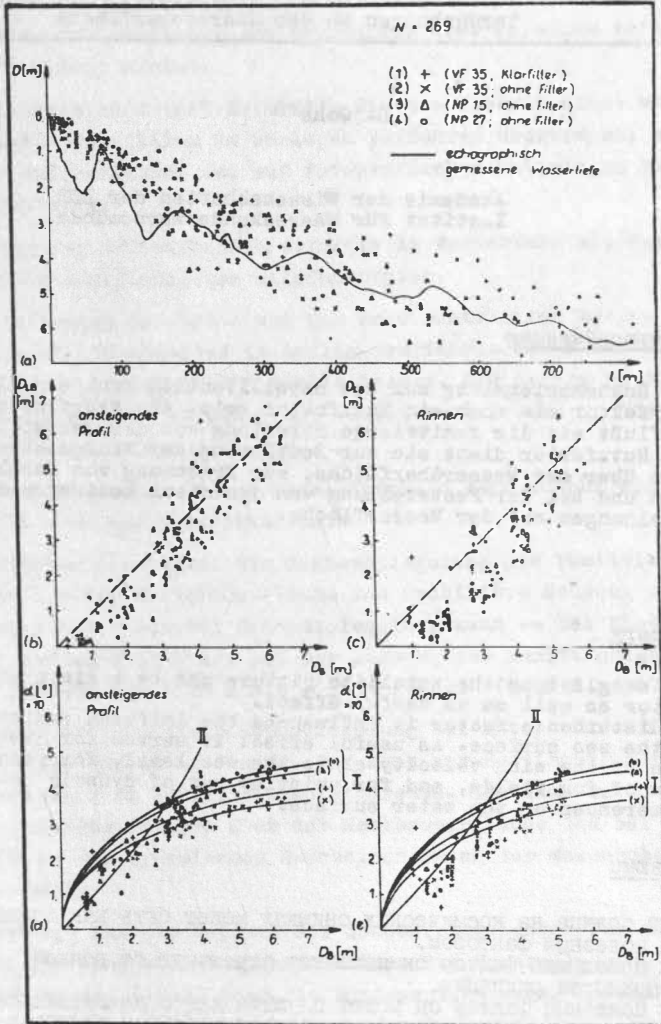


Abb. 4 : Darstellung von Wassertiefenmeßwerten und berechneten Tiefen der Trasse TE (5)

Zur Nutzung des Sonnenreflexes in APT-Satellitenbildern für Untersuchungen an der Meeresoberfläche

---

L. Gohs

Akademie der Wissenschaften der DDR  
Institut für Meereskunde Warnemünde

Zusammenfassung

Die Sonnenspiegelung auf dem Satellitenbild kann sowohl ein Störfaktor als auch ein Nutzfaktor sein. Als Störfaktor beeinflusst sie die remittierte Strahlung von der Wasserfläche. Als Nutzfaktor dient sie zur Bestimmung der Windgeschwindigkeit über der Wasseroberfläche, zur Erkennung von Nebelfeldern und bei der Feststellung von dynamisch bedingten Erscheinungen auf der Wasserfläche.

Summary

The sunglint on the satellite picture can be a disturbance factor as well as an useful effect. As disturbance factor it influences the imitated radiation of the sea surface. As useful effect it serves for designation of the wind velocity above the sea level, for recognition of fog fields, and for pointing out of dynamic settled appearances on the wster surface.

Резюме

Блик солнца на космических снимках может быть как помешающим, так полезным фактором. Как помешающий фактор он изменяет отраженную от водной поверхности радиацию. Как полезный фактор он может служить для определения скорости ветра над водной поверхности, для опознавания тумана и при определений динамический обуславленных явлений на поверхности воды.

Sonnenspiegelungen (auch als "Sunlint" bezeichnet) werden beobachtet, wenn Sonnenstrahlen von einer Wasseroberfläche wie Ozean, Seen, Flüssen u. a. direkt zum Beobachter bzw. zu einem Aufnahme-gerät reflektiert werden.

APT-Satellitenbilder (APT-Automatic Picture Transmission) werden von den Wetter Satelliten im analogen Verfahren übertragen, auf Tonträger aufgezeichnet und auf fotografischen Unterlagen bildlich dargestellt.

Der Empfang der APT-Aufnahmen erfolgte in Warnemünde mit dem WES 2 auf hochempfindlichem Bildfunkpapier.

Die APT-Aufnahmen der NOAA- und der Meteorsatelliten wurden mit dem System MD 100-MPS-4944 im Auflichtverfahren mit einer Auflösung der Grauwerte von 8 Bit digitalisiert. Das System MD 100-MPS-4944 stellt eine Kopplung des Mikrodensitometers MD 100 mit dem Mikroprozessor MPS-4944 dar.

Die Sonnenspiegelung auf dem Satellitenbild kann sowohl ein Störfaktor als auch ein Nutzfaktor sein.

Als Störfaktor überlagert die Sonnenspiegelung die remittierte Strahlung von der Wasseroberfläche und macht ihre Messung unmöglich. Bei nicht erkannter Sonnenspiegelung kann es bei Windgeschwindigkeiten über 6 m/s bei der Messung der remittierten Strahlung zu Fehlern von + 20 % bis + 50 % führen (TASSAN, 1987).

Als Nutzfaktor kann die Sonnenspiegelung bei unterschiedlichen Erscheinungen Anwendung finden. Sie kann zur Bestimmung der Windgeschwindigkeit im Reflexionsgebiet dienen. Sie kann bei der Erkennung von Nebelfeldern über der Meeresoberfläche und bei der Feststellung von dynamischen Erscheinungen an der Wasseroberfläche nützlich sein.

Die Grundlage für die Nutzung der Sonnenspiegelungen für die Ermittlung der Windgeschwindigkeit bilden die Vorstellungen, die bei HAUPT et al. (1982) über die Sonnenspiegelungen zusammengefaßt sind. Stark gebündelte Sonnenspiegelungen an der Meeresoberfläche sind zu erwarten, wenn das Zentrum der Sonnenspiegelung mit glatter Meeresoberfläche zusammenfällt. Mit zunehmender Windgeschwindigkeit nimmt die Bündelung der Sonnenspiegelung im Zentrum ab und die Ausdehnung der aufgehellten Flächen wird größer.

Drei verschiedene Methoden werden von WALD und MONGET (1983) zur Bestimmung von Windgeschwindigkeiten aus Vermessung des Reflexionsgebietes diskutiert: Die Windgeschwindigkeit wird aus der Verteilung der absoluten Helligkeiten im Reflexionsgebiet oder aus der Verschiebung des Helligkeitspunktes aus dem Reflexionspunkt oder aus der relativen Verteilung der Helligkeiten (Isolinien) im Reflexionsgebiet bestimmt.



Abb. 1: Ostsee, NOAA 6, 05.05.1986 um 07.36 UTC

In der Abb. 1 ist der wolkenlose Ostseeteil einer APT-Aufnahme des NOAA-6-Satelliten vom 05.05.1986 um 07.36 UTC des Kanals 2 (0,7 - 1,1  $\mu\text{m}$ ) dargestellt. Die Uhrzeit ist der Beginn des Empfangs der ganzen APR-Aufnahme durch das Empfangsgerät. Die vorherrschenden meteorologischen Bedingungen während der Aufnahmezeit wurden aus dem täglichen Wetterbericht entnommen. Es

herrschte in der Gdansker Bucht und bei den angrenzenden Meeresteilen eine Windgeschwindigkeit um 5 m/a.

Es wurde ein Ausschnitt der Ostseeaufnahme von 12 mm x 18 mm in der Originalaufnahme des NOAA-6-Satelliten densitometriert. Die Spaltgröße betrug beim Mikrodensitometer 0,15 mm x 0,3 mm, und ein Bildpixel hat nach einer Mitteilung von 3 Digitalwerten in der Spalte eine Auflösung von 4 km x 4 km. Ein Doppelsymbol "xx" stellt in der alphanumerischen Darstellung einen Bildpixel dar.

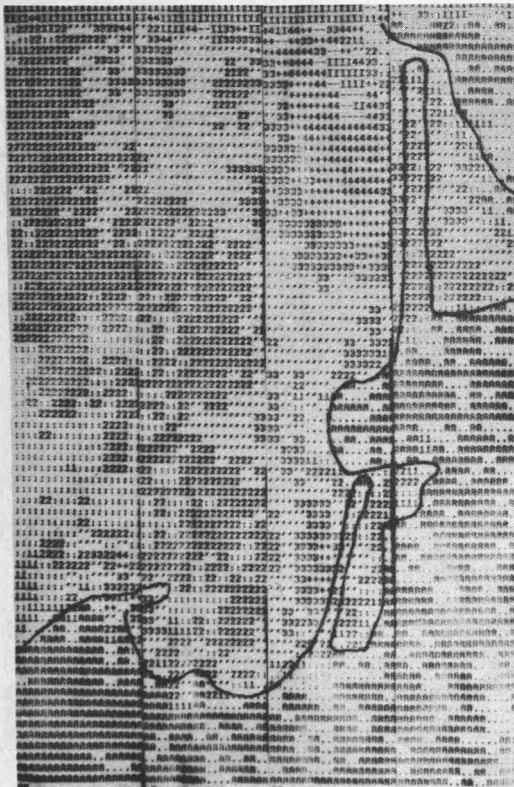


Abb. 2: Alphanumerische Darstellung. Vor dem Kurischen Haff.  
 Reihenfolge der Symbole: AA=Land/./11/:/22/'/33/  
 ++/44/--/II=Maximum  
 (min.)

Die alphanumerische Darstellung der Digitalwerte wird vom Ostseeausschnitt, der das Gebiet vor dem Kurischen Haff und die Gdanskeer Bucht einschließt, in der Abb. 2 angegeben. Beim Wind- einfluß auf die Sonnenspiegelung wird folgende Verteilung der Grauwerte erwartet: Um ein enges Zentrum, das verschiedene Formen annehmen kann, ordnen sich Isoflächen der Grauwerte mit abnehmender Tendenz an.

Auf der Abb. 2 sind die Isoflächen der Grauwerte mit einem Zentrum vor dem Ausgang des Kurischen Haffs dargestellt. Der größte Reflexionswert ist mit dem Symbol "II" bezeichnet, dem schließen sich die Zeichen "--", "44", "++", "33", "--", "22" in abnehmender Folge an und "AA" gilt für die Reflexion der Landflächen. Aus dieser Abbildung ist ersichtlich, daß das Windfeld vor dem Kurischen Haff eine recht unterschiedliche Struktur besitzt, dagegen ist das Windfeld in der Gdanskeer Bucht nur sehr schwach strukturiert.

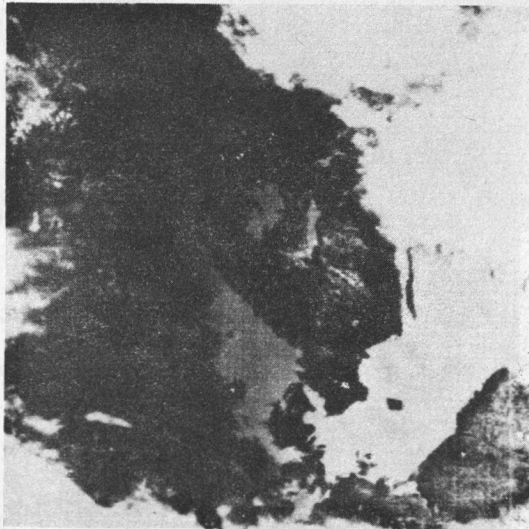


Abb. 3: Ostsee, Meteor-11, 25.07.85 um 08.10 UTC



In der Abb. 3 ist eine Sonnenspiegelung auf der APT-Aufnahme von dem Wetter Satelliten Meteor-11 vom 25.07.1985 um 08.10 UTC im Spektralbereich von 0,5 - 0,7  $\mu\text{m}$  über dem Westteil der Ostsee zu sehen.

Während des Empfanges der APT-Aufnahme konnte vor Warnemünde über der vorgelagerten Ostsee starker Dunst und fast Windstille direkt beobachtet werden, denn über dem Land strahlte die Sonne. Die Beobachtungsstation des Wetterdienstes von Warnemünde meldet einen Wind von 1 m/s aus Nordost und eine teilweise Bedeckung.

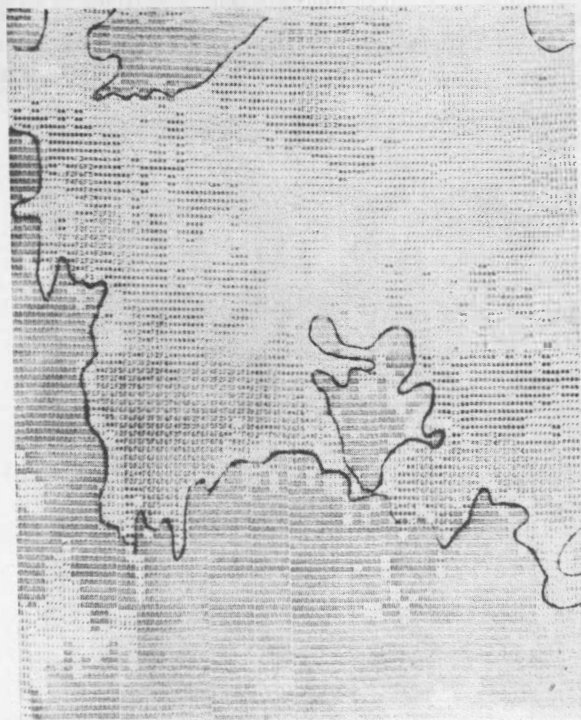


Abb. 4: Alphanumerische Darstellung Westteil der Ostsee.  
Dunsteinfluß  
Reihenfolge der Symbole: AA=Land(Minimum)/./.::/  
'1'/xx/ (/F1/F2/F3/F4/F5/F6/= Maximum

In der Abb. 4 sind die Seegebiete Lübecker Bucht, Mecklenburger Bucht, Arkonasee und Teile der Seegebiete östlich Rügen, alpha-numerisch als Ausschnitt aus der Abb.3 dargestellt. Die Symbole "F1 - F6" drücken die größte Sonnenreflexion aus und in abnehmender Reihenfolge ordnen sich die weiteren Symbole an: "☉", "''", "!!", "..." und "AA" repräsentiert die Rückstrahlung vom Land. In der Verteilung der Grauwerte sind mehrere Zentren festzustellen. Eine Abweichung von der allgemeinen Erwartung bilden die beiden östlich und westlich von Rügen vorhandenen Zentren der Sonnenspiegelung. Die Isoflächen um die Zentren haben große Ausdehnungen, und über große Flächen sind die Grauwerte nahezu gleichmäßig verteilt, so daß man von einer strukturlosen Erscheinung der Sonnenspiegelung über Wasserflächen mit Nebelfelder sprechen kann, und umgekehrt sind wahrscheinlich Nebelfelder über der Wasseroberfläche an der nahezu strukturlosen Erscheinung der Sonnenspiegelung zu erkennen.

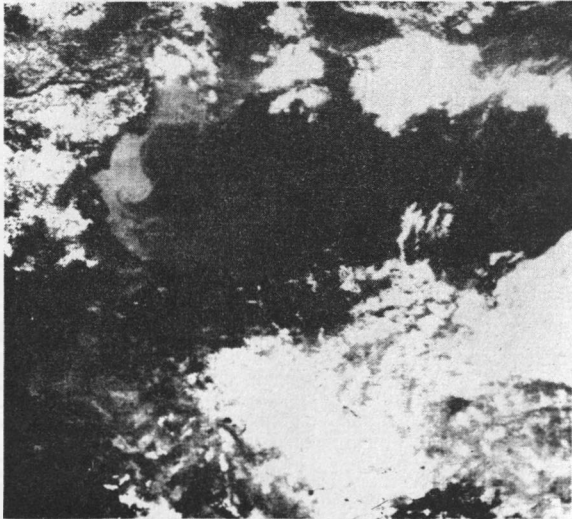


Abb. 5: Westteil Schwarzes Meer, Meteor-10, 01.07.1985, 10.50 UTC

In der Abb. 5 wird ein Teillausschnitt einer APT-Aufnahme des Wettersatelliten Meteor-10 vom 01.07.1985 um 10:50 UTC mit dem Westteil des Schwarzen Meeres vorgestellt. Diese Wirbelartige Erscheinung in der Abb.5 stellt eine typische, oft wiederkehrende Wirbelbildung im Westteil des Schwarzen Meeres dar. In weiteren Aufnahmen bis 16.07.1985 konnte auf den APT-Aufnahmen diese Wirbelbildung, die sich in der Form und auch in der Lage nur wenig änderten, beobachtet werden.



Abb. 6: Alphanumerische Darstellung. Westteil Schwarzes Meer. Dynamisch bedingte Strukturen. Reihenfolge der Symbole: AA=Land(Minimum)/11/!!/99/././'/'/+/)--/=//% / CC=Maximum

KAZ'MIN und SKLJAROV (1982) berichten über Wirbelerscheinungen aus dem West- und Ostteil des Schwarzen Meeres. Es lagen Aufnahmen der Satelliten Meteor 30 und 31 im sichtbaren Bereich des Spektrums der Sensoren MSU-M (kleiner Auflösung) und MSU-S (mittlerer Auflösung) vom 17.07.1980 sowie vom 05., 08. und 11.06.1981 mit Wirbelbildungen vor. Aus einem Vergleich mit direkten ozeanographischen Analysen über die Strömungen und Wirbel im Schwarzen Meer konnten sie den Schluß ziehen, daß die auf den Satellitenaufnahmen vorhandenen Wirbel der Realität entsprachen. Eine Aufnahme des NOAA-6-Satelliten vom 07.06.1981 im thermischen Bereich zeigt ebenfalls eine Wirbelstruktur im Westteil des Schwarzen Meeres.

Die alphanumerische Darstellung der Wirbelerscheinung aus dem Westteil des Schwarzen Meeres wird in der Abb.6 vorgestellt. Das fast kreisförmige Zentrum des Wirbels liegt etwa auf der Breite von Burgas mit einem Durchmesser von rund 25 km und wird von einem Kreis, der 20 - 30 km breit ist umschlossen. Der umschließende Kreis bildet keine geschlossene Fläche, sondern hat in sich eine fleckenförmige Struktur.

Nach den obigen Darlegungen scheint es möglich zu sein, daß die Sonnenspiegelungen das Erkennen von dynamisch bedingten Strukturen an der Wasseroberfläche erlauben.

#### Literatur

- HAUPT, I., U. KATERGIASKIS, W. TONN: Wolken im Satellitenbild. Beilage zur Berliner Wetterkarte. Beilage 15/82, MSF2/82, (1982); Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin, 1000 Berlin 33, Podbielskiallee 62
- KAZ'MIN, A.S., V.E. SKLJAROV: Nekotorye osobennosti cirkuljacij vod cernogo morja po dannym ISZ "Meteor". Issledovanie Zemli iz Kosmosa No.6 (1982) S.42-49
- TASSAN, S.: Evaluation of the potential of the Thematic Mapper for marine application. Int. J. Remote Sensing, (1987) Vol. 8, No. 10, 1455-1478
- WALD, L. and J.M. MONGET: Sea Surface Winds from Sun Glitter Observations. J. of Geophys. (1983), Res. Vol. 88, No. C4, S. 2447-2555

Terrestrische Multispektralfotografie - eine Erkundungs-  
und Dokumentationsmethode für die Geowissenschaften

C. Gläßer

Martin-Luther-Universität Halle  
Sektion Geographie

Zusammenfassung

Die Kombination von konventionellen Klein-, Mittel- oder Großformatkameras mit dem Filtersatz der MKF-6 auf der Erde wird als terrestrische Multispektralfotografie bezeichnet. Diese Methode konnte seit 1979 für verschiedene geowissenschaftliche Aufgaben mit Erfolg angewendet werden. Sie ermöglicht die Untersuchung des Abbildungsverhaltens von Objekten in den MKF-6-Kanälen und damit die Qualifizierung der Interpretation multispektraler Luftbilder. Außerdem kann das Verfahren zur Aufnahme und Dokumentation geologischer Aufschlüsse genutzt werden. Bei Verwendung einer Meßkammer ist eine spektrale und eine metrische Auswertung der Multispektralfotos möglich.

Summary

The combination of conventional small, middle or large format cameras with the filters of the multispectral camera MKF-6 on the earth is called as terrestrial multispectral photography. This method could be used since 1979 with success for different geoscientific problems. It enables the research of image conditions of objects in the MKF-6-bands and therefore the qualified interpretation of multispectral aerial photos. Moreover the method can be applied for mapping and documentation of geological outcrops. A spectral and metric analysis of multispectral photos is possible by using photogrammetric camera.

Резюме

Комбинация мало-, средне- и крупно-форматных фотоаппаратов на земле с фильтрами многозональной камеры МКФ-6 называется наземная многозональная фотография. Этот метод был успешно использован для разных геонаучных задач с 1979 г. Он позволяет исследование изображений объектов в каналах МКФ-6 и таким образом квалификация интерпретации многозональных аэрофотосъемков. Кроме того можно использовать способ для съемки и документации геологических обнажений. При использовании фотограмметрической камеры спектральная и метрическая обработка многозональных снимков является возможно.

## 1. Einleitung

Die effektive Interpretation von multispektralen Luftbildern erfordert exakte Kenntnisse über die spektralen Remissions-eigenschaften der zu untersuchenden Objekte. Es stehen heute weltweit zwar für viele Objekte spektrale Remissionsdaten zur Verfügung, deren Nutzung jedoch problematisch ist. Diese, mittels eines Spektrometers gemessenen Werte, sind nicht direkt vergleichbar mit den spektralen Schwärzungen multispektraler Luftbilder. Ursachen dafür sind:

- die spektralen Remissionsmessungen erfolgen häufig im Labor bei Verwendung einer genormten Kunstlichtquelle
- das Probenmaterial für solche Labormessungen ist häufig künstlich aufbereitet; natürliche Strukturen werden oft zerstört.
- in-situ-Messungen, die nicht synchron zu einer Spezialbefliegung angefertigt werden unterliegen anderen, nicht vergleichbaren Einstrahlungsbedingungen
- viele Merkmale natürlicher Objekte sind von einer großen räumlichen und zeitlichen Variabilität gekennzeichnet, die die Remissionswerte beeinflußt
- die Sensibilisierungsbereiche der Filmemulsionen, die Filmbelichtungs- und -entwicklungsbedingungen und die Transmissionseigenschaften der Filter beeinflussen die Filmschwärzungswerte
- spektrale Remissionsmessungen synchron zu einem Bildflug sind in der DDR auf Grund der äußerst geringen Anzahl verfügbarer Spektrometer nur vereinzelt möglich

Alle diese Gründe führten zu der Überlegung, die spektrale Abbildung von Objekten in den MKF-6-Kanälen, unabhängig von der Verfügbarkeit multispektraler Luftbilder, zu untersuchen.

## 2. Terrestrische Multispektralfotografie

### 2.1. Methodischer Ansatz

In der wissenschaftlichen Fotografie finden seit Jahrzehnten Spezialfilmemulsionen und Spezialfilter, wie auch photogrammetrische Aufnahmen die unterschiedlichste Anwendung. Mit Erfolg konnten solche photographischen Spezialaufnahmen für verschiedene geologische Aufgaben, z. B. die Erfassung tektonischer Daten (ACKERL 1959, JASKOLLA/MÜNTZER 1979) oder zur Lithotypendifferenzierung (VOGT 1981) und zur Lösung spezieller Probleme in der Architektur, Restauration und Archäologie (MEYER 1981, SOMMER 1983) eingesetzt werden.

Ausgehend von diesen Erfahrungen und von dem Prinzip der aerokosmischen Multispektralfotografie werden seit 1979 an der Sektion Geographie der MLU für methodische Grundlagenuntersuchungen terrestrische Multispektralfotos angefertigt.

### 2.2. Verfahren

Als terrestrische Multispektralfotografie wird ein Verfahren bezeichnet, bei dem Klein-, Mittel- oder Großformatkameras mit den Filtern der MKF-6 und/oder weiteren Spektralfiltern kombiniert werden. Im Gegensatz zur aerokosmischen Multispektralfotografie können die Einzelaufnahmen nur nacheinander und nicht synchron aufgenommen werden. Dies setzt konstante Beleuchtungsverhältnisse während der Anfertigung aller Spektralaufnahmen voraus. Anzustreben sind entweder ein vollständig klarer Himmel (0/8 Bedeckungsgrad) oder eine geschlossene, homogene Wolkendecke (8/8 Bedeckungsgrad), um die einstrahlungsabhängigen Remissionsunterschiede für alle Aufnahmen zu vereinheitlichen. Klein- und Mittelformatkameras sind einfach zu handhaben, gut zu transportieren und kostengünstig in der Anschaffung und Nutzung. Nachteilig wirken sich die kleinen Bildformate und das eng begrenzte Angebot an Spezialfilmemulsionen aus. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt liefert das Kombinat ORWO Wolfen nur einen Kleinbildinfrarotfilm NI 750, der für den Kanal 6 der MKF-6 nur bedingt geeignet ist. Im Format 6 x 6 cm sind Infrarotfilme

nicht im Angebot. Plattenkameras (9 x 12 cm) oder Meßkammern, wie z. B. die Universalmeßkammer UMK 1318 (VEB Carl Zeiss Jena) gestatten die Herstellung großformatiger bzw. verzerrungsfreier Negative. Im Sortiment des Kombinates ORWO Wolfen gibt es ein vielfältiges Angebot an Spezialfotoplatten in diesen Formaten. Das erlaubt einerseits eine gezielte Abstimmung der Filmemulsionen auf die Spektralbereiche der MKF-6-Filter, andererseits aber auch eine Erweiterung der Spektralbereiche im Infrarot (Infrarotplatten I 950, I 1050) und zum Ultraviolett (UV 1). Diesen offensichtlichen Vorteilen stehen hohe Kosten sowie eine ungünstige Verwendung der Kamern unter Feldbedingungen auf Grund des hohen Gewichtes und der begrenzten Mitnahmemöglichkeit von Fotokassetten gegenüber. Welche Variante jeweils verwendet wird hängt von der Aufgabenstellung und den konkreten Rahmenbedingungen ab.

### 3. Anwendungsmöglichkeiten des Verfahrens

Ursprünglich als Hilfsmittel für die Interpretation multispektraler Luftbilder entwickelt und mit Erfolg an der Sektion Geographie angewendet, wurde die Methode seit 1982 auch von anderen Institutionen übernommen, weiterentwickelt und qualifiziert (KROITZSCH 1982, KÜHN 1982, KROITZSCH/FRUBRICH 1983, SACHER 1984, SACHER 1986, LEGUTKE u. a. 1987).

Heute stehen sich 2 grundsätzlich unterschiedliche Anwendungsgebiete gegenüber:

1. Untersuchung des Abbildungsverhaltens spezieller Objekte in den MKF-6-Kanälen zur Qualifizierung der Interpretation von MKF-6-Luftbildern
2. Herstellung von multispektralen Fotos (verwendbarer Wellenlängenbereich von 200 ... 1 050 nm) von Objekten ohne Bezug zur Geofernerkundung.

Variante 1 konnte bisher erfolgreich für verschiedene Objekte des Agrarraumes wie z. B. für die Bodendifferenzierung (RIEDEL 1981, VILLVOCK 1983), die Untergliederung von Landschaftselementen (KUGLER/GASSERT 1985) und zur Differenzierung vegetationsloser städtischer Freiflächen (WALDENBURGER 1987) angewendet



werden. Wenn die Multispektralfotos an bestimmten, für das Gebiet typischen Standorten, synchron zu einer Überfliegung angefertigt werden, so kann ausgehend von diesen Flächen die Interpretation der Luftbilder erfolgen. Gibt es von bestimmten Objekten noch keine grundlegenden Kenntnisse über das spektrale Remissionsverhalten, können mittels der terrestrischen Multispektralfotos die prinzipiellen Zusammenhänge zwischen Objekt und Abbildung im MKF-6-Foto geklärt werden. Für stark variierende Objektmerkmale (z. B. Bodenfeuchte) können verschiedene Objektzustände simuliert und multispektral fotografiert werden. So ist der Einfluß der variablen Größe auf die Abbildung in den einzelnen Kanälen prüfbar, ohne für den jeweiligen Zustand eine Spezialbefliegung zu benötigen.

Für solche Aufgaben sind Klein- und Mittelformatkameras ausreichend gut verwendbar.

Variante 2 kann überall dort angewendet werden, wo die zu untersuchenden Objektmerkmale spektrale Remissionsunterschiede im Bereich des fotografisch erfaßbaren Wellenlängenbereiches hervorrufen. Die bisherigen Anwendungsbeispiele in der Denkmalpflege (SACHER 1986), für die Bauzustandserfassung (LEGUTKE u. a. 1987) oder im Braunkohlenbergbau (KROITZSCH/FRUBRICH 1983, SACHER 1986) stellen nur einen schmalen Ausschnitt aus dem breiten Einsatzgebiet dar.

Eines dieser Gebiete ist die Aufnahme und Dokumentation geologischer Aufschlüsse (GLASSER u. a. im Druck). Hierfür, wie auch bei den o. g. Arbeiten wird bevorzugt die UMK verwendet. Die Multispektralfotos können demzufolge auch metrisch ausgewertet werden, wodurch aufwendige Vermessungsarbeiten an den Objekten entfallen oder, die auf Grund schlechter Zugänglichkeit, konventionell gar nicht möglich wären. Die Fotos dienen dann nicht nur der thematischen Interpretation sondern sind zugleich Dokumentationsmittel. Die Anwendung des Verfahrens ist besonders dann sinnvoll, wenn temporäre Aufschlüsse nur sehr kurzzeitig zugänglich sind (z. B. Baugruben u. ä.) oder schnell für größere Gebiete Aussagen benötigt werden (z. B. Stoßkartierung in Braunkohlentagebauen). Außer den genannten Vorteilen können durch Einbeziehung des Ultraviolett- oder Infrarotbereiches auch Merkmale abgebildet werden, die bei

einer visuellen Ansprache nicht sichtbar sind.

#### 4. Schlußfolgerungen

Die bisherigen Ergebnisse bei der Anwendung der terrestrischen Multispektralfotografie beweisen die Vorteile der Methode für die Lösung der unterschiedlichsten, vor allem geowissenschaftlichen Aufgaben. Sollen nur kleinere Objekte fotografiert werden und keine metrischen Auswertungen erfolgen, ist die 6 x 6 cm Kamera ausreichend. Notwendige Voraussetzung ist allerdings die Erweiterung des Angebotes an Filmen mit einem breiteren Sensibilisierungsbereich im Infrarot (bis ca. 1 000 nm) in diesem Filmformat.

Erste Versuche mit einem 6 x 6 cm Infrarotfilm (I 750) zeigen bereits die deutlich verbesserte Interpretationsmöglichkeit dieser Fotos gegenüber den Kleinbildnegativen der gleichen Filmemulsion. Mögliche Anwendungsgebiete sind neben der Erfassung des Ist-Zustandes von Objekten auch die Überwachung von Veränderungen von Objekten, wie z. B. den Zustand von städtischen Grünflächen und Straßenbäumen.

Die Methode ist universell einsetzbar, sofern stoffliche Eigenschaften untersucht werden sollen, die fotografisch erfassbar sind. Die bekannten Bildverbesserungs- oder -auswerteverfahren sind für die terrestrischen Multispektralfotos ebenso wie für die multispektralen Luftbilder anwendbar.

#### Literatur

- ACKERL, F.: Infrarotphotogrammetrie. - In: Wiss. Zeitschr. TU Dresden. - Dresden - 8 (1958/59) 2, S. 285 ... 294
- GLASSER, C., H. WALDENBURGER u. R. Geowissenschaftliche Anwendung der terrestrischen Multispektralfotografie.
- GASSERT: Hall. Jahrbuch für Geowissenschaften, Halle, Bd. 14 (im Druck)
- JASKOLLA, F. u. U. Erfahrungen mit der terrestrischen Meßkammer Zeiß TMK 12. - In: Bildmessung und Luftbildwesen. - Karlsruhe. - 47 (1979) 5, S. 149 ... 155.
- MONZER:

- KROITZSCH, V. u. M.      Anwendung der Multispektraltechnik in  
FRUBRICH:                der terrestrischen Photogrammetrie. -  
                                 In: Vermessungstechnik. - Berlin 30  
                                 (1982) 10, S. 331 ... 333
- KROITZSCH, V. u. M.      Terrestrische Anwendung der Multispek-  
FRUBRICH:                tralphotographie am Beispiel Braunkoh-  
                                 le. - AdW, ZIPE Potsdam (1983), unver-  
                                 öff. Studie
- KUGLER, H. u. R.        Luftbildgestützte Erfassung landeskul-  
GASSERT:                turell wichtiger Landschaftselemente. -  
                                 Forschungsbericht, Univ. Halle (1985),  
                                 unveröff.
- KDHN, F.:                Variante einer Fotomeßkammer für ter-  
                                 restrische Multispektralaufnahmen. -  
                                 Vortrag gehalten auf der 2. Konferenz  
                                 Fernerkundung, Weimar (1982)
- LEGUTKE, N., M.        Multispektraltechnik zur rationellen  
SCHMIDT u. P.            Erfassung des Bauzustandes. Jenaer Rund-  
RUDOLPH:                schau, Berlin, 32 (1987) 4, S. 170 ...  
                                 171
- MEYER, R.:              Photogrammetrie in der Denkmalpflege. -  
                                 In: Fotografie. - Leipzig, 35 (1981) 1,  
                                 S. 33 ... 37
- RIEDEL, C.:             Untersuchungen zur bodengeographischen  
                                 Interpretation von multispektralen Luft-  
                                 bildern. - Diss. A, Univ. Halle (1981)
- SACHER, G.:             Einsatzmöglichkeiten der Multispektral-  
                                 technik in der Denkmalpflege. - In: Ver-  
                                 messungstechnik. - Berlin, 34 (1986) 1,  
                                 S. 13 ... 14
- SACHER, T.:             Untersuchungen zur Anwendung der ter-  
                                 restrischen Multispektraltechnik im  
                                 Braunkohlenbergbau. - Dipl.-Arbeit,  
                                 BA Freiberg, (1984) unveröff.
- SOMMER, D.:            Die Fotografie im Dienste der Archäolo-  
                                 gie. - Potsdam (1983)
- VILLWOCK, G.:         Untersuchungen zur Kennzeichnung der  
                                 standörtlichen Heterogenität landwirt-  
                                 schaftlicher Nutzflächen mit Methoden

- der Geofernerkundung. Diss. A, Univ. Halle (1983)
- VOGT, W.: Makropetrographischer Flözaufbau der rheinischen Braunkohle und Brikettiereigenschaften der Lithotypen. - In: Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf. - Krefeld, 29 (1981), S. 73 ... 93
- WALDENBURGER, H.: Analyse multispektraler Luftbilder zur Kennzeichnung städtischer Freiflächen. - Diss. A, Univ. Halle (1987)

Photographische Bildbearbeitung von Aufnahmen der kosmischen Fernerkundungssysteme KFA-1000 und SPOT

V. KRÖTZSCH

Akademie der Wissenschaften der DDR  
Zentralinstitut für Physik der Erde, Potsdam

Die Entwicklung neuer Fernerkundungssysteme ist ein langwieriger und kostspieliger Prozess. Erst die Nutzung der entwickelten Systeme zeigt, ob der Aufwand berechtigt war. In der Praxis entscheidet später das Verhältnis von Aufwand zu Nutzen, ob sich ein System bewährt. Während die Kosten in der Entwicklungsphase nur eine untergeordnete Rolle spielen, werden sie später für die breite Nutzenanwendung der entscheidende Faktor. Die wichtigsten Parameter zur Bewertung von FE-Daten sind:

- Qualität (Informationsgehalt)
- Aktualität
- Kosten

Dabei sind unter Kosten, nicht nur die Kosten für die Beschaffung der Daten, sondern auch die gegebenenfalls erforderlichen Aufbereitung zu beachten.

Gegenwärtig sind zwei neue Fernerkundungssysteme auf dem Weltmarkt, die mit verbesserten Eigenschaften auch neue Möglichkeiten für Forschung und Volkswirtschaft eröffnen.

System	KFA-1000	SPOT
Art	photographisch	Scanner
Aufzeichnung	Spektrozonalfilm	digital
Auflösung (Boden)	5-10 m	
Pixelgröße		10 und 30 m
Spektralbereiche	VIS, IR	Grün, Rot, IR
Kosten	gering	hoch

Die Systeme sind kaum miteinander vergleichbar; sie haben aber ähnliche Eigenschaften, zumal beide Informationen sowohl digital (Band) als auch analog (photogr. Film) geliefert werden können.

Die photographische Bildbearbeitung ist für photographisch aufgezeichnete Informationen das einfachste Verfahren zur Bereitstellung von Bildmaterial für die Kartographie und die thematische Interpretation.

Die Aufnahmen der KFA-1000 werden auf Spektrozonalfilm SN-10 aufgenommen und als (positive oder negative) Kopie auf Spektrozonalfilm geliefert. In der DDR sind DUF-Negative verfügbar. Durch die mehrfachen Farbkopierprozesse wird jedoch die Zuordnung Farbe/Spektralinformation diffizil. Es erscheint deshalb sinnvoll, Farbauszüge herzustellen und diese dann wie multispektrale Einzelbilder zu behandeln. Dieses Verfahren bietet mehrere Vorteile, so daß es durchaus sinnvoll erscheint, bereits bei der Auslieferung auf die Farbauszüge zu orientieren.

Kartenproduktion und -laufendhaltung mit Satellitenphotos  
Mapping and revision with satellite photographs  
Изготовление и обновление карт на основе спутниковых снимков

J. KRÄMER

VEB Kombinat Geodäsie und Kartographie  
Kartier- und Auswertezentrum Leipzig

Zusammenfassung

Seit 1976 produzieren wir aus kosmischen Photoaufnahmen photogrammetrische Endprodukte in den Maßstäben zwischen 1 : 500 000 und 1 : 50 000. In der letzten Zeit haben wir hochauflösende kosmische Aufnahmen erhalten, die mit der Kamera KFA-1000 mit einer Auflösung von 5 bis 10 m hergestellt wurden. Erste Erfahrungen zeigen, daß die Aufnahmen für die "Verkürzte Aktualisierung" von Karten in den Maßstäben 1 : 50 000 und 1 : 25 000 genutzt werden können.

Summary

Since 1976 we are producing from space photographs photogrammetric final-products at a scale between 1 : 500,000 and 1 : 50,000. In the last time we have got high resolution space photographs taken with the camera KFA-1000 with a resolution of 5 to 10 m. First experiences have shown that the photographs can be used for the "shortened updating" of maps 1 : 50,000 scale and 1 : 25,000 scale.

Резюме

Начиная с 1976 года мы производим на основе космических снимков фотограмметрическую продукцию в масштабах от М I : 500 000 до М I : 50 000. Недавно мы получили космические снимки с высоким разрешением. Они были сделаны камерой КФА-1000 с разрешением 5 - 10 м. Первый опыт показывает, что снимки можно использовать для "сокращенного обновления" для карты М I : 50 000 и М I : 25 000.

Bei den von uns in den letzten 10 Jahren praktisch ausgeführten Arbeiten mit kosmischen Photoaufnahmen zeigte es sich, daß sich für viele Aufgaben prinzipiell die in der Aerophotogrammetrie üblichen Ausrüstungen und Methoden eignen. Die Methoden sind die partielle Vergrößerung oder Entzerrung, die graphische photogrammetrische Stereokartierung und die digitale photogrammetrische Auswertung /1/.

Photogrammetrie und Fernerkundung, als verwandte Wissenschaften gesehen, liefern sehr oft ein photogrammetrisches oder kartographisches Endprodukt. Dies sind Kartenprodukte, wie Halbton-Photokarten oder thematische Strichkarten.

Als Hauptnutzer dieser speziellen Kartenprodukte aus kosmischen Photoaufnahmen treten vor allem die Wissenschaftszweige der Geologie, des Umweltschutzes und der Wasserwirtschaft, die Ökologie und die Territorialplanung auf.

Der Nutzerkreis an photographisch aufbereiteten Bildmaterialien von kosmischen Photo- oder Scanneraufnahmen ist wesentlich breiter und größer. Zur schnellen Auswahl und Aufbereitung der seit 1976 im Kartier- und Auswertezentrum Leipzig des VEB Kombinat Geodäsie und Kartographie im großen Umfang eingegangenen kosmischen Materialien und Informationen wurde deshalb ein automatisiertes Informationsrecherchesystem erarbeitet, das mittels eines Bürocomputers A 5120 betrieben wird und Informationen über verfügbare kosmische Aufnahmen bereitstellt.

Von der Sowjetunion erhalten wir die kosmischen Photos in einem akzeptablen Zeitraum bei akzeptablen Kosten für unsere Nutzergemeinschaft. Die Scanneraufnahmen der METEOR-Systeme werden uns kostenlos bereitgestellt und von uns für die Nutzer entsprechend aufbereitet /2/.

In den weiteren Ausführungen soll jedoch nur auf die Verwendung von kosmischen Photoaufnahmen eingegangen werden.

Bis vor kurzem hatten wir den Fakt zu berücksichtigen, daß die Auflösung von Satellitenbilddaten für die Kartierung oder Laufendhaltung von topographischen Karten im Maßstab 1 : 25 000 unzureichend war. Seit 1987 haben wir nun hochauflösende sowjetische kosmische Photos von der Kamera KFA-1000 erhalten, und diese sind Gegenstand vielfältiger theoretischer und praktischer

Untersuchungen in der Photogrammetrie geworden.

Somit stehen uns neue kosmische Photoaufnahmen der verschiedensten Bildmaßstäbe von 1 : 2,5 Mio bis 1 : 200 000 mit 1 bis 6 Spektralbereichen und mit einer Geländeauflösung von 50 m bis 5 m zur Verfügung. Dabei ist besonders zu erwähnen, daß fast alle Bildmaterialien das Territorium der DDR jeweils zu 100 % überdecken und auf Grund ihrer mehr als 60 % Längsüberdeckung auch stereoskopisch auswertbar sind.

Die technischen Daten sind:

Typ des Raumfahrzeuges	SOJUS 22/ SALUT	SALUT	KOSMOS (unbe- mannt)	KOSMOS (unbe- mannt)
Kamera	MKF-6 M	KATE-140	KATE-200	KFA-1000
Bildformat (mm)	55 x 81	180 x 180	180 x 180	300 x 300
Kammerkonstante (mm)	125	140	200	1.000
Spektralbereiche	6	1	3	1
Kanäle (nm)	460-520 520-560 580-620 640-680 700-740 790-900	Schwarz/Weiß Falschfarbfilm 500-700	500-600 600-700 700-900	Falschfarbfilm 570-670 670-800
Bildmaßstab 1 :	2.500.000	1.500.000	1.000.000	270.000
Geländeauf- lösung (m)	10 bis 15	50	15 bis 30	5 bis 10

Auf Grund ihrer geometrischen Eigenschaften eignen sich die kosmischen Photos der MKF-6 oder der KFA-1000 vor allem für die Grundrißkartierung und weniger für die Höhenauswertung.

Seit 1978 haben wir aus kosmischen Photoaufnahmen hauptsächlich Photokarten in den Maßstäben zwischen 1 : 50 000 und 1 : 500 000 für eine Fläche von ca. 75 000 km<sup>2</sup> hergestellt. Photokarten besitzen einen hohen Informationsgehalt, der den differenzierten Nutzerbedürfnissen entsprechend mit Elementen der traditionellen Strichkarte und mit kartographischen Symbolen ergänzt werden kann. Diese Karten sind mit einem Gitternetz, einem Kartenrahmen und einer Randausstattung versehen.



Für eine kosmische Photokarte 1 : 200 000 wird nur ein Ausschnitt der kosmischen Aufnahme verwendet. So wurden zum Beispiel bei einem Kartenformat 50 cm x 50 cm nur ein Bildausschnitt von etwa 4 cm x 4 cm einer MKF-6-Aufnahme oder etwa 10 cm x 10 cm einer KATE-200-Aufnahme genutzt.

Für die partielle Vergrößerung oder Entzerrung hat sich das Entzerrungsgerät RECTIMAT C ausgezeichnet bewährt, welches mit einer Zusatzeinrichtung speziell für die Verarbeitung von MKF-6-Aufnahmen ausgerüstet ist. Es ist ein Entzerrungsgerät der neuen Generation für Farb- und Schwarzweiß-Aufnahmen. Das hohe Auflösungsvermögen und der große Vergrößerungsbereich von 0,85 ... 8,0 oder von 3,0- bis 18,0fach erlauben die Verarbeitung von Meßbildern verschiedenster Aufnahmesysteme und bis zu einem maximalen Bildformat von 30 cm x 30 cm. Diese Leistungsparameter entsprechen sowohl den Anforderungen der Photogrammetrie wie auch der Fernerkundung der Erde. Als Entzerrungsgrundlage erwiesen sich Flußlinienelemente aus der Karte besser geeignet als einzelne Kartenpaßpunkte.

Für die Differentialentzerrung hat sich das TOPOCART D - ORTHOPHOT E bewährt.

Interpretationsgerechte Farbmischbilder von multispektralen Photos der Multispektralkameras MKF-6 und der KATE-200 werden routinemäßig am Multispektralprojektor MSP-4 mit konstanter 5facher Vergrößerung oder auch nach einer speziellen Methode am Entzerrungsgerät RECTIMAT C im vollen Vergrößerungsbereich auf Farbfilm hergestellt /3/.

Die graphische photogrammetrische Stereoauswertung der Photos von den kosmischen Kameras MKF-6 oder der Typen KATE in den Maßstäben 1 : 1 Mio, 1 : 2 Mio oder 1 : 2,5 Mio für die Kartenmaßstäbe 1 : 100 000 und 1 : 200 000 kann am Präzisionsstereoauswertegerät STEREDMETROGRAPH G ausgeführt werden. Von den 6 Spektralbereichen der kosmischen Kamera MKF-6 erwiesen sich für die meisten Objektkategorien der komplexen thematischen Kartierung im Maßstab 1 : 200 000 der Kanal 4 (von 640 bis 680 nm) und der Kanal 6 (von 790 bis 900 nm) als am besten interpretierbar.

Die MKF-6-Aufnahmen können dabei in der Originalgröße oder 2,4fach vergrößert in das Gerät eingelegt werden. Die absolute Orientierung der Bildmodelle erfolgt partiell mit Hilfe von Kartenpaßpunkten. Die stereoskopische Auswertung der darzustellenden Kartenelemente erfolgt in partiellen Abschnitten und durch linienweise Gravur auf einer Gravurfolie direkt am angeschlossenen Digitalzeichentisch DZT 90 x 120. Mit dieser Technologie ist es möglich, die photogrammetrische Auswertung direkt mit den vorhandenen Karten zu vergleichen und die verschiedensten Kartenelemente auf getrennten Gravurfolien darzustellen.

Für die digitale photogrammetrische Auswertung der kosmischen Photoaufnahmen kann der Präzisionsstereokomparator STECOMETER C eingesetzt werden. Die bei der digitalen photogrammetrischen Auswertung gemessenen Bildkoordinaten einzelner Punkte werden in maschinenlesbarer Form registriert und anschließend an einer Rechenanlage mit dem Blocktriangulationsprogramm SAMT verarbeitet. Auch hier werden Kartenpaßpunkte aus vorhandenen topographischen Karten des Maßstabes 1 : 25 000 oder 1 : 10 000 eingeführt, wobei sich Straßenkreuzungen als Kartenpaßpunkte gut eignen. Bei der STECOMETER-Messung für ein Bildpaar der kosmischen Kamera MKF-6 M wurde zum Beispiel ein mittlerer Lagefehler von  $\pm 32,5$  m oder  $\pm 16$   $\mu$ m im Originalbild erreicht. Die Ergebnisse werden im off-line-Betrieb am Digitalzeichentisch DZT 90 x 120 in gewohnter kartographischer Form dargestellt /4/.

In der letzten Zeit haben wir hochauflösende kosmische Spektrozonalfilm-Aufnahmen erhalten, die mit der Kamera KFA-1000 in den Jahren 1985, 1986 und 1987 von unserem Territorium aufgenommen wurden. Diese Aufnahmen haben einen Bildmaßstab von ca. 1 : 270 000, eine Kammerkonstante von 1 000 mm, ein Bildformat von 30 cm x 30 cm und eine Auflösung von 5 bis 10 m. Seit Jahren wünschen sich die Photogrammeter und Kartographen nach der internationalen Fachliteratur einen kosmischen Sensor mit einer Geländeauflösung von 5 m. Jetzt haben wir diese Materialien.

Wir gehen in der DDR davon aus, daß bei der photogrammetrischen Kartierung  $\pm 0,35$  mm für gut definierte topographische Punkte erreicht werden müssen, um die  $\pm 0,5$  mm Genauigkeit in der Karte

zu sichern. Dies entspricht  $\pm 8,75$  m bzw.  $\pm 12,5$  m für die topographische Karte 1 : 25 000.

Viele Kartennutzer verlangen aktuelle topographische Daten und zunehmender die Möglichkeit, diese in kürzester Frist herzustellen. Die Hauptaufgabe, die wir beim Zusammentreffen der hochauflösenden kosmischen Aufnahmen mit den vorhandenen Karten im Maßstab 1 : 25 000 sehen, ist die "Verkürzte Aktualisierung". Erste Erfahrungen zeigen, daß die hochauflösenden kosmischen Aufnahmen der Kamera KFA-1000 für die Aktualisierung von Karten im Maßstab 1 : 25 000 bei Nutzung der konventionellen photogrammetrischen Technik, wie das Kartenergänzungsgerät KARTOFLEX und das Präzisionsstereokartiergerät STEREO-METROGRAPH G oder das Gerätesystem TOPOCART D, eingesetzt werden können.

Das Kartenergänzungsgerät KARTOFLEX (Abb. 1) ist u. a. universell für die Laufendhaltung von Karten beliebiger Maßstäbe einsetzbar. Die Ausgangsmaterialien sind hauptsächlich Luftbildpaare und Kosmosphotos, unabhängig von der Aufnahmebrennweite mit einem maximalen Format von 30 cm x 30 cm. Die erweiterte Ausführung des Gerätes ist zur Lösung der

- Korrektur von affinen und perspektiven Verzerrungen, die zwischen Bildvorlage und Karte auftreten, mittels Mikrorechner,
- schnellen Zuordnung von Bild und Karte mit Hilfe eines Orientierungsprogrammes und
- der Digitalisierung von Karten- und Bildpunkten

ausgerüstet. Die Betrachtungsvergrößerung am KARTOFLEX ist für die Bilder von 2,4- bis 12fach und für die Karte von 0,8- bis 4fach kontinuierlich einstellbar.

Beim Einsatz des KARTOFLEX für die "Verkürzte Aktualisierung" von Karten in den Maßstäben 1 : 50 000 oder 1 : 25 000 erfolgt die Zuordnung des kosmischen Photomodells der Kamera KFA-1000 zur vorhandenen topographischen Karte partiell mit Hilfe von jeweils 3 bis 5 Kartenpaßpunkten. Die Interpretation der neuen darzustellenden Kartenelemente erfolgt in partiellen Abschnitten mit einer maximalen Fläche von 5 bis 8 cm<sup>2</sup> in der Karte

1 : 25 000. Dies entspricht einer Fläche von 4 bis 7 mm<sup>2</sup> in den Originalbildern im Maßstab 1 : 270 000.

Für großflächigere Gebiete, zum Beispiel für Neubaugebiete von etwa 100 cm<sup>2</sup> im Kartenmaßstab 1 : 25 000, kann die photogrammetrische Stereoauswertung der hochauflösenden kosmischen Photos im Maßstab 1 : 270 000 am Stereoauswertegerät STEREDMETROGRAPH G oder am Gerätesystem TOPOCART D (Abb. 2) mit Modellkorrektor effektiv ausgeführt werden. Die absolute Orientierung der Bildmodelle erfolgt partiell mit Hilfe von 6 Kartenpaßpunkten. Die affine stereoskopische Auswertung der darzustellenden neuen Kartenelemente wird in partiellen Abschnitten und durch linienweise Gravur auf einer Gravurfolie direkt am rechnergestützten Stereokartiersystem DZI 90 x 120 / RGS ausgeführt.

Die Kombination der photogrammetrischen Kartierungen mit dem Kartenergänzungsgerät KARTOFLEX oder mit dem STEREDMETROGRAPH bzw. mit dem TOPOCART aus den hochauflösenden kosmischen Photoaufnahmen kann nun mit anderen Bezugsinformationen für die "Verkürzte Aktualisierung" genutzt werden. Die maximal ein Jahr alten neuen topographischen Informationen aus den kosmischen Photoaufnahmen auf der kombinierten Auswertefolie können farbig in die vorhandene Karte 1 : 25 000 einkopiert oder als Deckfolie bereitgestellt werden (Abb. 3.1., 3.2., 3.3.). Dies ist eine sehr effektive Methode.

Der Informationsgehalt dieser hochauflösenden kosmischen Aufnahmen ist bei Verwendung der entsprechenden photogrammetrischen Auswertetechnik höher als er bei den ersten Versuchen erscheint. Jedoch bedarf die optimale Erschließung der Möglichkeiten weiterer Erkenntnisse und verbesserter Methoden der Objektansprache in diesem Bildmaßstab 1 : 270 000 und im Kartenmaßstab 1 : 25 000.

So zeigten die ersten Versuche mit dem KARTOFLEX, daß fast alle Gebäude überwiegend in nördlicher Richtung zu breit ausgewertet wurden, da die Schatten der Gebäude nicht eindeutig vom Gebäude getrennt werden konnten. Kleine, dicht beieinanderstehende Gebäude mit einem Abstand von weniger als 10 m wurden als ein Gebäude dargestellt. Oder bei großen Gebäudefronten wurden Zwischenräume bis zu 15 m teils nicht als Zwischenräume erkannt.

Von etwa 100 Gebäuden eines Neubaugebietes wurden 15 kleine und niedrige Gebäude im Ausmaß von 10 m x 20 m und eine flache Kaufhalle ohne eine vergleichende Interpretation im Gelände nicht als solche ausgewertet.

Die Stereokartierung der hochauflösenden kosmischen Aufnahmen am STEROMETROGRAPH bzw. am TOPOCART zeigte ein besseres Ergebnis. Aus einem Streckenvergleich der Stereoauswertung 1 : 25 000 mit KFA-1000-Aufnahmen und einer Stereoauswertung 1 : 2 000 aus Luftbildern ergab sich ein mittlerer Streckenfehler  $m_s = \pm 13$  m, der einem Streckenfehler von  $\pm 0,5$  mm in der Karte 1 : 25 000 entspricht.

Aus den bisherigen Ergebnissen ist ersichtlich, daß bei der Verwendung von hochauflösenden kosmischen Photoaufnahmen für die "Verkürzte Aktualisierung" der Karte 1 : 25 000 die gleichen bewährten Methoden der vergleichenden Interpretation am Geländeobjekt wie bei der Laufendhaltung der topographischen Karte 1 : 10 000 mittels Luftbildern angewendet werden müssen, um eine hohe Vollständigkeit und Genauigkeit zu erzielen. Weiterhin kann jetzt schon festgestellt werden, daß beim Einsatz von analytischen Stereokartiersystemen durch die Berücksichtigung definierbarer systematischer Fehlereinflüsse eine Erhöhung der Genauigkeit erreicht werden kann /5/.

## Literatur:

- /1/ Krämer, J.: Bereitstellung von kosmischen Bildern und Erzeugnissen durch den VEB Kombinat Geodäsie und Kartographie. Vermessungstechnik, Berlin 30 (1982) 4, S. 119-123.
- /2/ Krämer, J.: Photogrammetrische Aufbereitung von Scanneraufnahmen. - Sammelband von Arbeiten zu Ergebnissen der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit zwischen der UdSSR und der DDR 1980 - 1985. Meteorologischer Dienst der DDR (1987).
- /3/ Kühne, C.; Rank, H.; Rulf, J.: Herstellung von Farbmischbildern mit dem Entzerrungsgerät RECTIMAT C. Jenaer Rundschau 32 (1987) 4, S. 167-169.
- /4/ Krämer, J.: Die Rolle der Fernerkundung in Geodäsie und Kartographie. Technisch-ökonomische Information der zivilen Luftfahrt, Berlin 21 (1985) 6, S. 223-225.
- /5/ Agapov, S. V.; Kiselev, V. V.; Kuznecova, Sh. E.: Stand und Möglichkeiten der kosmischen Photogrammetrie. Izvest. vyssh. uchebn. Zavedenijj, Geod. i Aerofotos' jamka. Moskva 30 (1986) 1, S. 82-86.

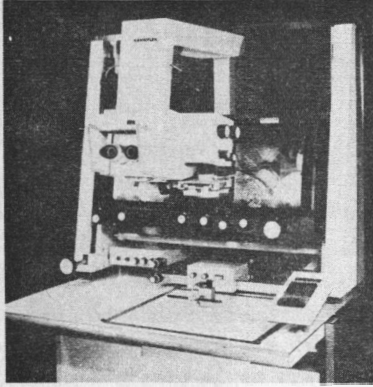


Abb. 1: Kartenergänzungsgerät KARTOFLEX

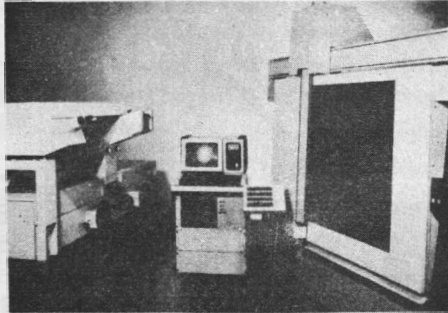


Abb. 2: Stereokartiergerät TOPOCART D mit angeschlossenem  
rechnergestütztem Kartiersystem OZT 90 x 120 / RGS

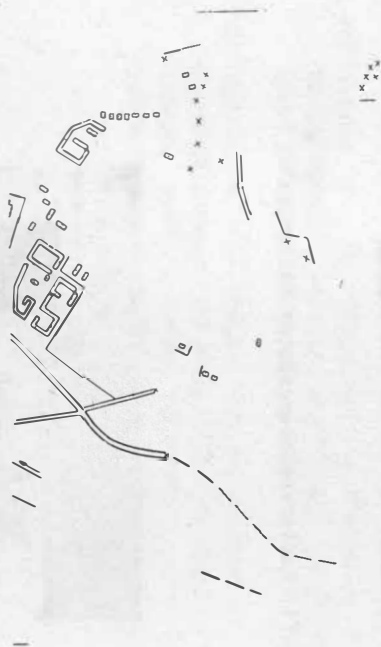


**Abb. 3.1.:**  
Vorhandene topographische Karte

Stand der Unterlagen:  
1980

(1980)

P47/88 DOI: <https://doi.org/10.2312/zipe.1989.106.01>  
Topographische Karte 1 : 25 000



**Abb. 3.2.:**  
Neue topographische Information  
aus den hochauflösenden kosmischen  
Fotoaufnahmen (1986)



**Abb. 3.3.:** "Verkürzte Aktualisierung"  
(Kombination 3.1. und 3.2.)

Stand der Unterlagen:  
1 : 1980

Ergänzt mit Kosmischen Aufnahmen  
vom August 1986

LFB 12/88



Laufendhaltung topographischer Karten mit analogen und digitalen Verfahren

---

Dr.-Ing. W. GILLEGEN, Dipl.-Ing. R. SCHMIDT

Militärtopographischer Dienst der Nationalen Volksarmee

Zusammenfassung

In einem ersten Teil wird die Technologie der Laufendhaltung topographischer Karten 1:50 000 auf der Grundlage kosmischer Bilder 1:270 000 unter Einsatz des "KARTOFLEX" erläutert. Dabei gesammelte Erfahrungen werden dargelegt.

Die Nutzung von Methoden der digitalen Bildverarbeitung zur Laufendhaltung topographischer Karten, insbesondere zur Redigierung von Punkt- und Linienobjekten, ist Gegenstand des zweiten Teils. Dargelegt werden die dabei angewendete Technologie sowie die im Ergebnis einer ersten Erprobung erzielten Erkenntnisse.

Резюме

В первой части представляются технологии обновления топографических карт масштаба 1:50 000 на основе космических снимков масштаба 1:270 000 с применением прибора "КАРТОФЛЕКС", а также накопленный при этом опыт.

Предметом второй части является применение методов цифровой обработки изображений, а особенно точечных и линейных объектов, в целях обновления топографических карт. Объясняют применяемому при этом технологии, а также результаты предварительного испытания.

Summary

In a first part the technique of revising topographic maps 1 : 50 000 on the basis of pictures 1 : 270 000 taken from the cosmos and using the "Kartoflex" system is described. Experience gained in the process is also explained.

The second part deals with the use of methods of digital picture processing for the revision of topographic maps, especially for the redaction of point and line objects. An explanation is given on the applied technique and on the results obtained during a first test.

Die Fernerkundung der Erde mit aerokosmischen Mitteln, vor allem die Fortschritte in der Weltraumfotografie haben dazu geführt, daß sie heute auch aus dem Prozeß der Kartenherstellung und -laufendhaltung nicht mehr wegzudenken ist und an Bedeutung, vor allem unter zeitlichen und ökonomischen Aspekten, weiter gewinnt.

Seit es auf der Welt Karten gibt, steht auch die Frage nach ihrer Aktualität und damit die Frage nach ihrer Laufendhaltung. Die Methoden und Zeiträume der Laufendhaltung sind international gesehen sehr unterschiedlich, abhängig von den jeweiligen nationalen Bedingungen, Erfordernissen und Möglichkeiten, dem vorhandenen Gerätepark u.a.

In unserer Republik hat die Laufendhaltung topographischer Karten (TK) entwicklungsmäßig eine langjährige Tradition. Sie erfolgt bisher nach analogen Verfahren auf der Grundlage einer ausgereiften Technologie. Diese basiert auf der Laufendhaltung der TK 1:10 000 nach Luftbildern in den Maßstäben 1:12 500 bis 1:27 000. Dabei dienen die Luftbilder zur Gewinnung der geometrischen und teilweise der semantischen Informationen.

Bestens bewährt als eines der wenigen Spezialgeräte für die Laufendhaltung von Karten hat sich in den letzten Jahren das Kartenergänzungsgerät "KARTOFLEX", das auf vorangegangenen Fachtagungen schon mehrfach vorgestellt wurde und ab 1989 in einer weiterentwickelten Ausführung auf den Markt kommt.

Eine neue Situation auf dem Gebiet der Aktualisierung von Karten - ob topographische oder thematische - hat sich nunmehr mit der Verfügbarkeit über kosmische Bilder im Maßstab von ca. 1:250 000 mit einem Bodenaufklärungsvermögen von 5 bis 10 Metern ergeben.

Im weiteren erfolgen einige Darlegungen zur Technologie der Laufendhaltung TK auf der Grundlage dieser Bilder bei Einsatz des "KARTOFLEX" und zu den dabei gesammelten Erfahrungen sowie zu Ergebnissen erster Versuche der Nutzung von Verfahren der digitalen Bildverarbeitung zur Laufendhaltung TK.

## I.

Wir nutzen die kosmischen Bilder vorrangig zur Laufendhaltung TK im Maßstab 1:50 000, teilweise aber auch 1:25 000 (hier nur für einzelne Objekte). Dabei arbeiten wir in der Regel nach folgender Kurztechnologie (siehe Abbildung 1):

## 1. Einschätzung des Ausgangs- und Zusatzmaterials

Es erfolgt eine Einschätzung der Art des Bildmaterials, des Bildmaßstabes, der fotografischen Qualität und des Auflösungsvermögens, der Art und Aktualität der laufendzuhaltenden Karte, der Verwendbarkeit zusätzlichen Informationsmaterials usw.

## 2. Visueller Vergleich topographische Karte - kosmisches Bild (Grob- auswertung)

Dieser technologische Schritt erfolgt in Vorbereitung der Feinauswertung. Dabei wird das gesamte Kartenblatt systematisch durch Vergleich mit dem kosmischen Bild auf Veränderungen abgesucht - im Komplex, elementebezogen oder nach thematischen Sachverhalten. Festgestellte Gebiete mit Veränderungen der topographischen Situation werden mit Bleistift auf der laufendzuhaltenden Karte kenntlich gemacht und am Rand erfolgt ein Vermerk über die Art der Veränderungen. Genutzt werden für diese Arbeit Lupen mit verschiedener Vergrößerung, das "Interpretoskop" oder das "Foto-pret".

Dieser visuelle Vergleich, der einer Grobauswertung des kosmischen Bildes gleichkommt, erlaubt eine Einschätzung des Umfangs der Veränderungen und die Festlegung der weiteren technologischen Schritte, vor allem hinsichtlich der Aufbereitung des Bildmaterials, sowie die Normierung der Arbeiten. Gleichzeitig wird eine glasklare Folie als Laufendhaltungsfolie von der Größe des Kartenblattes vorbereitet und mit der Nomenklatur und den Blattecken der laufendzuhaltenden Karte versehen.

## 3. Aufbereitung des Bildmaterials

Wenn möglich, sollten dem Auswerter für die Detailinter-

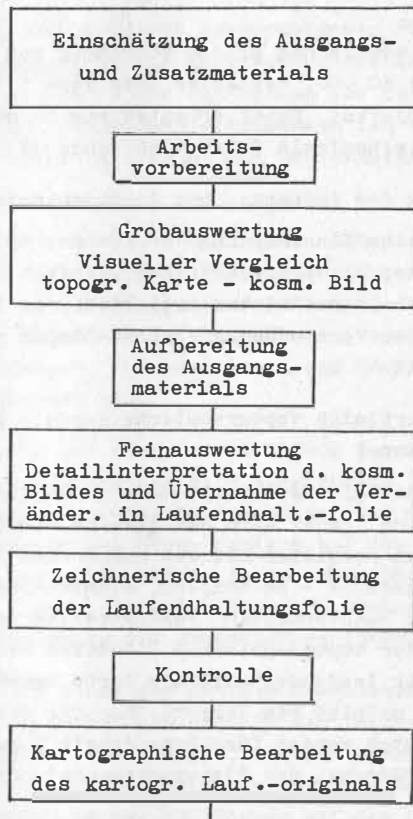


Abbildung 1  
Kurztechnologie der Laufendhaltung topographischer Karten nach kosmischen Bildern

pretation Diapositive vom Originalbildmaterial auf Film und Vergrößerungen auf Fotopapier zur Verfügung gestellt werden.

#### 4. Detailinterpretation

Die Detailinterpretation, d.h. die Feinauswertung zum Zwecke der Laufendhaltung erfolgt mit dem "KARTOFLEX" unter Nutzung all seiner technischen Möglichkeiten. Dazu wird das kosmische Bild in einem Bildträger befestigt und an Hand von identischen Konturen mittels der Einstellelemente des Gerätes partiell auf die Karte eingepaßt. Zur Erhöhung der Genauigkeit lassen sich Verzerrungen zwischen Bild und Karte näherungsweise mit Hilfe der optischen Korrekturvorrichtung kompensieren. Danach wird die vorbereitete Laufendhaltungsfolie auf der Karte eingepaßt. Nunmehr wird die Detailauswertung in den während der Grobauswertung markierten Gebieten mit Veränderungen vorgenommen. Die Interpretationsergebnisse, d.h. alle Veränderungen werden mit der Meß- und Zeichenvorrichtung des Gerätes in Blei direkt aus dem Luft- oder kosmischen Bild auf die Folie übernommen.

#### 5. Zeichnerische und kartographische Bearbeitung

Nach dem das Kartenblatt vollständig bearbeitet wurde, erfolgt die Auszeichnung der Veränderungen entsprechend der gültigen Zeichenvorschrift mit folienanlösender Tusche. Nach einer Kontrolldurchsicht, die sich vor allem auf die vollständige Erfassung aller Veränderungen und deren richtige Darstellung konzentriert, wird die Laufendhaltungsfolie zur weiteren kartographischen Bearbeitung übergeben. Sie dient dabei als Redaktionsvorlage für die Bearbeitung des kartographischen Laufendhaltungsoriginals.

#### Ergebnisse und Erfahrungen:

Die hohe fotografische Qualität der sowjetischen "großmaßstäbigen" kosmischen Bilder und das "KARTOFLEX" erlauben die Laufendhaltung der topographischen Karte 1:50 000 in all ihren Elementen und mit der erforderlichen Genauigkeit.

Als äußerst günstig und vorteilhaft erweisen sich

- die Möglichkeit der gemeinsamen Betrachtung von Bild und laufendzuhaltender Karte in Überlagerung als Mischbild, so daß Veränderungen der topographischen Situation sofort feststellbar sind,
- die stufenlose Variation der Betrachtungsvergrößerung,
- die instrumentelle Beseitigung von Differenzen zwischen Bild und Karte,
- die unmittelbare Übernahme der Veränderungen mittels Zeichenvorrichtung,

um nur einige wichtige Vorteile des "KARTOFLEX" zu nennen, so daß insgesamt durch die Vereinigung von Interpretation und Kartierung eine verbesserte Detaillierbarkeit und eine Genauigkeitssteigerung erzielt werden.

## II.

Digitale Verfahren zur Laufendhaltung topographischer Karten werden gegenwärtig nur in wenigen Ländern, und dort in der Regel von Forschungsinstituten oder Universitäten erarbeitet und erprobt. Der Produktionseinsatz befindet sich in Vorbereitung oder erfolgt zunächst nur in ausgewählten Testgebieten.

Von besonderer Bedeutung ist dabei die Digitalisierung der graphischen und bildhaften Vorlagen, d.h. der TK und der Luft- bzw. kosmischen Bilder.

Als stimulierender Faktor bei der Nutzung digitaler Verfahren zur Laufendhaltung wirkt die Möglichkeit des Einsatzes von Methoden der digitalen Bildverarbeitung, wie sie in der Fernerkundung der Erde gebräuchlich sind.

Dazu zählen Filterungen in verschiedenen Stufen und Arten, Kantenverstärkungen, logische Operationen u.a.

Von welchen Möglichkeiten der Erprobung und schrittweisen Einführung digitaler Verfahren der Laufendhaltung können wir in unserer Republik ausgehen?

Ausgangspunkt sind für uns das Vorhandensein eines Bildverarbeitungssystems mit automatisierter und manueller Bild-

digitalisierung, die Möglichkeit der Kontrolle des Verlaufs und der Ergebnisse der Datenmanipulation am Farbbildschirm und die automatisierte graphische Ausgabe.

Bei den im Rahmen einer Dissertation durchgeführten Untersuchungen zur Redigierung von Punkt- und Linienobjekten wurde in der DDR vorhandene Rasterscannertechnik in Verbindung mit digitaler Bildverarbeitungstechnik genutzt und nach folgender Technologie gearbeitet:

- Scannen der Originalfolien der Elemente der TK und Speicherung der Informationen.
- Herstellung des Tilgungsdeckers und der Veränderungsfolien. Die Digitalisierung der linienhaften Objekte der Elemente der TK kann sehr vorteilhaft mittels Kartenergänzungsgerät unter Nutzung der V24-Schnittstelle oder mit einem HDG erfolgen.  
Die übrigen Objekte werden entweder aus dem Luft- oder kosmischen Bild - was bedeutend schwieriger ist - oder mittels Bildschirmarbeit auf der Grundlage von generierten Kartenzeichen erzeugt.  
Unter Berücksichtigung der Faktoren Zeit und Genauigkeit ist die Erzeugung der Objekte direkt vom Bild - da genau positioniert - vorzuziehen.  
Die Gewinnung der Information mittels Bildschirmarbeit setzt das Anfertigen einer Skizze und die Eingabe über ein graphisches Tablett voraus.  
Durch eine arithmetische Operation werden die Objekte elementebezogen summiert.
- Die Objektbeschriftung wird mit der Eingabe der Objekte vorgenommen. Das erfolgt in der Regel durch Abrufen der entsprechenden Buchstaben bzw. Buchstabengruppen aus dem im Rechner generierten Schriftvorrat und Positionierung mittels Bildschirm.
- Die Schriften werden plaziert bearbeitet, digitalisiert und im Speicher deponiert. Die Zuordnung der Schriften entsprechend dem Element der TK wird durch eine arithmetische Operation vorgenommen.

- Die so gewonnene aktuelle Information wird elementebezogen und farbgetrennt am Bildschirm mit der Originalinformation verglichen (bei einer Bildverschiebung um 1-2 Pixel). Im Ergebnis einer logischen Operation "entweder-oder", bei Priorität der aktuellen Information, entsteht das Ur- oder Rohbild des Laufendhaltungsoriginals des entsprechenden Elements der TK.
- Die interaktive Bereinigung technischer Fehler und von Positionierfehlern der alten und der aktuellen Information und damit die Kontrolle des neuen Kartenbildes am Farbbildschirm schließen die rechnergestützte Manipulation ab.
- Die graphische Ausgabe ist der abschließende technologische Schritt, wobei diese z.Zt. noch variantenarm und kartographisch nicht relevant ist.

Die Nutzung digitaler Verfahren schafft bei ihrer schrittweisen Einführung unter Beachtung des technischen Fortschritts große Möglichkeiten zur

- Laufendhaltung bzw. Erneuerung der topographischen und thematischen Karten,
- Schaffung des Vorlaufes bei der Digitalisierung von geodätischen und kartographischen Informationen für die Bearbeitung in einem Automatisierten Kartographischen System.

Im Ergebnis einer ersten Erprobung der Nutzung digitaler Verfahren der Bildverarbeitung für die Laufendhaltung topographischer Karten wurden folgende Erkenntnisse erlangt:

- die in der bisherigen Praxis verwendeten Kartenzeichen und Symbole können in vorhandenen Anlagen generiert werden;
- die Programme der Bildverarbeitung gestatten eine Manipulation mit den Kartenzeichen;
- die Positioniergenauigkeit beträgt einen halben Bildpunkt;
- für kartographische Zwecke ist ein Scanner für 12-16 Farben ausreichend; bei Bearbeitung von Halbtonvorlagen ist eine Auflösung von 25  $\mu\text{m}$  erforderlich.



Möglichkeiten zur Nutzung von Fernerkundungsdaten für einen Nationalatlas

E. BENEDICT ·  
R. KRONERT ·

Akademie der Wissenschaften der DDR  
Institut für Geographie und Geoökologie

Zusammenfassung

Nationalatlanten sind wissenschaftliche Standardwerke über Zustand und Entwicklung naturbedingter sowie sozio-ökonomischer territorialer Strukturen von Staatsgebieten. Für einen neuen Nationalatlas der DDR sollen Luft- und Satellitenbilder als Anschauungsmittel sowie zur Informationsgewinnung innerhalb von Themenkomplexen genutzt werden. Dies wird an Beispielen erläutert.

Резюме

Возможности использования данных дистанционного зондирования для национального атласа

Национальные атласы являются научными стандартными произведениями о состоянии и развитии природных, природно-технических и социально-экономических структур территории государств. Предусмотрено использование данных дистанционного зондирования материалами наглядения и информации внутри тематических комплексов в новом национальном атласе ГДР. Авторы объясняют это на примерах.

Summary

Application of Remote Sensing Data in a National Atlas

National atlases are scientific works on the state and development of the natural and socio-economic spatial structures of states. It is planned to use airphotos and satellite imagery both as means of demonstration and information within thematic complexes in the production of a new national atlas of the GDR. This is shown by examples.

Von der Akademie der Wissenschaften der DDR wird in Zusammenarbeit mit dem Kombinat Geodäsie und Kartographie und vielen wissenschaftlichen Institutionen und staatlichen Einrichtungen das Projekt für einen neuen Nationalatlas der DDR vorbereitet.

Nationalatlanten sind wissenschaftliche Standardwerke über Zustand und Entwicklung naturbedingter und sozial-ökonomischer territorialer Strukturen von Staatsgebieten. Im Zeitalter der kosmischen Erdfernerkundung sind sie die am besten geeignete Form für eine erforderliche autorisierte Selbstdarstellung der Staatsterritorien. Ihre wesentliche Funktionen sind:

1. Informations- und Erkenntnismittel über grundlegende territoriale Strukturen und Prozesse für die Leitung und Planung der Volkswirtschaft und für die Wissenschaft
2. wissenschaftliches Bildungs- und nationales Repräsentationsmittel für die internationale Öffentlichkeit
3. thematische Landeskartierung im kleinen Maßstab.

Von besonderem Wert ist die jederzeit gegebene Zugänglichkeit dieses Informations- und heuristischen Forschungsmittels.

In der Entwicklung der Nationalatlanten zeichnen sich international drei Hauptrichtungen aus:

1. Nationalatlanten erscheinen weiterhin in großer Anzahl, dabei ist der Anteil der Entwicklungsländer an der Herausgabe dieser Atlanten deutlich gewachsen.
2. Nationalatlanten gehen zunehmend durch problemorientierte Themenauswahl und -bearbeitung auf Anforderung der gesellschaftlichen Praxis ein.
3. Für die Herstellung und Bearbeitung von Nationalatlanten gewinnen Nutzung und spezifische Weiterentwicklung geographischer Informationssysteme, automatisierter kartographischer Systeme und der Geofernerkundung entscheidende Bedeutung.

Seit langem werden Luft- und Satellitenbilder für die thematische Kartierung verwendet. In Nationalatlanten widerspiegelt sich das bisher wenig; in Regionalatlanten sind sie dagegen z.T. schon eingegangen. Häufiger sind bereits spezielle

Satellitenbildatlanten und Luftbildbände. Überschaubar man die bisher vorliegenden Satellitenbildatlanten, so lassen sich mehrere Typen erkennen:

1. Abbildung von Satellitenbildern ohne Interpretation
2. Abbildung von Satellitenbildern mit textlicher Beschreibung
3. Abbildung thematisch geordneter Satellitenbilder und Gegenüberstellung mit thematischen Karten, die aber nur teilweise aus den Aufnahmen abgeleitet sind
4. Methodische Interpretationsatlanten, die an Beispielen den Informationsgehalt von Einzelbildern erschließen und die Interpretationsergebnisse u. a. in Karten abbilden.

Daß teilweise anstelle von Satellitenbildern Satellitenbildkarten verwendet werden, sei nur am Rande vermerkt. Die verwendeten Bildmaßstäbe sind von den Aufnahmeparametern abhängig. Die jüngsten Systeme (SPOT; KFA-1000) ermöglichen Auswertung bis 1 : 50 000. In der Regel sind die vorliegenden Atlanten mit LANDSAT-MSS bzw. MKF-6-Aufnahmen ausgestattet und bewegen sich in den Maßstäben 1 : 500 000 und kleiner. Es werden vor allem Landschaftsstrukturen und die Landnutzung sichtbar gemacht.

Ein schönes Beispiel für den unter 3. genannten Typ ist der DIERCKE-Weltraumbildatlas /2/. Er umfaßt neben anderem folgende thematische Komplexe

- Küstenformen, Neulandgewinnung, Flußmündungen
- Geologie, Tektonik, Vulkanismus, Naturkatastrophen, Naturereignisse
- Vegetationsstufen, Vegetations- und Klimazonen im Vergleich
- Agrarwirtschaft, Agrarräume in großmaßstäbigen Ausschnitten
- Bewässerungsregionen, Trockenräume, Oasen
- Tundra, Taiga, Arktischer Raum
- Energie- und Rohstoffgewinnung, Industrieregionen
- Städtische Siedlungsräume

Für den 4. Typ steht der Interpretationsatlas I /1/, der nicht näher erläutert werden braucht.

Zu den Luftbildbänden sei nur vermerkt, daß sie eine Fülle von Themen ansprechen. Die großen Abbildungsmaßstäbe werden oft

verwendet, um Siedlungsstrukturen und gelegentlich deren zeitliche Veränderung abzubilden. Besonders instruktiv ist die Verwendung von Farb- oder Farbinfrarotluftbildern. Auch hier gibt es verschiedene Typen von der knappen Beschreibung der Bilder bis zur kartographischen Umsetzung der Bildinhalte.

Für den Atlas DDR sollen Luft- und Satellitenbilder in zweifacher Weise verwendet werden:

1. Beigabe von Luft- und Satellitenbildern zur Veranschaulichung von Sachverhalten innerhalb der Themenkomplexe
2. Nutzung von Luft- und Satellitenaufnahmen zur Informationsgewinnung für die thematische Bearbeitung von Themenkomplexen.

Danach ergibt sich die Frage, welche aerokosmischen Informationen sich für eine Nutzung anbieten. Nach USPENSKIJ u. a. 1988 /3/ arbeiten mehrere sowjetische Scanner- und fotografische Systeme:

Operative Scannersysteme auf Meteor-Priroda. Bahnneigung 96

	MSU-M	MSU-S	MSU-E
	geringe Auflösung	mittlere Auflösung	große Auflösung
Spektralkanäle, $\mu\text{m}$	0,5 - 0,6 0,6 - 0,7 0,7 - 0,8 0,8 - 1,1	0,5 - 0,7 0,5 - 1,1	0,5 - 0,7 0,7 - 0,8 0,8 - 1,1
Schwadbreite, km	1930	1380	30
Auflösung im Nadir, m	1000	200	30

Nichtoperative fotografische Systeme auf Kosmos

	Fotokamera für multispektrale Aufnahmen	Fotokamera für spektrozonale und panchromatische Aufnahmen
	KATE	KFA
Brennweite, mm	200	1000
Spektralkanäle, $\mu\text{m}$	0,5 - 0,6 0,6 - 0,7 0,7 - 0,9	0,5 - 0,9
Bildgröße in mm	180 x 180	300 x 300
Maßstab	1 : 1 000 000	1 : 200 000
Auflösung, m	15 - 30	5 - 6
Vertrieb durch Sojuskarta		

Aufnahmen des MSU-M, MSU-S, der KATE-200 sowie KFA-1000 sind auch in der DDR bekannt und sollten für den Atlas erschlossen werden. Ob LANDSAT-TM und SPOT-Daten verfügbar gemacht werden können, ist sorgfältig zu prüfen. Aufmerksam zu verfolgen ist die Entwicklung in der Sowjetunion, um rechtzeitig Daten aus weiterentwickelten Systemen zu beschaffen. USPENSKIJ u.a. /3/ weisen z.B. auf ein künftiges MSU-V hin mit 8 Kanälen zwischen 0,4 - 12,5  $\mu\text{m}$  bei 50 m Auflösung im Nadir für sichtbares Licht und 200 m Auflösung im Infrarot bei einer Schwadbreite von 200 km. Selbstverständlich sollte die Station "MIR" mit ihren künftigen Möglichkeiten zur Aufnahme von Daten im sichtbaren, infraroten und Mikrowellenbereich für Experimente genutzt werden, um Daten zumindest für den mittleren und südlichen Teil der DDR zu gewinnen, die auch für den Atlas nutzbar gemacht werden. Der Wert von Thermalaufnahmen für großräumige Übersichten ist unbestritten. Sie sollten aus Aufnahmen meteorologischer Satelliten erschlossen werden. Archivluftbilder verschiedener Aufnahmesysteme stehen in der DDR für die Atlasbearbeitung zur Verfügung. Wir sind sicher, in der INTERFLUG einen verständnisvollen Partner zu finden, sowohl bei

der Bereitstellung vorhandener Luftbilder als auch bei der notwendigen Anfertigung farbiger Luftbilder für ausgewählte Beispielsbearbeitungen.

Das Forschungsprojekt Nationalatlas DDR dient der Erkundung des Staatsterritoriums der DDR als Grundlage für die weitere planmäßige Gestaltung der Territorialstruktur und eine intensive territoriale Ressourcennutzung; denn in der territorialen Grundstruktur der gesellschaftlichen Reproduktion der DDR haben sich seit ihrer Gründung und mit dem Aufbau der entwickelten sozialistischen Gesellschaft grundlegende Veränderungen vollzogen. Diese bedürfen einer umfassenden Erforschung und kartographischen Darstellung.

Diesen hohen wissenschaftlichen und volkswirtschaftlichen Anforderungen wird nur eine Bearbeitung und Darstellung gerecht, die die Einheit von ökonomischen, sozialen und natürlichen Faktoren und Entwicklungen berücksichtigt. Dies ist am besten möglich durch die Bearbeitung und Darstellung von problemorientierten Themenkomplexen, ein neues Prinzip, das international beginnt an Raum zu gewinnen, wie die in der Bearbeitung und Herausgabe befindlichen Nationalatlanten Finnlands und der Niederlande zeigen. Folgende Themenkomplexe sind für den neuen Nationalatlas der DDR vorgesehen:

Territoriale und landschaftliche Grundstrukturen; Wohnen, Arbeiten, Versorgen, Bilden, Erholen, Landschaft, Landnutzung, Wasser, Klima, Wald, Boden, geologischer Bau/Bergbau, Energie, Industrie, Land- und Nahrungsgüterwirtschaft, Bevölkerung (demographische Grundlagen), Kommunikation, Siedlungen, Regionen, Küste und angrenzender Meeresraum.

Die Bearbeitung und Gestaltung der Themenkomplexe ist so anzulegen, daß der Atlasnutzer mittels Karten, Graphiken, Luft- und Satellitenbildern sowie Text die Interpretation zu wesentlichen Zusammenhängen direkt dargestellt erhält, d.h. Zustände, Entwicklungen, Probleme, Konflikte, Aus- und Folgewirkungen nicht vorwiegend selbst erarbeiten muß. In allen Themenkomplexen ist eine Entwicklungsdarstellung vorzusehen, die sich schwerpunkt-

mäßig auf den Aspekt "50 Jahre DDR" ausrichten soll.

Eine problemorientierte Thematik läßt sich aus Dimensions- und Komplexitätsgründen nicht nur mittels Karten über das Gesamtgebiet der DDR darstellen. Für den Atlas soll ein Verhältnis von 1:1 von Gesamtgebietsdarstellungen (Maßstab 1 : 1 000 000 und kleiner) zu Gebietsausschnitten (Maßstab 1 : 10 000 bis 1 : 750 000) erfolgen.

An drei Themenkomplexen soll noch verdeutlicht werden, wie aerokosmische Aufnahmen in die Arbeit einbezogen werden sollen. In den Komplex "Topographische, territoriale und landschaftliche Grundstruktur" gehört auch eine Satellitenaufnahme im Grundmaßstab 1 : 1 000 000. Hier bietet sich an, eine Satellitenbildmontage von KATE-200-Aufnahmen herzustellen. Geprüft werden sollte, ob aus den Kanälen 0,6 - 0,7 und 0,7 - 0,9  $\mu\text{m}$  Farbmischungen hergestellt werden können, die montiert werden.

Für den Themenkomplex "Landschaft" sollten vor allem Satellitenaufnahmen erschlossen werden. Ohne bereits vollständig zu sein, wäre anzustreben:

1. Landschaftsgliederung nach Satellitenaufnahmen und Gegenüberstellung der natürlich-technischen Landschaftseinheiten mit den Naturräumen; Feststellung und Abbildung der Übereinstimmungen bzw. Nichtübereinstimmungen
2. Kartierung des Natürlichkeitsgrades (des landeskulturellen Zustandes) von Landschaftseinheiten nach Satellitenaufnahmen
3. Charakteristik typischer Landschaften mit Beigabe von Ausschnitten hochauflösender Satellitenbilder, z. B.
  - Küsten
  - Agrarlandschaft auf Grundmoränenplatten
  - Mecklenburger Landrücken und Seenplatte
  - Havelland
  - Magdeburger Börde
  - Harz
  - Lausitzer Braunkohlenrevier
  - Vogtland
4. Jahreszeitlicher Wandel von Landschaftstypen nach digitalen

multitemporalen Satellitenaufnahmen

5. Bilanzen der Landnutzung für Landschaftseinheiten nach digital-automatisch klassifizierten Satellitenaufnahmen
6. Thermisches Verhalten von Landschaften nach Satellitenaufnahmen.

Zur Klärung der unter 4. - 6. genannten Sachverhalte ist Grundlagenforschung erforderlich, natürlich auch die Verfügbarkeit entsprechender Daten. Das ist eine Herausforderung an uns alle. Wir formulieren diese Anforderungen aber bewußt, weil mit dem Atlas DDR auch Impulse für die Entwicklung der Geofernerkundung gegeben werden sollen. Die unter 1. - 3. genannten Aufgaben erfordern die bewußte Verwendung bereits vorhandener und verfügbarer Satellitendaten. Auch Luftbilder sollen in diesem Komplex eingesetzt werden, z.B. für

7. Großmaßstäbige Abbildung von speziellen Landschaftstypen im Luftbild wie
  - Naturschutzgebiete
  - Landschaftsschutzgebiete
  - Rekultivierungsgebiete.

Im Themenkomplex "Siedlungen" eignen sich für Übersichtsdarstellungen der Siedlungsverteilung (Siedlungsnetz) sowie zur Ermittlung von Siedlungsflächen auch Satellitenaufnahmen, insbesondere die KFA-1000-Bilder. In diesem Themenkomplex sollten jedoch vor allem Luftbilder herangezogen werden. Als Anwendungsbeispiele seien genannt:

1. Bestimmung der Siedlungsformen
2. Räumliche Anordnung der Bebauungstypen wie z.B.
  - Stadtzentren
  - Altbauwohngebiete, Neubauwohngebiete
  - dörfliche Siedlungen
  - Wochenendsiedlungen
  - Grünzüge in Siedlungen
3. Veränderungen der Siedlungsflächen durch Vergleich von Luftbild und Karte.



Wir stellen uns vor, daß in der konzeptionellen Phase der Atlasbearbeitung jeder Themenkomplex mit den verantwortlichen Bearbeitern nach der Anwendbarkeit von Fernerkundungsdaten (im übrigen auch eines Geographischen Informationssystems) durchmustert wird. Damit wollen wir anregen, daß Daten der Fernerkundung über das jetzt übliche Maß hinaus angewendet werden.

Literatur:

- /1/ Atlas zur Interpretation aerokosmischer Multispektralaufnahmen.  
Berlin, Moskau 1982
- /2/ DIERCKE-Weltraumbild-Atlas.  
Braunschweig 1981
- /3/ Uspenskij, G. R., Saul'skij, V. K., Astaskin, A. A., Nesterov, V. P.:  
Osnovnye napravlenija i programma razvitija kosmičeskoj sistemy issledovanija prirodnych resursov Zemli.  
INTERKOSMOS, Arbeitsgruppe Fernerkundung der Erde,  
Seminarvortrag, Eger 1988

NOTIZEN

NOTIZEN

NOTIZEN

NOTIZEN

NOTIZEN

