



Bordcomputer von Satelliten müssen eine Vielzahl von Überwachungs- und Steuerungsaufgaben bewältigen. In den Entwicklungsprozess der komplexen Bordcomputer-Software hat Thales Alenia Space den Code-Generator TargetLink von dSPACE integriert. Diese Arbeitsweise hat sich bereits in zwei Projekten bewährt.

#### **Der Erdorbit – eine raue Umgebung**

Für elektronische Bauelemente ist der Weltraum trotz seiner Leere ein äußerst unfreundlicher Ort. Die Elektronik an Bord eines Satelliten muss nicht nur die extremen Temperaturschwankungen von ca. 300 °C zwischen Sonne und Schatten verkraften,

sondern auch einem ständigen Bombardement geladener Sonnenwindpartikel und anderer kosmischer Strahlung standhalten. Eine seit Jahren wachsende Gefahr sind auch eventuelle Einschläge von Weltraumschrottpartikeln. Bei Satelliten auf niedrigen Umlaufbahnen kommt die

Reibung an den selbst noch jenseits von 200 km Höhe vorhandenen Atmosphärenpartikeln hinzu, die den Satelliten abbremsen. All diese Einflussfaktoren erfordern eine sorgfältige Überwachung und Steuerung sämtlicher Bordsysteme. Eine zentrale Rolle spielt dabei das Lage- und Bahn-

Um alle Bordsysteme zuverlässig zu steuern, muss die Elektronik von Satelliten den besonderen Bedingungen im Weltraum gewachsen sein, vor allem Kälte, Hitze und Strahlung (Foto: NASA).

# Projekt Orbit

## Automatische Generierung von Satelliten-Software mit TargetLink

regelungssystem (Attitude Orbit Control System, AOCS), denn es sorgt für das Einhalten des Orbits und die Ausrichtung des Satelliten.

### Harte Randbedingungen für Satelliten-Software

Die besonderen Bedingungen im Weltraum stellen hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit der Satellitensoftware und machen ihre Entwicklung und Wartung zu einer schwierigen Aufgabe:

- Die Leistung von Bordcomputern ist im Vergleich zu aktuellen Computern gering. Grund ist die erforderliche Unempfindlichkeit der Hardware gegen Strahlung. Diese Eigen-

schaft bieten nur grob strukturierte Mikrochips, die dementsprechend leistungsschwach sind. Typisch sind niedrig getaktete CPUs (20 MHz) sowie wenig Speicher (4 MB RAM).

- Weil der Satellit im Orbit nicht zugänglich ist, muss die Fernwartung per Funk (Übertragung von Patches) möglich sein.
- Die Software muss eine Vielzahl

unterschiedlicher Schnittstellen an Bord verwalten und zusätzlich auch die Verbindung zur Bodenstation aufrechterhalten. Dieser komplexe Datenfluss erfordert eine fein abgestimmte Architektur.

### Gute Gründe für automatische Code-Generierung

Weil die traditionelle Handprogram-

„Die Evaluierung mehrerer Code-Generatoren zeigte, dass TargetLink von dSPACE für unsere Anforderungen am besten geeignet ist.“

Arnaud Dupuy, Thales Alenia Space

## Über Thales Alenia Space

Thales Alenia Space ist ein Joint Venture von Thales und Finmeccanica, das in seiner jetzigen Form im Jahr 2007 ins Leben gerufen wurde. Das Unternehmen ist spezialisiert auf die Entwicklung von Satelliten für Telekommunikation, Navigation und Erdbeobachtung. Insgesamt arbeiten 7.500 Mitarbeiter in Frankreich, Italien, Spanien, Belgien und Deutschland für Thales Alenia Space. Der Hauptsitz des Unternehmens befindet sich im französischen Cannes.



Die Erde im Größenvergleich

Mit freundlicher Genehmigung der NASA/SDO und der AIA, EVE und HMI Forschungsteams.

Abbildung 1: Eine Ursache für Störungen der Satellitenelektronik können Sonneneruptionen sein, die geladene Teilchen bis zur Erde schleudern (das Foto zeigt eine größere Eruption vom 31. August 2012).

mierung von Satelliten-Software Anfang des Jahrtausends immer mehr Schwächen offenbarte (z.B. bei Rückfragen zu früheren Projekten oder auch hinsichtlich der Software-Wartung), begann Thales Alenia Space im Jahr 2004 mit der Begutachtung von Software-Werkzeugen zur automatischen Code-Generierung. Ziel war das Aufsetzen eines Prozesses, der den verschiedenen Entwickler-

teams den Informationsaustausch in einem definierten, eindeutigen Format erlaubt. Gleichzeitig musste eine klare Trennung der Zuständigkeiten von Funktionsentwicklung und Software-Entwicklung möglich sein. Dies führte zu der Entscheidung, für den neuen Prozess die modellbasierte Entwicklung auf Basis von Simulink® in Verbindung mit einem automatischen Code-Generator zu verwenden.

### Testsieger TargetLink

Thales Alenia Space hat mehrere Code-Generatoren auf ihre Eignung untersucht. Der zukünftige Code-Generator sollte diverse Kriterien erfüllen: Neben der beschriebenen Arbeitsweise war eines der wichtigsten Kriterien die Flexibilität hinsichtlich Benennungsregeln, Code-Struktur und Funktionsschnittstellen, damit die Integration in die bestehende Codierungslandschaft möglich war. Andere Kriterien waren die Lesbarkeit und Zuverlässigkeit des erzeugten Codes. Im Zuge der Evaluierung mehrerer Code-Generatoren zeigte sich, dass TargetLink® die Bewertungskriterien bei Thales Alenia Space am besten erfüllt. Überzeugt haben unter anderem die zahlreichen Möglichkeiten zur Anpassung des erzeugten Codes, die sich intuitiv über die grafische Benutzeroberfläche von TargetLink bedienen lassen, sowie die Unterstützung für Strukturen, Zeiger und Zugriffsfunktionen. Die Trennung

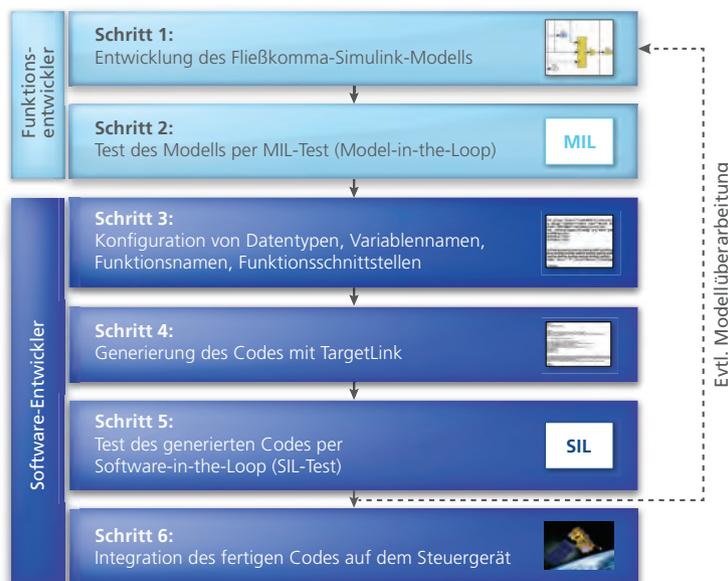


Abbildung 2: Der klar strukturierte Entwicklungsprozess sorgt für eine saubere Trennung von Zuständigkeiten, einen eindeutigen Informationsfluss und eine vollständige Nachvollziehbarkeit aller Arbeitsschritte.

zwischen Simulink-Datentypen für die Simulation und TargetLink-Datentypen für die Code-Generierung erlaubt es außerdem, dass verschiedene Entwicklungsteams, beispielsweise Funktionsentwickler einerseits und Software-Entwickler andererseits, mit den gleichen Modellen arbeiten („Round-Trip“-Arbeitsweise).

### Aufgeräumter Entwicklungsprozess

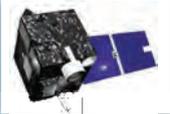
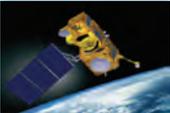
Im ersten Schritt entwickeln die Funktionsentwickler ein Fließkomma-Simulink-Modell, das sie im zweiten Schritt per MIL-Test (Model-in-the-Loop-Test) überprüfen (Abbildung 2). Danach übergeben die Funktionsentwickler das Modell an die Software-Entwickler, die im dritten Schritt Datentypen, Variablenamen, Funktionsnamen sowie Funktionsschnittstellen konfigurieren. Im vierten Schritt folgt die automatische Code-Generierung mit TargetLink und anschließend im fünften Schritt der SIL-Test (Software-in-the-Loop-Test). Falls das Ergebnis des SIL-Tests eine Überarbeitung des Modells notwendig erscheinen lässt, geben die Software-Entwickler das Modell zurück an die Funktionsentwickler. Gerade an dieser Stelle zeigt sich die Stärke des neuen Prozesses, denn obwohl es für das Modell nun „zurück auf Anfang“ heißt, ist die von den Software-Entwicklern bisher geleistete Arbeit nicht verloren – dank der sauberen Definition der Übergabeformate und Arbeitsschritte.

Sobald alle Modellüberarbeitungen abgeschlossen sind und der SIL-Test erfolgreich durchlaufen wurde, folgt im abschließenden sechsten Schritt die Integration des fertigen Codes auf dem Steuergerät.

### Bewährungsproben bestanden

Das erste Projekt mit TargetLink war die Entwicklung der Software für zwei Infrarot-Erdbeobachtungssatelliten („SPIRALE“), die 2009 mit einer Ariane 5 in die Umlaufbahn starteten.

**Bisherige Projekte von Thales Alenia Space mit TargetLink**

**Projekt „SPIRALE“ (zwei baugleiche Zwillingssatelliten)**

- Zweck: Erdbeobachtung im Infrarotbereich
- 5.000 Zeilen Code per TargetLink generiert
- Satelliten bereits gestartet (2009)

**Projekt „SENTINEL 3“**

- Zweck: Temperaturmessung u.a. von Meeres- und Landoberflächen sowie Topographie der Meeres- und Eisoberfläche
- 12.000 Zeilen Code per TargetLink generiert
- Satellitenstart noch für 2013 geplant

Abbildung 3: Der Code-Generator TargetLink hat seine Vorteile bereits in zwei Projekten unter Beweis gestellt.

Im selben Jahr entschied sich Thales Alenia Space, TargetLink auch für das neue Projekt „Sentinel 3“ einzusetzen. Sentinel 3 ist Teil der ESA (European Space Agency)-Mission GMES (Global Monitoring for Environment and Security). Hierfür hat Thales Alenia Space bereits 12.000 Zeilen Code generiert. Der Start von Sentinel 3 ist noch für 2013 geplant.

### TargetLink fest etabliert

Der modellbasierte Entwurf und die automatische Code-Generierung haben sich mittlerweile fest bei Thales Alenia Space etabliert. Die Möglichkeit zur Verwendung von Modellen, die von verschiedenen Teams geteilt

werden können, gestaltet die Arbeit sehr effizient. Zudem erlaubt TargetLink die flexible Konfiguration von Code-Struktur und -Benennungsregeln. Dies machte die Integration in das bestehende Umfeld bei Thales Alenia Space möglich, ohne den Code nachträglich zu modifizieren. Die Produktivität hat sich durch den Umstieg auf diese neue Arbeitsweise spürbar gesteigert. Ihre Vorteile werden sich aber noch deutlicher zeigen, sobald bei zukünftigen Projekten frühere Modelle wiederverwendet werden. ■

*Arnaud Dupuy,  
Christophe Moreno  
Thales Alenia Space*

#### Arnaud Dupuy

*Arnaud Dupuy ist On Board SW Project Manager der Sentinel-3-Plattform bei Thales Alenia Space in Cannes, Frankreich.*



#### Christophe Moreno

*Christophe Moreno ist Chief On Board SW Architect des SW Solution Competence Center bei Thales Alenia Space in Cannes, Frankreich.*

