

F E R N E R K U N D U N G S S A T E L L I T E N
U N D
D A T E N B E S C H A F F U N G

Erwin MONDRE

Österreichische Gesellschaft für Sonnenenergie und Weltraumfragen

Austrian Solar and Space Agency (ASSA), Wien

IDN 14476

Zusammenfassung

Eine für den Anwender von Fernerkundungsdaten gedachte Beschreibung des ersten preoperationalen Fernerkundungssatellitensystem - den amerikanischen LANDSAT Satelliten - wird zusammen mit einem Statusbericht über den Funktionszustand der Satelliten gegeben. Im zweiten Teil wird das Earthnet-Programm vorgestellt, das zur Verteilung und zur Förderung der Anwendung von Satelliten-Fernerkundungsdaten in Europa eingerichtet wurde. Daraus ersieht der Anwender wie und zu welchen Bedingungen solche Daten erhältlich sind. Zum Abschluß wird noch kurz auf andere experimentelle Fernerkundungssatelliten eingegangen.

Summary

For the user of remote sensing data a description of the first pre-operational remote sensing satellite system - the LANDSAT system of NASA - will be presented together with a report on the status of the satellites. In the second part the Earthnet Programme will be introduced which has been established in Europe for the distribution and promotion of the use of remote sensing data. The user can learn how and under what conditions those data will be available. A short presentation of other experimental remote sensing satellites concludes this paper.

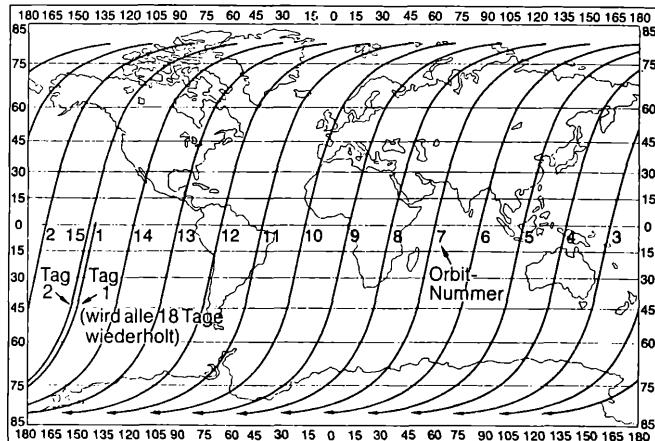
D a s L a n d s a t S y s t e m

Die Landsat Serie, die auf die Erfahrung und Technologie des meteorologischen Satelliten Nimbus aufgebaut wurde, war bisher außerordentlich erfolgreich und hat bereits Unmengen von Daten der Erdoberfläche geliefert.

Landsat 1, der erste, ausschließlich für Erdbeobachtung konzipierte Satellit wurde am 23.Juli 1972 auf seine Umlaufbahn gebracht. Obwohl bereits nach acht Monaten das Bildaufzeichnungsgerät ausfiel und von da ab nur mehr Daten im direkten Empfangsbereich der Bodenstationen zu erhalten waren, wurde dieser Satellit erst im Jänner 1978 endgültig stillgelegt. Er war somit über fünfeinhalb Jahre im Einsatz, obwohl die erwartete Lebensdauer nur mit einem Jahr angegeben wurde. Inzwischen sind am 22. Jänner 1975 Landsat 2 und am 5.März 1978 Landsat 3 auf ihre Umlaufbahnen gebracht worden.

Bahnpараметer

Die Satelliten umkreisen die Erde auf einer beinahe kreisförmigen, sonnensynchronen Umlaufbahn 910 km über der Erdoberfläche. Die Bahnebene ist 99° gegenüber der Äquatorebene geneigt. Auf der fast polaren Bahn überquert der Satellit bei seinem Umlauf von Norden nach Süden die Äquator-ebene zwischen 9.30 und 10.00 Uhr Lokalzeit. Eine Erdumkreisung erfolgt in 103 Minuten, woraus sich 14 Umläufe pro Tag ergeben. Auf der beleuchteten Erdhalbkugel wird ein Streifen von 185 km quer zur Flugbahn aufgenommen. Der Streifen beim nächsten Umlauf liegt am Äquator 26 Längengrade nach Westen versetzt. Einen Tag später werden die westlich anschließenden Streifen mit einer Überlappung (26 km am Äquator, polwärts ständig zunehmend) aufgenommen. In 17 Tagen wird somit die ganze Erdoberfläche - bis auf kleine Gebiete um die Pole - erfaßt.

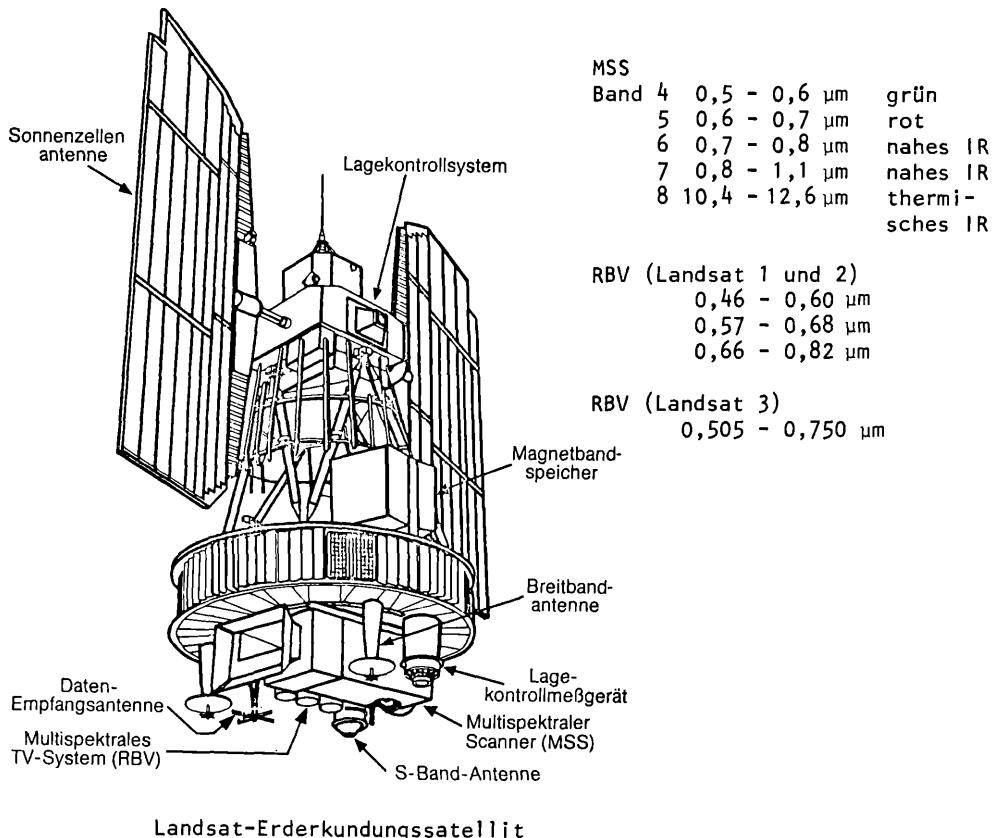


Tägliche Umlaufbahnen von Landsat

Nach 251 Umläufen beginnt am 18. Tag der Aufnahmezyklus von vorne. Wolkenfreies Wetter vorausgesetzt, kann Österreich in sechs aufeinanderfolgenden Tagen erfaßt werden. Mit nur zwei Satelliten in entsprechend versetzten Umlaufbahnen erhält man die Möglichkeit pro Jahr 40 mal die gesamte Erdoberfläche aufzunehmen.

Satellit

An Bord des 3 m hohen und mit einer Instrumentenplattform von 1,5 m Durchmesser versehenen Satelliten befinden sich zwei verschiedene Aufnahmegeräte. Ein Multispektralscanner (MSS) mit je zwei Kanälen im sichtbaren Bereich und im nahen infraroten Bereich, bei Landsat 3 noch ein Kanal im thermischen Infrarot, und ein nach dem Fernsehprinzip arbeitendes Kamerasystem (RBV). Beim Landsat 1 und 2 waren es drei Kameras die auf verschiedene Spektralbereiche des sichtbaren Lichtes abgestimmt waren und die bereits kurz nach dem Start ausfielen. Bei Landsat 3 werden nur panchromatische Aufnahmen gemacht und zwar mit zwei Kameras wodurch eine doppelt so hohe Auflösung als mit dem MSS erzielt werden kann. Die Stromversorgung erfolgt durch Solargeneratoren, die die gesamte Breite des Satelliten auf 3,4 m vergrößern.



Landsat-Erdekuungssatellit

Der 185 km breite Geländestreifen wird von dem 4-Kanal-MSS durch einen quer zur Flugbahn rotierenden Spiegel abgetastet. Die von der Erdoberfläche reflektierte Strahlung wird von sechs nebeneinander angebrachten Detektoren erfaßt, und spektral in vier Bändern registriert. Das augenblickliche Gesichtsfeld am Boden (theoretische Auflösung) beträgt 80 x 80 m. Zur Erzeugung des zweidimensionalen Bildes dient quer zur Flugbahn die Spiegelablenkung und parallel zur Flugbahn die Bewegung des Satelliten. Pro Zeile wird das Bild in 3240 Bildelemente zerlegt und über Funk (2,2 GHz) abgestrahlt.

Funktionszustand der Landsat Satelliten

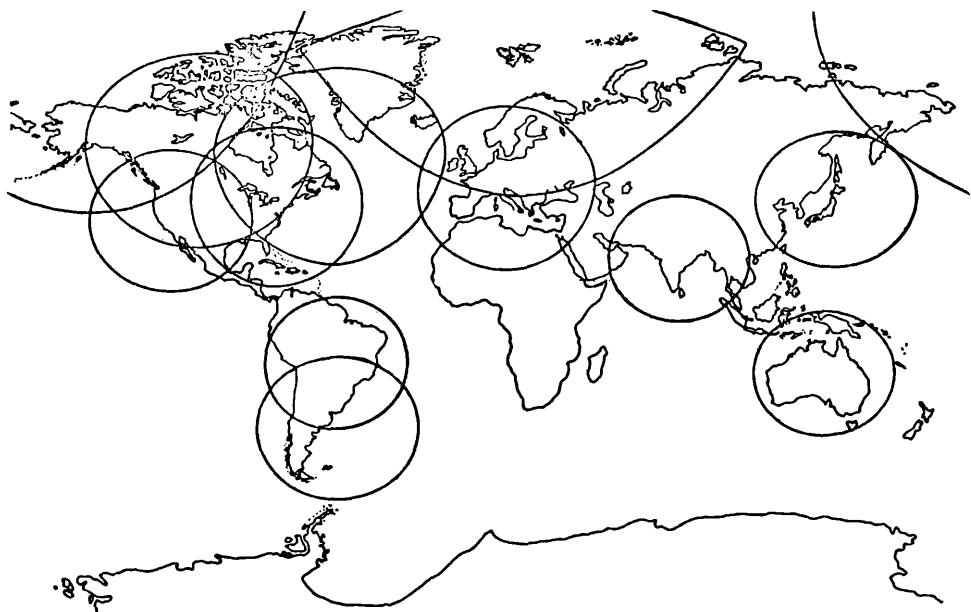
Landsat 1 wurde am 8.Jänner 1978 wegen eines Fehlers im S-Band Transponder abgeschaltet. Zur Zeit sind Landsat 2 und 3 in Betrieb, wobei Landsat 2 trotz vorübergehender Probleme als primärer Satellit verwendet wird, da es bei Landsat 3 Probleme mit der Scannersynchronisation gibt.

Landsat 2 ist seit 22.Jänner 1975 in Umlauf. Er wurde Anfang 1980 wegen eines Fehlers im Lagekontrollsysteem stillgelegt aber am 5.Mai 1980 wieder in Betrieb genommen. Bis auf das Bilddauzeichnungsgerät und die bereits kurz nach dem Start ausgefallene Fernsehkamera funktionieren der Satellit und alle Instrumente einwandfrei.

An Bord von Landsat 3 funktioniert die RBV Kamera einwandfrei. Der MSS weist allerdings bei über 90 % der Aufnahmen Fehler in der Synchronisation auf. Diese Fehler können am Boden korrigiert werden, wodurch aber ca. 1/3 der abgetasteten Szene verloren geht.

V e r f ü g b a r k e i t v o n F e r n e r k u n d u n g s - s a t e l l i t e n d a t e n

Seit der Errichtung des experimentellen Fernerkundungssatellitenprogramms in den USA im Jahre 1972 war es eine generelle Festlegung, daß die damit gewonnenen Daten jedermann, ohne Diskriminierung, zugänglich gemacht werden sollten. Als es nur die Bodenstationen in den USA gab, war man auf das Funktionieren des Bildaufzeichnungsgerätes angewiesen, um Daten von anderen Teilen der Erdoberfläche zu erhalten. Inzwischen gibt es außer den drei Stationen in Kalifornien, Alaska und Maryland neun Empfangsstationen außerhalb der USA und zwar in Argentinien, Brasilien, zwei in Kanada, in Indien, Australien und Japan sowie zwei in Europa. Weitere drei Stationen in China, Thailand und seit kurzem auch in Südafrika sind zur Zeit im Bau. Somit haben neben den USA - die natürlich eine Monopolstellung im Hinblick auf den Zugriff zu Fernerkundungsdaten haben, bereits viele andere Länder die Möglichkeit, diese Daten gegen eine Benützungsgebühr von derzeit jährlich 200.000,- \$ direkt vom Satelliten zu empfangen. Beim geplanten Landsat D (1982) sollen die erwähnten Stationen ebenfalls eingeschaltet werden, die Amerikaner werden aber zusätzlich über das TDRSS (Tracking und Data Relay Satellite System) direkten Zugriff und Empfangsmöglichkeiten aller



Empfangsbereiche des weltweiten Netzes von Landsat Empfangsstationen

aufgenommenen Daten haben, ohne auf fremde Stationen oder auf die eher kritischen Bildaufzeichnungsgeräte (Lebensdauer, Speicherkapazität) an Bord zurückgreifen zu müssen. Die uneingeschränkte Verfügbarkeit von Fernerkundungsdaten wird bei den Vereinten Nationen im Komitee über die friedliche Nutzung des Weltraums bereits seit Jahren diskutiert - es gibt allerdings immer noch keinen Konsens über eine generelle international gültige Regelung. Im Widerspruch zur amerikanischen Meinung vertreten manche Staaten die Ansicht, daß Fernerkundungsdaten zur Wahrung der Souveränität nur dann an dritte Staaten weitergegeben werden können, wenn der betroffene Staat seine Zustimmung gegeben hat. Durch eine solche Regelung würden aber die weniger entwickelten Länder und jene Staaten, die sich ein so hoch entwickeltes System nicht leisten können gegenüber den Staaten die ein Satellitensystem bzw. eine Empfangsanlage errichtet haben, im Nachteil sein. Mit jeder Bodenstation können Fernerkundungsdaten eines Gebietes im Umkreis von 2800 km empfangen werden. Die genaue Größe des "Einzugsgebietes" hängt natürlich vom Antennendurchmesser und der Topographie ab.

Earthnet - Programm

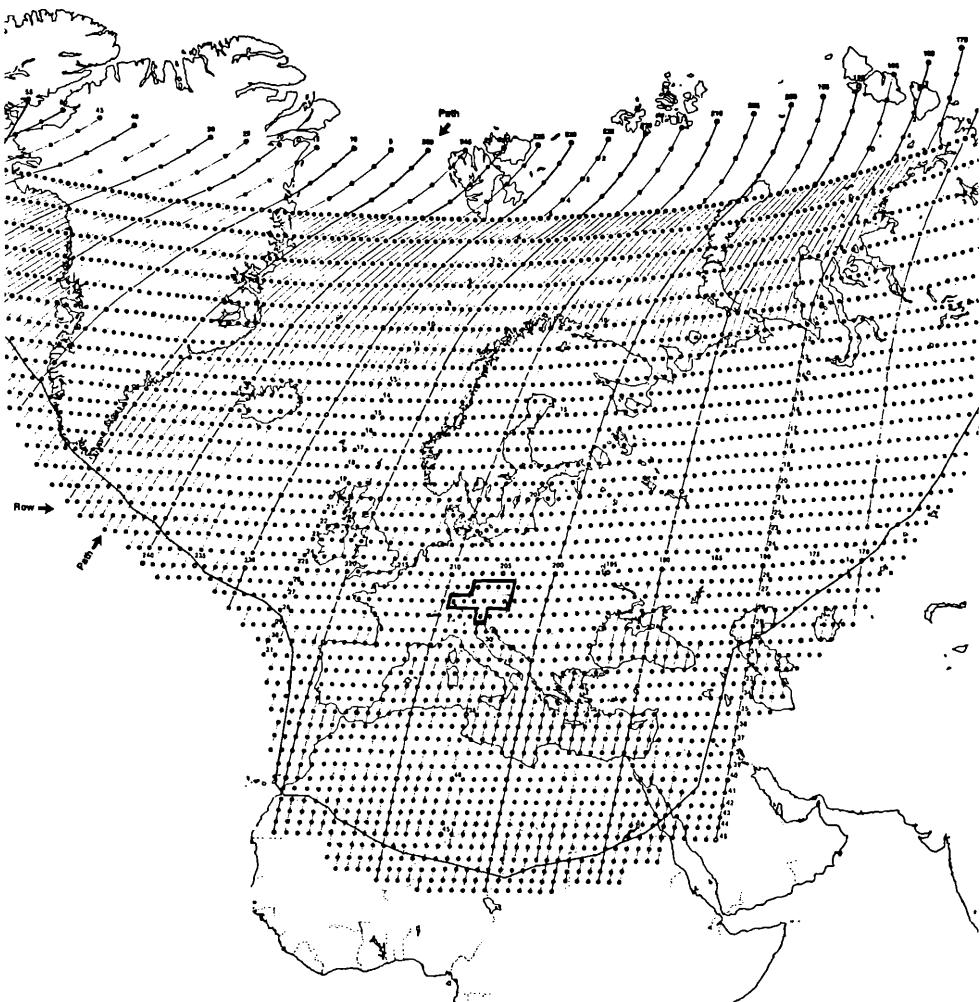
Seit 1977 wird von der Europäischen Weltraumorganisation ESA das Programm Earthnet durchgeführt, welches im Vorjahr in ein Pflichtprogramm für alle ESA Mitgliedsstaaten umgewandelt wurde. Im Rahmen dieses Programmes ist in Europa ein Netz von Bodenstationen für den Datenempfang von Fernerkundungssatelliten errichtet worden. Die Daten werden vorverarbeitet, archiviert und den Nutzern zur Verfügung gestellt. Das Earthnet Programmbüro ist in Frascati (Italien) und leitet von dort den Einsatz der Empfangsstationen, ist verantwortlich für die Koordination der Schnittstellen mit dem Eigentümer des Raumsegmentes - also der amerikanischen Weltraumbörde NASA, sowie für die Datenbearbeitung und -verteilung. Zur übersichtlichen Archivierung und zur raschen Beurteilung der Daten wird zur Zeit ein Computerkatalog entwickelt in dem alle wichtigen Parameter wie Datenqualität, Wolkenbedeckung, etc. enthalten sind.

Die am Boden aufgenommenen Digitaldaten werden zu Standard-Produkten verarbeitet, nachdem gewisse Korrekturen (Radiometrie und Geometrie der Satellitenbahn) durchgeführt wurden. Ausgabeprodukte sind digitale Magnetbänder für anschließende Computerbearbeitung sowie photographische Produkte, wie Photos, Filme in schwarz/weiß bzw. in Falschfarbe durch Kombination von drei Spektralkanälen (4, 5, 7 oder 4, 6, 7).

Für die Wissenschaftler die mit diesen Daten arbeiten ist es wichtig, daß die Information möglichst schnell nach der Aufnahmezeit zur Verfügung gestellt wird, und daß andererseits alle Daten archiviert werden, damit auch später noch darauf zurückgegriffen werden kann.

In Europa gibt es zwei Empfangsstationen für Landsat-Satelliten, eine davon ist östlich von Rom in Fucino eine andere in Kiruna in Nordschweden. Beide Stationen empfangen MSS und RBV Daten von Landsat 2 und 3, wobei die Kiruna Station für Nordeuropa, England und Irland zuständig ist und als Reservestation auch für Europa (bis zu den Pyrenäen und den Alpen) eingesetzt werden kann. In Kiruna werden durchschnittlich 85 Satellitenumläufe pro Monat aufgenommen, da mehr wegen der großen Überdeckung der Bildstreifen nicht notwendig sind. RBV-Daten stehen nur von Landsat 3 zur Verfügung und werden seit November 1978 nach einigen Anfangsschwierigkeiten wegen Gerätproblemen jetzt einwandfrei empfangen.

Weitere Stationen im Earthnet-Programm sind für Nimbus-7 Lannion (Frankreich) und Maspalomas (Spanien), für HCMM Lannion und für das Seasat SAR war es Oakhanger in der Nähe von London.



Empfangsbereich der europäischen Bodenstationen

Der Vertrieb der Satellitendaten erfolgt im Earthnet-Programm über nationale Kontaktstellen (NPOC) die in allen ESA Mitgliedsstaaten eingerichtet worden sind. Aber auch Nichtmitgliedsstaaten zeigen großes Interesse an diesen Daten und so wurden Kontaktstellen auch in Finnland, Norwegen und Österreich, aber auch in Polen und Rumänien eingerichtet. Bekanntlich hat Österreich 1979 ein Assoziierungsabkommen mit der ESA unterzeichnet und beteiligt sich auch an einigen Programmen der ESA, nicht aber am Fernerkundungsprogramm. Die ASSA nimmt die Kontakte zum Earthnet-Programm wahr. Da bei der ASSA keine Geräte zur Datenverarbeitung zur Verfügung stehen, können zur Zeit nur die Standardprodukte der ESA angeboten werden.

Es ist aber geplant, zusammen mit der Abteilung für Satellitenkartographie des Instituts für Kartographie der Akademie der Wissenschaften in Zukunft das Angebot und den Service auszubauen. Im genannten Institut wurde ein interaktives Bildauswertegerät vom Typ I²S (Modell 70 E) mit einem Computer (HP 1000) installiert. Die ASSA führt seit Anfang 1979 eine sogenannte Quicklook-Kartei aller über Österreich aufgenommenen Landsatdaten. Die Quicklooks sind einfache Photos aus Band 7 der MSS Aufnahme und sollen in erster Linie einen Anhaltspunkt über die Qualität der Aufnahme bezüglich Wolkenbedeckung geben. Jedem interessierten Nutzer steht diese Kartei zur Verfügung. Über die ASSA können dann die gewünschten Daten in Form von digitalen Computerbändern oder photographischen Produkten bestellt werden. Selbstverständlich sind wir auch gerne bereit, Datensmaterial von Gebieten außerhalb Österreichs, welche im Empfangsbereich der Earthnet-Stationen liegen zu besorgen. Interessenten von Daten außerhalb des Empfangsbereiches der europäischen Stationen wenden sich am besten an das Earth Resources Observation Systems Data Center in Sioux Falls, South Dakota.

In der folgenden Liste sind die wichtigsten Earthnet-Produkte mit den zur Zeit gültigen Preisen angegeben. Die hier angegebenen Preise werden von der ESA in Rechnung gestellt und decken nur die Selbstkosten. Da eine der Hauptaufgaben des Earthnet-Programmes die Förderung der Verwendung von Fernerkundungssatellitendaten ist, werden, zumindest zur Zeit noch, die Kosten für Investitionen, Satellitengebühren an die NASA und zum Teil auch Operationskosten noch durch Subventionen der ESA Mitgliedsstaaten getragen.

PREISLISTE DER EARTHNET DATEN (AUSZUG)

STAND 1980

=====

LANDSAT MSS DATEN (185 x 185 km)

Preise in Schilling
(gerundet)

Quick-Look Photo	20,--
Photo oder Film: 240 mm 1:1000 000	470,--
Photo 480 mm 1: 500 000	650,--
Photo 960 mm 1: 250 000	930,--
Farbbilder 240 mm Photo oder Film (Kanäle 4.5.7 oder 4.6.7)	1860,--
Farbphoto 480 mm	2970,--
Farbphoto 960 mm	3720,--
Digitales Computerband (CCT)	5670,--

LANDSAT RBV DATEN (Pro Teilszene 99 x 99 km)

Photo oder Film 240 mm	470,--
Digitales Computerband (CCT)	5670,--
Digitale Computerbänder aller 4 Teilszenen (entspricht einer MSS Aufnahme)	16700,--

E x p e r i m e n t e l l e F e r n e r k u n d u n g s s a t e l l i t e n

Neben den Landsatdaten werden im Rahmen des Earthnet-Programmes noch Daten folgender amerikanischer Satelliten empfangen:

- Nimbus-7
- HCMM (Heat Capacity Mapping Mission)
- Seasat

Nimbus-7

Dieser Satellit wurde am 24.Oktober 1978 mit acht Instrumenten an Bord gestartet. Er dient zur Bestimmung von atmosphärischem Wasserdampf, Ozon, Spurengase und Aerosolen, zur Messung der Oberflächentemperatur und des Wasseroberflächenzustandes. Die Daten zweier Instrumente, nämlich des SMMR (Scanning Multi-Channel Microwave Radiometer) und des CZCS (Coastal Zone Color Scanner) werden in Europa empfangen. Das letztere hat zwei Aufnahmekanäle ($0,5 - 1,1 \mu\text{m}$ und $10,5 - 12,5 \mu\text{m}$) und liefert Daten mit einer Bodenauflösung von 500 m.

HCMM

Der Satellit war von 26.April 1978 bis 30.September 1980 in Betrieb und hat aus 600 km Höhe Tag- (sichtbarer Bereich und infrarot) und Nacht- aufnahmen (infrarot) geliefert. Das abbildende Radiometer hatte eine Auflösung von 600×500 m. Bei jedem Überflug wurde ein 700 km breiter Streifen aufgenommen. Von der französischen Bodenstation in Lannion wurden über 1500 Satellitenumläufe aufgezeichnet.

Seasat

Dieser Satellit hatte zum ersten Mal ein synthetisches Aperturradar an Bord, das allerdings kurz nach dem Start (26.Juni 1978) am 9.Oktober 1978 wegen eines Kurzschlusses in der Spannungsversorgung ausfiel. Trotzdem stehen Aufnahmen von über 300 Gebieten aus insgesamt 60 Stunden Flugzeit zur Verfügung. Das wetterunabhängige Aufnahmesystem lieferte Daten in ausgezeichneter Qualität mit einer Bodenauflösung von 25 m.

Z u k ü n f t i g e S y s t e m e

Die USA planen für 1982 den Start von Landsat D, der neben dem unveränderten multispektralen Scanner noch einen sogenannten "Thematic Mapper" mit sieben Spektralbereichen und einer Bildelementgröße von 30 m an Bord haben wird. Die Bahnpараметры sind gegenüber den jetzigen Landsat-Satelliten etwas geändert; eine Adaptierung der Bodenstationen in Europa zum Empfang von Landsat 4 ist in Vorbereitung.

Aber auch in Europa und Japan werden Programme zur Fernerkundung diskutiert. Diese Systeme sind auf die von den Nutzern der Daten gewünschte Anforderungen optimal ausgelegt und sollen das amerikanische System ergänzen. Vorversuche werden im Rahmen des ersten Spacelab-Fluges (Mitte 1983) durchgeführt und zwar mit einem metrischen Kamerasystem (25 m Auflösung) und einem wetterunabhängigen Mikrowellengerät - beide Geräte werden zur Zeit in Deutschland entwickelt. Weiters wird von Frankreich ein Fernerkundungssatellit entwickelt. Dieser für 1984 geplante Satellit soll Daten mit einer Auflösung von 10 m im Frequenzbereich $0,5 - 0,9 \mu\text{m}$ bzw. 20 m in den drei Spektralbereichen $0,5 - 0,59$, $0,61 - 0,69$ und $0,79 - 0,9 \mu\text{m}$ liefern.