

The Monocular Electro-Optical Stereo Scanner (MEOSS) Satellite Experiment

Franz Lanzl

Institut für Optoelektronik der DFVLR, Oberpfaffenhofen

1. INTRODUCTION

In 1980 the Indian Space Research Organization ISRO offered to DFVLR to fly an experiment of 10-20 kg on a Stretched ROHINI Satellite (SROSS) of the 150 kg class.

The common understanding is to fly under the constraints of the SROSS mission (Table 1) an attractive low cost experiment provided by DFVLR.

Table 1: Nominal specifications for SROSS-MEOSS Mission
Mission Parameters

circular orbit	450 km
inclination	45.56° (48.20°)
orbital period	92.8 minutes
lifetime	6-12 months
launch	1988
telemetry	S-band
data rate	10.4 Mbit
payload weight	10 kg
payload power	25 Watt for 20 minutes/day

2. THE INSTRUMENT

The main characteristics of the proposed threefold stereoscopic CCD line scan camera are:

- a single lens (monocular) imaging system for reduction of weight and adjustment efforts,
- no moving mechanisms,
- passive cooling,
- three relatively long CCD lines of 3456 pixels in one common focal plane,
- one spectral band between 570 to 700 nm,

- 8-bit radiometric resolution,
- LANDSAT-MSS compatible geometrical resolution and
- correction for earth rotation by electronic shift.

The opto-mechanical design with a central, mechanically independent imaging unit consists of a space modification of a ZEISS Biogon lens and the focal plane containing three parallel CCD lines vertical to flight direction as shown in Fig. 1.

The central CCD line contains the optical axis and produces the nadir looking image, while the outer lines see the same parts of a scene at different angles and times (fore and aft looking images). A baffle shields the lens from stray-light. To reduce deforming effects from temperature differences the central case is fabricated from Titanium. The overall weight of the camera is 6.5 kg. The instrument characteristics are summarized in table 2.

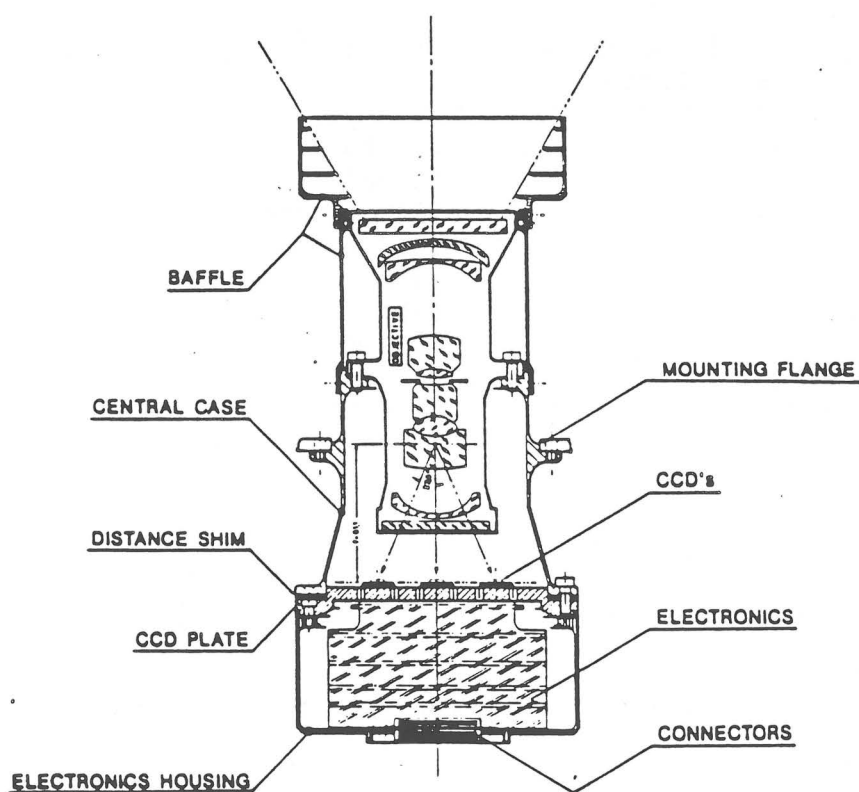


Fig.1 MEOS CAMERA

The vital parts of the MEOS camera are: space modified ZEISS BIOGON lens, 3 CCD's mounted in the focal plane, the electronics necessary to register and transform signals collected by the CCD's.

Table 2: Camera Data

optics	ZEISS Biogon
focal length	61.1 mm
distance of elements on CCD	$\Delta y = 10.7 \mu\text{m}$
number of elements on CCD	$n = 3456$
instantaneous field of view	IFOV = 0.01° square
distance of scanlines	$d = 26.69 \text{ mm}$
convergence angle	$\beta = \pm 23.60^\circ$
scanline frequency	$f = 131.1 \text{ Hz}$
spectral channel	570-720 nm

3. THE MISSION

The image data reception is performed by the ISRO-NRSA LANDSAT ground station near Hyderabad and by the DFVLR ground station Weilheim and is open to other ground stations within the mission constraints.

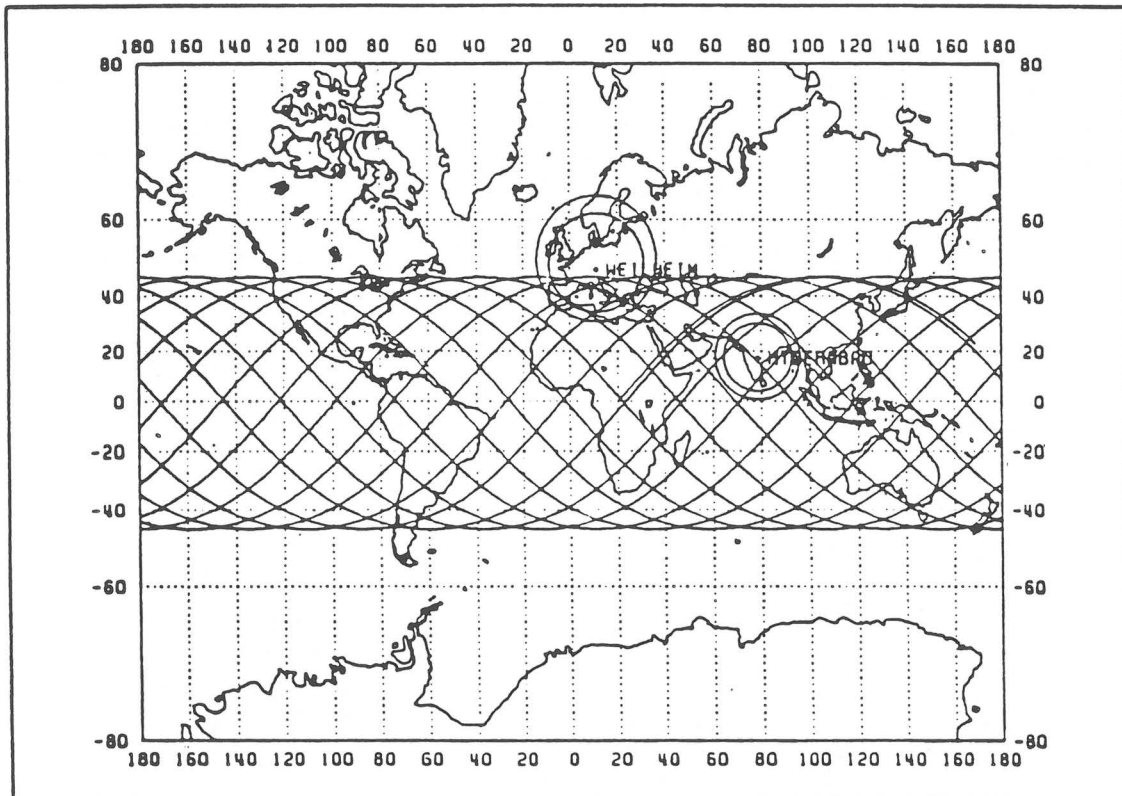


Fig. 2: The ground tracks for the stations Weilheim and Haderabad
The diagram displays the ground tracks for the ME0SS-SROSS-2 mission for 1 day. An altitude $H = 450 \text{ km}$ and an inclination of 45.6° is assumed. Shown are the visibility circles of Weilheim and Hyderabad for 5° and 10° satellite elevation. An orbit indlination of 48.2° is under consideration.

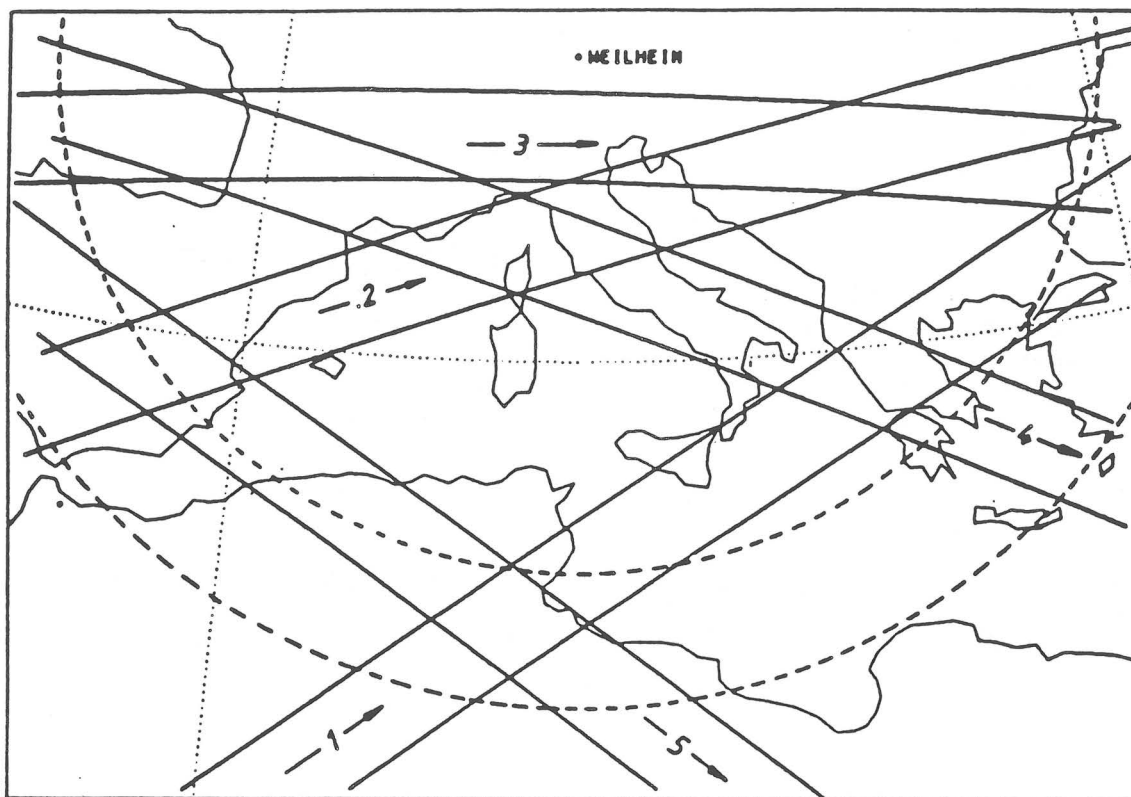


Fig. 3 Weilheim receiving station
 Example for 5 consecutive orbits (numbers 1 through 5) representing the coverage of one day. The swath width marked by parallel lines is 255 km. Dotted lines mark the range of the station for an elevation of the satellite above the horizon of 5° respectively 10°. Because the pattern of passes is shifting 6.5° eastwards a day, full coverage of the area shown can be achieved within 6 days.

The received image data are determined by the following mission characteristics data:

Table 3: Orbit Data

height	$h = 450 \text{ km}$
ground track velocity	$V = 7.137 \text{ km/s}$
inclination	$i = 45.60^\circ \text{ (} 48.20^\circ \text{)}$
sinodal period of orbital drift	24 hours in 55.6 days
visibility range at Weilheim	1730 km at 5° elevation
No. of observable successive orbits	4 to 5

Table 4: Performance Data

radiometric resolution	8 bit
selectable gain factors	1,2 and 4
ground pixel along scanline	P = 78.8 m
inter scanline distance	P = 52.0 m
height resolution element	P = 54.7 m
swath width (central CCD)	SW = 255.8 km
baselength (nadir track)	BL = 396.1 and 2x198 km
corr. time interval (nadir track)	t = 58.1 and 2x29.5 sec
ground based convergence angle	$\beta^\circ = \pm 25.41^\circ$ and 0°
effective base to height ratio	B:H = 0.950 and 2x0.452
active pixels per scanline	n = 3237
resolution for cross track wind	$\Delta v = 1.12$ and 2.24 m/s
height error for 1 m/s along track wind	$\Delta h = 61.1$ and 122.2 m

Image data evaluation is done in two steps

- preprocessing
 - radiometric calibration
 - earth rotation and curvature correction
 - orbit and attitude correction
- high-precision correction using
 - threefold stereo information redundancy
 - attitude modelling

The preprocessed data are available to all users. A high-precision correction scheme is also available and further dealt with in the next chapter under "Photogrammetric Image Correction and Evaluation".

4. SCIENTIFIC OBJECTIVES

The main goals of the MEOSS mission are

- generation of threefold stereoscopic line-scan imagery from space,
- investigation of procedures for image rectification,
- investigation of correlation accuracies over land and cloud fields

with the following derived products

- rectified line-scan images and stereo triplets at 1 : 1 000 000 scale,
- orthophotos and ortho-stereo triplets at 1 : 500 000 scale,

- heights and cross-track velocities of cloud fields.

MEOSS will be the first stereo scanner in space and offers the possibilities for

- basic investigations and tests of different evaluation methods for threefold stereo scan systems; this yielding experience for the planning of future higher-resolution system,
- the incorporation of orbit and attitude data of the satellite for the evaluation of the stereo information.

The program scheme to achieve these goals is indicated in Fig. 4.

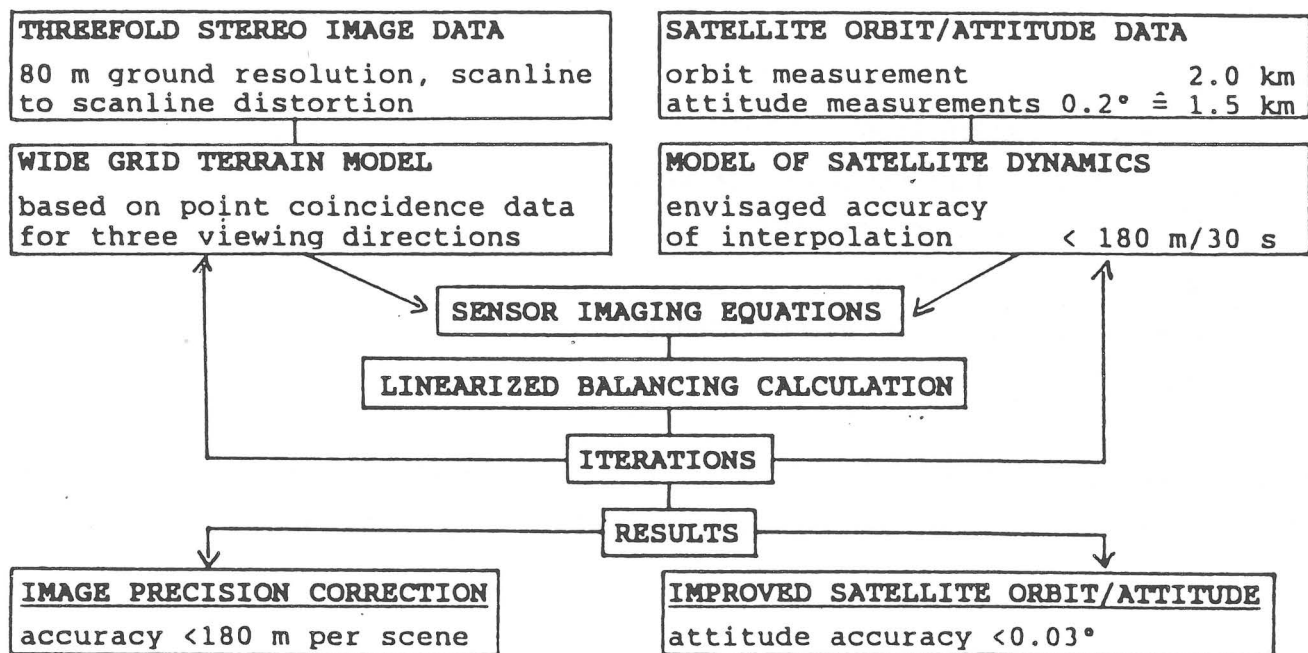


Fig. 4 MEOSS High Precision Correction Scheme

Geometric image correction will be based on ground control points and a large number of conjugate points, representing identical location in the three corresponding image strips. In addition, satellite orbit and attitude data are introduced. The result of these calculations involving photogrammetric collinearity equations are the position and orientation parameters of each recorded line, which can be applied to correct the image data.

In the following the type and magnitude of attitude variations of the satellite which cause a different orientation for each recorded line, are given in more detail. Fig. 5 shows the attitude-relevant aspects of the satellite schematically. Table 5 gives the attitude characteristics, tables 6 and 7 the resulting dynamic image distortions and the static image displacement. Table 8 summarizes the planned results of the indicated correction procedure.

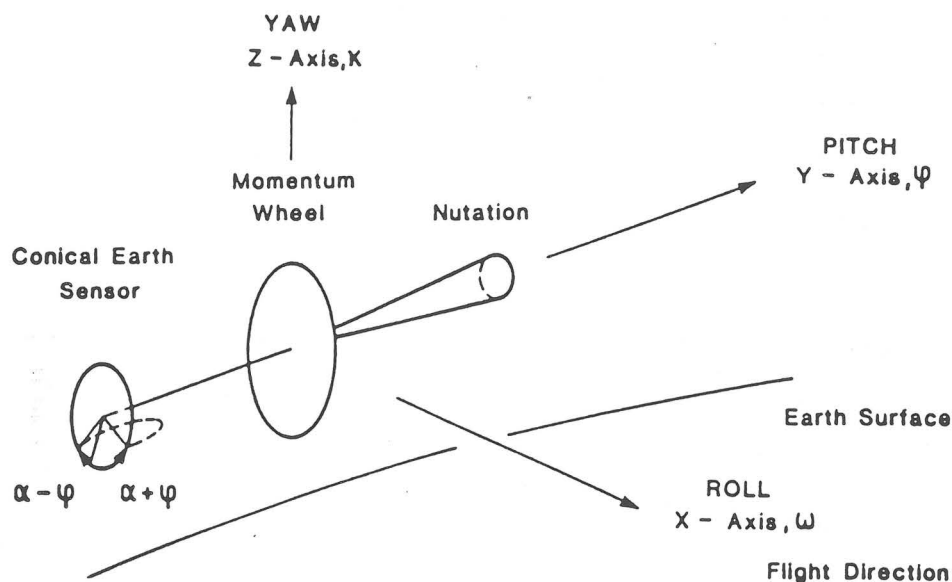


Fig. 5: Attitude Behavior of SROSS-02 Satellite

Table 5: Attitude Characteristics of SROSS-02 Satellite

	roll	pitch	yaw
Conical Scan Earth Sensor			
resolution	0.15°	0.15°	(0.4°)
Pitch Control System			
control range	---	+ 2.5° ± 0.5°	---
random drift	---	± 0.1°	---
drift periods	---	≥ 50 sec	---
drift frequencies	---	≤ 2 · 10 ⁻² Hz	---
Roll and Yaw Control System			
Control range	± 1.5°		± 3°
drift period	~ 5000 sec	---	~ 5000 sec
drift frequency	~ 2 · 10 ⁻⁴ Hz	---	~ 2 · 10 ⁻⁴ Hz
Nutation			
drift range	± 0.05°	---	± 0.03°
drift period	~ 12.5 sec	---	~ 12.5 sec
drift frequency	~ 8 · 10 ⁻² Hz	---	~ 8 · 10 ⁻² Hz

Table 6: Dynamic Image Distortion

Pitch random drift

$\pm 0.1^\circ \Delta \pm 15$ pixel

shift along X-axis

period > 50 sec; scene duration 29 sec

Nutation

$\pm 0.05^\circ \Delta \pm 7$ pixel

shear between Y-axis and X/Z-axis

period. ~ 12.5 sec, scene duration 29 sec

Table 7: Image Displacement

Tracking Error

$0.4 - 2$ km $\Delta 8 - 40$ pixel

absolute position along X-axis

Earth Rotation (latitude dependent, electronically compensated)

± 8.6 km $\Delta \pm 110$ pixel

lateral displacement

of fore and aft direction lines

Control system offset

pitch

$2.5^\circ \pm 0.5^\circ \Delta 375 \pm 75$ pixel

shift and scale change along X-axis

roll

$\pm 1.5^\circ \Delta \pm 150$ pixel

shift and scale change along Y-axis

yaw

$\pm 3^\circ \Delta \pm 450$ pixel

shear between X- and Y-axis

Table 8: Correction of Image Distortion and Image Displacement

1 MEOSS pixel

$$\text{IFOV} = 0,01^\circ \Delta P_y = 79 \text{ m}; P_x = 52 \text{ m}$$

1 MEOSS scene

$$\text{swath width SW} = 256 \text{ km} \Delta 3237 \text{ pixel}, \text{ SW} : \text{H} = 0,566$$

$$\text{bases (length) B} = \pm 198 \text{ km} \Delta \pm 3800 \text{ pixel}, \text{ B} : \text{H} = \pm 0,452$$

Goal of correction: *

better than $0,03^\circ \Delta 3 \text{ pixel}$

Data of MEOSS will be of importance for the following fields of application:

A. Cartographic Applications

Suggested activities are:

- registration of stereo images to a standard grid system,
- derivation of orthophotos and ortho-stereo-triplets,
- resampling procedures,
- experimental derivation of topographic and orthophoto maps at scales 1:500 000 and eventually 1:250 000
- revision of topographical maps up to a scale 1:150 000.

B. Applications in Geology, Forestry, and Environmental Sciences

Suggested applications are:

- correlation of MEOSS stereo data with LANDSAT MSS, TM or SPOT multi-spectral data,
- geolocigal mapping (lithology and structures)

- studies on angular variations of radiances; discrimination between surface and atmospheric effects,
- forest inventory,
- land use inventory.

In performing these tasks two features of the MEOSS mission may be of special interest:

- varying illumination (approx. 26 min. time shift per day),
- nearly 90° difference of stereoscopic viewing direction for observation from ascending and descending orbit segment at low latitudes.

C. Meteorology

The following information could be derived:

1. From MEOSS data alone

- cloud classification by three-dimensional observation at high resolution,
- cloud-snow discrimination,
- discrimination of Cirrus against diffuse background as dense cloud fields, snow covered areas and turbidity patterns in water bodies,
- cross track cloud velocities with 1.2 m/s resolution,
- estimate of sea state from sunlint, detectable at three differently inclined scan planes,
- estimation of cloud field dynamics by stereo observation from successive orbits with 93 min. time gap.

2. From combination with other data sources

- true heights of clouds and clouds displacement vectors by stereoscopy (along-track cloud displacement velocity required. 1 m/s error leads to 61.1 m error in height assignment)
- optical density of clouds (radiation temperatures required).

MOMS-02 EIN MULTISPEKTRALES STEREO BILDAUFNAHME-SYSTEM FÜR DIE ZWEITE DEUTSCHE SPACELAB MISSION D2

F. Ackermann, J. Bodechtel, F. Lanzl, D. Meissner, P. Seige,
H. Winkenbach

Zusammenfassung

MOMS-02/D2 ist eine durch den BMFT in Fortführung von MOMS-01 geförderte experimentelle Entwicklung, zur digitalen optischen Aufnahme der Erdoberfläche aus dem Weltraum im Rahmen der zweiten deutschen Spacelab Mission D2, deren Starttermin vorläufig auf Februar 1992 festgesetzt ist.

Das besondere Kennzeichen ist die Verbindung hochauflösender panchromatischer Aufnahmen, die hochgenaue 3-dimensionale geometrische Informationen liefern, mit multispektralen Aufnahmen für thematische Informationen.

Mit diesem Konzept hebt sich MOMS-02 von allen bisherigen Erderkundungssystemen ab und verfolgt entsprechend neue und eigenständige Ziele.

Summary

MOMS-02/D2, funded by the German Ministry for Science and Technology is, as a continuation of the MOMS-01, an experimental development for digital mapping of the Earth's surface from space. The camera will be flown on-board the second German Spacelab mission D2 which is presently scheduled for launch in February 1992.

The special characteristic of this camera is the combination of high resolution panchromatic images for 3-dimensional geometric information with multispectral images for thematic applications.

With this concept MOMS-02 is fundamentally different from all existing remote sensing systems and thus pursues new and independent goals.

1. Grundlagen des MOMS-02

MOMS-02 D2 ist eine Fortentwicklung des bereits zweimal erfolgreich bei Raumflügen erprobten MOMS-01. Bei den ersten zwei Einsätzen im Rahmen der Space Shuttle Flüge STS 7 und STS 11 in den Jahren 1983 und 1984 standen die Verifikation des modularen optischen Konzeptes, sowie die Erprobung der optoelektronischen CCD Sensoren im Vordergrund. Zu diesem Zweck war MOMS-01 mit nur zwei spektralen Modulen ausgerüstet. Die Spektralbereiche der beiden Kanäle lagen zwischen 575 und 625 nm bzw. 825 und 975 nm. Die Boden-Pixelgrösse betrug aus einer Orbit Höhe von ca. 300 km 20 x 20 m bei einer Streifenbreite von 140 km.

Die sehr begrenzte Aufnahmekapazität des mitgeführten Magnetbandgerätes liess die Aufnahme von nur wenigen ausgewählten Testgebieten zwischen 28,5° nördlicher und südlicher Breite zu. Die gesamte Aufnahmezeit betrug dabei 30 min. Insgesamt konnten bei den Flügen STS 7 und STS 11 1.7 Mio. qkm bzw 1.9 Mio. qkm Landoberfläche abgedeckt werden. In Tabelle 1 sind die wesentlichen Parameter der beiden MOMS-01 Missionen zusammengefasst.

MOMS-01 MISSIONEN

■ MISSION STS 7	START DATUM	18 JUNI 1983
	START ZEIT	11:30
	MISSIONS DAUER	6 TAGE
	INKLINATION	28.5°
	ORBIT HÖHE	292 KM
	ERFASSTE FLÄCHE	1.7 MIO KM ²
■ MISSION STS 11	START DATUM	3. FEBR. 1984
	START ZEIT	13:00
	MISSIONS DAUER	8 TAGE
	INKLINATION	28.5°
	ORBIT HÖHE	289-330 KM
	ERFASSTE FLÄCHE	1.9 MIO KM ²

Tabelle 1

Die beiden Raumflugmissionen haben die Leistungsfähigkeit des modularen und optoelektronischen MOMS-01 Konzeptes voll bewiesen. Damit war die Voraussetzung für eine Weiterentwicklung zu einem noch leistungsfähigeren Gerät gegeben.

2. MOMS-02 Konzept und technische Auslegung

Die technische Auslegung der MOMS-02 Kamera orientiert sich an den Anforderungen der Photogrammetrie und der thematischen Wissenschaften, sowie den technischen Randbedingungen der D2 Mission. Die Systemauslegung wurde im wesentlichen bestimmt durch die Forderungen nach

- Dreifach Stereoskopie
- Along Track Stereoskopie
- Hochauflösender Bildaufnahme
- Multispektraler Aufnahme-Möglichkeit
- Kombination von Stereo- und Multispektralaufnahmen

MOMS-02/D2 OPTISCHES KONZEPT

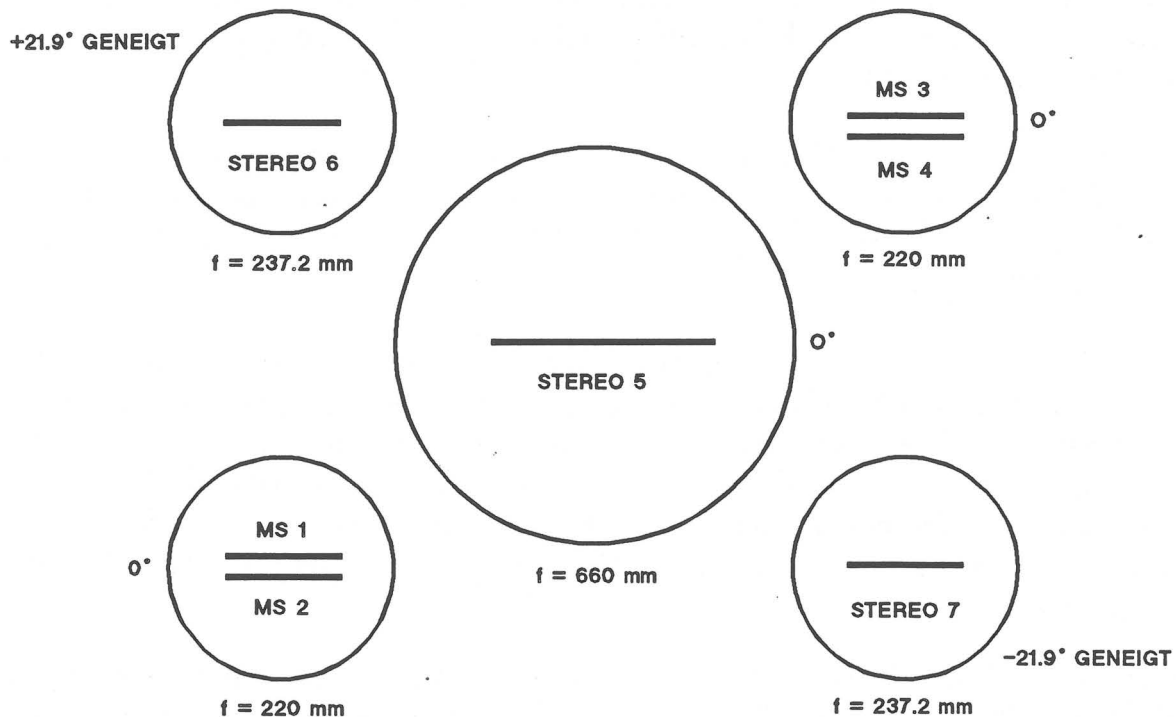


Abb. 1

Abb.1 zeigt eine schematische Darstellung des MOMS-02 optischen Konzeptes. Um die verschiedenen Anforderungen der Nutzer erfüllen zu können wurde, wie schon bei MOMS-01 erfolgreich erprobt, ein modularer Aufbau gewählt. Das System besteht aus insgesamt fünf Objektiven, wobei drei davon für die stereoskopischen- und zwei weitere für die multispektralen Aufnahmen vorgesehen sind. Das zentrale Objektiv, mit einer Brennweite von 660 mm, bildet das Kernstück der Kamera. Es ermöglicht die hochauflösende Bildaufnahme mit einer Bodenpixel Grösse von $4.4 \times 4.4 \text{ m}$. Um bei dieser hohen Auflösung eine ausreichende Streifenbreite zu erzielen, wurden in der Fokalebene zwei Liniensensoren optisch aneinander gefügt. In Verbindung mit dem zentralen HR-Objektiv stehen die beiden anderen Stereo-Objektive mit einer Brennweite von 237.2 mm. Durch ihre Neigung von $+21.9^\circ$ bzw. -21.9° bezüglich der Flugrichtung wird die dreifach stereoskopische Bildaufnahme erzielt. Die Brennweiten der Objektive wurden so gewählt, dass sich ein ganzzahliges Verhältnis der Bodenpixel-Grössen von HR-Kanal und geneigten Kanälen von 1:3 ergibt.

Zwei weitere Objektive, mit einer Brennweite von 220 mm, ermöglichen darüber hinaus multispektrale Aufnahmen in insgesamt vier Kanälen. Um dies zu erreichen sind in den beiden Fokalebenen jeweils zwei Sensoren mit den entsprechenden Filtern angebracht. Um die Bilddaten Auswertung zu erleichtern wurde auch in diesem das Verhältnis der Bodenpixel Grössen von HR-Kanal zu den MS-Kanälen mit 1:3 gewählt.

Abb.2 und 3 zeigen die gesamte MOMS-02 Aufnahme Geometrie mit den sich daraus ergebenden Bodenspuren. Je nach Aufnahmemode betragen die Streifenbreiten im HR-Kanal bis zu 37.2 km und in allen anderen Kanälen bis 78.1 km. Diese Werte beziehen sich auf eine nominelle Bahnhöhe von 296 km. Durch den Neigungswinkel von 21.9° der äusseren Stereo-Kanäle sind die Bildstreifen am Boden ca. 140 km bezogen auf den Nadir-Kanal voneinander getrennt.

Im Überdeckungsbereich der Nadir orientierten Kanäle füllen, bedingt durch das Grössenverhältnis der Bodenpixel, neun der HR Bildelemente die Fläche von einem MS Bodenpixel aus. Dasselbe gilt für das Flächenverhältnis der Bodenpixel von HR-Kanal und den beiden geneigten Stereo Kanälen.

In Tabelle 2 sind die wichtigsten optischen Parameter zusammengefasst. Die zentralen Wellenlängen der sieben Kanäle verteilen sich über einen Bereich von 472 nm bis 790 nm. Die entsprechenden Bandbreiten variieren zwischen 35 nm und 65 nm in den multispektralen Bändern. Die Stereo-Kanäle decken alle denselben panchromatischen Bereich mit einer Breite von 240 nm mit Zentrum bei 640 nm ab. Die hohe optische Qualität der Objektive lässt sich an den Werten der Modulations-Übertragungs-Funktion bei der Nyquist Frequenz ablesen.

Abb.4 verdeutlicht das MOMS-02 Stereo-Aufnahme Prinzip und die damit verbundenen Schwierigkeiten bei der späteren Bilddaten Auswertung. Die drei bereits angesprochenen Blickrichtungen ermöglichen es, einen Punkt A auf der Erdoberfläche zu drei verschiedenen Zeiten, unter drei unterschiedlichen Blickrichtungen aufzunehmen. Dieses Szenario ermöglicht die spätere stereoskopische Auswertung. Da die drei Aufnahmen im Abstand von ca. 20 sek. gemacht werden, wird die Korrelation der Bildpunkte wesentlich durch die dazwischen liegenden Bewegungen des Trägers erschwert. Um diese Bewegungen später modellieren und damit ausgleichen zu können, müssen die entsprechenden Zusatzdaten verfügbar sein. Dies sind zum einen die Positionsdaten die durch TDRSS Tracking gewonnen werden und zum andern Lagedaten die das Shuttle Navigationssystem (IMU) liefert. Letztere sollen während des Fluges direkt zusammen mit den MOMS Bilddaten aufgezeichnet werden.

Die hohen Anforderungen die an die Abbildungsqualität der Kamera gestellt werden, erfordern den Einsatz modernster CCD Sensoren. Tabelle 3 gibt eine Zusammenfassung der wichtigsten Parameter des eingesetzten Fairchild Linien Arrays. Besonders hervorzuheben ist der grosse Dynamikbereich von grösser 6000:1 sowie die grosse Effektivität der Ladungsübertragung von .999999, die eine hohe Modulations-Übertragungs-Funktion gewährleistet.

Durch die hohe Datenrate der MOMS-02 Kanäle ergeben sich gewisse Einschränkungen beim Betrieb während der Mission. Da die maximale Aufzeichnungsrate des an Bord mitgeführten Magnetbandgerätes 100 Mbit pro Sekunde beträgt, können nicht alle Kanäle gleichzeitig eingesetzt werden. Um die hohe Datenrate, insbesondere des Stereo HR-Kanals, bewältigen zu können, ist eine Datenkompression in diesem Mode von ursprüng-

MOMS-02/D2 AUFNAHME GEOMETRIE

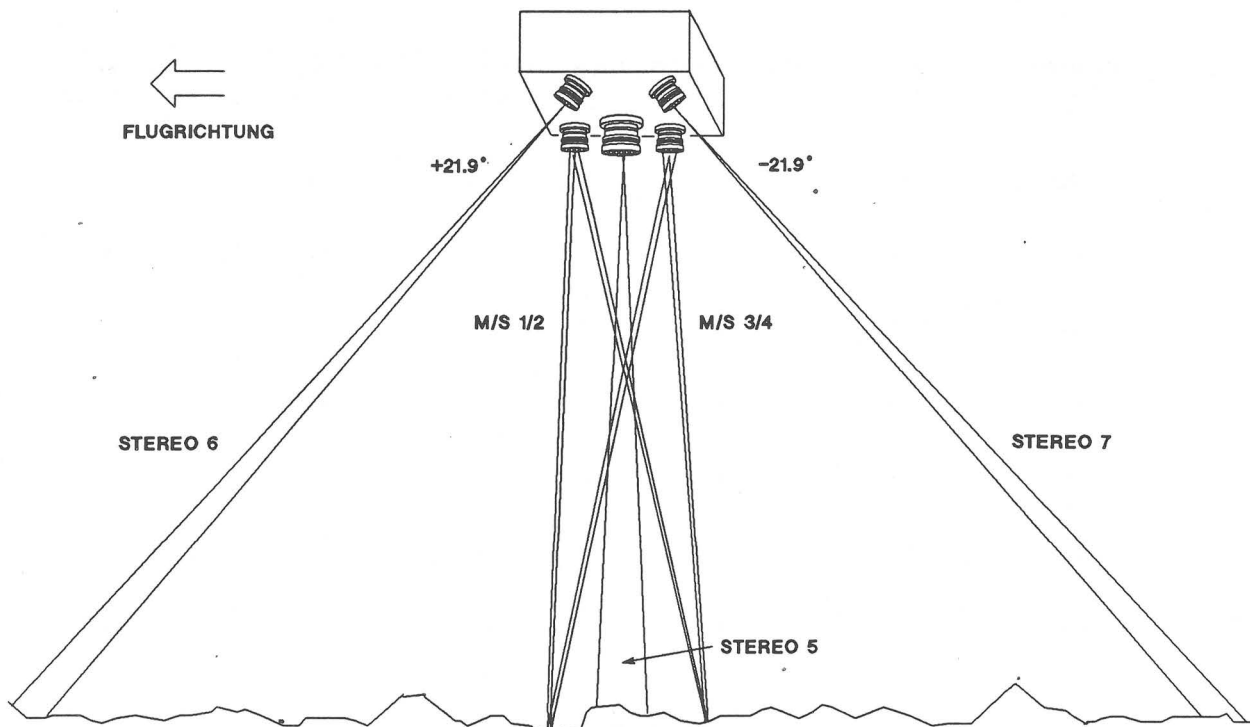


Abb. 2

MOMS-02/D2 BODENSPUREN

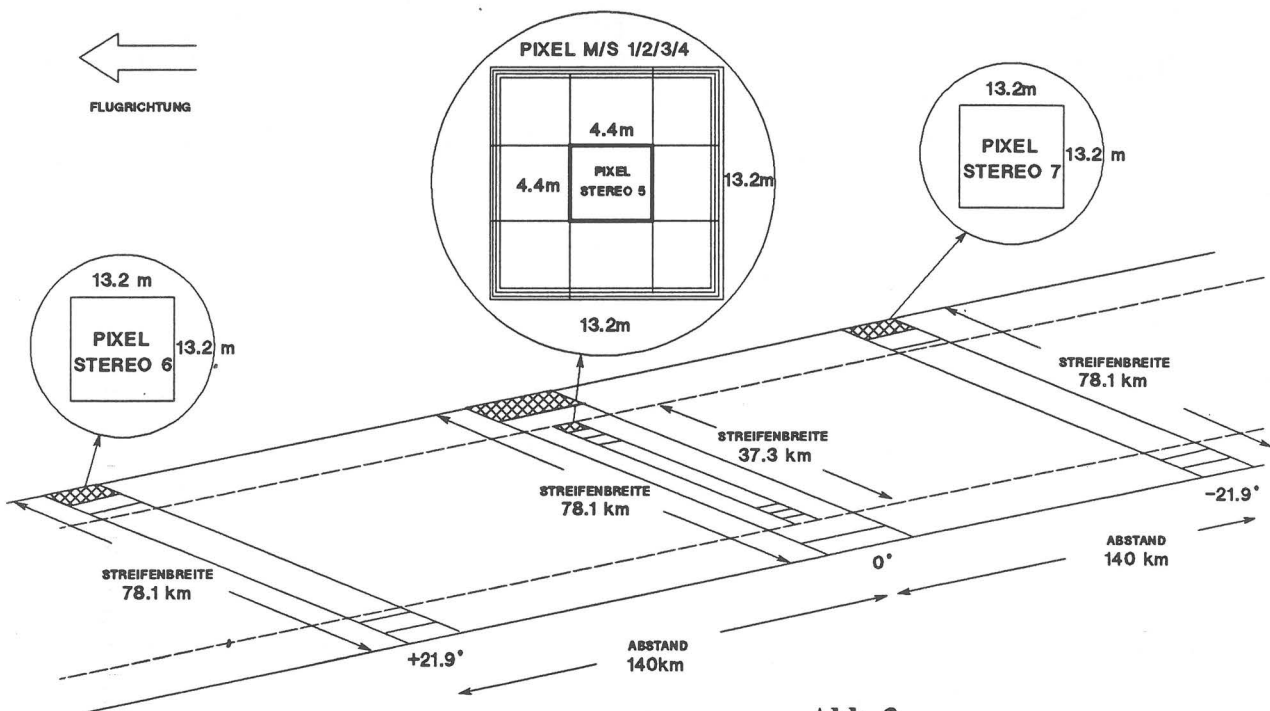


Abb. 3

MOMS-02/D2 OPTIK PARAMETER

KANAL	BRENNWEITE (MM)	f/D	ZENTRALE WELLENLÄNGE (NM)	BANDBREITE (NM)	ÖFFN.WINKEL (GRAD)	MTF BEI NYQUIST FRQ.
1	220	4.2	472.5	65	± 4.8	≥ 0.60
2	220	4.2	552.5	45	± 4.8	≥ 0.70
3	220	4.2	662.5	35	± 4.8	≥ 0.70
4	220	4.2	790	40	± 4.8	≥ 0.65
5	660	4.6	640	240	± 3.2	≥ 0.55
6	237.2	5.7	640	240	± 4.45	≥ 0.65
7	237.2	5.7	640	240	± 4.45	≥ 0.65

Tabelle 2

MOMS 02/D2 STEREO BILDAUFNAHME

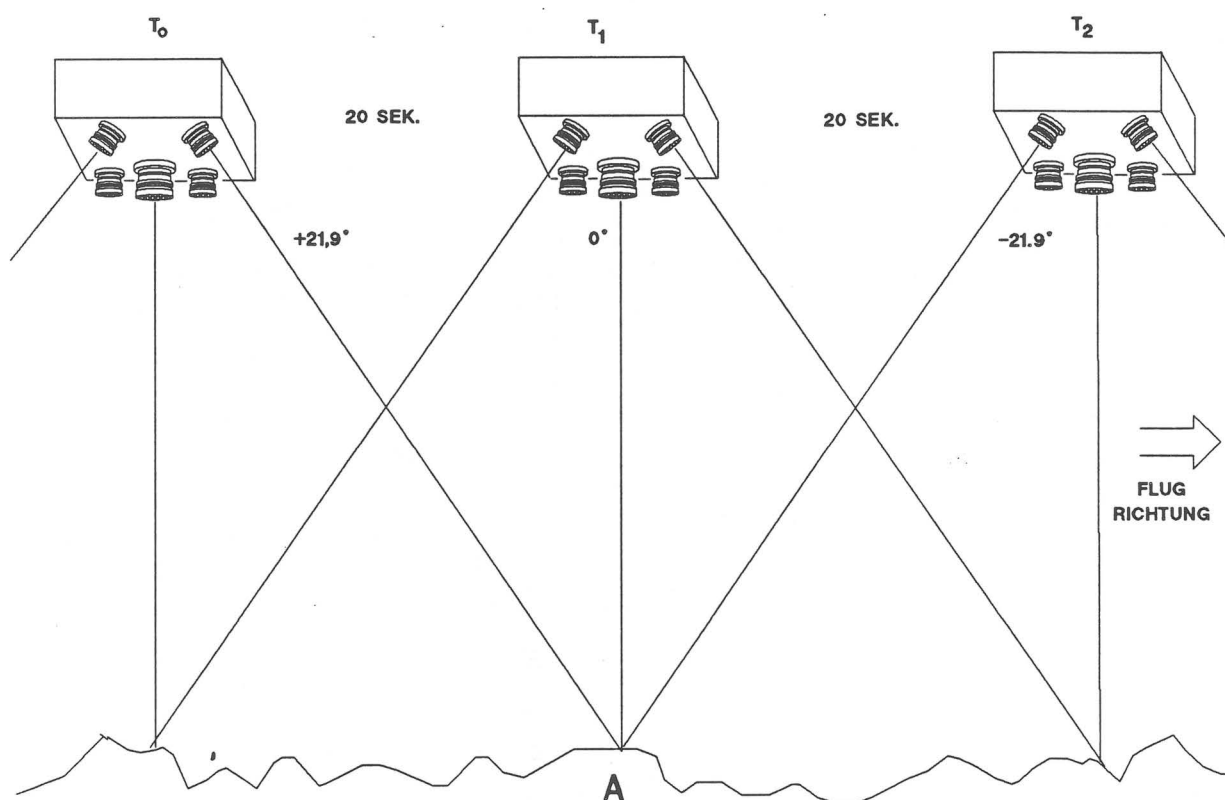


Abb.4

lich 8 auf 6 Bit vorgesehen. Beim Kompressionsverfahren wurde darauf geachtet, dass sich dadurch keine Beeinträchtigung der stereoskopischen Auswertbarkeit ergibt. Die MS-Kanäle können unverändert mit der vollen radiometrischen Auflösung von 8 Bit aufgezeichnet werden. Die Anpassung der Aufnahmen an die jeweiligen Beleuchtungsverhältnisse erfolgt durch eine Umschaltung der elektronischen Verstärkungsstufen.

MOMS-02/D2 SENSOREN

SENSOREN	FAIRCHILD CCD 191
ANZAHL DER ELEMENTE PRO ZEILE	6000
ELEMENT GRÖSSE	10 x 10 μm
ANZAHL DER SIGNAL AUSGÄNGE	2
SIGNALELEKTRONEN BEI SÄTTIGUNG	> 750 000 e^-
AUSLESERAUSCHEN	35 - 50 e^-
DYNAMIK BEREICH	> 15 000 : 1
SÄTTIGUNGSSPANNUNG	3 - 4.5 V
EFFEKTIVITÄT DER LADUNGSÜBERTRAGUNG	.999999
MTF BEI NYQUIST FREQUENZ	> 50 %
SPEKTRALBEREICH	400 - 950 nm

Tabelle 3

MOMS-02/D2 BETRIEBS MODI

MODE	KANAL KOMBINATIONEN	
1 STEREO	STEREO KANÄLE 5 + 6 + 7	
2 MULTISPEKTRAL	M/S KANÄLE 1 + 2 + 3 + 4	
3 M/S STEREO	M/S KANÄLE 3 + 4	STEREO KANÄLE 6 + 7
4 M/S STEREO	M/S KANÄLE 1 + 2 + 3	STEREO KANAL 6
5 M/S STEREO	M/S KANÄLE 1 + 2 + 3	STEREO KANAL 7
6 M/S HR	M/S KANÄLE 2 + 3 + 4	HR KANAL 5A
7 M/S HR	M/S KANÄLE 1 + 2 + 3	HR KANAL 5A

Tabelle 4

Tabelle 4 zeigt die für die Mission vorgesehenen insgesamt sieben Betriebsmodi. Neben den beiden reinen Stereo- und Multispektral Modi sind eine Reihe von Kombinationen aus beiden möglich. Im Mode 6 und 7 kann jeweils nur mit der Hälfte des HR-Kanals (in der Tabelle mit 5A bezeichnet) aufgenommen werden. Diese Einschränkung der Streifenbreite ist durch die Begrenzung der Datenrate gegeben. Die Auswahl der verschiedenen Modi erfolgt während des Fluges in Korrelation mit dem jeweils gerade überflogenen Geländetyp.

Das Magnetband erlaubt eine maximale Aufnahmezeit von 5.5 Stunden, was einer gesamten Datenkapazität von 2.5×10^{12} Bit entspricht. Mit dieser Aufnahmekapazität lassen sich, je nach Kombination der Betriebsmodi, ca. 8-10 Mio. qkm abdecken.

MOMS-02/D2 SYSTEM KONFIGURATION

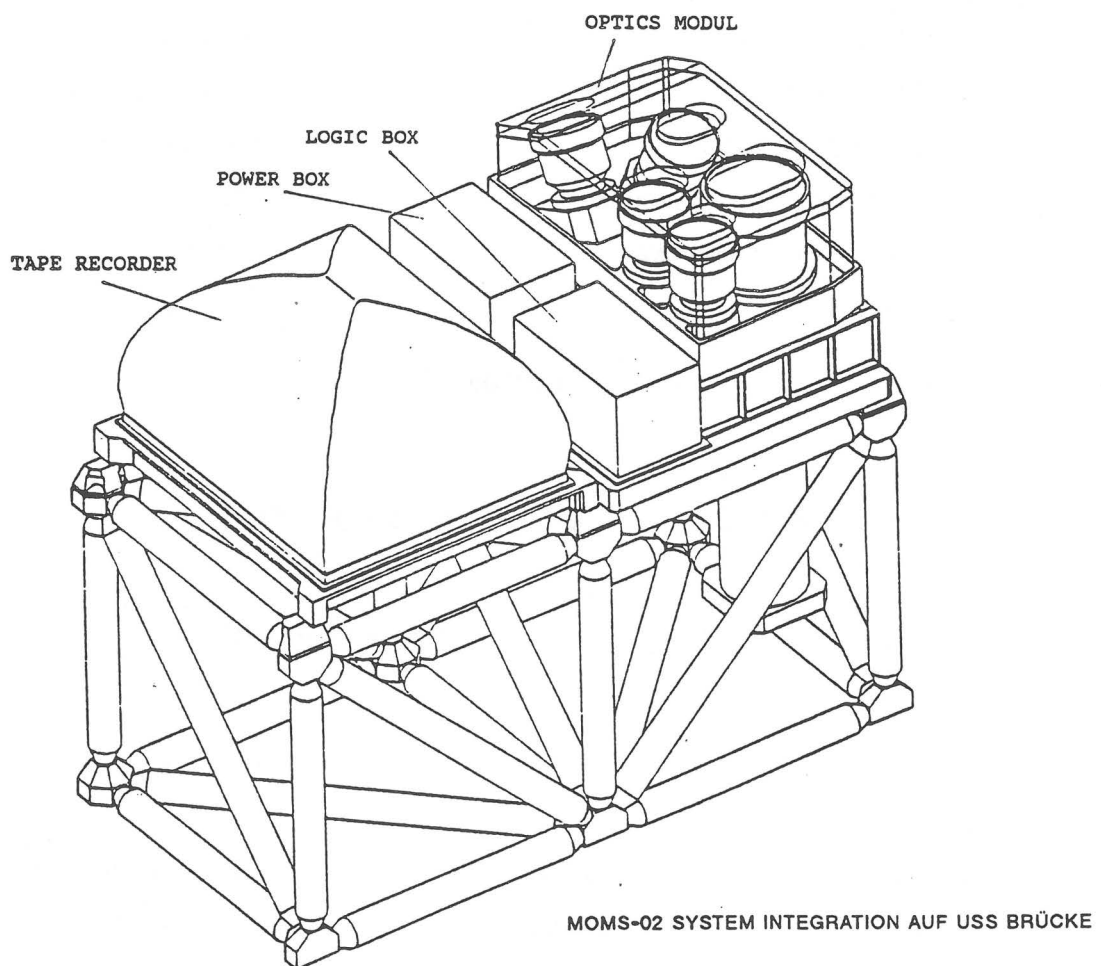


Abb.5

Abb. 5 zeigt die MOMS-02 D2 Systemkonfiguration. Die von MBB entwickelte Kamera besteht aus insgesamt vier Baugruppen. Es sind dies das eigentliche Optikmodul mit den fünf Objektiven und der dazugehörigen Ansteuer- und Ausleseelektronik für die CCD

Sensoren, einer Stromversorgungs-Box, einer Logik-Box sowie dem Magnetbandgerät. Letzteres ist durch einen Container geschützt, da für den Betrieb eine geringe Restatmosphäre notwendig ist.

Das gesamte System ist auf einer Brückenstruktur montiert und den Bedingungen des freien Weltraums ausgesetzt. Da die Brücke während des Fluges nicht zugänglich ist kann kein Wechsel des Magnetbandes erfolgen.

3. D2 Missionsparameter

MOMS-02 ist der einzige Erderkundungs Sensor auf der D2 Mission und muss sich deshalb in seinem Betriebsablauf in die Randbedingungen der anderen, hauptsächlich materialwissenschaftlichen Experimente, einfügen. Die Bahninklination wurde von ursprünglich 57° auf 28.5° reduziert, weshalb sich im Rahmen dieser Mission hauptsächlich äquaturnahe Gebiete erfassen lassen. Das gegenwärtige Start Datum für den STS 52 Flug ist im Februar 1992 . Die bisher geplante Start Zeit ist 17:00 UTC.

MOMS-02/D2 MISSIONSCHARAKTERISTIK

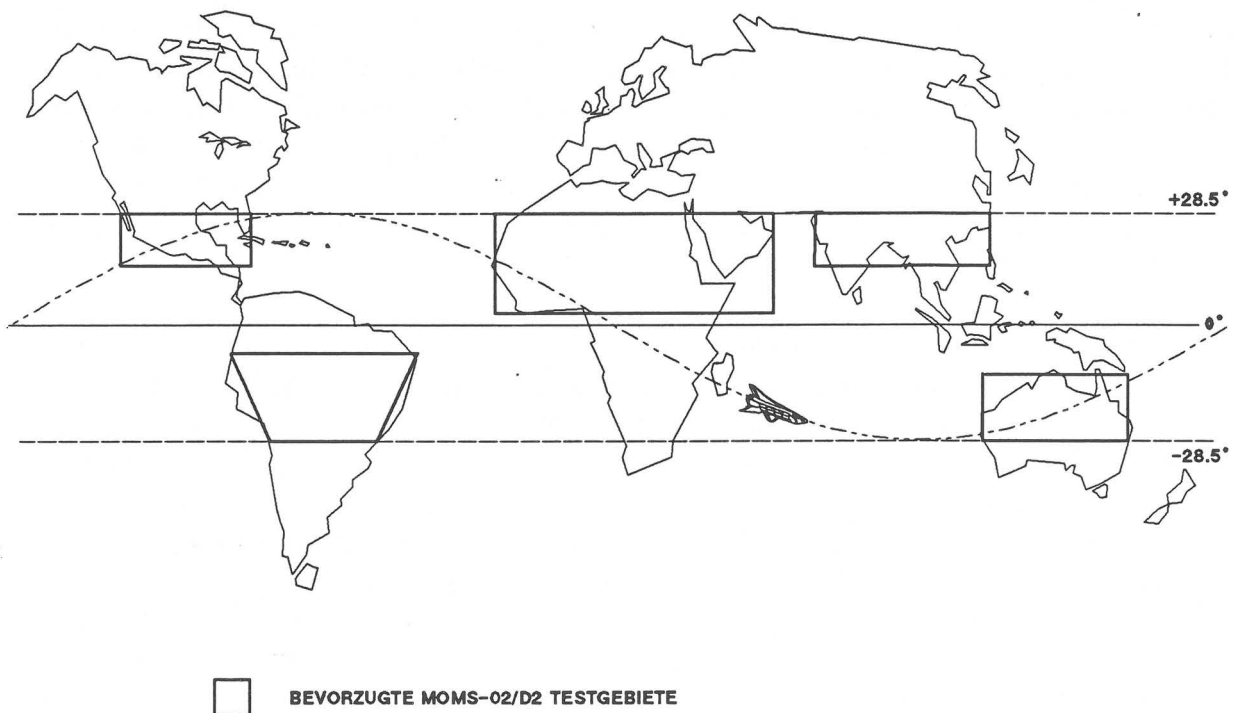


Abb.6

Die für MOMS-02 notwendigen Aufnahmebedingungen mit einem Sonnenstand zwischen 20° und 70° verschieben sich im Verlauf der Mission von den nördlichen Breiten nach Süden, wobei die für die photogrammetrische Auswertung erwünschten Kreuzungen von Bodenspuren nur zu Beginn der Mission erreichbar sind.

Abb.6 zeigt einen typischen Bahnverlauf sowie die Grenzen der möglichen Abdeckung. Umrandet sind die Gebiete, die für die, an der Mission beteiligten Wissenschaftler, von primärem Interesse sind.

4.Datenkonzept

Während des siebentägigen Fluges von MOMS-02 D2 werden in den beschriebenen Modi insgesamt ca. 2×10^{12} Bit auf ein HDT Magnetband aufgezeichnet. Das bespielte Band wird nach der Landung aus dem Container herausgenommen und nach Deutschland zur weiteren Bearbeitung geflogen.

Abb.7 gibt einen Überblick über das für MOMS-02 D2 entwickelte Datenverarbeitungskonzept. Um einen ersten Überblick über die gewonnenen Daten zu gewinnen, ist eine Quicklook Ausgabe geplant. Die Darstellung der Daten erfolgt mit einer stark verminderten Auflösung bei einem Untersetzungsfaktor von 5 in Zeilen- und Spaltenrichtung. Wegen der grossen Datenmenge ist geplant, die Quicklook Daten auf einer optischen Platte zwischenspeichern. Von dieser Platte können dann im Folgenden entweder einzelne CCT Kopien angefertigt und/oder Filmausgaben angefertigt werden. Anhand dieser Quicklook Bilder soll zum einen die Qualität der Aufnahmen überprüft und zum anderen besonders interessante Szenen für eine bevorzugte Aufbereitung ausgewählt werden. Die Quicklook Bilder stellen ausserdem die Grundlage für die Anfertigung eines Datenkataloges dar, anhand dessen spätere Nutzern eine einfachere Auswahl für sie interessanter Szenen leichter möglich ist.

Nach Abschluss der Quicklook Ausgabe beginnt die eigentliche Datenverarbeitung. Am Anfang steht dabei die Umsetzung der HDT Daten in Computer kompatible des Levels 0. Dieser Prozess läuft auf einem besonders dafür geeigneten Gould Rechner ab. Im Rahmen des ersten Verarbeitungsschrittes findet auch eine Dekompression der an Bord kodierten Daten statt, um das ursprüngliche 8 Bit Format in den drei Stereo Kanälen wieder herzustellen. Falls während des MOMS-02 D2 Fluges Lagedaten des INS Systems mit auf das HDT aufgezeichnet wurden, ist geplant im Rahmen der Datenumsetzung ein gesondertes CCT zu generieren, auf dem die Lagedaten zusammengefasst sind. Das sog. A-CCT dient als Input für eine spätere möglichst exakte Modellierung des Shuttle Lageverhaltens. Andererseits können an dieser Stelle aber auch Zusatzdaten, welche die NASA dem Projekt zur Verfügung stellt, in den MOMS Datenstrom eingespielt werden. Die Speicherung der konvertierten Daten erfolgt wieder auf optischen Platten, um die Handhabbarkeit der grossen Datenmengen zu erleichtern. Das Datenformat orientiert sich an den einschlägigen DLR Standards, da die anschliessende Bildausgabe an an der FIRE Anlage bei

MOMS 02/D2 BODEN SEGMENT

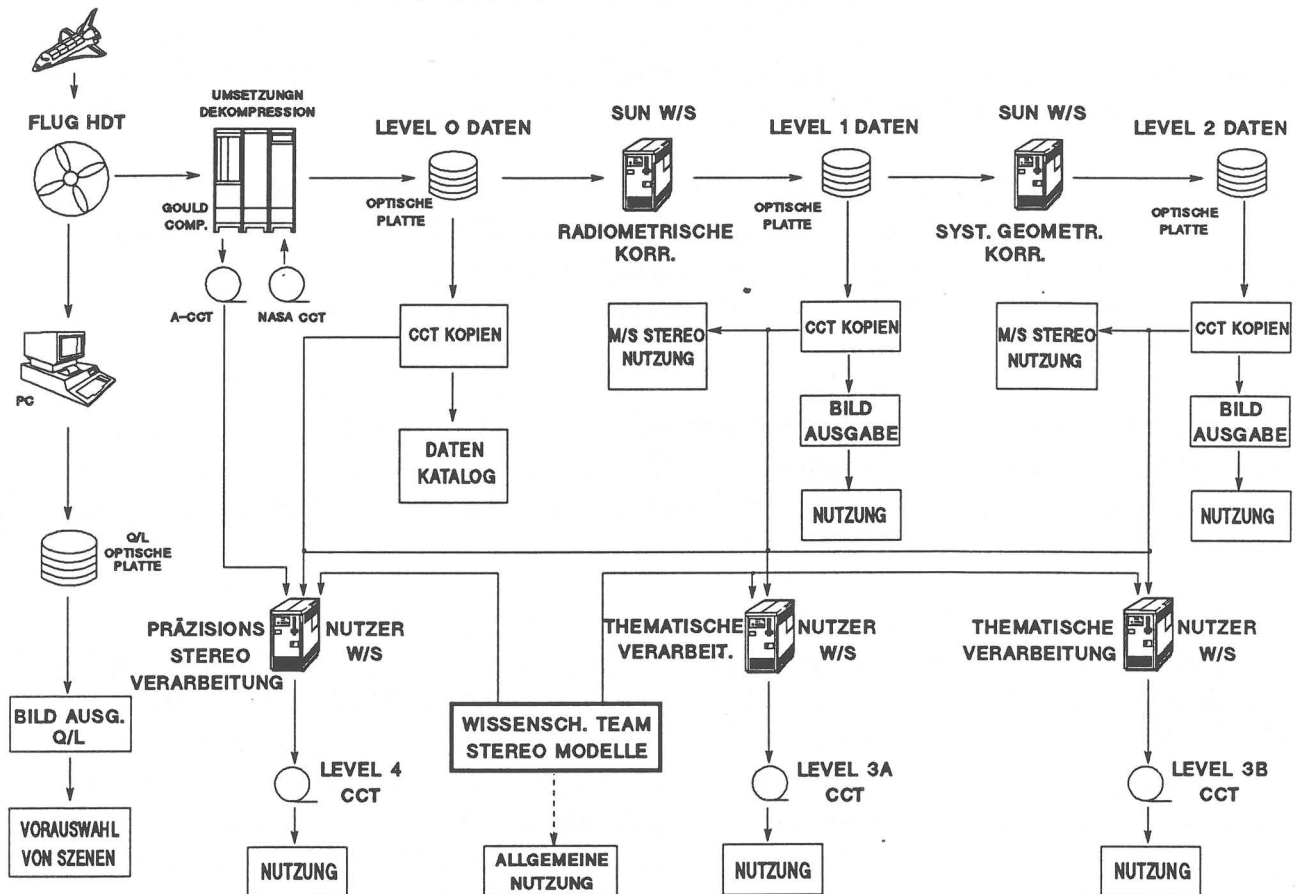


Abb. 7

DLR-WT-DA vorgesehen ist. Von dort erfolgt auch die Verteilung der Daten an die Nutzer.

Erfolgte die Datenumsetzung noch auf einem dafür geeigneten Grossrechner, so sind alle weiteren Verarbeitungsschritte auf sog. Workstations geplant. Dieses Konzept bietet den Vorteil einer grösseren Verarbeitungsgeschwindigkeit, was im Falle der enormen MOMS Datenmengen sehr entscheidend ist, sowie der Möglichkeit mehrere Verarbeitungsprozesse parallel durchführen zu können. Die Vereinheitlichung des Rechnerkonzeptes bei der Routineaufbereitung, der Bildausgabe und bei den Nutzern erleichtert den Austausch von Software Paketen und vereinfacht etwaige Schnittstellen Probleme.

Die Level 1 Daten entstehen im Rahmen des ersten systematischen Korrekturschrittes, wobei die an Bord bereits radiometrisch vorkorrigierten Daten einer eventuell notwendigen radiometrischen Feinkorrektur am Boden unterzogen werden. Die Datenspeicherung erfolgt wie schon bei den vorangegangenen Schritten auf optischen Platten. Mit den Level 1 Daten steht den Nutzern dann erstmals nutzbares Datenmaterial zur Verfügung.

Im nächsten Schritt werden die systematischen geometrischen Korrekturen, verursacht durch Erdkrümmung und Erddrehung, durchgeführt. Der Speicherungs- und Verteilungsprozess bei diesen so erzeugten Level 2 Daten entspricht den vorher beschriebenen Prozeduren. Ziel des Projektes ist es, die Datenumsetzung und alle systematischen Korrekturen im Zeitraum von einem halben Jahr nach der Mission abgeschlossen zu haben.

Abb. 7 verdeutlicht die weitere Verwendung der Level 0 bis Level 2 Daten. Während die Level 0 Daten nur sehr begrenzt verwendbar sind wird sich die Nutzung im wesentlichen auf die radiometrisch und/oder geometrisch korrigierten Daten konzentrieren. Für viele Bereiche der thematischen Nutzung sind diese Daten direkt in Form von Bildern und CCTs verwertbar.

In der nächst höheren Stufe der Auswertung, wo es um die Untersuchung von atmosphärischen Einflüsse oder der Bestimmung von höhenabhängigen Phänomene geht, werden zusätzlich zu den systematisch korrigierten Daten Stereo-Auswertemodelle für die Erstellung der Level 3A und 3B mit herangezogen.

Das Kernstück der MOMS-02 D2 Datenauswertung bildet die Erstellung von hochgenauen digitalen Geländemodellen. Im Rahmen der Vorarbeiten zu der D2 Mission werden von dem Wissenschafts Team die notwendigen Software Pakete erstellt und mit Hilfe von MEOSS Flugzeugdaten ausgetestet. Es ist geplant im DLR Institut für Optoelektronik einen integrierten Stereo Arbeitsplatz aufzubauen in dem alle bei den beteiligten Wissenschaftlern entwickelten Software Pakete integriert werden. Neben den Spezialarbeiten an den einzelnen beteiligten Instituten soll mit dieser integrierten Anlage allen Nutzern die Möglichkeit offen stehen das gesamte im Rahmen des Projektes entwickelte Software Paket zu nutzen. Die Level 4 Datenprodukte in die neben den Stereo Modellen auch sämtliche zusätzlichen verfügbaren Bahn- und Lagedaten eingehen stellen die wissenschaftlich anspruchsvollste Nutzung der MOMS-02 D2 Daten dar.

Der integrierte Stereo Arbeitsplatz soll nach einer erfolgreichen Erprobungsphase auch bisher nicht am Projekt beteiligten Nutzern zur Verfügung gestellt werden.

5. Wissenschaftliche Ziele der MOMS-02 Mission

Die wissenschaftliche Begleitung des MOMS-02/D2 Projektes erfolgt im Rahmen eines Science Teams, welches sich aus Wissenschaftlern der Bereiche Photogrammetrie und Thematik zusammensetzt. Abb.8 veranschaulicht die Zusammensetzung des Teams und die Verteilung der Aufgaben.

Das Team hat die Aufgabe, die aus wissenschaftlicher Sicht notwendigen Anforderungen an die MOMS-02/D2 Hardware zu definieren und die Einhaltung der Spezifikationen im Verlauf des Projektes zu überwachen. Es steht dabei dem Projektleiter zur Seite. Das Team definiert die wissenschaftlichen Ziele der Mission und erarbeitet in der Vorbereitungsphase alle Voraussetzungen für eine spätere Nutzung der Missionsdaten. Mit der 3-Zeilen-Anordnung im panchromatischen Bereich soll eine eigenständige photogrammetrische

MOMS 02/D2 WISSENSCHAFTS TEAM



Abb. 8

Stereo-Auswertung hoher Auflösung ermöglicht werden. Hierbei sind folgende Funktionen zu unterscheiden:

- Die Möglichkeit der stereoskopischen visuellen Betrachtung oder der entsprechenden automatischen Bildverarbeitung dient der besseren Interpretierbarkeit, sowohl für topographische als auch für thematische Inhalte.

- Mit der hohen Auflösung von besser als 5 m Pixelgröße am Boden kommt die Herstellung hochwertiger Karte in den Untersuchungsbereich und zwar nicht nur wie bisher auf der Ebene sehr reduzierter Qualitätsanforderungen.

- Über die kartographische Anforderungen hinausgehend stellt MOMS-02/D2 eine ausgezeichnete Datenquelle zur Erstellung topographischer/geographischer Datenbanken und zum entsprechenden Aufbau geographischer Informationssysteme.

- Weiterhin bietet das MOMS-02 System die Voraussetzung, um Bildkarten bzw. Bild/Karte Kombinationen nach anspruchsvollen Gesichtspunkten zu entwickeln.

- Eine eigenständige wichtige Aufgabe ist die Herstellung digitaler Geländemodelle im Genauigkeitsbereich von 5 m oder besser. Es ist ein wesentliches Missionsziel, diese

Leistungsfähigkeit zu untersuchen und nachzuweisen.

- Unabhängig von den Anwendungen ist MOMS-02 der Anlass, ein volldigitales photogrammetrisches Aufnahme- und Auswertesystem zu entwickeln und zu erproben und damit die Grundlage für die digitale Photogrammetrie der 90er Jahre zu legen.

Das Schwergewicht in der thematischen wissenschaftlichen Zielsetzung liegt in der Verknüpfung von hochauflösenden panchromatische Stereo-Daten mit simultan akquirierten multispektral Verfahren. Die 7 verschiedenen Aufnahmemodi von MOMS-02 ermöglichen ein breites Spektrum unterschiedlicher thematischer Zielbereiche zu untersuchen. Wissenschaftliche Experimente sind in den verschiedenen Anwendungen über Land und über Wasser durch die hohe Flexibilität des Sensors optimierbar. Signifikante Experimente zur Entwicklung und Erprobung von Auswertemodellen und zur Kombination unterschiedlicher Sensoren sind zur Lösung anstehender Probleme in der Überwachung und Analyse der Veränderungen unserer Erdoberfläche zur Erweiterung der Anwendbarkeit von Fernerkundungsmethoden durchzuführen. Beispiele sind Probleme wie Desertifikation, Vegetationsindex, Abholzen der tropischen Regenwälder, geochemische sowie hydrologische Veränderungen der Böden und Untersuchungen zur Konzentration mineralischer Rohstoffe. In vielen internationalen Programmen (Europäische Gemeinschaft und UN) können mit MOMS-02 Pilotprojekte und experimentelle Beiträge für eine zukünftige bessere Nutzung der Weltraumtechnik geleistet werden.

Der stereoskopische Mode gibt die Möglichkeit digitale dreidimensionale Daten mit multispektralen Daten zu verbinden und dadurch die konventionelle Bildinterpretation zu verbessern. Diese Verknüpfung erlaubt erstmals Pilotexperimente an synchron akquirierten Datensätzen in verschiedenen Anwendungsbereichen über Landflächen durchzuführen. Der Vergleich von Aufnahmen aus verschiedenen Blickwinkeln (vorwärts, rückwärts, nadir) ermöglicht Untersuchungen der Winkelabhängigkeit von Oberflächen-signaturen sowie Untersuchungen des Verhaltens in küstennahen ozeanographischen Bereichen (Transparenz, Wassertiefe).

MOMS-02 mit seinem modularen Konzept, seinen variablen Aufnahmemodi und seiner hohen räumlichen und spektralen Auflösung gibt die Möglichkeit einen optischen Sensor für einen späteren operationellen Einsatz zu definieren. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Anwendbarkeit in zukünftigen Umwelt-Überwachungssystemen in Verbindung mit abbildenden Spektrometern wie MERIS und HIRIS gelegt.

Literatur

Meissner,D., Seige,P. 1985: The Modular Optoelectronic Multispectral Scanner (MOMS-01) Test Flights on STS-7 and STS-11: SPIE Proceedings, Instrumentation for Optical Remote Sensing from Space , Vol. 589, pp 2-8, Cannes, France

Meissner,D., 1982: Modular Optoelectronic Multispectral Scanner (MOMS) Development: Paper presented at 20th Goddard Memorial Symposium and 4th Joint AAS/DGLR

Symposium, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland

Bodechtel, J., Meissner, D., Seige, P., Haydn, R., Winkenbach, H., 1984: MOMS-01 on STS-7 and STS-11 - mission and results, Proc. of IGARSS Symp. Strassbourg, France, ESA SP-215, ESTEC, pp. 29-32.

Lanzl, F. 1989: The Monocular Electro-Optical Stereo Scanner (MEOSS) Satellite Experiment in High Precision Navigation, Springer Verlag ISBN 3-540-50921-6 (1989).

Lanzl, F. 1986: The Monocular Electro-Optical Stereo Scanner (MEOSS) Satellite Experiment: Int. Arch. of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol 26-1, pp 617-620, Stuttgart

Ackermann, F., Bodechtel, J., Meissner, D., Kaufmann, H., Seige, P., Winkenbach, H., 1988: Development of MOMS to a future multiband and stereoscopic sensor. Proc. of the Int. Symp. of Spectral Signatures of Objects in Rem. Sens., Aussois, France, Jan. 18-22, ESA SP-287, ESTEC, pp 479-482

Meissner, D., 1989: Critical design review of MOMS-02 for D2 mission. Doc. No.: MOMS-02.RP.0020, MBB 12.07.1989, München

Ackermann, F., Bodechtel, J., Dorrer, E., Ebner, H., Kaufmann, H., Koch, B., Konecny, G., Lanzl, F., Seige, P., Winkenbach, H., Zilger, J., 1989: MOMS-02/D2 Wissenschaftsplan, DLR, pp 85, Juli 1989

