

# AUSBAU DER MULTIMISSION BODENSTATION NEUSTRELITZ FÜR TERRASAR-X

H. Damerow, H.-J. Pannowitsch, J. Richter, J. Schwarz, H. Maass  
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt/Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum  
 Kalkhorstweg 53, D-17235 Neustrelitz

**Abstract**— TerraSAR-X wird als erste nationale Radarsatelliten-Mission im Herbst 2006 starten. Der Satellit trägt ein hochauflösendes SAR-Instrument (X-BAND) welches Modi wie StripMap, ScanSAR und SpotLight bereitstellt. Durch das DLR wird das Bodensegment (GS) mit Komponenten wie dem „Payload Ground Segment“ (PGS) und dem „Mission Operation System“ (MOS) entwickelt.

Das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum betreibt die Bodenstation Neustrelitz als Nationales Bodensegment für Fernerkundungsmissionen. Dabei sind Prozessierungs- und Empfangssysteme in einem standortübergreifenden System integriert.

Für TerraSAR-X wurde das bestehende Multimission-System auf die Projektanforderungen zugeschnitten und erweitert. Im Beitrag wird das Empfangssystem in Bezug auf die Operator-Schnittstellen, das Reporting, die externen Schnittstellen sowie die Geräte- und Subsystemintegration vorgestellt. Als eine zentrale Komponente der Station wird das Monitoring&Control-System vorgestellt. Es werden Einblicke in die Art und Weise der Systemintegration, die Schnittstellen sowie das Design und Layout der hierfür eingesetzten Software gegeben. Anhand des Planungssystems und des M&C-Systems wird der Betrieb der Bodenstation dargelegt.

**Keywords:** TerraSAR-X, Receiving Station, Automation, Ground System

## 1. EINFÜHRUNG

TerraSAR-X wird als erste nationale Radarsatelliten-Mission im Herbst 2006 starten. Der Satellit trägt ein hochauflösendes SAR-Instrument (X-BAND) welches in den Modi StripMap, ScanSAR und SpotLight betrieben werden kann. Die Produkte des Instruments werden durch die TerraSAR-X Mission für die wissenschaftliche und kommerzielle Nutzergemeinschaft zur Verfügung gestellt (siehe [1] und [2]). Das TerraSAR-X Projekt wird dabei durch eine Partnerschaft zwischen Industrie (Astrium GmbH und InfoTerra Deutschland) und der öffentlichen Forschungseinrichtung DLR getragen.

Durch das DLR wird das Bodensegment (GS) mit Komponenten wie dem „Payload Ground Segment“ (PGS), dem „Instrument Operation and Calibration Segment“ (IOCS) und dem „Mission Operations Segment“ (MOS) entwickelt. Das PGS ist für den Empfang der SAR Payload-Daten, das Archivieren, die Prozessierung sowie die Bereitstellung der SAR-Produkte

verantwortlich. Die Einheiten MOS und IOCS sind für die Steuerung und Überwachung des Satelliten und des SAR-Instruments zuständig. BILD 1 zeigt die Systemübersicht für das TerraSAR-X Projekt.

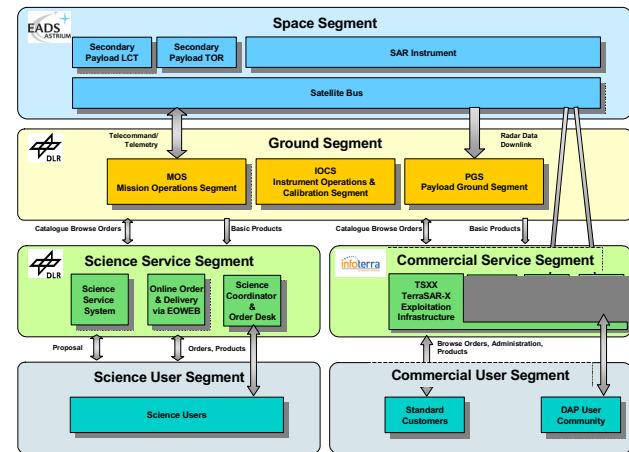


BILD 1. TerraSAR-X System Übersicht

Innerhalb des PGS ist die Bodenstation Neustrelitz (RS) für den Empfang der Instrument-Daten zuständig. In einem hochautomatisierten System ist die RS in den SAR-Data-Workflow und den Request-Workflow des Daten- und Informationsmanagement-Systems des PGS integriert. Damit wird ein effizientes Monitoring und Steuern der gesamten Prozesskette von der Bestellung von bereits vorhandenen und zukünftigen Produkten, der Planung, der Kommandierung, der Datenakquisition, dem Datenempfang, der Prozessierung, der Archivierung bis zu deren Auslieferung gewährleistet.

Als Kernelement wird das „Data Informations and Management System“ (DIMS), eine gemeinsame Entwicklung des DLR und der Firma WERUM, eingesetzt. Dieses System wurde um Schnittstellen innerhalb PGS und zu externen Systemen des Bodensegments (MOS und IOCS) erweitert.

Im TerraSAR-X Projekt wurde die Bodenstation Neustrelitz als Hauptempfangsstation für die SAR-Nutzdaten ausgewählt.

In diesem standortübergreifenden Datenmanagementsystem sind für eine schnelle Verarbeitung der SAR Rohdaten in Neustrelitz alle Systeme installiert, die für die Erzeugung der Standardprodukte benötigt werden. Dazu gehören u.a. der SAR-Processor (TMSP, siehe [4]) und das Geocoding-Teilsystem (siehe auch [5]). BILD 4 zeigt, wie sich die Bodenstation in das Gesamtsystem einfügt.

## 2. DIE BODENSTATION NEUSTRELITZ

Die Station unterstützt bzw. unterstützte in Projekten mit verschiedenen nationalen und internationalen Partnern bzw. Auftraggebern die Missionen ERS-1, ERS-2, BIRD, CHAMP, GRACE-1/2, IRS-P3, IRS-P6, IRS-1C/D, Landsat-7, ENVISAT, KORONAS-F, OrbView2 DLR-TubSAT, und AQUA. Durch die Vielzahl der Projekte ergaben sich Kontaktvolumen von bis zu 7000 Empfängen im Jahr. Dabei wurde auch ein 24h/7d Betrieb notwendig, was einen hohen personellen Aufwand bedeutet. Weiterhin gibt es Anforderungen aus der Qualitätssicherung, die eine schrittweise Vereinheitlichung und Dokumentation aller Vorgänge an der Station sowie die Testbarkeit aller Systembestandteile bei gleichzeitigem moderatem Personalaufwand initiieren. So wurde frühzeitig mit der Integration und Automatisierung der Station begonnen. Dazu zeigt BILD 2 den schematischen Aufbau der Station.

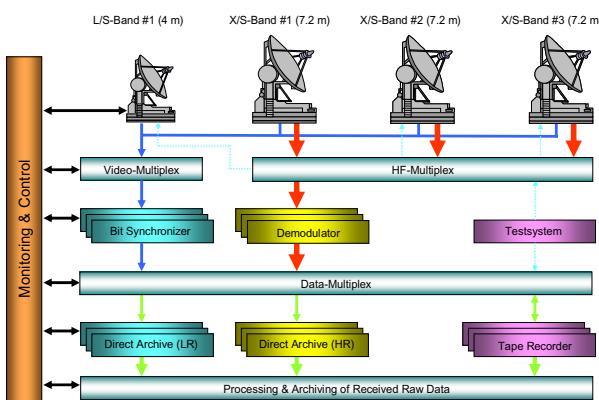


BILD 2. Schematische Darstellung des Empfangssystems

Auch durch die sich ändernden Anforderungen einer jeden Mission und die stark differierende Hardware wurde die Station konzeptionell stets weiterentwickelt. Der Umfang der Weiterentwicklung war dabei immer von den laufenden Projekten und den damit bereitgestellten Ressourcen bestimmt. Da von Anfang an auf ein Multimissions-Konzept gesetzt wurde, konnten die einzelnen Projekte entsprechend voneinander profitieren.

### 2.1. TerraSAR-X Betriebskonzept

Das Betriebskonzept geht von einem Datenvolumen von 56 GByte Netto-Datenvolumen je Tag aus. Davon sind ca. 20% NRT-Produkte. NRT bedeutet in diesem Zusammenhang eine Auslieferung innerhalb von 24 h nach Datenempfang. Die vom SAR-Instrument im Massenspeicher des Satelliten abgelegten Datatake-Dateien werden bei einer Datenrate von 300 MBit/s zur Empfangsstation gesendet und dort wieder rekonstruiert. Die Planung, das Stationssetup und die Empfangssteuerung wird durch das zentrale Monitoring&Control System der Station gewährleistet. Dies wird in einheitlicher Form für den X-Band-Downlink und den Empfang der S-Band-Daten realisiert.

Die externen Schnittstellen werden so automatisiert, dass sie mit wenig Aufwand überwachbar und wartbar sind.

Durch einen speziellen Server werden die Housekeeping Daten über eine Space Link Extension (SLE) Schnittstelle entsprechend CCSDS bereitgestellt. Dadurch kann das Kontrollzentrum (MOS) bei Bedarf in Echtzeit den Status des Satelliten beobachten. Die Station empfängt bei jedem Satellitenkontakt auch S-Band-Daten und stellt diese Offline und Online via SLE dem MOS zur Verfügung.

### 2.2. TerraSAR-X Systemkonzept

Für das Projekt waren an der Station folgende Aufgaben zu lösen:

- Beschaffung und Integration von Komponenten, um die Datenkette vom Satelliten bis zum Datenmanagementsystem zu realisieren
- Die verschiedenen Teilsysteme der Station weiter auszubauen und zu vernetzen, so dass alle Abläufe automatisierbar sind
- Gegenstellen für externe Systeme zu etablieren
- Die Teilsysteme der Station mit denen des DIMS und MOS zu vernetzen

Für die Mission TerraSAR-X sind alle wichtigen Systemkomponenten mehrfach vorhanden. In den folgenden Abschnitten wird auf einige Systemkomponenten detaillierter eingegangen.

#### 2.2.1. Antennensysteme

Für TerraSAR-X stehen zwei 7.3 m X/S-Band Antennen zur Verfügung. Diese erfüllen die Projektanforderungen für Elevationen größer 5 Grad im X-Band und für Elevationen größer 10 Grad im S-Band. Da die Sendefrequenz des SAR Instruments und der Sendeantenne beide im X-Band liegen, wurde der Einbau eines Filters in die Antenne notwendig (siehe [7]). Dadurch können nun gleichzeitig die Datenakquisition im Bereich der Bodenstation und die Übertragung der Daten ohne Probleme durchgeführt werden.

Für das Projekt wurde vom Antennenhersteller die Fernsteuerungsfunktionalität so erweitert, dass Scheduling, Test und Monitoring durch das zentrale M&C-System der Station ohne Einschränkung möglich sind.

#### 2.2.2. Signal Netzwerk

Entsprechend BILD 2 sind alle Komponenten des Empfangssystems über Matrizen (siehe TAB 1) verbunden. Dies gestattet ein flexibles Routing des Nutzsignals entsprechend den Anforderungen einer spezifischen Mission. Folgende Vorteile kommen zum Tragen:

- Schneller Austausch und Mehrfachverwendung von Geräten
- Flexibler Einsatz der Antennen
- Test und Recovering Support
- Mehrfach Datenaufzeichnung und Backup
- Stets getestete Verbindungen

SIGNAL TYP	DIMENSION	DATENRATE
RF	6 x 8	
RF	12 x 12	
Clock and Data	32 x 32	200 Mbit/s
Base Band	8 x 8	
Clock and Data	16 x 16	500 MBit/s

TAB 1. Liste der eingesetzten Matrizen

Der Ansteuerung der Matrizen ist eine Schlüsselfunktion der unten beschriebenen Stationssoftware. Durch die Monitoring&Control Komponente werden diese Matrizen über den GPIB-Bus kontrolliert.

Für die Herstellung beliebiger Verbindungen können in der M&C Software virtuelle Geräte konfiguriert werden. Damit konnte zum Beispiel die Referenzstation der Firma ITD leicht in die Station integriert werden. Diese kann somit auf Anforderung Daten aufzeichnen und über die komplette Station testen.

### 2.2.3. X-Band Direct Archive System

Das X-Band Direct Archive System (DAS) dient zum Aufzeichnen des 300 Mbit/s schnellen, seriellen Datenstromes. Die Daten werden in dem System synchronisiert und entsprechend dem CCSDS Standard als CADU's aufgezeichnet und Reed-Solomon korrigiert. Für das TerraSAR-X Projekt wurde das System um folgende Funktionen erweitert:

- Extraktion und Segmentierung der Daten und projektkonforme Namensgebung für Dateien (siehe [8])
- Zeitaufgelöste Analyse der Daten auf Telemetrie-Rahmen-Ebene für eine exakte Bewertung der Datenqualität
- Exakte Source-Packet Statistik
- Ausbau des Scheduling (Archivierung zu ein oder mehreren Zielen mit FTP-Protokoll)
- Nebenläufiges Archivieren

Das nebenläufige Archivieren ist wichtig, um weitere Projektinitiativen wie das Verkehrsprojekt (siehe [9]) zu unterstützen. Dabei wird mit dem Start der Datenaufzeichnung auch mit der Übertragung der Daten zum Prozessingssystem begonnen. Zusätzlich wird durch das zentrale Monitoring&Control-System das DAS so initialisiert, dass dieses mit der Übertragung eines als NRT gekennzeichneten Datatake beginnt und alle vorherigen und folgenden Datatakes danach überträgt. So kann mit der Prozessierung der Daten schon fortgesetzt werden, bevor der Satellit den Sichtbarkeitsbereich verlassen hat. Es entsteht praktisch keine Verzögerung des Datentransfers an der Empfangsstation.

#### Technische Parameter:

- Voll redundant ausgelegtes Server-System (Windows 2000 Server)

- Speicherung von 3 Tagessätzen Daten (240 GByte)
- Testsupport durch PRBS23 Generator und Analyser
- Datenraten von 20 – 320 MBit/s
- Aufzeichnung und Archivierung CCSDS konformer Datenströme

### 2.2.4. S-Band Direct Archive System

Für TerraSAR-X wurden die S-Band Direct Archive Systeme, die schon für CHAMP, GRACE-1/2 und BIRD eingesetzt wurden, einer Überarbeitung der Schnittstelle mit dem zentralen M&C-System unterzogen und durch eine CORTEX-Schnittstelle erweitert.

#### Technische Parameter:

- Client-System (Windows XP)
- Datenraten von 10 kBit/s – 20 MBit/s
- Aufzeichnung und Archivierung CCSDS-konformer Datenströme

### 2.2.5. SLE System

Mit Hilfe einer SLE (Space Link Extension) Implementierung nach CCSDS ist es möglich, die Housekeeping-Daten des Satelliten von der Bodenstation in Echtzeit zum Kontrollzentrum (MOS) übertragen (siehe [11]). Somit kann mit wenig Aufwand zu jedem Kontakt der Status des Satelliten erfasst werden, auch wenn keine Kommandierung und damit der Einsatz der Weilheim-Station geplant ist.

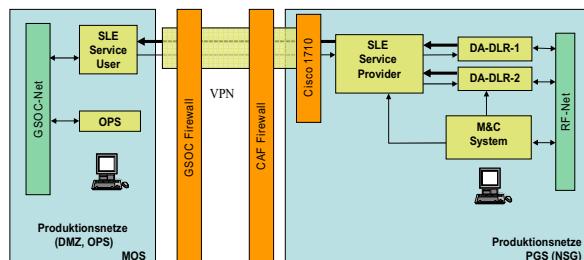


BILD 3. Schematische Darstellung des SLE-Systems

### 2.2.6. Test-Systeme

Um die Bodenstation und den SAR-Data-Workflow über das gesamte PGS (von der Antenne bis zum TMSP) zu testen, wurden ein Downlink-Generator und ein Downlink-Simulator realisiert. Mit den frühzeitig durch den Systemingenieur zusammengestellten, kompletten Datenszenarien konnte das PGS dann intensiv getestet werden. An der Bodenstation wurde ein Testdatensatz entsprechend Link-Budget für realen Downlink modifiziert und damit das X-Band Direkt Archive System unter annähernd realen Bedingungen getestet.

### 2.2.7. Downlink Simulator

Der Downlink Simulator ermöglicht die Wiedergabe der Testdaten bei 300 Mbit/s mit der erforderlichen Taktgenauigkeit und Stabilität. Der Aufbau des Downlink Simulator wurde in [7] beschrieben.

## 2.2.8. Downlink Generator

Unter einem Downlink wird der seriellen Datenstrom verstanden, wie er vom Satelliten zur Bodenstation

übertragen wird. Der Downlink-Generator ist in der Lage, aus den Datatake-Dateien wieder einen solchen Downlink nach CCSDS Spezifikation zu generieren.

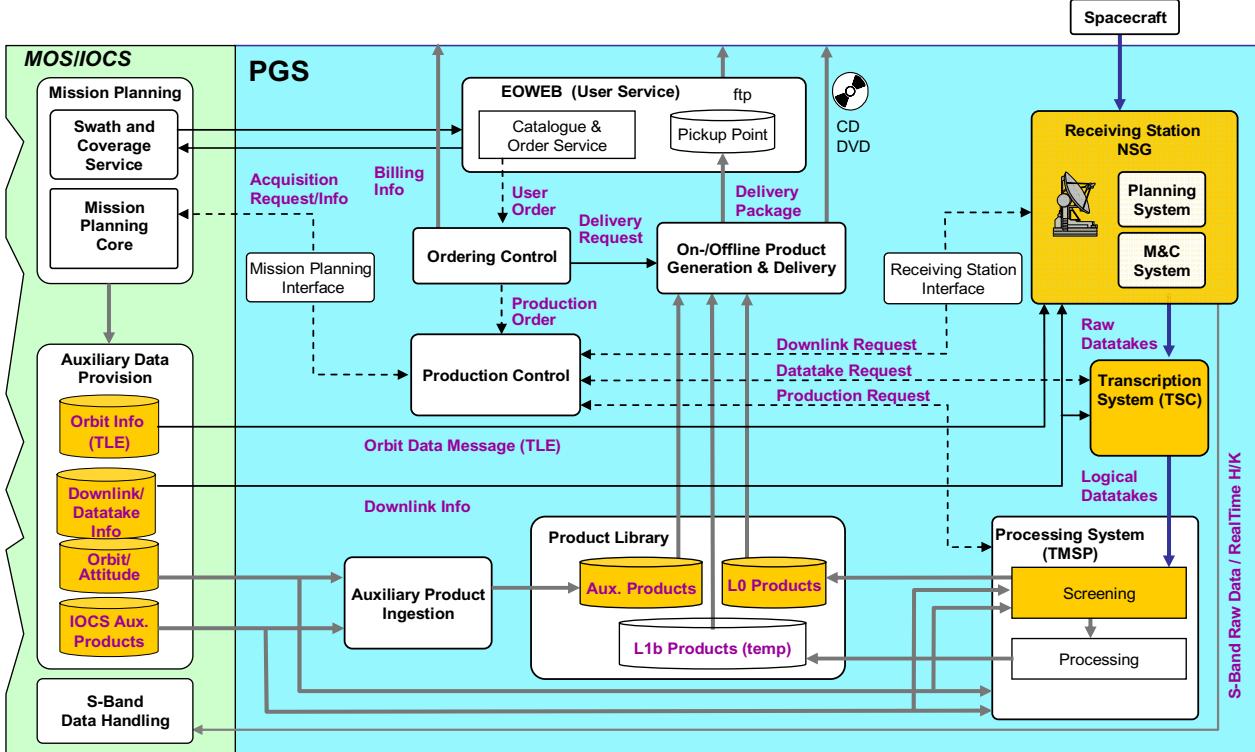


BILD 4. Die Schnittstellen im Playload Ground Segment

## 2.2.9. Systemintegration

Bei der Konzeption des Empfangssystems wurden grundsätzlich zwei Linien verfolgt, die durch entsprechende Workflows repräsentiert werden.

Das ist zum einen der SAR-Data-Workflow (siehe [8]). Hierbei handelt es sich um einen rein datengetriebenen Ansatz, der den Datenfluss vom Satelliten über den Empfang bis hin zu den Standardprodukten mit maximalem Durchsatz verfolgt. Damit kann das Empfangssystem die Daten mit hoher Wahrscheinlichkeit weiterleiten und die Ressourcen für den nächsten Kontakt mit TerraSAR-X oder einer anderen Mission freigeben.

Der SAR-Data-Workflow läuft entsprechend BILD 4 von der RS über das Screening in die Produktbibliothek von DIMS.

Zum anderem ist der Request-Workflow mehr auf die Überwachung und Steuerung der Prozesskette ausgerichtet. Hier findet die Kommunikation zwischen den verschiedenen Prozessen (Interprozesskommunikation) statt. Für die Integration des gesamten GS mit DIMS zu realisieren, wurden für TerraSAR-X spezielle Produktionsschnittstellen implementiert. Da unter DIMS die Interprozesskommunikation mit CORBA realisiert ist, wurden für die Integration systemfremder Teilsysteme wie die Bodenstation WEB-Services (SOAP) geschaffen. Um den Zugang externer Systeme zum PGS einfach zu gestalten, wurden einige Schnittstellen als Filesschnittstellen auf XML-Basis implementiert.

## 3. DIE STATIONSSOFTWARE

Unter der Stationssoftware wird ein Satz von Programmen verstanden, die auf einem allgemeinen Satz von Modulen basieren und an verschiedene Aufgaben angepasst wurden. Die Stationssoftware wird weitestgehend missionsunabhängig implementiert. In diesem Beitrag wird insbesondere auf die M&C-, die Planungs- und die Reporting-Anwendung eingegangen. BILD 5 zeigt in vereinfachter Form die Schnittstellen zwischen diesen Anwendungen.

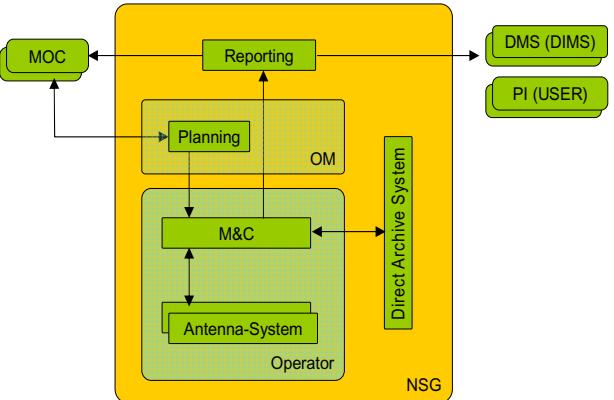


BILD 5. Modell der Stationssoftware

Die Stationssoftware bildet folgenden, allgemeinen Prozess komplett ab:

- 1) Übermittlung eines Empfangsauftrages und der Bahndaten an die Station
- 2) Berechnung von Kontakten mit dem Satelliten und Planung der Empfänge und damit der Ressource Antenne unter Verarbeitung des Empfangsauftrags
- 3) Belegung der notwendigen Ressourcen und Setup der Station entsprechend Standardkonfiguration (z.B. Laden der Bahndaten in die Antennensteuerung, Setzen der Matrixverbindungen, ...)
- 4) Durchführung des Empfangs
- 5) Zusammenführen der Metadaten (Tracking-Informationen, Lock-Informationen, ...)
- 6) Verknüpfen von Empfangsauftrag und Empfangsergebnis
- 7) Bereitstellung der Nutzdaten und Reports

Neben der Umsetzung dieses Prozesses durch die Software ist die Automatisierung von damit verbundenen Routineaufgaben und die Steuerung zeitgleich ablaufender Empfangsaufgaben eine Schlüsselaufgabe. Nur so war ein Betrieb der Station mit einem Operator längerfristig möglich. Da die wichtigsten Aufgaben der Station nun über Software gesteuert werden, sind die Abläufe zwangsläufig einheitlich über alle Missionen. Beim Entwurf der Software wird die Erfüllung folgender Anforderungen verfolgt bzw. umgesetzt:

- Darstellung aller wichtigen Informationen mit einer kleinen Menge von Fenstern. Es wird die Überwachung der Station von einer Konsole ermöglicht
- Eingriffsmöglichkeiten von einer zentralen Anwendung
- Fehlertoleranz des Systems. Kleinere Probleme, z.B. beim Setup der Station, führen nicht zum Abbruch. Mit Unterstützung des Operators kann dieser Ablaufschritt einfach wiederholt werden. Auf vollständiges Recovering durch Software wurde verzichtet, da durch das Vorhandensein von Hardware letztendlich immer das Eingreifen eines Operators notwendig werden kann.
- Die Teilsysteme sind lose gekoppelt. Das heißt, sie werden durch das zentrale M&C System gesteuert und überwacht, können aber auch durch den Operator lokal bedient werden.

Mit der Stationssoftware wurden auch folgende Ziele erreicht:

- Automatische Qualifizierung des Datenempfangs. Die Anwendungen erfassen dabei unabhängig vom Operator bestimmte Qualitätsmerkmale für jeden durchgeführten Empfang. Dabei werden missionsunabhängige, operationelle Reports mit wenigen, aufbereiteten Informationen und technische Reports mit umfangreichen Informationen generiert.
- Automatisierte Messungen des Gesamtsystems. Durch einfaches Initiiieren von Messungen können Routinetests durch den Operator durchgeführt werden
- Schnelles Umkonfigurieren der Station (Redundanz). Es können für bestimmte Konfigurationen Geräte einfach über Software in wenigen Schritten „ausgetauscht“ werden
- Dem Operator werden adäquate Signale zur

Einschätzung des Systemzustandes der Station bereitgestellt.

Bei der technischen Konzeption der Software wurden folgende Anforderungen umgesetzt:

- Einfache Skalierbarkeit des Gesamtsystems. So sind die Matrixverbindungen, die verwalteten Missionen, Konfigurationssätze oder Geräte nicht limitiert und erfordern auch keine Softwareänderungen.
- Die größeren Software-Module sind modular und missionsunabhängig.
- Trennung von Konfiguration und Empfangssteuerung
- Alle Steuerungsprozesse für Geräte und Aktivitäten (siehe 4.2 Empfangssteuerung) laufen in einem separaten Thread

Während der Arbeiten zum TerraSAR-X Projekt kamen u.a. folgende Funktionen hinzu.

- Generischer XML Empfangsreport
- Etablierung einer relationalen Datenbank für den Stationsschedule
- Remote-Control der X-Band DAS Systeme und das Prozessing der Reports dieser Systeme
- WEB-Schnittstelle zu DIMS
- Umstellung der Planungsschnittstelle zu MOS auf XML-basierte DLI<sup>+</sup>
- Remote-Control der Antennen-Systeme
- Verarbeitung der DownlinkInfo-Files vom MOS und die Integration in den Stationsschedule

### 3.1. Monitoring&Control Komponente

Die Monitoring&Control-Komponente steuert zeitlich entsprechend Stationsschedule den Empfang. Das schließt das Setup von Geräten, die Herstellung von Matrixverbindungen, die Darstellung von Stati und die Erfassung von Metadaten und deren Verarbeitung ein. BILD 6 zeigt ein vereinfachtes Modell dieser Komponente.

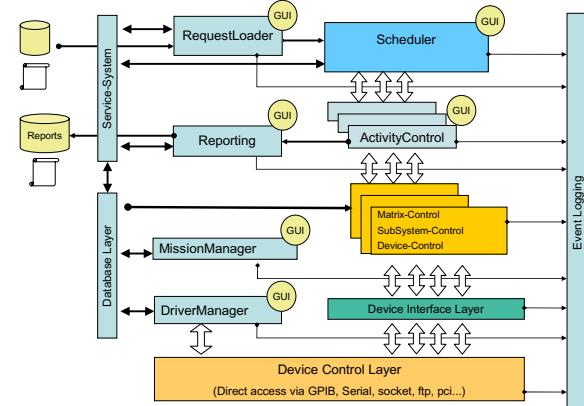


BILD 6. Interne Struktur der M&C Software

Prinzipiell werden alle Geräte entsprechend ihrer

<sup>+</sup> Bezeichnung für einen kontaktbezogenen Request des Kontrollzentrums an die Station zum Empfang von Nutz- und H/K-Daten

Schnittstellen (Keine, Reportdaten, M&C) in einer einheitlichen Form als Gerätetreiber integriert.

Dies wurde trotz des unterschiedlichen Charakters der verschiedenen Subsysteme und Geräte erreicht. Für bestimmte Gerätetypen (Demodulatoren, Matrizen) ist dadurch die Integration in kurzer Zeit möglich. TAB 2 gibt einen Überblick über die durch das zentrale M&C System kontrollierte Hardware. Bei der Ansteuerung dieser Geräte werden verschiedenen Protokolle wie TCP/IP (Sockets, Shares), Gerätebus GPIB und serielle Schnittstellen eingesetzt. Tendenziell werden die zu integrierenden Geräte über TCP/IP-Verbindungen ange- sprochen.

Grundsätzlich wird jedes Gerät virtuell in die Software eingebunden. Danach hängt es von den bereitgestellten Fernsteuerungseigenschaften ab, wie stark die Integration erfolgt (Vollständige Kontrolle, nur Status, nur Reportdateien).

GERÄTE	ANZAHL
Antenna X(S)-Band	3
Antenna LS-Band	1
Magnetband-Recorder	3
DAS bis 320 MBit/s	4
Demodulatoren	7
Bitsynchronizer	5
DAS bis 20 MBit/s	5

TAB 2. Übersicht der integrierten Gerätebasis

Die M&C-Komponente verfügt außerdem über die Möglichkeit, abschließende Eingaben und Kommentare vom Operator zu erfassen und in den vereinfachten Empfangsreport zu integrieren.

### 3.2. Planungs-Komponente

Die Planungs-Komponente realisierte Module zur Bahnrechnung und zur Verwaltung von Planungs- informationen wie der Empfangsrequests der verschiedenen Projektpartner. Sie stellt weiterhin Module zur Generierung von projektspezifischen Informationen für diese Partner zur Verfügung. Dabei sind sowohl kontaktorientierte Requests als auch zeitraumorientierte Requests möglich. Der Stationsschedule wird über eine relationale Datenbank geführt, auf die durch die verschiedenen Instanzen dieser Software und die M&C- Komponente zugegriffen wird. Das Planungssystem ist somit als verteiltes System konzipiert, in dem z.B. der Empfangsplaner und der Operator über verschiedenen Konsolen innerhalb unterschiedlicher Arbeitsabläufe auf den Stationsschedule zugreifen. BILD 7 zeigt das Datenmodell des Stationsschedule. Weiterhin wird über die Datenbank ein qualifizierter Satz von Two Lines geführt.

Durch die Planung können frühzeitig Konflikte zwischen den verschiedenen Missionen erkannt und durch Ressourcenplanung bezüglich Antenne (alle weiteren Ressourcen wie z.B. die Aufzeichnungssysteme sind ausreichend vorhanden) oder Kommunikation mit dem

Auftraggeber beseitigt werden. Da die Besetzung der Station flexibel sein muss (eine 24-stündige Besetzung der Station wäre unökonomisch), wird auch die mittelfristige Planung ( $x + 14$  Tage) über diese Komponente durchgeführt.

Column Name	Datatype	NOT NULL	INFO	Flags	Default Value
planningId	BIGINT(20)	✓		UNSIGNED <input checked="" type="checkbox"/> ZEROFILL <input type="checkbox"/>	0
missionId	INTEGER	✓		UNSIGNED <input checked="" type="checkbox"/> ZEROFILL <input type="checkbox"/>	0
antennaid	INTEGER			UNSIGNED <input checked="" type="checkbox"/> ZEROFILL <input type="checkbox"/>	HULL
supportStart	VARCHAR(21)			<input type="checkbox"/> BINARY	HULL
supportStop	VARCHAR(21)			<input type="checkbox"/> BINARY	HULL
requestState	VARCHAR(45)			<input type="checkbox"/> BINARY	
planningState	VARCHAR(45)	✓		<input type="checkbox"/> BINARY	
requestFile	VARCHAR(256)			<input type="checkbox"/> BINARY	HULL
contactStart	VARCHAR(21)	✓		<input type="checkbox"/> BINARY	0000-00-00...
contactStop	VARCHAR(21)	✓		<input type="checkbox"/> BINARY	0000-00-00...
requestStart	VARCHAR(21)			<input type="checkbox"/> BINARY	HULL
requestStop	VARCHAR(21)			<input type="checkbox"/> BINARY	HULL
concurrencyId	INTEGER			UNSIGNED <input checked="" type="checkbox"/> ZEROFILL <input type="checkbox"/>	HULL
maxElevation	DOUBLE			UNSIGNED <input checked="" type="checkbox"/> ZEROFILL <input type="checkbox"/>	HULL
receivingOrbit	INTEGER	✓		UNSIGNED <input checked="" type="checkbox"/> ZEROFILL <input type="checkbox"/>	0
requestUpdateTime	VARCHAR(21)			<input type="checkbox"/> BINARY	HULL
maxAzimute	DOUBLE			UNSIGNED <input checked="" type="checkbox"/> ZEROFILL <input type="checkbox"/>	HULL
elementRevision	INTEGER			UNSIGNED <input checked="" type="checkbox"/> ZEROFILL <input type="checkbox"/>	HULL

BILD 7. Datenmodell des Station Schedule

Der Masterindex für jedes Planungselement wird über die planningId realisiert. Diese Id wird beim Erzeugen des Planungselements einmalig aus der Kontaktstartzeit und der BodyNumber des Satelliten erzeugt und bleibt danach konstant. Da der zeitliche Abstand von Kontakt zu Kontakt für die von der Station unterstützten Klasse von Satelliten (LEO) ca. 100 Minuten beträgt, können trotz sich ändernder Kontaktstartzeiten die externen Planungsinformationen eindeutig zugeordnet werden.

### 3.3. Reporting Komponente

Die Reporting-Komponente realisiert die Übertragung des Empfangsreports an ein stationsexternes System als WEB-Service. Sie ist ebenfalls mit einer einfachen graphischen Schnittstelle auf der M&C-Konsole ausgestattet. Im Vergleich zu Auslieferung von Reportdateien über ftp-Schnittstellen, hat dieser Ansatz folgende Vorteile:

- Die Verfügbarkeit des externen Systems ist unmittelbar erkennbar.
- Der Operator bekommt unmittelbar die Information, dass das externe System die Information erhalten und verarbeitet hat.

## 4. EMPFANGSBETRIEB

Dieser Abschnitt beschreibt den Ablauf des Empfangsbetriebs, wie er auch für TerraSAR-X während der täglichen 4-5 Kontakte mit dem Satelliten durchgeführt wird.

### 4.1. Planung

Einmal wöchentlich wird dem Kontrollzentrum (MOS) die Verfügbarkeit der Bodenstation für zwei Wochen im Voraus zugemeldet. Hier können zum Teil schon

Konflikte mit anderen Missionen berücksichtigt werden. Im Kontrollzentrum läuft ebenfalls eine Planung, die durch die entsprechenden Anforderungen von Daten durch die Nutzer getrieben ist. Ab ungefähr einer Woche vor dem Empfang werden täglich die durch MOS bereitgestellten vorläufigen gefolgt von ein oder mehreren entgültigen DownlinkInfos importiert. Weiterhin werden täglich die Orbitinformationen (Two Lines) für jede Mission importiert und die bahnrelevanten Informationen des Stationsschedules aktualisiert. Der Operator kann mit wenigen Mausoperationen diese Arbeitsschritte durchführen bzw. deren Ausführung veranlassen. BILD 8 zeigt den Dialog für den Import und die Qualifizierung von Bahndaten für die Station. Liegen große Abweichungen vor, kann er dies erkennen und entsprechend reagieren.

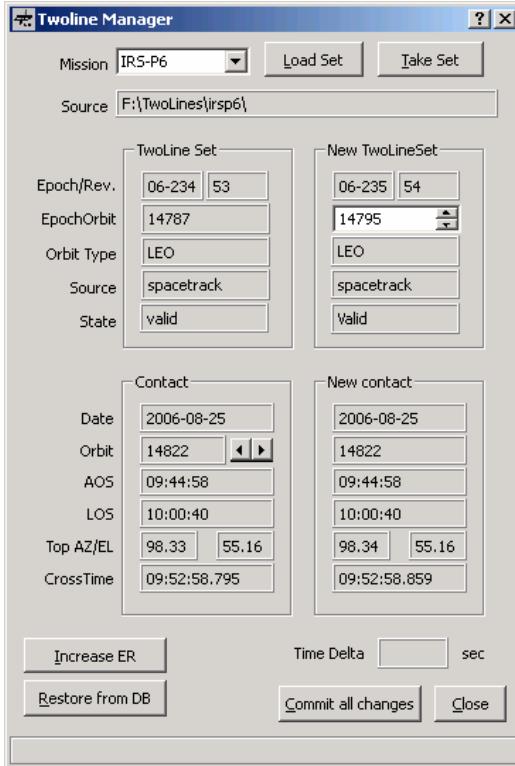


BILD 8. Operatorschnittstelle zum Twoline-Import

Der Empfangsplaner kann nun auf die vorbereiteten Informationen zugreifen. Dazu verwendet er den ScheduleManager wie in BILD 9 gezeigt, um die Antennen zu planen, die anliegenden Requests zu inspizieren oder Empfänge zu planen, für die es keine Planungsschnittstellen gibt.

Schedule Manager									
Week 34	2006-08-21	Freitag	All Missions	Week View	Details	Enable DB Write			
BIRD	PLANNED	GSC-X1	2006-08-24	23:29:52	23:34:44	247861	72.0	24	
GRACE-1	PLANNED	GSC-X1	2006-08-24	23:30:47	23:42:11	48256	53.2	20	
OrbView	UNPLANNED		2006-08-24						
BIRD	REQUESTED	GSC-X1	2006-08-25	00:39:23	00:44:51	26662	13.5	24	
CHAMP	REQUESTED	GSC-X1	2006-08-25	01:28:55	01:35:31	34761	82.6	37	
TSX-1	PLANNED	GSC-X3	2006-08-25	05:36:59	05:47:49	1376	78.9	34	
TSX-1	PLANNED	GSC-X3	2006-08-25	07:11:27	07:20:12	1377	14.1	34	
IRS-P6	REQUESTED	GSC-X1	2006-08-25	08:07:52	08:15:13	14820	9.8	50	
ENVISAT	PLANNED	GSC-X1	2006-08-25	09:18:29	09:30:50	23451	55.0	34	
IRS-P6	REQUESTED	GSC-X1	2006-08-25	09:46:26	09:59:13	14822	55.2	52	
ERS-2	PLANNED	GSC-X2	2006-08-25	09:48:03	09:59:22	59323	54.9	3	
GRACE-1	REQUESTED	GSC-X1	2006-08-25	10:06:30	10:14:28	24795	68.4	33	
AQUA	PLANNED	GSC-X2	2006-08-25	11:09:07	23:45:07	23452	29.9	40	
OrbView	UNPLANNED		2006-08-25	11:22:58	11:32:53	48263	24.7	34	
ERS-2	PLANNED	GSC-X2	2006-08-25	11:26:49	11:39:35	14823	31.1	52	
GRACE-2	REQUESTED	GSC-X2	2006-08-25	11:41:41	11:46:22	24796	12.2	60	
GRACE-1	PLANNED	GSC-X1	2006-08-25	11:42:17	11:46:53	24796	12.1	33	
BIRD	CANCELED	GSC-X1	2006-08-25	12:05:35	12:14:02	26669	42.3	36	
CHAMP	PLANNED	GSC-X1	2006-08-25	12:30:24	12:36:38	34768	33.3	38	
AQUA	PLANNED	GSC-X1	02:10	12:37:58	12:49:08	23295	38.6	34	
OrbView	UNPLANNED		2006-08-25	12:59:58	13:11:17	48264	54.1	31	
IRS-P6	PLANNED	GSC-X1	2006-08-25	13:08:25	13:14:09	14823	8.1	50	
RITRD	RFOI-FIRST	GSC-X2	2006-08-25	13:40:01	13:47:40	26670	23.7	36	

BILD 9. Schnittstelle zur Planung von Empfängen

#### 4.2. Empfangssteuerung

Die Empfangssteuerung beginnt täglich mit dem Laden aller relevanten Kontakte in den Scheduler (siehe BILD 11) der M&C-Komponente. Dazu wird entsprechend BILD 10 ein Modul verwendet, das dem Operator einen Ausschnitt des Stationsschedule darstellt.

SCS_ControlHost 2.3.1						
State	Mission	Orbit	Date	Start	Stop	Antenna
PLANNED	ENVISAT	23451	2006-08-25	09:18:26	09:30:50	GSC-X1
REQUESTED	IRS-P6	14822	2006-08-25	09:46:26	09:59:13	GSC-X1
PLANNED	ERS-2	59323	2006-08-25	09:48:04	09:59:22	GSC-X2
REQUESTED	GRACE-1	24795	2006-08-25	10:06:31	10:14:28	GSC-X1
REQUESTED	ENVISAT	23452	2006-08-25	10:58:07	11:09:27	GSC-X1
PLANNED	AQUA	22924	2006-08-25	11:00:21	11:11:16	GSC-X2
PLANNED	ERS-2	59324	2006-08-25	11:27:51	11:37:59	GSC-X1
PLANNED	IRS-P6	14823	2006-08-25	11:26:49	11:38:35	GSC-X3
REQUESTED	GRACE-2	24796	2006-08-25	11:41:41	11:46:22	GSC-X2
PLANNED	GRACE-1	24796	2006-08-25	11:42:17	11:46:53	GSC-X1
CANCELED	BIRD	26669	2006-08-25	12:05:35	12:14:02	GSC-X1
PLANNED	CHAMP	34768	2006-08-25	12:30:24	12:36:38	GSC-X1
PLANNED	AQUA	22925	2006-08-25	12:37:58	12:49:08	GSC-X1
PLANNED	IRS-P6	14823	2006-08-25	13:08:20	13:14:09	GSC-X1
REQUESTED	BIRD	26670	2006-08-25	13:40:16	13:47:40	GSC-X2
PLANNED	CHAMP	34769	2006-08-25	14:03:04	14:07:35	GSC-X1
PLANNED	TSX-1	1382	2006-08-25	14:49:44	14:58:12	GSC-X3

BILD 10. Schnittstellen zum Laden des Schedule

Müssen zur gleichen Zeit mehrere Missionen unterstützt werden, sind die Geräte entsprechend Verfügbarkeit so zu verteilen, dass keine Konflikte auftreten. Sind ausreichend Geräte vorhanden, kann sogar ein aktives Backup realisiert werden. Danach sind nur noch korrektive Interaktionen seitens des Operators notwendig. Damit wurden sogenannte Aktivitäten erzeugt.

Scheduler									
Time (UT)		08:48:03		Next Event		09:11:44		Time Left	
State		Mission		Orbit		Date		Start Stop	
Idle	ENVISAT	23451	06-08-25	09:18:24	09:30:49	GSC-X2	Standard	10300	
Idle	IRS-P6	14823	06-08-25	09:45:13	10:00:15	GSC-X3	Standard	10350	
Idle	GRACE-1	24795	06-08-25	10:05:35	10:16:27	GSC-X1	Standard	10320	
Idle	ENVISAT	23452	06-08-25	10:58:05	11:09:26	GSC-X2	Standard	10310	
Idle	AQUA	22924	06-08-25	11:00:23	11:11:18	GSC-X1	Standard	10240	
Idle	IRS-P6	14824	06-08-25	11:25:32	11:39:40	GSC-X3	Standard	10360	
Idle	GRACE-2	24796	06-08-25	11:40:26	11:49:25	GSC-X1	Standard	10330	
Idle	BIRD	26669	06-08-25	12:03:22	12:14:54	GSC-X2	Standard	10260	
Idle	CHAMP	34768	06-08-25	12:28:36	12:37:47	GSC-X3	Standard	10280	
Idle	AQUA	22925	06-08-25	12:37:59	12:49:10	GSC-X1	Standard	10250	
Idle	BIRD	26670	06-08-25	13:37:51	13:48:37	GSC-X2	Standard	10270	
Idle	CHAMP	34769	06-08-25	14:00:48	14:08:54	GSC-X3	Standard	10290	

Buttons at the bottom: Recover, Edit, Finish, PreTest, Backup, Running, Operator Report.

BILD 11. Ansicht des Schedulers der M&C-Komponente

In BILD 12 ist die Sicht des Operators auf die laufende Aktivität dargestellt. Über dieses Fenster kann der Status eines jeden Geräts und der Schaltverbindungen sowie der Signalstatus am entsprechenden Gerät verfolgt werden. Nach dem Auftreten von Ereignissen, die ein Eingreifen des Operators notwendig machen, kann dieser den Fehlerstatus zurücksetzen und damit die Prozesssteuerung bezüglich des betroffenen Geräts reaktivieren. Der Operator hat über dieses Fenster die Möglichkeit, Geräte auszutauschen. Dies kann bei Konflikten mit anderen Missionen oder bei ausgefallenen Geräten notwendig werden. Konflikte liegen bereits vor, wenn die für ein Gerät notwendige Setup-Zeit voraussichtlich nicht eingehalten werden kann. Die längsten Übergangszeiten von 90 bis 210 Sekunden benötigen die Antennensysteme.

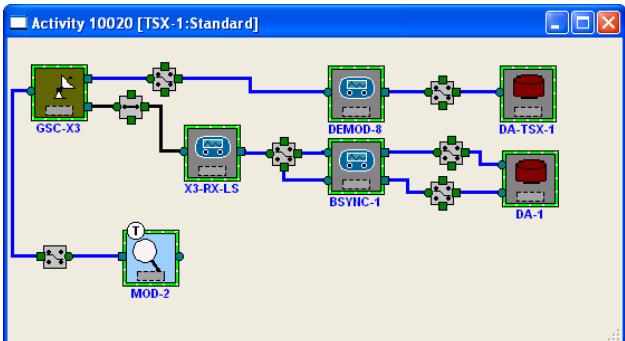


BILD 12. Layout einer TerraSAR-X Konfiguration

Die M&C-Komponente steuert nun den Empfang sequentiell in den folgenden Phasen:

- 1) **Preparation:** Belegung von Geräten und Subsystemen, Herstellen der Matrixverbindungen entsprechend der Verfügbarkeit der Ressourcen, Setup aller Geräte, Scheduling der Subsysteme
- 2) **Start:** Starten des Erfassen von Lockstati in Tabellen, Starten von Bandoperationen
- 3) **Acquisition:** Erfassen der Statusinformationen von Geräten und Subsystemen
- 4) **Stop:** Stoppen des Erfassen von Lockstati, Stoppen von Subsystemen, Erfassen von Metadaten, Aufheben von Matrixverbindungen, Stoppen von Bandoperationen, Freigabe von Geräten
- 5) **Transfers:** Erfassen von Reportzusatzinformationen, Prozessieren der Reports, Ausgabe und Transfer von Reportdaten

Kommt es zu Verzögerungen in einer Phase, werden die nächsten Phasen stets mit maximaler Geschwindigkeit ausgeführt. Die Steuerung der Geräte erfolgt asynchron, das heißt dass die Geräte ihren speziellen Anlauf zeitlich unabhängig voneinander durchlaufen. Um von einer Phase in die nächste zu wechseln, müssen die entsprechenden Abläufe für alle Geräte abgeschlossen sein.

Nach der Übergabe des Reception Reports an die Reporting-Komponente ist der Empfang abgeschlossen.

## 5. SOFTWARE ENTWICKLUNG

Die Entwicklung der beschriebenen Software Tools wird durch das Personal der Bodenstation geleistet. Dabei werden folgende Sprachen und Tools eingesetzt:

- C++
- Visual C++ IDE (8.0)
- Qt 4 Framework
- CVS (Windows-Client, Server LINUX)
- Operation system: Windows XP
- MySQL Datenbank 5.x

Da in der Regel Datentransfers von Satelliten nicht wiederholt werden können, stehen hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Robustheit des Systems. Weiterhin sind die Entwicklung und der Support stets von knappen Ressourcen und den limitierten Zugang zur Stationshardware bestimmt. Um diesen Anforderungen und Einschränkungen gerecht zu werden, wurden folgende Aspekte umgesetzt:

- Die verschiedenen Komponenten der Stationssoftware basieren auf einer Codebasis.
- Definition und Verwendung eines Codestandards
- Objektorientiertes Design
- Simulation von Geräten und damit flexible Testmöglichkeiten

## 6. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorgestellten Arbeiten wurden im Rahmen des TerraSAR-X Projekts durchgeführt. Im August 2006 ist das TerraSAR Projektarbeit für die Bodenstation Neustrelitz mehrheitlich durch Test geprägt. Die Arbeiten zur Integration der notwendigen Geräte bzw. Systemerweiterungen sind abgeschlossen. Die für das Projekt geplanten Erweiterungen bzw. Neuimplementierungen von Softwarekomponenten sind ebenfalls abgeschlossen.

Die Station bereitet sich auf das GS Readiness Review vor. Dies schließt letzte Updates der Projekt Dokumentation sowie die Dokumentation der Tests ein.

Mit dem erreichten Stand der Integration soll sich der Datenempfang zuverlässig und in allen Belangen transparent durchführen lassen. Es wird ein hoher Automatisierungsgrad erreicht. Es hat sich gezeigt, dass

sich mit dem gewählten Design der Software alle Anforderungen an die Steuerung von Datenempfängen für unterschiedlichste Missionen erfüllen lassen.

## 7. LITERATUR

- [1] S. Buckreuss; W. Balzer; P. Mühlbauer; R. Werninghaus; W. Pitz (2003): The TerraSAR-X Satellite Project. In: IEEE [Hrsg.]: IGARSS 2003, IGARSS 2003, Toulouse, Frankreich, 2003-07-21-2003-07-25, ISBN 0-7803-7930-6
- [2] R. Werninghaus, W. Balzer, S. Buckreuss, J. Mittermayer, P. Mühlbauer, "The TerraSAR-X Mission", EUSAR 2004
- [3] S. Buckreuss; P. Mühlbauer; J. Mittermayer; W. Balzer; R. Werninghaus (2006): [The TerraSAR-X Ground Segment](#). In: European Conference on Synthetic Aperture Radar (EUSAR), VDE Verlag GmbH, S. 1 - 4, European Conference on Synthetic Aperture Radar (EUSAR), Dresden, Germany, 2006-05-16 - 2006-05-18, ISBN 3-8007-2960-1
- [4] H. Breit, E. Boerner, J. Mittermayer, J. Holzner, M. Eineder, „The TerraSAR-X Multi-Mode SAR Processor – Algorithms and Design“, EUSAR 2004
- [5] A. Roth, M. Huber, D. Kosmann, "Geocoding of TerraSAR-X Data", IGARSS\_2004
- [6] H. Damerow, J. Schwarz, "Satellite Data Reception System at Multimission Ground Station", Selected Proceedings of 3<sup>rd</sup> IAA Symposium on small satellites for earth observation, 2001, Berlin (IAA-B3-0502)
- [7] J. Schwarz, H. Damerow, H. Maass, J. Richter, "TerraSAR-X Ground Station at DLR in Neustrelitz", 24<sup>th</sup> European Telemetry Conference, Garmisch-Partenkirchen
- [8] B. Schättler, M. Wolfmüller, R. Reissig, H. Damerow, H. Breit, E. Diedrich, "A Description of the Data-Driven SAR Data Workflow in the TerraSAR-X Payload Ground Segment", IGARSS 2005
- [9] H. Runge, M. Ruhé, "Verkehrsmonitoring mit dem deutschen Fernerkundungssatelliten Terra-SAR-X", DLR Nachrichten, Magazin des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt, Heft 106, 2004
- [10] M. Götzemann, H. Dreihahn, T. Ohmüller, „A Reusable Provider Framework for Development of SLE Interfaces", submitted for SpaceOps 2006