



Software Engineering im Projekt VIRTIS der ESA Raumfahrtmission Rosetta

VIRTIS On-board Software: eine eingebettete Echtzeitsoftware zur Steuerung eines komplexen abbildenden IR-Spektrometers

Software Engineering: ein wichtiger Aspekt zum Erreichen von Qualität und Termin

Erfahrungen:

Ein Fazit über ein Entwicklungszeitraum von 4 Jahren





Was ist **Rosetta** ? Was ist **VIRTIS** ?

Rosetta, eine Cornerstone Mission der ESA

Ziel: Untersuchung des Kometen WIRTANEN

Nutzlast: 12 Orbiter-Instrumente + Lander (Masse: 152+75kg, Power: 190W)

Programmdauer: 16,5 Jahre (Phase B, März 1997 ... Missionsende, Juli 2013)

Start: Januar 2003 mit ARIANE 5

VIRTIS, ein „Visible and InfraRed Thermal Imaging Spectrometer“

ein Orbiter-Instrument für die Bereitstellung von spektralen Bilddaten zur:

- Untersuchung der stofflich-mineralogischen Zusammensetzung der Kometenoberfläche
- globale Kartierung der kometaren Oberfläche
- Identifikation der flüchtigen Komponenten und des Staubes in der kometaren Koma

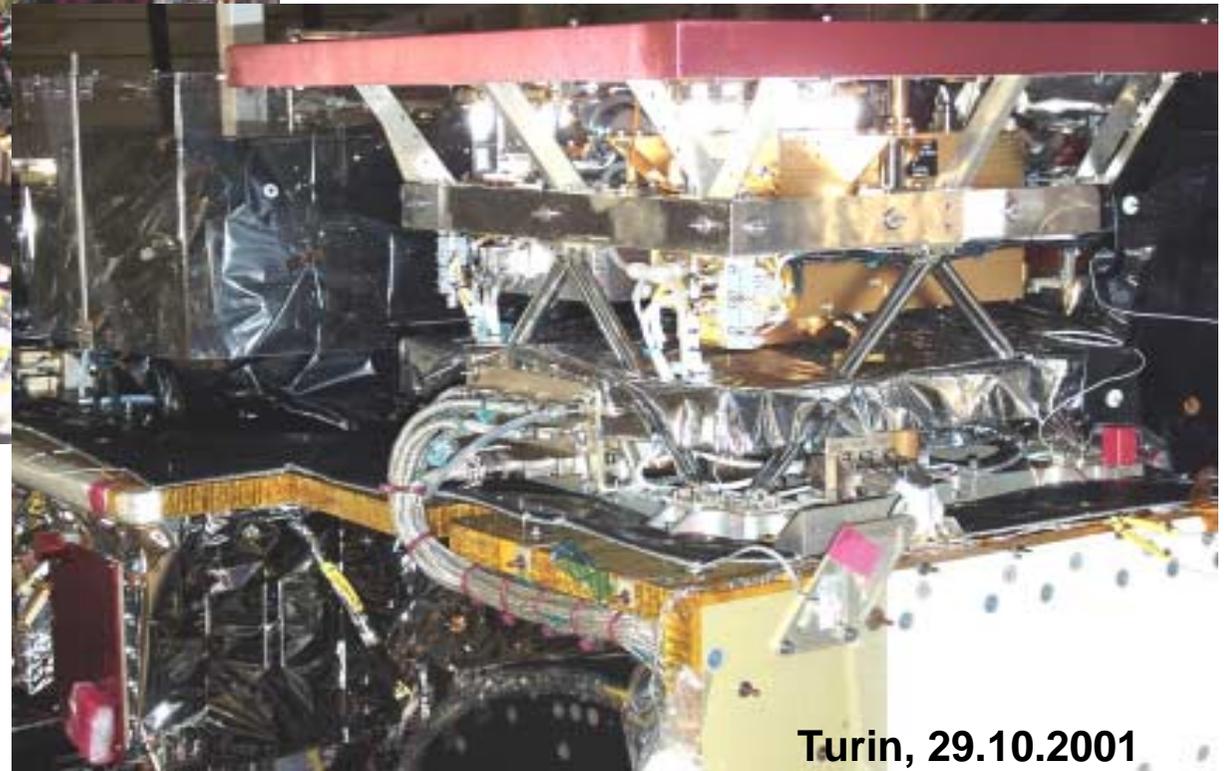


VIRTIS Flugmodell integriert auf Rosetta Spacecraft in Turin



Turin, 29.10.2001

„Optics Module“ entwickelt von
Officine Galileo (Italien) und
DESPA (Frankreich)



„Main Electronics“
inklusive Software
entwickelt vom DLR,
Kayser Threde und
Astrium

Turin, 29.10.2001



Aufgaben der VIRTIS On-Board Software

- **Organisation der Start-up Prozedur nach dem Einschalten**
- **Softwarepflege im Flug durch Up- und Download im „Safe mode“**
- **Realtime Steuerung von allen Sub-Systemen, inklusive 3 Detektorkanäle, 2 aktive Kühler, 2 Cover, 2 Shutter, Scan Unit, Annealing Heater, etc.**
- **Akquisition, Online Prozessierung und Kompression von spektralen Daten**
- **Ausführung und Erkennung von über 200 Instrument Modi**
- **Telecommand und Telemetry Management nach ESA-STD PSS-04-107/106**
- **Error- und Eventhandling**



Wichtige Aspekte für die Softwareentwicklung

Der Softwarelebenszyklus ist ca. 16 Jahre (4 Jahre Entwicklung, 12 Jahre Missionseinsatz). Deshalb ist Dokumentation ein wichtiger Faktor zur Archivierung des Know-Hows.

Die Software ist das „Gehirn“ von VIRTIS, eines wissenschaftlich und finanziell sehr wertvollen Experiments. Eine hohe Qualität der Funktion und Wartbarkeit sind daher zu garantierende Eigenschaften.

Die Nutzeranforderungsdefinition erfolgt durch ein europäisches Team aus verschiedenen wissenschaftlichen und industriellen Einrichtungen. Eine Analyse und Abstimmung der verschiedenen Anforderungen ist ein sehr aufwendiger und zeitintensiver Prozeß.

Die Entwicklung muß nach international gültigen Raumfahrtstandards erfolgen.

Die Entwicklung von Soft- und Hardware erfolgt gleichzeitig. Die Softwareintegration erfolgt am Ende der Instrumententwicklung. Deshalb ist die Simulation aller Subsysteme wesentlicher Bestandteil für S/W-Verifikation und Validierung.



VIRTIS Software Highlights

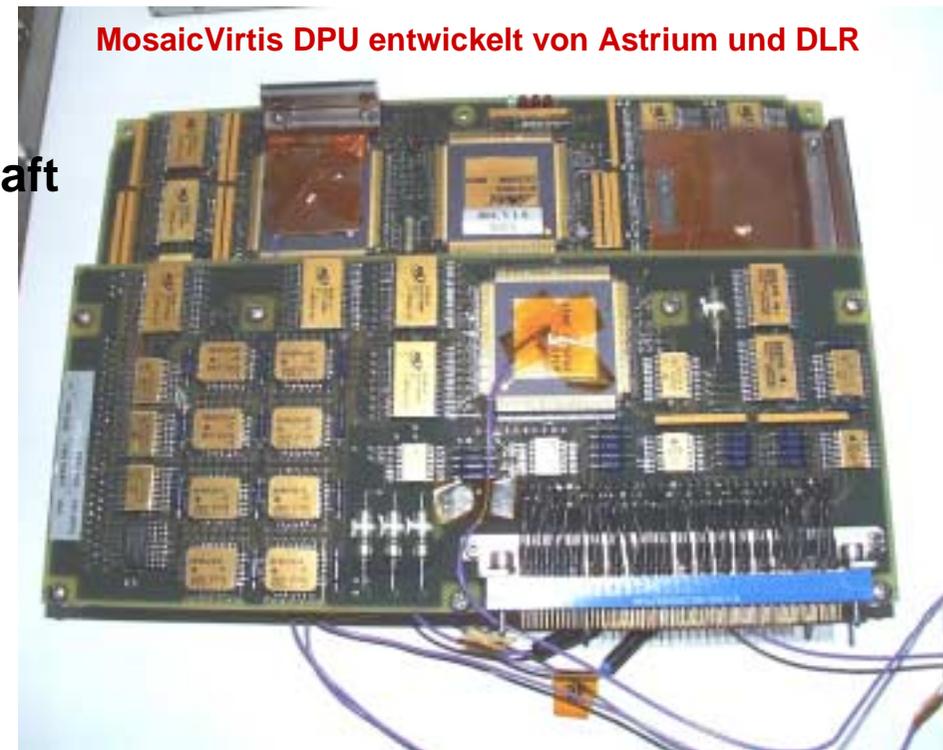
- Komplexes Software Design: Flug-Software besteht aus 140 Modulen basierend auf 210 User Requirements und 1100 Software Requirements
- Ausführung eines hoch zuverlässigen „Safe Mode“ durch Primary Boot Software gespeichert in einen PROM, kodiert in Assembler (ca. 5000 Instruktionen)
- Secondary Boot Software befindet sich im EEPROM und ist veränderbar durch Telecommanding von der Erde (ca. 80K Instruktionen, C und ASM)
- Secondary Boot Software basiert auf dem sehr effizienten RTOS VIRTUOSO (bis zu 60 Realtime-Prozesse sind gleichzeitig aktiv)
- Datenprozessierung, sowie verlustfreie und Wavelet Datenkompression * erfolgen On-line mit einem Datendurchsatz von bis zu 2,5Mbit/s

* Datenkompression wurde entwickelt von Y. Langevin (Frankreich)



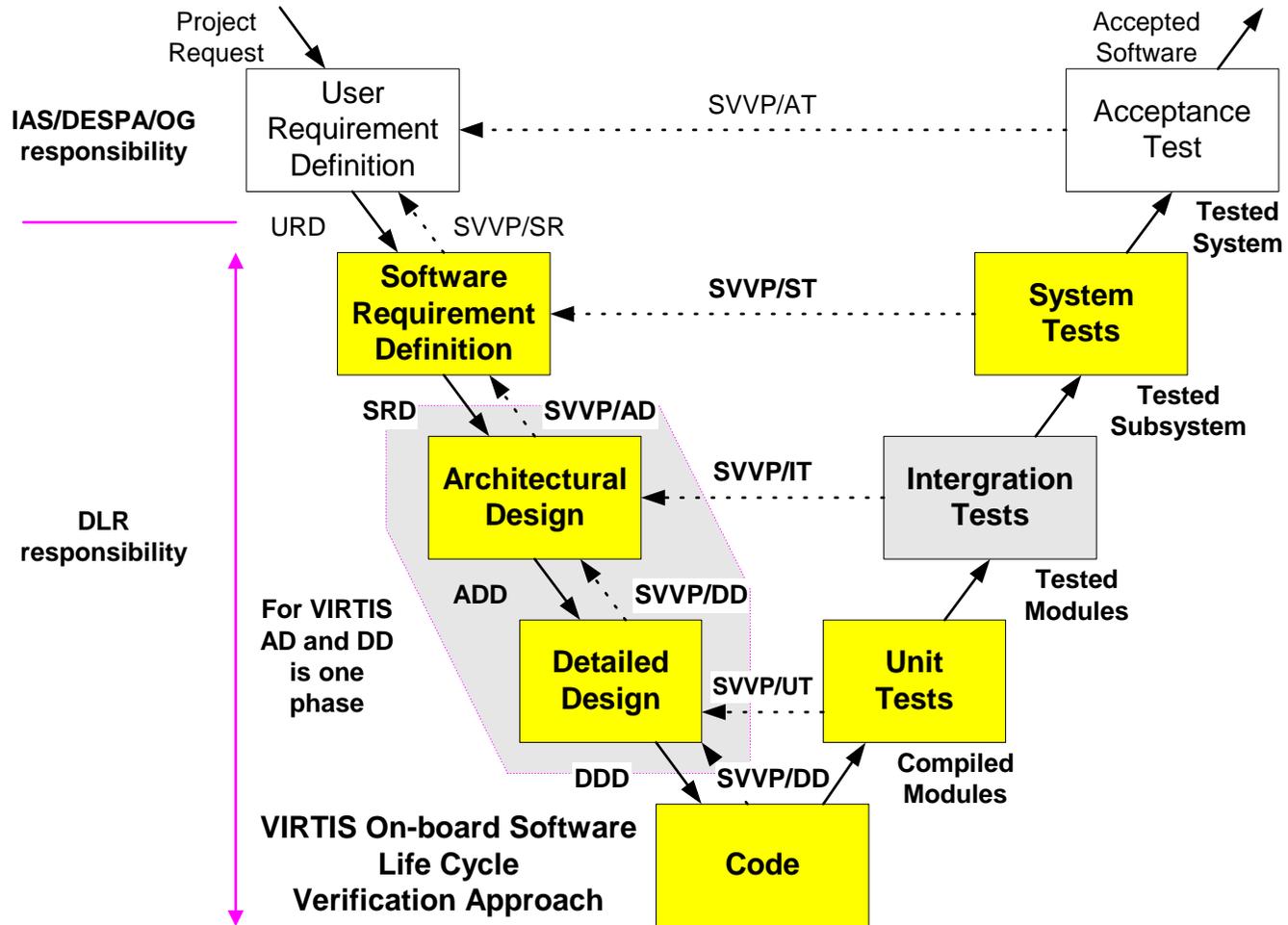
VIRTIS Data Processing Unit als Hardwarebasis

- TSC21020F, ein strahlungsfester DSP, entwickelt im ESA-Technologieprogramm
- IEEE-1355 Interface für 10Mbit/s schnellen Datentransfer zum Spacecraft
- Telecommand/Telemetry Interfaces nach ESA-STD PSS-47/TTC-B-01
- Strahlungsfeste und tolerante Programm- und Datenspeicher
- Power Save mode zur Minimierung des Idle-Leistungsverbrauchs auf ca. 3W





VIRTIS Software Life Cycle





Entwicklungsmethoden und Tools

- Software Engineering nach ESA PSS-05-0, angepaßt an VIRTIS-Anforderungen
- Strukturierte Analyse und Design (SA/SD) für Anforderungsdefinition und Design auf Basis der Nutzung des CASE Tools “INNOVATOR”
- Software/Hardware, Software/Software Interaction Analyse zur Fehlerdefinition
- Konfiguration Management auf Basis von “MKS Source Integrity”
- Erstellung von Test-Spezifikationen und Tractability auf Basis des Anforderungs Management Tools “DOORS”
- ADSP 21020 Tools, RTOS VIRTUOSO Tools
(z.B. ADSP Simulator, Host level debugger, etc.)



Erfahrungen und Fazit (nach erfolgreicher Fertigstellung 10/2001)

- **Aufwandsverteilung: ca. 35% Spezifikation, 30% Kodierung, 35% Test**
- **Die Nutzeranforderungsdefinition und -verifikation muss bei international verteilten Raumfahrtprojekten sehr hohe Priorität haben.**
- **Für mittlere oder große „embedded“ Softwaresysteme ist ein Echtzeitbetriebssystem (RTOS) eine unverzichtbare technische Basis.**
- **Zur Aufwandsreduktion sollte ein CASE-Tool genutzt werden, was Anforderungs-, Design und Testspezifikation auf Basis einer gemeinsamen Datenbank ermöglicht.**
- **Ein automatisierter Test in einer repräsentativen Hardwaresimulationsumgebung sollte angestrebt werden.**
- **Der Einsatz von Engineeringmethoden, Software- und Hardwarestandards erhöht mittel- und langfristig Qualität und Effizienz wesentlich.**