

## DAS EUROPÄISCHE WELTRAUM-FERNERKUNDUNGS-PROGRAMM

G. Konecny, Hannover

### 1. Einleitung - Bisherige Erderkundung aus dem Weltraum

Vielleicht erinnern Sie sich noch an jenen Herbsttag des Jahres 1957, als durch die Presse die Meldung verbreitet wurde, die Sowjetunion hätte Sputnik, den ersten künstlichen Satelliten gestartet. Es war wunderschönes Herbstwetter, und ich war gerade zur Paßpunktbestimmung im bayerischen Voralpenland. Beim Aufstellen des Theodoliten fragten uns die Bauern bewundernd ob wir denn schon beim Beobachten des Sputnik wären.

Sogleich waren aber auch die ersten photogrammetrischen Stellungnahmen in der Fachliteratur zu lesen, daß Satelliten für kartographische Zwecke nie Bedeutung erlangen würden. Nach 22 Jahren ist es an der Zeit, dieses Urteil zu revidieren, da das Gegenteil bereits mehrfach bewiesen worden ist. Erstmals geschah dies inzwischen bei der Kartierung des Mondes.

Die ersten spektakulären Erfolge der sowjetrussischen Weltraumtechnik forderten die Erklärung des damals neugewählten Präsidenten der USA John F. Kennedy aus dem Jahre 1960 heraus, bis zum Ende der Dekade würde ein Amerikaner auf dem Mond stehen.

Wir erinnern uns an den zwischen den USA und der UdSSR ausgetragenen Wettlauf der Sechzigerjahre in der Raumfahrt. Uns sind die Fernsehübertragungen von Start, Mondlandung und Rückkehr der Apollomissionen noch gegenwärtig.

Mehr oder weniger gleichzeitig zu den Prestigemissionen zu anderen Weltraumkörpern vollzog sich aber die Nutzanwendung der Satellitentechnik im Hinblick auf die Erdbeobachtung. Nachdem die Mondlandung mehrfach erreicht war und nachdem Satelliten zu Mars, Venus, Jupiter und Merkur geschickt worden waren, mußte sich die NASA im wesentlichen auf die Nutzanwendungen der Raumfahrt stützen, um weiter bestehen zu können.

Hervorzuheben sind für die bisherige praktische Anwendung:

- die Wettersatelliten, welche heute den Wetterverlauf global verfolgen lassen
- die Navigationssatelliten, welche eine weltweite Ortung von Schiffen und Flugzeugen oder die Positionsbestimmung ermöglichen
- die Nachrichtensatelliten, welche transkontinentale Telefonverbindungen und Fernsehübertragungen verbessert und verbilligt haben

Satelliten dienen aber auch anderen Zielen wie:

- der militärischen Aufklärung
- der geodätischen Bestimmung der Erdfigur
- der geophysikalischen Erforschung der Atmosphäre, des erdmagnetischen Feldes und der Schwereverteilung
- der Erderkundung, welche einer Vielzahl von Disziplinen neue Erkenntnisse liefert über die Topographie der Erde, über geologische Phänomene, über die Verteilung und den Zustand der Vegetation, über die Kultivierung und Besiedlung des Bodens, über den Zustand der Ozeane und der Küsten sowie über Naturkatastrophen durch Feuer, Überschwemmungen und Stürme.

Vom photogrammetrischen Standpunkt aus sollten wir uns in der Betrachtung beschränken auf Satelliten, welche Bilder für Auswertung und Interpretation liefern. Das sind die Wettersatelliten, die automatischen Erderkundungssatelliten, die Aufklärungssatelliten und die bemannten Erdmissionen.

Die Wettersatelliten waren die ersten Anwendungssatelliten. Bereits mit Kosmos I der UdSSR aus dem Jahre 1959 und Tiros 1 der USA aus dem Jahre 1960 konnten Bilder aus dem Weltraum zur Erde befördert werden. In der UdSSR geschah dies zunächst durch Filmabwurf. In den USA setzte man von Anfang an die Fernstehteknik ein.

Der erste europäische meteorologische Satellit METEOSAT benützt einen Abtaster in 3 Kanälen (sichtbar, nahes und fernes Infrarot), der alle 1/2 Stunde ein Bild aus einer geostationären Position liefern kann. Zusammen mit den Satelliten der USA und Japans ergibt sich so ein globales Wetterbeobachtungssystem.

Das Erderkundungsprogramm der USA setzte mit den Satelliten der Serie NIMBUS und ATS ein. Hier kam erstmalig ein Multispektralabtaster zum Einsatz.

Die Fernerkundung entwickelte sich in den USA in den Sechzigerjahren durch die Beschäftigung mit nichtklassischen Sensoren des thermalen Infrarot und des Radar nach ihrer Freigabe für die zivile Welt.

Weltweite Bedeutung erlangte die Fernerkundung allerdings erst durch den Start des amerikanischen Erderkundungssatelliten Landsat 1 im Jahre 1972.

Der Satellit enthält bekanntlich einen 4-Kanalabtaster für die Kanäle 0.6, 0.7, 0.8 und 0.9  $\mu\text{m}$  mit Bildelementgröße von 80 m aus 900 km Höhe sowie 3 Fernsehkameras, welche in der ersten Mission ausfielen und in der zweiten Mission 1975 nur zur Reserve mitgeführt wurden. Erst in der 3. Mission 1978 konnte eine dieser Kameras für eine Auflösung von 40 m betrieben werden. Der Satellit kann, wenn es die Wolkenbedeckung zuläßt, jeden Punkt der Erde alle 18 Tage aufnehmen. Während sich der Satellit in seiner Bahn fortbewegt, bewirkt eine Spiegeldrehung des Sensors die zeilenmäßige Abtastung der Erdoberfläche. Der europäische Bereich kann die vom Satelliten ausgesandten Abtastsignale direkt über die im Auftrag der europäischen Weltraumbehörde E.S.A. betriebenen italienischen Empfangsstation Fucino empfangen.

Der erste Seebeobachtungssatellit SEASAT wurde von den USA im Jahre 1978 gestartet. Er enthielt ein X-Band Bildflugradar mit 25 m Bildelementgröße aus 790 km Höhe. Mit diesem Radar synthetischer Apertur konnte ein  $20^\circ$  seitlich der Satellitenbahn gelagerter Bildstreifen von 100 km Breite abgetastet werden. Leider setzte die Datenübertragung des Satelliten bereits 3 Wochen nach dem Start aus. Für die Datenverarbeitungsexperten aber war dies ein "Gott sei Dank". Bis heute, ein Jahr nach dem Start, ist es z.B. außer wenigen Beispielen noch nicht gelungen, die empfangenen Rohdaten in Bilder umzusetzen. Die zur Rekonstruktion der holographischen Daten eines kohärenten Radars erforderlichen Filteroperationen sind für die derzeitige Bildverarbeitungstechnologie noch zu aufwendig. Die Verarbeitung einer 40 km x 40 km großen Stelle (Niagara Halbinsel) kostete \$ 3200.-. Man begnügte sich deshalb in der Regel mit der Ausgabe des Hologramms als Datenfilm und mit seiner optisch-kohärenten Rekonstruktion.

Über die militärischen Aufklärungssatelliten der USA hört man nur gelegentlich in populären amerikanischen Luft- und Raumfahrtzeitschriften. Es ist für den Stand der Technologie kennzeichnend, daß zur Erreichung höchster Auflösung kurzlebige Satelliten in 150 km Bahnhöhe geflogen werden, welche photogrammetrische Kameras von bis zu 1.8 m Brennweite enthalten. Das Filmmagazin wird durch Fallschirmabwurf wiedergewonnen.

Die bemannten Raumfahrtmissionen der NASA und der UdSSR boten seit Anbeginn eine willkommene Plattform für Aufnahmen mit leistungsfähigen Kameras. Bekannt sind die in den Missionen Gemini und Apollo mit Zeiss Optik in Hasselblad-Kammern gemachten Weltraumbilder, bei denen es sich um handgehaltene Schrägaufnahmen handelt. Senkrechtaufnahmen mit üblicher Stereüberdeckung wurden erst in der amerikanischen Skylab-Mission gewonnen. Skylab enthielt insbesondere eine Kamera im Format 11.5 cm x 11.5 cm mit einer Brennweite von 46 cm. Damit konnten Aufnahmen mit einer photographischen Auflösung von 38 m am Grund erreicht werden. Wegen der Bahninklination für Spacelab von nur  $48^\circ$  konnten nur Gebiete südlich der Mainlinie aufgenommen werden.

Eine von den Intercosmos-Ländern angegebene noch höhere photographische Grundauflösung von 25 m konnte durch die sowjetischen Sojuz-Missionen seit 1976 mit der in Jena produzierten Multispektralkammer MKF-6 erzielt werden.

Die Kammer enthält 6 Objektive mit engbandigen Interferenzfiltern. Somit können 6 Aufnahmen im Format 5.5 cm x 8.1 cm aus 250 km Höhe gewonnen werden. Zur Erhaltung der 80 lp/mm Auflösung des Negativs ohne signifikante Verluste wurde der Farbmischprojektor MSP-4 konzipiert. Seine Optik ist der der Kammer gleichwertig. Die Sowjetunion und die DDR haben bei der regionalen U.N.Konferenz im September 1979 in Mexiko berichtet, daß von diesen Bildern Karten im Maßstab 1:50 000 hergestellt worden sind. Im Westen sind leider nur Drucke einzelner Bilder verfügbar (wie die des Baikalseegebietes im Maßstab 1:500 000 von Sojuz 22).

## 2. Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse des Erderkundungsprogramms

Wenn man die Ergebnisse der bisherigen Erdbeobachtung aus dem Weltraum aus europäischer Sicht betrachtet, so sei festgestellt:

- Durch METEOSAT ist der Durchbruch zum ersten europäischen Erdbeobachtungssatelliten gelungen. Die Auflösung ist allerdings nur für die Zwecke eines operationellen meteorologischen Satelliten geeignet.
- Erderkundungssatelliten wurden bislang nur von den USA oder von der UdSSR in Betrieb gesetzt. Dabei hat der weltweite Empfang und die Verteilung von Landsatdaten außerordentlich zur Verbreitung der Fernerkundung beigetragen.

Dabei hat sich gezeigt, daß die digitale Verarbeitung multispektraler Daten wesentlich bessere Ergebnisse liefert als die Betrachtung unverarbeiteter Bilder. Als Beispiel für die Verarbeitung sei auf die multispektrale Klassifizierung des Raumes Ludwigshafen-Mannheim, auf Kartengrundlage im Maßstab 1:200 000, durch die DFVLR hingewiesen. Die Falschfarbenkomposite der digitalen Landsatdaten auf Kartengrundlage liefert eine andere, interpretierbare Darstellungsmöglichkeit in 1:200 000. Leider sind der digitalen Bildverarbeitung noch Wirtschaftlichkeitsgrenzen gesetzt.

Die bemannten Weltraummissionen wie Skylab lieferten höher auflösendes Bildmaterial, aus welchem (leider nur exemplarisch) Orthophotokarten im Maßstab 1:100 000 hergestellt werden konnten, z.B. auch vom IfaG, Frankfurt.

Die bisherigen Erderkundungsmissionen aus dem Weltraum sind aber nur als ein Anfang zu sehen in einer Entwicklung, welcher sich die USA, die UdSSR und seit Gründung der europäischen Weltraumbehörde E.S.A. auch die Länder Europas verschrieben haben. Durch diese Gründung der E.S.A. wird es den Ländern Europas zum ersten mal möglich, ein unabhängiges Weltraumprogramm zu konzipieren.

## 3. Zukünftiges Weltraumfernerkundungsprogramm der USA

Das beschlossene oder geplante Weltraumprogramm der amerikanischen N.A.S.A. ist aus europäischer Sicht aus zweierlei Gründen wichtig:

Erstens gilt es die amerikanischen, mit wesentlich höherem finanziellen Einsatz betriebenen Entwicklungen zu verfolgen, damit unnötige Doppelentwicklungen vermieden werden. Zweitens ist das amerikanische Weltraumprogramm in bezug auf seine Transportmöglichkeiten so weit vorangeschritten, daß eine Zusammenarbeit unter Kostenbeteiligung sinnvoll erscheint. So gibt es in den USA 3 prinzipielle Tendenzen, welche europäische Nutzlastentwicklungen grundlegend beeinflussen. Es sind dies:

- Die Konstruktion eines wiederverwendbaren Transporters, welcher per Rakete in den Weltraum gebracht, bei der Rückkehr zur Erde selbsttätig wie ein Flugzeug landen kann, das sogenannte "Space Shuttle". Space Shuttle ist durch Düsenantrieb relativ zur Erde orientierbar. Es kann verschiedene Nutzlasten von Mission zu Mission akkomodieren. Die Nutzlasten werden in dem von E.S.A. bei ERNO in Bremen gebauten "Spacelab" und auf seiner Palette untergebracht. Die N.A.S.A. ist somit in der Lage, die erste E.S.A.-Nutzlast in Spacelab 1 in den Weltraum und zurück zu befördern. Auch die N.A.S.A. wird vom E.S.A. Spacelab und von der ERNO-Palette in ähnlicher Weise mit eigenen Nutzlasten Gebrauch machen.

- Die Voraussetzung für weltweiten Datenempfang ist die Schaffung des T.D.R.S.S. (Telecommunication Data Relay Satellite System), einer Serie von geostationären, weit entfernten Satelliten, welche Funkverbindungen zu Shuttle Missionen und zu anderen niedriger fliegenden Satelliten über die gesamte Erde hinweg ermöglichen, sei es um den Satelliten Befehle zu übermitteln oder um vom Satelliten Daten zu erhalten. Statt der vielen weltweit verteilten Landsat-Stationen wird in Zukunft eine Erdstation in den USA ausreichen.
- Eine dritte Entwicklung betrifft die Unterbringung weiterer Weltraumnutzlasten in genormten Satellitentypen, den sogenannten "Multimodular-Satelliten".

Basierend auf diesen drei grundsätzlichen Entscheidungen sind bereits folgende Systeme im Bau:

- Der nächste Landsatsatellit "Landsat-D". Er soll 1982 starten und mit einem Multispektralabtaster für 7 Kanäle ausgerüstet sein. 6 davon sind im Spektralbereich 0.42 bis 2.35  $\mu\text{m}$  mit einer Bildelementgröße von 30 m; ein Kanal ist im Thermalbereich 10 - 12.5  $\mu\text{m}$  mit einer Bildelementgröße von 120 m. Für die gegenüber Landsat wesentlich erweiterte Datenmenge wird eine Datenrate von 85 Mbit/sek über T.D.R.S.S. erforderlich. Über die Probleme der Datenverteilung in Form von computer-kompatiblen Magnetbändern und über die Art der Datenverarbeitung ist man sich noch nicht einig.
- Daneben soll während der Shuttle-Missionen (den sogenannten Orbital Flight Tests O.F.T.) auch der amerikanischen Erderkundung Gelegenheit zur Nutzung gegeben werden. Als amerikanische Nutzlasten sind vorgesehen:
  - die Großformatkamera von Itek (Large Format Camera L.F.C.) mit einer Bildweite von 30 cm, einem Format von 23 cm x 46 cm und einer Filmmagazinkapazität von 4000 Aufnahmen. Die Kamera ist für den Betrieb im Weltraum in einem Druckbehälter konzipiert und kann deshalb auch bei unbemannten Flügen auf der ERNO-Palette des Space Shuttle untergebracht werden.
  - Zum Einsatz auf der Palette soll ebenfalls eine zweite Version des Seasat-Radars kommen, welches im Jahre 1978 frühzeitig ausgefallen ist.

Kennedy Space Center in Cape Canaveral wird bestenfalls in der Lage sein eine Bahninklination von  $52^\circ$  für die amerikanischen Space Shuttle Missionen zu gewährleisten. Der Einsatz der L.F.C. aus 260 km Bahnhöhe kann in 11 Tagen mit 10 500 Aufnahmen die teils wolkenbedeckte Zone zwischen  $52^\circ$  nördlicher und  $52^\circ$  südlicher Breite aufnehmen. Durch einen Space Shuttle Start in Vandenberg, Kalifornien wird Mitte der Achtzigerjahre eine Inklination von  $97.6^\circ$  möglich sein. Aus 500 km Höhe kann dann die teils wolkenbedeckte Erde in 8 Tagen mit 3500 Aufnahmen fotografiert werden. Es steht zu erwarten, daß auch die L.F.C.-Bilder nicht ohne weiteres weltweit verfügbar sein werden.

Für die weitere Entwicklung in der Mitte der Achtzigerjahre wurden drei Fernerkundungssysteme aus dem Weltraum vorgeschlagen:

Der U.S. Geological Survey hat den operationellen Erderkundungssatelliten Mapsat vorgeschlagen. Im Gegensatz zu Landsat enthält er nur 3 Bänder, für welche eine niedrige Datenrate von 15 Mbit/sek benötigt wird. Ein Band ist panchromatisch mit einer Bildelementgröße von 30 - 40 m. Zwei weitere Bänder entsprechen den Bereichen rot und infrarot von Landsat 1 oder 2.

Auf Anregung der Geologen hat das N.A.S.A. Jet Propulsion Laboratory den mit 3 konvergent angeordneten Diodenzeilen auszurüstenden Satelliten "Stereosat" mit einer Bildelementgröße von 15 m vorgeschlagen.

Ferner soll zumindest eine L.F.C. Kamera in einem freifliegenden, vom Space Shuttle anzusetzenden und wieder einzuholenden Multimodularsatellit untergebracht werden. Während die Shuttle Missionen jeweils nur eine Woche dauern, kann ein solcher "Free-flyer-Satellit" für jeweils 6 bis 9 Monate in eine Parkumlaufbahn von 900 km gebracht werden. Für kurzzeitige Missionen unter Kontrolle von Wettersatelliteninformationen kann der "Freeflyer" in einer

Missionsumlaufbahn von 250 km Bahnhöhe Aufnahmen machen. Nach den 6 bis 9 Monaten könnte der Satellit eingeholt und wieder zur weiteren Verwendung startklar gemacht werden.

Während der MAPSAT-Vorschlag erst einige Monate alt ist, gibt es bereits detaillierte Vorstellungen über Stereosat, welcher durch die konvergente Anordnung der 3 Abtaster ein Basis-Höhenverhältnis von 1:1 bzw. 2:1 ermöglicht. Der abgebildete Streifen wäre 60 km breit bei 15 m Bildelementgröße. Jeder Punkt der Erde könnte, falls es die Wolkenbedeckung zuläßt, alle 48 Tage aufgenommen werden.

Die Vorschläge für die Verwendung von Kameras im Weltraum beinhalten, daß neben zwei mit unterschiedlichen Film-Filterkombinationen versehenen L.F.C.s auch zwei konvergent angeordnete, bei Apollo 17 auf dem Mond eingesetzte Panoramakammern eingesetzt werden.

Erstaunlicherweise gibt es von den USA keinen Vorschlag zum Bau eines weiteren Radar-Satelliten.

#### 4. Zukünftiges Weltraumfernerkundungsprogramm anderer Länder

Neben den USA haben auch andere Länder ein eigenes Weltraumerkundungsprogramm konzipiert:

Dies sind:

- die UdSSR, welche in der Weltraumvereinigung sozialistischer Länder, dem INTERCOSMOS, weiterhin die multispektrale MKF-6 Kamera aus Jena in den Sojuz-Missionen betreiben wird.
- Frankreich, mit dem Entschluß einen eigenen Erderkundungssatelliten SPOT zu bauen (siehe Vortrag Nr. 19). Von Bedeutung ist die hohe Auflösung mit 10 m Bildelementen in einem panchromatischen Kanal und von 20 m in zwei multispektralen Kanälen. Ein Bandaufzeichnungsgerät mit einer Kapazität von 250 Bildern soll auch die Aufnahme europäischer Bilder ermöglichen. Frankreich wird diese Daten allerdings nicht ohne weiteres zugänglich machen.
- Japan hat sich entschlossen, zwei Erderkundungssatelliten zu bauen: Der Marine Observation Satellite (M.O.S.) mit einer Bildelementgröße von 50 m soll 1983 starten; der Land Observation Satellite (L.O.S.) soll mit einer Bildelementgröße von 30 m im Jahre 1987 folgen.
- Auch die Volksrepublik China hat ihr Interesse bekundet, ein Erderkundungs-Satellitenprogramm zu beginnen.

#### 5. Zukünftiges Fernerkundungsprogramm der E.S.A.

Nachdem sich die Regierung der Bundesrepublik Deutschland entschlossen hat, ihre Weltraumentwicklungen vornehmlich innerhalb der E.S.A. auszurichten, ist das zukünftige Fernerkundungsprogramm der E.S.A. auch für die bundesdeutschen Weltraumaktivitäten maßgebend. Schwerpunktartig sind bislang zwei Aktivitäten unterstützt worden: Der Bau von Spacelab zur Mehrzwecknutzung im N.A.S.A. Raumtransporter Space Shuttle, und der Bau einer unabhängigen europäischen Trägerrakete ARIANE für Satellitenstarts in Französisch Guyana.

Speziell bereitet sich die E.S.A. auf die erste Spacelab-Mission vor, welche einer Vielzahl von europäischen, amerikanischen und japanischen Wissenschaftlern in mehreren Disziplinen Gelegenheit bieten wird, Experimente durchzuführen. So in der Astronomie, Solarphysik, Plasmaphysik, Atmosphärenphysik, Materialwissenschaften, Biologie und Medizin und in der Erderkundung. Unter den 40 Experimenten nehmen sich die zwei der E.S.A. von der Bundesrepublik zur Verfügung gestellten Erderkundungsexperimente in der Zahl durchaus bescheiden aus. Es steht allerdings zu hoffen, daß die Bilder dieser Experimente eine stärkere Nutzung erfahren werden als die Ergebnisse manch anderer Disziplinen.

Die beiden Experimente sind:

Das Experiment "Photogrammetrische Kamera". Dabei soll eine uns Photogrammetern wohl bekannte Zeiss RMK 30/23 in den Weltraum gebracht werden. Es werden 3 Magazine mit einer Gesamtkapazität von 1650 Aufnahmen mitgeführt werden. Da die Bundesrepublik dieses Experiment finanziert und akkomodiert stellt sie auch den Projektmanager (Dr. Langner, DFVLR Köln), den Projektingenieur (M. Schroeder, DFVLR Oberpfaffenhofen) und den Projektwissenschaftler (G. Konecny, Hannover). An den Adaptationsarbeiten der Kammer in das Spacelab sind oder waren 4 Firmen beteiligt: ERNO Bremen, Carl Zeiss Oberkochen, Kaiser-Trethe München und MBB München.

Zur internationalen Nutzung der Daten hat die E.S.A. eine Arbeitsgruppe einberufen welcher als Mitglieder angehören: Professora Togliatti, Mailand; Dr. Dowman, London; M. Ducher, IGN - Paris; Herr Plevin (E.S.A. Paris) ist Sekretär und der Vortragende Vorsitzender. Die E.S.A. hat weltweit zur Nutzung der Daten eingeladen. Über 100 Anträge sind weltweit eingegangen. In der Bundesrepublik wurde ein Gemeinschaftsantrag von einer Nutzergruppe bestehend aus 18 Institutsleitern im Bereich der Photogrammetrie oder Fernerkundung gestellt.

Das zweite Erderkundungsexperiment im Spacelab-1 besteht aus einem Mikrowellensystem, welches von der DFVLR konzipiert, von Dornier gebaut wird. Es kann auf 3 Arten betrieben werden: Als Mikrowellenscatterometer zur punktuellen Seegangsmessung, als passives Thermal-Mikrowellenradiometer, punktuell betrieben und als Bildflugradar im X-Band, wobei eine Bildbreite von 9 km mit 25 m Impulsbreiten (Bildelementen) erreicht werden soll.

Über die Details der 1. Spacelab-Kameramission und ihrer geplanten Nutzung spricht Herr Dowman im Vortrag Nr. 20. Es genügt hier, die wichtigsten Parameter zusammenzufassen:

Der Spacelabstart soll nunmehr am 18.4.1982 von Cape Canaveral erfolgen. Spacelab soll während der Missionsdauer von 8 Tagen mit einer Bahninklination von  $57^\circ$  3 Filme belichten. Zur Auswahl der möglichen Filme wurden vom Institut Géographique National und der DFVLR zwei Testcampagnen in Villefranche und in Montpellier durchgeführt, welche aus Hochbefliegungen von 10 km Höhe mit allen verfügbaren Filmen, unter veränderten Sonnenstandsbedingungen bestanden. Über die an mehreren Instituten in Frankreich, Italien und in der Bundesrepublik durchgeführten Versuche berichtet Herr Schroeder im Vortrag Nr. 21.

In Spacelab-1 wird die RMK-Auslösung nicht manuell erfolgen, sondern durch einen Computerbefehl. Nachdem im GESOC (German Space Operations Center) in Darmstadt laufend Wetterdaten von Meteosat und den beiden GOES-Satelliten verfügbar sind, wird dem Kontrollzentrum Houston täglich mitgeteilt werden, welche vorgeplanten Aufnahmefolgen für die beantragten Experimente möglich sind. Houston gibt die Entscheidungen über T.D.R.S.S. an den Spacelab-Computer weiter, welcher auch die Belichtung nach vorberechnetem Sonnenstand und nach Position bzw. Zeit ausführt. Die Anzahl der möglichen Aufnahmen bei Spacelab-1 ist durch mehrere Beschränkungen auf 1650 begrenzt:

- Wegen Massenbegrenzungen können nur 3 Magazine mitgeführt werden. Die Entwicklung leichterer, größerer Magazine war zeitlich und von den Kosten her nicht möglich.
- Dem Experiment stehen nur 1.5 KWh Energie zur Verfügung.
- Die nichterdorientierte Ausrichtung des Space Shuttle für andere Experimente erlaubt nur eine beschränkte Anzahl von Aufnahmefolgen zur Erde.
- Aufnahmen sind nur bei einer Sonnenstandshöhe von mindestens  $15^\circ$  möglich.
- Schließlich stellt die lokale Wolkenbedeckung eine wesentliche Begrenzung dar.

Die Spacelab-1 Mission wird deshalb nur exemplarisch zeigen können, wie sich Reihenmeßkammeraufnahmen für die photogrammetrische Auswertung von topographischen und thematischen Karten bewähren. Neben der Orthophototechnik wird die analytische Aerotriangulation und die Auswertung am analytischen Auswertegerät eine besondere Rolle spielen. Es ist beabsichtigt, die Aufnahmen mit

80 % Überdeckung zu fliegen, wo eine Höhenauswertung in Frage kommt. Durch Kombination aller Bilder, wobei jeweils das 1. und 5. Bild ein Modell aus den zu 20 % überdeckten Bildteilen für die Höhenauswertung bilden, sollte sich eine zufriedenstellende Höhengenaugigkeit trotz Verwendung von Normalwinkelaufnahmen ergeben.

Die Parameter des hier speziell interessierenden Bildflugradars der 1. Spacelabmission sind: Frequenz 9.6 GHz (X-Band), Abstrahlwinkel  $45^\circ$ , Empfindlichkeit 1 db im Bereich von - 30 db bis + 10 db. Die Auflösung von 25 m Bildelementgrößen wird angestrebt, z.Z. kann jedoch nur 100 m garantiert werden.

Während die Vorbereitungen für die erste Spacelabmission in vollem Gange sind, plant man für die E.S.A. und bei der E.S.A. bereits die ersten europäischen Erderkundungssatelliten. Im Frühjahr dieses Jahres sind bei der E.S.A. Vorschläge für zwei Erderkundungssatelliten unterschiedlichen Typs zur Diskussion vorgelegt worden:

Der erste Satellit LASS ist für die Datenerfassung über Land ausgelegt (Land Applications Satellite System). Er soll Zeilendiodelemente mit 30 m Bildelementen in 6 Kanälen des sichtbaren Lichtes enthalten; im reflektierten Infrarotbereich sind 2 Kanäle mit 60 m Bildelementen vorgesehen. Daneben sollen 2 Thermalkanäle mit 120 m Bildelementen verwendet werden. Anders als der französische Satellit SPOT soll der europäische LASS mehrere Kanäle geringerer Auflösung enthalten. Kein Wunder, er wurde von Geowissenschaftlern vorgeschlagen. Zunächst und im Gegensatz zu SPOT und LANDSAT-D soll LASS mit einem 100 m Bildelement kohärenten X-Bandradar ausgerüstet werden, um die hohe europäische Wolkenbedeckung zu kompensieren.

Die vorgeschlagenen Multispektralkanäle des LASS sind für ozeanographische Fragestellungen nicht optimal. Deshalb wurde ein zweiter Satellit COMSS (Coastal Ocean Monitoring Satellite System) vorgeschlagen. Er soll einen sehr engbandigen 7 Kanalabtaster (5 Kanäle im sichtbaren Bereich, 2 Kanäle im thermalen Bereich) für ozeanographische Zwecke sowie ein 100 m Bildelement - kohärentes Radar besitzen und zusätzlich mit einem Mikrowellenradiometer ausgestattet werden.

Bislang nur in der Bundesrepublik wird ein weiterer Vorschlag diskutiert, welcher als "Atlas-Programm" von der DFVLR eingebracht worden ist. Er soll insbesondere den Zwecken der topographischen und thematischen Kartenherstellung und Kartennachführung in kleinen und mittleren Maßstäben Genüge leisten. Das Atlas-Programm sieht eine kontinuierliche Weiterentwicklung des ersten Spacelab-Reihenmeßkammerexperimentes vor. Die Verwendung der RMK 30/23 im bemannten Spacelab-1 Modul kann deshalb als Phase A des Atlasprojektes betrachtet werden.

Für Spacelab-Folgemissionen bieten sich 3 Weiterentwicklungsalternativen an:

Da neuerdings bemannte Spacelabmissionen von der Kostenseite in Frage gestellt werden, ist die Hoffnung, sich an möglichst vielen bemannten Missionen zu beteiligen sehr gering geworden. Da die große Mehrzahl der Space-Shuttle-Flüge unbemannte Nutzlasten befördern wird, liegt es nahe, eine Reihenmeßkammer für den Betrieb auf der ERNO-Palette zu adaptieren. Hierzu ist einerseits ein Druckbehälter erforderlich. Andererseits muß ein großes Filmmagazin entwickelt werden. Wenn möglich, sollte dabei gleichzeitig das Auflösungsvermögen gesteigert werden. Da sich die erreichbare Auflösung im wesentlichen aus der Modulation von Optik, Film und Bildwanderung ergibt, bietet sich zunächst die Konstruktion einer Bewegungskompensation an. Damit kann die Bildwanderung ausgeschaltet werden; zugleich aber kann eine längere Belichtung auf feinkörnigeren Film geringerer Empfindlichkeit erfolgen. Als Mittel für die Bewegungskompensation kommt in erster Linie die Bewegung des Filmes in Frage. Eine Kamerakippung oder eine Spiegelbewegung vor der Optik dürfte wegen der großen Masse der RMK oder der Größe des Objektivdurchmessers nicht anzustreben sein:

Als Alternativen für Phase B der Atlas-Entwicklung bieten sich an: Verbesserung der RMK 30/23 oder Verbesserung der RMK 60/23. Andererseits bestünde die Möglichkeit, zunächst auf teure Modifikationen zu verzichten und die neue Zeisskammer TRb 60/24 mit Halbformat 23 cm x 11.5 cm vom bemannten Modul aus einzusetzen, sollte sich noch eine Mitfluggelegenheit ergeben.

Das Endziel von Atlas-C sollte die Entwicklung einer Weltraumkammer im Druckbehälter mit großem Magazin sein, welche für einen Einsatz auf einem "Free-flyer-Satelliten" in Frage kommt. Nicht nur in den USA, sondern auch bei der deutschen Raumfahrtindustrie sind sowohl bei MBB als auch bei ERNO und Dornier Vorschläge für die Entwicklung von "Freeflyer"-Satelliten für mannigfaltige Verwendung erarbeitet worden. Die Adaptation einer Kamera an den "Freeflyer" wäre nur eine der vorgesehenen Nutzungen. Bei Kameraneuentwicklungen könnte man zunächst auf vorhandene Hochleistungsobjektive zurückgreifen; oder man müßte neue Objektive entwickeln. Insbesondere bietet sich das in der Photogrammetrie übliche Bildformat 23 x 23 cm mit den Bildweiten 30 cm oder 60 cm an. Auch die Verwendung eines vorhandenen 75 cm Objektivs für das Format 18 cm x 18 cm ist denkbar. Während in Spacelab-1 eine photographische Auflösung von etwa 20 m für Schwarz-Weißfilm erwartet wird, ließe sich die Auflösung für die Phasen Atlas B und C um etwa das Doppelte steigern, ohne mehr als gängige Technologie einsetzen zu müssen.

## 6. Leistungsfähigkeitsvergleich der Erderkundungssensoren

Bei der Planung von Erderkundungssatelliten handelt es sich um eine Fülle von Unbekanntem. Während uns Landsat, Seasat und Skylabdaten sowie Hochbefliegungen vom Flugzeug aus mit Kameras, Abtastern und Radar zur Analyse der Leistungsfähigkeit unterschiedlicher Sensoren nur begrenzt zur Verfügung stehen, und während wir uns mit Spacelab-1 erst auf den ersten echten photogrammetrischen Weltraumtest vorbereiten, müssen Vorbereitungen für Folge-missionen schon jetzt getroffen werden, wenn wir überhaupt eine Realisierungschance der Weltraumphotogrammetrie erhoffen.

Bei der Vielzahl der in den USA, in anderen Ländern und bei der E.S.A. vorgeschlagenen Weltraumerderkundungssysteme genügt es nicht nur zu sagen, es gäbe 3 Entwicklungstendenzen: (1) Multispektralabtaster oder Multispektraldiodenzeilen, (2) Radarsysteme und (3) Reihenmeßkammern. Es besteht die Notwendigkeit, trotz spärlicher Information zu einer möglichst präzisen Zielvorgabe unter Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit und der Kosten zu kommen.

Geowissenschaftler, aber auch Physiker und Weltraumtechnologen sehen als Herausforderung gewöhnlich nur zwei Entwicklungen an: Die Multispektralabtastung und das Bildflugradar. Die Kameratechnologie wird als alt und überholt abgetan. Es liegt an uns zu untersuchen, ob das tatsächlich so ist.

Ich möchte betonen, daß ich den Multispektralabtaster von Landsat insbesondere die Multispektraldiodenzeile von MBB für eine hervorragende Entwicklung halte. Für Satelliten vom Typ eines Landsat wie sie sich in Form von LASS und COMSS der ESA präsentieren, sind sie zweifellos gut geeignet. Insbesondere können damit Spezialzweckerkundungen mit sehr engen Kanälen durchgeführt werden. Wie wichtig diese Spezialzweckerkundungen sind, und welches Kosten-Nutzen-Verhältnis sie besitzen, ist nie dargelegt worden. Gerade das wäre aber nötig, bevor ein Satellitensystem konzipiert wird, das eventuell dupliziert, was in den USA ohnedies gebaut wird und dessen Daten frei zur Verfügung stehen. Denn gerade solch ein Satellitensystem könnte Entwicklungen blockieren, welche zu größerem Allgemeinnutzen führen.

Allerdings wird, das muß ich zur Entwicklung der Diodenzeilentechnologie sagen, diese Richtung in der Bundesrepublik nicht gerade lukrativ unterstützt. 80 % des Sensorenentwicklungshaushaltes der bundesdeutschen Raumfahrt gehen in das Mikrowellenradar, welches als Schwerpunkt der Sensortechnologieentwicklung betrachtet wird. Aus dem Spacelab-1 Radar im X-Band soll ein Zweifrequenzradar, zusätzlich im C-Band (5.3 GHz) mit je 2 Polarisierungsrichtungen entwickelt werden.

Landsatnutzer sagen heute immer wieder, daß die Satellitendaten für Entwicklungsländer, wo keine Information vorhanden ist, ideal sind, daß sie aber für das besiedelte Europa bestenfalls dort ausreichen, wo Forschungsinstitute unter Zugzwang sind, ihre teuren Bildverarbeitungseinrichtungen zu rechtfertigen, von wenigen Ausnahmen abgesehen. Dieser Zustand kann und wird sich erst bessern, wenn höher auflösende Sensoren verfügbar sein werden. Geowissenschaftler tendieren immer dazu, möglichst viele Kanäle abzu-

bilden. Ich als Photogrammeter sehe lieber scharf, selbst wenn ich eine Brille brauche. Der Multispektral-Fan geringer Auflösung erscheint mir immer wie einer im LSD-Rausch: "it makes you drunk - but you see better".

Zunächst steht fest, daß die photographische Auflösung der Auflösung in Bildelementen um den Faktor  $2 \times \sqrt{2} = 2.83$  überlegen ist. Dieser Tatsache wurde in der Fernsehtechnik durch Kell Rechnung getragen. (Das Fernsehen ist in Zeilenrichtung analog, von Zeile zu Zeile als digital anzusehen). Wir haben in Hannover einen Siemensstern kopiert und anschließend am Optronics P 1700 in Inkrementen von 25  $\mu\text{m}$ , 50  $\mu\text{m}$  und 100  $\mu\text{m}$  digital ausgegeben. Die Auszählung der noch erkennbaren Linienpaare ergab eindeutig eine Bestätigung des Kellfaktors  $2 \times \sqrt{2}$ . Damit ist erwiesen, daß ein digitales System wie Landsat (bei vergleichbarem Kontrast) mit einer Bildelementauflösungsgröße von 79 x 79 m einer photographischen Auflösung von 223 m entspricht. Bei Landsat werden Bildelemente in Abtastrichtung zwar alle 50 m digitalisiert. Wegen der Abtastbewegung entspricht dies nach O. Hofmann aber einer digitalen Auflösung von 79 m. Sollte man einen Abtaster verwenden wollen, welcher der in Atlas-A zu erwartenden RMK 30/23 - Leistung entspricht, so müßte man bei einer photographischen Auflösung von 21 m am Grund eine Bildelementgröße von 4.7 x 7.4 m erreichen. Dies ergäbe 34 700 Bildelemente pro Zeile x 8 bit x n Kanäle. Es wäre zur Übertragung eine Datenrate von 288 Mbit/sek x n Kanäle erforderlich. Während Landsat 1 bis 3 nur 15 Mbit/sek als Datenrate erfordert, soll diese bei Landsat-D auf 85 Mbit/sek gesteigert werden, unter nicht unerheblichem finanziellen Aufwand. Die gegenwärtige technische Grenze der Übertragungsrate liegt bei 200 Mbit/sek. Eine photogrammetrische Farbaufnahme erfordert dagegen eine Datenrate von 900 Mbit/sek, die derzeit weder technisch erreichbar noch finanziell zu rechtfertigen ist.

In populärwissenschaftlichen Kreisen spricht man auch von digitalen Kameras, welche die gegenwärtige photographische Technik ersetzen sollen. Bislang stellt Fairchild digitale Kameras von 500 x 700 Bildelementen her, welche nur das Fernsehvidikon, nicht aber die photographische Aufnahme ersetzen können. Auch in 10 Jahren rechnet man erst mit einem Leistungsstand von 1728 x 1728 Bildelementen. Für der Photographie gleichwertige Kameras würde man 34 700 x 34 700 Bildelemente, also 3 Größenordnungen mehr benötigen.

Ein weiterer Faktor sind die bei digitalen Daten anfallenden Verarbeitungskosten. Es sei nur an die Herstellung eines 40 km x 40 km großen Seasatbildes mit 25 m Bildelementen für 3200 \$ erinnert. Demnach ist also die photographische Aufnahme trotz "veralteter Technologie" mehr als konkurrenzfähig mit den digitalen Methoden. Dies kann an Hand von Vergleichsmaterial vorhandener Landsat- und Skylabaufnahmen leicht demonstriert werden.

Nachdem klar nachgewiesen ist, daß das bisherige photographische Weltraumsystem den derzeitigen automatischen Abtastern aus dem Weltraum überlegen sind, kann dasselbe auch für Radarbilder gezeigt werden. Das Bildflugradar ist schon wegen der Höhenverzerrungen bei Radarsystemen äußerst problematisch. Es wird auch immer behauptet, daß Radaraufnahmen wegen der Allwetterfähigkeit ein Äquivalent zu Luftaufnahmen darstellen könnten. Die Untersuchung vorhandener Beispiele zeigt jedoch, daß auch die sogenannte "10 m - Auflösung" so stark von Oberstrahlungseffekten (Seitenreflexionen) überlagert wird, daß Häuser prinzipiell als große Klumpen und nicht als Linienelemente erscheinen. Eine Auswertung der 10 m - Radarelementauflösung erscheint unmöglich.

## 7. Finanzielle Aspekte der Erderkundungsprogramme

Die Möglichkeiten der Weltraumerderkundung sind in erster Linie aus finanziellen Überlegungen zu klären. Im E.S.A.-Haushalt von jährlich (1980) 1.6 Milliarden DM werden 710 M DM für Spacelab und Ariane ausgegeben. 100 M DM jährlich sind für den Betrieb von Meteosat und Earthnet vorgesehen, 121 M DM sind für Studien neuer Programme bestimmt. Davon bezahlt die Bundesrepublik 27.8 %, Frankreich 34.8 %, Großbritannien 11.4 % und Italien 10.1 %. Nur 15.9 % kommen von den 10 übrigen Mitglieds- oder Beitragsstaaten. Interessant ist insbesondere, daß von den 710 M DM für Spacelab und Ariane nur 16 M DM pro Jahr für die 1. Spacelabnutzlast abfließen. 282 M DM allein geht in die Spacelabentwicklung selbst.

Die von der E.S.A. jährlich verfügbaren Geldmittel müssen verglichen werden mit den Gesamtkosten für Satellitensysteme. Die mir verfügbaren Daten sind insofern anfechtbar, als nicht genau feststeht, welche Entwicklungskosten in den Globalangaben inbegriffen sind. Folgende Feststellungen sind jedoch von Interesse:

- Seasat war mit 323 M DM ein sogenanntes Niedrig-Kostenprogramm. Man rechnet, daß dies der Grund für das Versagen des Satelliten ist.
- Landsat D hat wegen der angestrebten verbesserten Technologie bereits jetzt 855 M DM gekostet.
- Meteosat war mit 391 M DM Entwicklungskosten und 23 M DM Betrieb für 2 1/2 Jahre relativ billig.
- Spot wurde mit 575 M DM Kosten geschätzt. Wird es in Anbetracht der Landsat D Kosten dabei bleiben ?
- LASS und COMSS werden je zu 460 M DM bzw. 506 M DM veranschlagt.
- Demgegenüber kosten 10 Shuttle Missionen der L.F.C.-Kamera nur 101 M DM.
- Ein Freeflyer kostet bei der ersten Mission 91 M DM bis 96 M DM (je nachdem welcher Umrechnungskurs gewählt wird).
- Stereosat ist mit 190 M DM eindeutig teurer.

Die Kamera-Freeflyer-Lösung oder der Shuttle-Kameratransport erscheint also als die weitaus billigste Lösung. Dabei ist die Datenverarbeitung noch nicht berücksichtigt. Sie würde die Differenz nur verstärken.

#### 8. Anforderungen an die Satellitenphotogrammetrie zur Herstellung topographischer Karten

Von Seiten der Photogrammetrie und Kartographie ist zunächst eine Überprüfung der Anforderungen für topographische Karten erforderlich. Dabei sind 3 Aspekte zu berücksichtigen: Die Lagegenauigkeit, die Höhengenaugigkeit und die Detailerkennbarkeit. Alle 3 Größen sind für unterschiedliche Maßstäbe verschieden. Zur Herstellung der Karte 1:50 000 wird eine Lagegenauigkeit von 15 m bis 30 m benötigt, eine Höhenäquidistanz von 10 m bis 20 m und eine Detailerkennbarkeit von > 5 m, je nach Terraintyp.

Die Leistung der Photogrammetrie aus der Space-Shuttle- oder Freeflyer-Missionsflughöhe von  $h = 250$  km ergibt, daß die Lagegenauigkeit mit allen RMK-Typen ( $c = 15$  cm bis 60 cm) eingehalten werden kann.

Die Höhengenaugigkeit ist kritisch. Die erforderliche Spezifikation kann bei den zu verwendenden Normal- oder Schmalwinkelaufnahmen nur über besondere Maßnahmen erreicht werden, z.B. digitale Auswertung und Verwendung jedes 5. Bildes bei 80 % Überdeckung. Die L.F.C. ist der R.M.K. diesbezüglich im Vorteil, wenn eine vergleichbare Auflösung angenommen wird. Dabei ist nur die Flughöhe von  $h = 250$  km maßgebend und nicht die Bildweite, sowie das durch die Überdeckung erzielte Basis-Höhenverhältnis.

Die Detailerkennbarkeit ist allerdings umso besser, je größer die Bildweite (und der Bildmaßstab) gewählt werden kann. In bezug auf die zu erreichende Höhengenaugigkeit und die Detailerkennbarkeit erscheint also die Entwicklung eines neuen Objektivs mit erhöhter Leistungsfähigkeit notwendig, wenn eine Kartierung 1:50 000 angestrebt wird.

Eine vergleichende Kostenabschätzung verschiedener Aufnahmesysteme ist bereits vom U.S. Geological Survey durchgeführt worden. Demnach ergibt sich, daß für Gebiete kleiner als 1.5 M km<sup>2</sup> die Luftaufnahme vom Flugzeug aus Vorteile bringt, daß aber Space Shuttle und der Freeflyer eindeutig im Vorteil sind, wenn Gebiete größer als 8 M km<sup>2</sup> zu erfassen sind. Der Freeflyer und Shuttle sind ferner leicht in der Lage, zusätzliches Bildmaterial großer Flächen zu gewinnen. Im Zusammenhang mit dieser Studie hat der U.S.G.S. gleichzeitig eine Aufschlüsselung der Kosten eines photogrammetrischen Freeflyers angegeben. Interessant ist hier, daß bei Gesamtkosten für Entwicklung, Start und Betrieb von 96 M DM etwa 26 M DM für den Sensor vorgesehen sind.

Mit diesen Aufnahmekosten kann man ferner einen Vergleich anstellen, wie teuer und wie schnell die Kartierung 1:50 000 eines 100 000 km<sup>2</sup> großen Gebietes (etwa 40 % der Bundesrepublik) erfolgen kann: Die terrestrische Aufnahmemethode ist mit 250 M DM und 55 Jahren Zeitaufwand die ungünstigste. Konventionelle luftphotogrammetrische Stereoauswerteverfahren sind mit 2.1 M DM in 2 Jahren teurer und langsamer als die Orthophotoauswertung von 0.6 M DM in 1 Jahr. Eine Abschätzung der Leistung mit Satellitenbildern der erforderlichen Auflösung ergibt eine Reduzierung des Kostenfaktors auf 1/3 und des Zeitaufwandes auf die Hälfte.

Nun zeigt die Übersicht über die Kartenwerke der Länder der Erde, daß keineswegs ein befriedigender Stand erreicht ist, daß vielmehr nur ein alarmierend geringer Teil der festen Erdoberfläche in topographischen Karten aufgenommen ist. Offenbar sind die bisherigen Herstellungsverfahren topographischer Karten nicht in der Lage, die erforderlichen Kartenwerke zu erstellen. Die Ursachen sind vielfältig. In manchen Ländern ist es der Mangel an Finanzen, anderswo der Mangel an Fachkräften. Fest steht ferner, daß klassische Methoden nicht in der Lage sein werden, den Mangel an Karten bis zur Jahrtausendwende wirksam zu beseitigen.

Wenn wir schon als Bewohner dieses Planeten auf die Planung der gesamten Erde angewiesen sind, und dies aus einerseits gerechten Motiven heraus, andererseits aber auch zur Selbsterhaltung unseres so lieb gewonnenen Standards, dann müssen wir auch Datenerfassungsmethoden dem erforderlichen Tempo anpassen. Die Satellitenphotogrammetrie bietet sich als ein Weg an.

Natürlich muß erst ihre Leistungsfähigkeit z.B. durch das Spacelab-1 Experiment erprobt werden. Wir sollten diesen Test nicht leichtfertig, sondern im Hinblick auf seine dargestellte Bedeutung durchführen. Ganz speziell Europa sollte willens und in der Lage sein, die Probleme der dritten Welt auf dem kartographischen Sektor lösen zu helfen.

Auch für die Instandhaltung und die thematische Ergänzung unserer eigenen Kartenwerke würde dabei einiges abfallen.

### Zusammenfassung

Die Weltraumaktivitäten der USA sowie der UdSSR lieferten von Anfang an Bilder der Erdoberfläche. Diese Bilder wurden zunächst in kleinen Bildmaßstäben, unsystematisch, mit nichtphotogrammetrischen Kameras aufgenommen. Sie hatten deshalb nur experimentellen Charakter und waren für die kartographischen Belange kaum geeignet. Andererseits dienten die Raumflüge von Gemini und Apollo als Vorläufer der automatischen Erderkundungssatelliten vom Typ Landsat, welche die systematische Bilderfassung durch digitale Abtaster erlauben. Trotz weltweiter erfolgreicher Anwendung besitzen die Landsataufnahmen noch eine zu grobe Auflösung. Außerdem sind die 4 Spektralkanäle für verschiedene Nutzenanwendungen nicht optimal gewählt.

Während die Entwicklungen in den USA (Landsat-D) und in Frankreich (SPOT) Technologie-Verbesserungen automatischer Systeme anstreben, und während es den USA und der UdSSR in den Missionen Skylab und Sojuz gelungen ist, höher auflösende photogrammetrisch verwertbare Aufnahmen zu gewinnen, bemühen sich die in der europäischen Weltraumbehörde E.S.A. zusammengeschlossenen Staaten, ein Fernerkundungsprogramm zu konzipieren, welches sich speziell an den Bedürfnissen Europas und der mit Europa liierten Entwicklungsländer orientiert.

Das erste Erderkundungsprogramm der E.S.A. ist für die erste Spacelab-Mission vorgesehen (April 1982). Davon bringt die Bundesrepublik zwei Experimente der Erderkundung ein:

Eine für den Weltraum modifizierte Reihenmeßkammer Zeiss RMK 30/23 und ein von der DFVLR gebautes Radarsystem. Spacelab benutzt den Weltraumtransporter Space Shuttle der NASA. Somit kommt nur eine kurze Missionsdauer in Frage, welche exemplarischen Charakter hat. Immerhin können photogrammetrisch ausmeßbare Aufnahmen gewonnen werden.

Andererseits plant die E.S.A. zwei Typen von Erderkundungssatelliten:

MOMS für Landbeobachtungen und COMS für Meeresbeobachtungen. Hierbei handelt es sich vorerst um Vorschläge. Sie beinhalten die Verwendung eines digitalen Abtastsystems von 30 m Bildelementgröße (auf dem Boden) und den Betrieb eines entsprechend hoch auflösenden Satellitenradars.

Ein weiterer Vorschlag betrifft die Weiterentwicklung hochauflösender photogrammetrischer Kammer für die Anwendung im Weltraum, um Grundaufösungen im Meterbereich zu erzielen. Die Vorschläge beziehen sich auf verbesserte Objektive, auf Bewegungskompensation (somit können feinkörnige, gering empfindliche Filme benutzt werden) und insbesondere auf eine Kammer für große Filmengen und ihre Adaptation in Druckbehältern. Die so adaptierten Kammer könnten von freifliegenden, durch Space Shuttle in den Weltraum gebrachten und wieder einholbaren Satelliten aus betrieben werden. Sie könnten große Teile der Erde kostengünstig aufnehmen.

Man verspricht sich dadurch eine Möglichkeit, den zu langsamen Fortschritt der topographischen und thematischen Kartierung der Erde endlich zu beschleunigen.

### The European remote-sensing program from space

#### Abstract

From the very start, the space activities of the USA and the USSR provided photography of the surface of the earth. These photographs were originally taken at small scales on a non-systematic basis and with non-metrical cameras. As a result, they were only of an experimental nature, unsuitable for cartographic use. On the other hand, the Gemini and Apollo space flights paved the way for automatic terrestrial exploration satellites of the Landsat type which allow systematic image acquisition by means of digital scanners. In spite of their successful world-wide use, the Landsat photography still has insufficient resolution. Moreover, the four spectral channels have not been optimally selected for the different uses.

While development in the United States (Landsat D) and in France (SPOT) is aimed at improving the technological conditions and while the USA and the USSR succeeded in obtaining higher-resolution photography for photogrammetric uses with their Skylab and Soyuz missions, the member countries of the European Space Administration (E.S.A.) are bent on conceiving a remote-sensing program tailored to suit the specific requirements of Europe and the developing countries associated with it.

The first terrestrial exploration program of E.S.A. is scheduled for the first Spacelab mission (April of 1982). The Federal Republic of Germany will contribute two terrestrial exploration experiments to this program:

A space-modified Zeiss RMK 30/23 mapping camera and a radar system built by the German Aviation and Space Research and Development Laboratories (DFVLR). Spacelab will use the NASA Space Shuttle. Consequently, the mission can only be of short duration and thus of a trial nature. Still, photography can be obtained that will be suitable for photogrammetric measurement.

In addition, E.S.A. is planning two types of terrestrial exploration satellites:

MOMS for land observation and COMS for sea observation. At the present times, these are still suggestions. They include the use of a digital scanning system of picture elements with a size of 30 m on the ground and operation of a satellite radar system of correspondingly high resolution.

Another suggestion concerns the improvement of high-resolution photogrammetric cameras for space use to obtain a basic resolution in the area of 1 m. The suggestions refer to improved lenses, motion compensation (to allow fine-grain, low-speed film to be used) and, above all, a bulk-film camera and its adaptation to pressurized containers. These cameras could be operated from separate satellites taken out into space and recovered by the Space Shuttle. They would be capable of covering large parts of the earth at relatively low cost.

It is hoped that the project will allow considerably faster progress in topographic and special-purpose mapping of the surface of the earth.

## Le programme européen de télédétection à partir de l'espace

### Résumé

Les vols spatiaux des USA et de l'URSS ont fourni dès le début des photographies aériennes de la surface terrestre. Ces clichés ont été pris tout d'abord à des petites échelles, sans systématique et avec des chambres qui n'étaient pas photogrammétriques. Ils n'avaient donc qu'un caractère expérimental et étaient fort peu appropriés à des applications cartographiques. Par contre, les vols Gemini et Apollo sont les précurseurs des satellites d'étude géophysique du type Landsat qui collectent systématiquement les clichés avec des capteurs digitaux. Malgré les succès de leurs applications à l'échelle mondiale, les clichés du Landsat ont encore une résolution insuffisante. D'autre part, les quatre canaux spectraux ne correspondent pas parfaitement aux différentes utilisations que l'on en voudrait tirer.

Alors que les USA avec Landsat-D et la France avec SPOT travaillent à l'amélioration technologique des systèmes automatiques et que les missions Skylab et Sojuz ont réussi à réaliser des clichés avec une résolution plus élevée et pouvant ainsi être utilisés à des fins photogrammétriques, les pays que réunit l'Agence Spatiale Européenne (A.S.E./E.S.A.) étudient quant à eux un programme de télédétection spatiale qui s'oriente principalement aux besoins de l'Europe et des pays en voie de développement liés à l'Europe.

Le premier programme de télédétection de l'A.S.E. est destiné à la première mission Spacelab prévue pour avril 1982. La République Fédérale Allemande y contribue avec deux systèmes expérimentaux de télédétection:

Une chambre métrique à répétition, modèle Zeiss RMK 30/23 modifiée pour les conditions d'un vol spatial et un système radar construit par DFVLR. Spacelab sera réalisé avec l'engin spatial Space Shuttle de la NASA. La durée de la mission sera donc courte, mais celle-ci aura un caractère exemplaire. De toutes façons des clichés seront pris qui pourront être utilisés à des fins photogrammétriques.

L'A.S.E. a prévu également deux types de satellites géophysiques:

MOMS pour l'étude des terres et COMS pour l'étude des mers. On n'en est encore qu'au stade des propositions, qui prévoient l'utilisation d'un système de captage digital au sol avec pouvoir séparateur de 30 m et le fonctionnement d'un radar satellite d'une résolution adéquate.

Parallèlement on étudie la possibilité de mettre au point des chambres photogrammétriques de haute résolution destinées à être utilisées dans l'espace afin d'obtenir des résolutions de l'ordre du mètre. Les propositions qui sont faites touchent l'amélioration des objectifs, la compensation du mouvement (pour pouvoir utiliser des films à fine granularité de moindre sensibilité) et surtout la fabrication d'une chambre photogrammétrique pouvant contenir une grande quantité de films et pouvant être adaptée dans une enceinte pressurisée. Les chambres ainsi conçues pourraient être commandées à partir de satellites envoyés dans l'espace avec Space Shuttle puis recherchés. Elles pourraient photographier à moindre frais de grandes parties de la surface terrestre.

On compte pouvoir de cette façon accélérer le trop lent progrès de la cartographie topographique et thématique de notre planète.

## El programa europeo de exploración remota desde el espacio

### Resumen

Desde un comienzo, las actividades espaciales de los Estados Unidos y de la URS suministraron fotos de la superficie terrestre. Estas se scaron originalmente a escalas pequeñas, de forma no sistemática y con cámaras no métricas. Por esta razón sólo tenían un carácter experimental y no se prestaron para fines cartográficos. Por otro lado, los vuelos espaciales de Gemini y Apolo sirvieron de preparación para los satélites del tipo Landsat para reconocimiento terrestre automático, los cuales permiten la adquisición sistemática de fotos por exploradores digitales. Sin embargo, aunque se emplean con éxito en todo el mundo, las fotos Landsat todavía tienen una resolución insuficiente. Además, los cuatro canales espectrales no son óptimos para las distintas aplicaciones.

Mientras que los esfuerzos de los Estados Unidos (Landsat D) y de Francia (SPOT) están dirigidos al perfeccionamiento de sistemas automáticos y mientras que tanto los Estados Unidos como la URS lograron obtener con las misiones Skylab y Soyut fotos de resolución más elevada, apropiadas para su uso fotogramétrico, los estados miembros de la Agencia Europea del Espacio (ESA) tratan de concebir un programa de exploración remota orientado específicamente a las necesidades europeas y de los países en vía de desarrollo, asociados con Europa.

El primer programa de exploración terrestre de la E.S.A. está previsto para la misión Spacelab (abril de 1982). La República Federal de Alemania contribuirá con dos experimentos de exploración terrestre:

Una cámara fotogramétrica Zeiss RMK 30/23, modificada para el espacio, y un sistema de radar construido por la Agencia Espacial y Aeronáutica Alemana de Investigaciones y Ensayos. Spacelab utiliza el transportador espacial Space Shuttle de la NASA. Así, la misión sólo puede ser de breve duración, es decir, tener un carácter solamente experimental. Sin embargo, se podrán obtener fotos que se prestan para su aprovechamiento fotogramétrico.

Además, la E.S.A. planea la realización de dos tipos de satélites de exploración terrestre:

MOMS para observación de la tierra y COMS para observación de los mares. Aquí se trata sólo de un primer concepto que prevé la utilización de un sistema explorador digital con elementos fotográficos de 30 m de tamaño en el suelo y la utilización de un radar de satélite, de resolución suficientemente elevada.

Otro proyecto se refiere al perfeccionamiento de cámaras fotogramétricas de alta resolución para su uso en el espacio, para obtener una resolución básica en el margen métrico. Las sugerencias hechas se refieren a objetivos mejorados, a la compensación del movimiento (de manera que puedan emplearse películas de grano fino y baja sensibilidad) y, especialmente, a una cámara para película muy larga y su adaptación a cajas de presión. Dichas cámaras podrían funcionar desde satélites llevados al espacio y recuperados por el Space Shuttle. Podrían fotografiar grandes partes de la tierra muy económicamente.

Se espera que esta técnica ayudará a acelerar el progreso - actualmente demasiado lento - en el levantamiento topográfico y temático de la tierra.

Prof. Dr.-Ing. G. Konecny,  
Technische Universität Hannover,  
Institut für Photogrammetrie und Ingenieurvermessungen,  
D-3000 Hannover, Nienburger Str. 1

ERDERKUNDUNGSSATELLITEN

<u>NAME</u>	<u>LAND</u>	<u>ZEIT</u>	<u>AUFLÖSUNG</u>
NIMBUS 1-6	USA	1964 + h = 1000 km	Vidicon 1 km IR-Abtaster 8 km
ATS 1-4	USA	1966 - 1968 h = 36 000 km	Farbe
<u>LANDSAT 1-2</u>	<u>USA</u>	1972 +	Bildel. 80 m 4 Kanäle
<u>LANDSAT 3</u>	<u>USA</u>	1978 +	Bildel. 80 m 4 Kanäle oder Bildel. 40 m 1 Kanal
<u>SEASAT 1</u>	<u>USA</u>	1978	Bildel. 25 m Radar X-Band

BEMANNTE MISSIONEN  
 BISHERIGE WELTRAUMBILDER DER ERDE

<u>MISSION</u>	<u>JAHR</u>	<u>KAMERA</u>	<u>H</u>	<u>C</u>	<u>FORMAT</u>	<u>AUFLÖSG.</u>	<u>GRUND- AUFL.</u>
<u>GEMINI 4-7</u>	1965	HASSELBLAD C.ZEISS-OPTIK	200 km	80mm	5.7x 5.7cm	201p/mm	125 m
GEMINI 10-12	1966	MAURER	200 km	80mm	5.7x 5.7cm	201p/mm	125 m
APOLLO 7	1968	P-220 MAURER	225-420 km	80mm	5.7x 5.7cm	351p/mm	70 m
APOLLO 9	1969	HASSELBLAD C.ZEISS-OPTIK	192-496 km	80mm	5.7x 5.7cm	351p/mm	70 m
SKYLAB(S190A)	1973	ITEK	435 km	152mm	5.7x 5.7cm	291p/mm	99 m
<u>SKYLAB(S190B)</u>	1973	ETC ACTON	435 km	460mm	11.5x11.5cm	251p/mm	38 m
<u>SOJUZ 22-30</u>	seit 1976	MKF-6 JENA	250 km	125mm	5.5x 8.1cm	801p/mm	25 m

## WELTRAUM-FERNERKUNDUNGSPROGRAMM DER U.S.A.

### A. VORGEGEBENE ENTWICKLUNGEN

1. SPACE-SHUTTLE                   wiederverwendbarer Transporter
2. T.D.R.S.S.                    weltweites Empfangssystem über  
                                  geostationäre Satelliten
3. MULTIMODULAR-SATELLITEN   genormte Satelliten

### B. SYSTEME IM BAU

1. LANDSAT-D                   Thematic Mapper:  
   1982                        6 Bänder   0.42 - 2.35  $\mu$ m   Bildelem. 30 m  
                                  1 Band     10 - 12.5  $\mu$ m    Bildelem. 120 m  
                                  85 Mbit/s Datenrate über T.D.R.S.S.
2. SHUTTLE-EXPERIMENTE (O.F.T.)
  - a) LARGE FORMAT CAMERA (Itek)   c = 30 cm, 23 x 46 cm Format
  - b) SEASAT-RADAR (X & L Band)   4000 Aufn. Palette

### C. GEPLANTE SYSTEME

1. MAPSAT (U.S.G.S.)           1 Band     Bildelem. 30 - 40 m  
                                  2 Bänder   Bildelem. 60 - 90 m  
                                  15 Mbit/s Datenrate   h = 900 km
2. STEREOSAT (J.P.L.)        3 Diodenzeilen (konvergent)  
                                  Bildelem. 15 m
3. MULTIMODULAR-SATELLITE & LARGE FORMAT CAMERA  
                                  Lebensdauer 6 - 9 Monate  
                                  Parkumlaufbahn 900 km  
                                  Missionsumlaufbahn 250 km

## WELTRAUM-FERNERKUNDUNGSPROGRAMME ANDERER LÄNDER

### U.d.S.S.R. - INTERCOSMOS

Soyuz                           MKF-6                           in Betrieb

### FRANKREICH

SPOT auf ARIANE                           im Bau  
20 m Bildelem. 2 Bänder  
10 m Bildelem. panchromat.  
250 Bilder speicherbar

### JAPAN

MOS (Marine Observation Satellite)   1983  
50 m Bildelem. sichtbar & thermal

LOS (Land Observation Satellite)   1987  
30 m Bildelem.

### V.R. CHINA

Programm des Jen Hsi-Min  
Raumfahrttechnologieinstituts                           geplant

## WELTRAUM-FERNERKUNDUNGSPROGRAMM DER E.S.A.

### A. VORGEGEBENE ENTWICKLUNGEN

1. Bau von SPACELAB (E.R.N.O.)  
zur Mehrzwecknutzung im wiederverwendbaren  
N.A.S.A. Raumtransporter SPACE-SHUTTLE
2. Bau der europ. Trägerrakete ARIANE

### B. SYSTEME IM BAU

1. SPACELAB-1 Experiment  
Photogrammetrische Kamera Zeiss RMK 30/23,  
3 Filme = 1650 Aufnahmen, Missionsdauer 1 Woche  
Start: 18.4.1982
2. SPACELAB-1 Experiment  
Mikrowellenerkundung in 3 Betriebsarten:
  - a) Mikrowellenscatterometer
  - b) Passiver Thermalsensor
  - c) Bildflugradar im X-Band 25 m Bildelem.  
Bildbreite 9 km

### ATLAS-PROGRAMM

<u>ATLAS-A</u> im Bau	Zeiss RMK 30/23 in Spacelab-1 1982	bemanntes Spacelab-Modul 3 Kassetten 1650 Aufnahmen
<u>ATLAS-B</u> in Dis- kussion	Alternativen: a) RMK 30/23 mit Bew.Komp.  b) RMK 60/23 mit Bew.Komp.  c) TRb 60/24 mit Bew.Komp. 23 x 11.5 cm Format	Druckbehälter auf Shuttle Palette großes Magazin  Druckbehälter auf Shuttle Palette großes Magazin  bemanntes Spacelab-Modul
<u>ATLAS-C</u> geplant	Neuentwicklungsalternativen: a) c = 30 cm 23 x 23 cm Format b) c = 60 cm 23 x 23 cm Format c) c = 75 cm 18 x 18 cm Format	Druckbehälter auf Freeflyer großes Magazin

ERWARTETES LEISTUNGSVERMÖGEN DES ATLAS-PROGRAMMS

MISSION	H	C	FORMAT	FLÄCHE	AUFLÖSUNG		AUFLÖSUNG	
					S/W	FARB-IR		
ATLAS-A	250km	305mm	23x23cm	189x189km	401p/mm	21m	251p/mm	33m
ATLAS-B	250km	153mm	23x23cm	380x380km	1001p/mm	16m	501p/mm	32m
	250km	305mm	23x23cm	189x189km	701p/mm	12m	351p/mm	24m
	250km	610mm	23x23cm	95x 95km	601p/mm	7m	301p/mm	14m
ATLAS-C	516km	750mm	18x18cm	124x124km	601p/mm	12m	301p/mm	24m
	480km	610mm	23x23cm	181x181km	601p/mm	13m	301p/mm	26m
	360km	610mm	23x23cm	136x136km	601p/mm	10m	301p/mm	20m
	360km	305mm	23x23cm	272x272km	701p/mm	17m	351p/mm	34m

VERGLEICH DER KOSTEN VON SATELLITEN ZUR FERNERKUNDUNG

PROGRAMM	Pixel Ø	LAND	STATUS	KOSTEN	IN DM	
SEASAT	25 m	U.S.A.	gebaut	170 M \$	323 M DM	
LANDSAT-D	30 m	U.S.A.	in Entwicklung	450 M \$	bis-her 855 M DM	
METEOSAT	-	E.S.A.	gebaut	Bau	170 MAU	391 M DM
				Betrieb (2 1/2 Jahre)	10 MAU	23 M DM
SPOT	30 m	Frankreich	beschlossen	250 MAU	575 M DM	
LASS	30 m	E.S.A.	Vorschlag	200 MAU	460 M DM	
COMSS	30 m	E.S.A.	Vorschlag	220 MAU	506 M DM	
10 Shuttle Missionen m. Kamera	8 m	U.S.A.	Vorschlag	53 M \$	101 M DM	
Kamera- Freeflyer	8 m	U.S.A.	Vorschlag	48 M \$	{ bis 91 M DM 96 M DM	
STEREOSAT	15 m	U.S.A.	Vorschlag	100 M \$	190 M DM	

LUFTBILDAUFNAHME

KAMERASYSTEM	AUFGENOMMENE FLÄCHE	PROJEKT- KOSTEN	KOSTEN PRO km <sup>2</sup>
N.A.S.A. Hochbefliegung	1.5 M km <sup>2</sup> (Alaska)	2 M DM	DM 1.34
U.S. Privatindustrie	1.5 M km <sup>2</sup> (Alaska)	6 M DM	DM 4.00
militär. Erkundungssatellit	13.6 M km <sup>2</sup>	37 M DM	DM 2.70
Space-Shuttle	86.4 M km <sup>2</sup>	32 M DM	DM 0.40
Freeflyer erste Mission	<u>216 M km<sup>2</sup></u>	<u>96 M DM</u>	<u>DM 0.44</u>
Freeflyer Wiederholungs- mission	216 M km <sup>2</sup>	30 M DM	DM 0.14