

Die Echtzeitüberwachung des deutschen
Forschungssatelliten AEROS mit dem
Siemens Prozessrechnersystem 306

von

A. Kühle, Fa. Dornier AG, 799 Friedrichshafen

Übersicht:

Zur Überwachung des zweiten deutschen Forschungssatelliten AEROS wird ein integriertes Kontrollsystem benutzt. Aufgabe dieses Programmpaketes ist es, den Flugbetriebsingenieuren in den wenigen und relativ kurzen Kontaktzeiten einen umfassenden und fundierten Überblick über den Zustand des Satelliten und dessen Funktionen zu verschaffen, um damit eine optimale Satellitensteuerung und optimalen Datengewinn zu gewährleisten. Das Überwachungsprogramm ist Bestandteil der umfassenden Betriebssoftware des Bodenbetriebssystems.

Einiges zum Satelliten:

Das Projekt AEROS, der Bau und Betrieb des zweiten deutschen Forschungssatelliten, wird vom Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft finanziert und von der Gesellschaft für Weltraumforschung (GfW) als Auftraggeber technisch betreut.

Hauptauftragnehmer ist die Firma Dornier mit 55% des Auftragsvolumens.

Aufgaben des Satelliten:

Der Forschungssatellit AEROS soll einen Beitrag zur wissenschaftlichen Erforschung der hohen Atmosphäre liefern. Zu diesem Zweck führt er 5 Experimente durch, deren technische Einrichtungen die Nutzlast des Satelliten darstellen.

Wesentlich für die Durchführung der Experimente ist die Gleichzeitigkeit aller Messungen die durch Aufbau und Anordnung der Experimente gewährleistet ist.

Der Forschungsatellit wird im Oktober 1972 durch die NASA in eine erdnahe Bahn mit einer Inklination von $97,2^{\circ}$ Grad gebracht. Als Trägerrakete wird eine Scout verwendet. Die Lebenszeit des Satelliten soll 180 Tage betragen. Der AEROS ist spinstabilisiert und besitzt ein aktives magnetisches Lageregelungssystem. Bild 1 zeigt eine Außenansicht des Satelliten.

Das Bodenbetriebssystem:

Die BRD besitzt für ihre nationalen Raumfahrtprojekte kein eigenes, den Erdball umspannendes Bodensystem. Die Abwicklung des gesamten Funkverkehrs von und zum Satelliten erfolgt im Regelfall über die Zentralstation des deutschen Bodenbetriebssystems (ZDBS) sowie über einige Polare deutsche Bodenstationen (PDPS). Durch diese Anordnung des Bodenbetriebssystems besteht während des ca. 95 Minuten dauernden Umlaufs nur für die kurze Zeitspanne von 8 - 10 Minuten Funkkontakt mit dem Satelliten. Bild 2 zeigt vereinfacht das Schema der ZDBS und des zugehörigen Kontrollzentrums.

Die ZDBS besteht im wesentlichen aus der Empfangs- und Sende-Anlage und dem damit verbundenen Stationsrechner (Siemens 305) für die Signal- und Datenaufbereitung. Die Verbindung mit dem Kontrollzentrum erfolgt über eine sogen. High-Speed-Data-Link (HSDL).

Das Kontrollzentrum (German-Control-Center in Oberpfaffenhofen) besitzt 2 Siemens Prozessrechner 306, wovon ersterer als Nachrichtenrechner die Aufgabe hat, alle von den verschiedenen Stationen und Netzwerken ankommenden Daten zu verarbeiten. Alle diese Daten werden zur weiteren Auswertung ins Datenzentrum und für die Überwachung der Raumflugkörper in Echtzeit an den Quik-Look-Rechner weitergeleitet.

Das Bodenbetriebssystem ist so ausgelegt, daß gleichzeitig, unter Berücksichtigung von Prioritäten, mehrere Flugkörper überwacht werden können.

Jeder dieser Raumflugkörper erhält im Softwaresystem des Kontrollzentrums einen sog. Anwenderblock. Ein solcher "Anwenderblock" ist das Echtzeitüberwachungsprogramm des AEROS.

Aufgaben des Überwachungsprogramms:

Aufgabe des Echtzeitüberwachungsprogramms, auch Integriertes Satelliten Kontrollsystem genannt, ist es in der kurzen Zeit des Funkkontaktes mit dem AEROS den verantwortlichen Flugbetriebsingenieuren im Kontrollzentrum einen umfassenden und gut fundierten Überblick über den Zustand des Satelliten zu geben. Diese Überwachung erfolgt mit Hilfe von ca. 200 verschiedenen Meßwerten, den Housekeepingdaten, die zusätzlich zu den Experiment-Meßwerten übermittelt werden.

Das Telemetriesystem ist so aufgebaut, daß der Quik-Look-Rechner alle 3 Sekunden einen Satz von Daten bestehend aus 192 8-Bit-Worten erhält. Dies bedeutet, daß neben der Überwachung des Satelliten auch noch eine Echtzeit-Datenauswertung erfolgt, daß das Überwachungsprogramm seine Aufgaben in ca. 1 Sekunde abgeschlossen haben muß.

Wie Bild 3 zeigt, besteht das Überwachungsprogramm aus 8 Teilen, die nachfolgend kurz beschrieben werden:

Eingabeaufbereitung:

Dieser Programmteil dient der Vorbereitung und Modifikation der übrigen Programmteile bei jedem Aufruf des Programms. Dies ist insbesondere das Erkennen des laufenden Meßprogramms, das Ändern von Sollwerten und Sollzuständen in Abhängigkeit von gegebenen Kommandos und das Sperren von Programmteilen während im Satelliten Schaltvorgänge ablaufen.

Die Eingangsdatenprüfung

hat zur Aufgabe, die angelieferten Housekeepingdaten auf ihre Zuverlässigkeit zu prüfen. Dazu wird an Hand von bekannten oder wenig veränderlichen Daten eine Bitfehlerwahrscheinlichkeit ermittelt. Nur bei einem positiven Ergebnis der Eingangsdatenprüfung werden die Housekeepingdaten für die weitere Überprüfung freigegeben.

Datenprüfung:

In diesem Programmteil werden die Housekeepingdaten einzeln auf vorhandene Störungen oder Wertänderungen überprüft. Die Prüfmethode ist dabei durch den Typ der Istwerte bestimmt. Es wird unterschieden zwischen "1-Bit-Werten, Mehr-Bit-Werten und Analogwerten". Die Überprüfung der "1-Bit-Werte" ist eindeutig, die "Mehr-Bit-Werte" und die "Analogwerte" können sowohl einer Schwellwertprüfung als auch einer sogenannten Bereichsprüfung unterzogen werden.

Die Ergebnisse der Datenprüfung werden in Form von Beurteilungen im Ergebnisspeicher untergebracht. Dort stehen sie neben den Istwerten für die Ausgabeaufbereitung und die folgenden Programmteile bereit.

Betriebszustandsprüfung:

Hier werden die momentanen Betriebszustände des Satelliten und seiner Untersysteme ermittelt. Zur Ermittlung der Betriebszustände stehen die im Programmteil Datenprüfung untersuchten Einzelwerte zur Verfügung. Der Betriebszustand des gesamten Satellitensystems läßt sich durch die Betriebszustände der einzelnen Untersysteme charakterisieren. Die Ergebnisse der Betriebszustandsprüfung werden in den Ergebnisspeicher gebracht.

Fehleranalyse:

Bei der Fehleranalyse werden anhand der Ergebnisse der Datenprüfung und der Betriebszustandsprüfung mit Hilfe eines off-line erstellten Fehlerbedingungsspeichers die Fehlerursachen identifiziert. Der Fehlerbedingungsspeicher enthält dabei so detailliert wie möglich alle vorhersehbaren Fehlerquellen, die im Satelliten und seinen Untersystemen auftreten können.

Grundlage für die Erstellung des Fehlerbedingungsspeichers sind Entscheidungstabellen. Bild 4 zeigt schematisch eine solche Entscheidungstabelle. Für das Gesamtsystem sind 450 Fehler mit bis zu 14 Bedingungen vorgesehen.

Die gesamte Fehleranalyse ist nach den 9 vorhandenen Untersystemen aufgeteilt, die zeitlich nacheinander abgearbeitet werden.

Um Zeit zu sparen, wird zuerst jedes Untersystem abgefragt, ob überhaupt Fehler zu ermitteln sind. Ist das Untersystem nicht fehlerfrei, so wird mit Hilfe von übergeordneten Kenndaten des Untersystems (aus der Betriebszustandsprüfung) der zu untersuchende Bereich eingegrenzt.

Der Vergleich der Fehlerbedingungen mit den Sollwert erfolgt immer sofort wenn eine neue Bedingung erfaßt ist. Damit läßt sich ebenfalls die Laufzeit des Programms verringern.

Kommandoverifizierung:

Der Programmteil hat die Aufgabe, zu untersuchen, ob Einzelkommandos oder Kommandosequenzen, die von der ZDBS gesendet werden sind, vom Satelliten angenommen, erkannt und ausgeführt werden.

Zur Prüfung der Kommandoannahme wird der Kommandozählerstand des Satelliten vor der Kommandogabe mit dem neu übertragenen Stand verglichen. Ob ein Kommando richtig erkannt wurde, kann anhand von Statusdaten vor und nach der Kommandogabe festgestellt werden. Diese Prüfung ist jedoch nur beschränkt möglich, da nicht zu jedem Bodenkommmando Statusdaten vorhanden sind.

Um festzustellen, ob die Kommandos richtig ausgeführt wurden, müssen einzelne Überwachungsdaten vor und nach der Kommandogabe miteinander verglichen werden. Weiter kann überprüft werden, ob die alten Fehler beseitigt sind, oder ob neue Fehler aufgetreten sind.

Kommandoableitung:

Die Kommandoableitung wird mit Hilfe der Ergebnisse der Fehleranalyse durchgeführt. Dabei werden bestimmten Fehlerursachen bestimmte Behebungskommandos zugeordnet. Diese Kommandos werden, nachdem die Kommandos auf evtl. vorhandene Widersprüche untersucht sind, als Kommandoempfehlung an den Flugbetriebsingenieur weitergeleitet. Die Kommandoempfehlungen sind nach Prioritäten geordnet.

~~Aufgaben~~[§]aufbereitung:

Es werden die Ergebnisse der Satellitenüberwachung aus den einzelnen Speichern ausgewählt, in geeigneter Weise aufbereitet und dem Flugbetriebsingenieur auf mehreren Bildschirmen zur Anzeige gebracht.

Programmierung:

Das gesamte Unterwachungsprogramms ist um Rechenzeit und Kernspeicherplatz zu sparen, in PROSA 300 geschrieben. Das Programm ist mindestens alle 100 μ s unterbrechbar. Da die Systemanalyse mit dem Bau des Satelliten zeitlich zusammenfällt, ist für das gesamte Programmpaket folgendes Konzept verwirklicht:

Alle Programme sind so aufgebaut, daß sie Tabellen und Bearbeitungslisten abarbeiten und ihre Ergebnisse wiederum in Tabellen niederlegen, die dem nachfolgenden Programmteil als Eingangsparameter dienen. Dies bringt den Vorteil, daß die Einzelprogramme schon sehr früh kodiert und getestet werden können, die einzelnen Parameter wie Grenzwerte, Kommandoempfehlungen, Fehlerbedingungen usw. jedoch erst viel später festliegen müssen und selbst noch während der Mission geändert bzw. ausgewechselt werden können. Dieses Konzept ermöglicht es auch, Teile des Überwachungssystems stillzulegen, wenn die zu überwachenden Komponenten des Satelliten während der Mission zum Ausfall kommen. Dem Flugbetriebsingenieur wird dadurch seine Aufgabe erleichtert, da er dann für Komponenten die entgültig ausgefallenen sind, keine Fehlermeldungen mehr erhält. Für eine spätere Überprüfung des Satellitenverhaltens werden die wichtigsten Daten des Überwachungsprogramms "ON-LINE" auf Magnetband geschrieben.

Literatur:

W.Fogy:

-Rahmensystembeschreibung der Zentralstation des
Deutschen Bodenstationssystems DLR Mitt.71-05

W.Markwitz, J.Gredel:

-Prozessrechner im Bodenbetriebssystem für die Projekte
AEROS, SYMPHONIE und HELIOS, Vortrag bei der DGLR am
4.12.1970 in Düsseldorf

H.Strunz:

-Entscheidungstabellen und ihre Anwendung bei System-
planung, -implementierung und -dokumentation.
Elektron.Datenverarbeitung, Jg.11, Heft 2, 1970, S.56 - 65

Bilder:

- Bild 1 Der 2.deutsche Forschungssatellit AEROS
- Bild 2 Vereinfacht dargestellte Anordnung der Rechner
 des Bodenbetriebssystems
- Bild 3 Aufbau und Ablauf des Überwachungsprogramms
- Bild 4 Beispiel einer Entscheidungstabelle zur Fehleranalyse

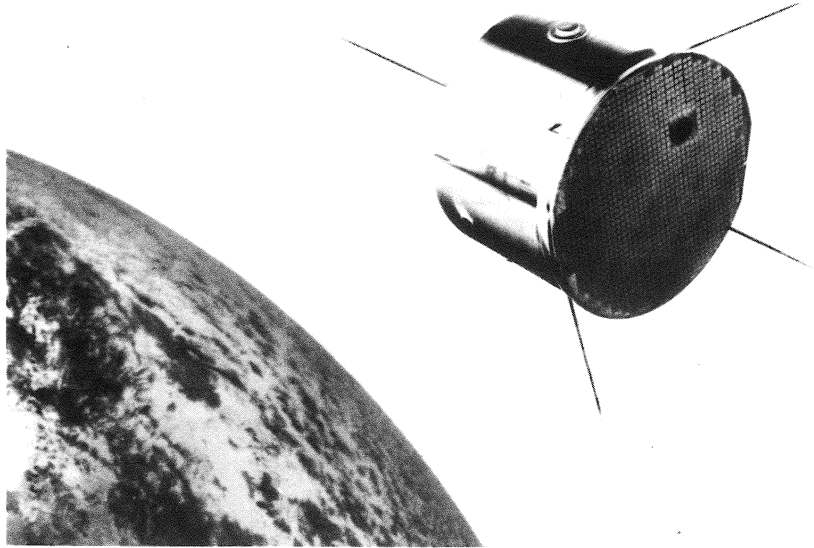
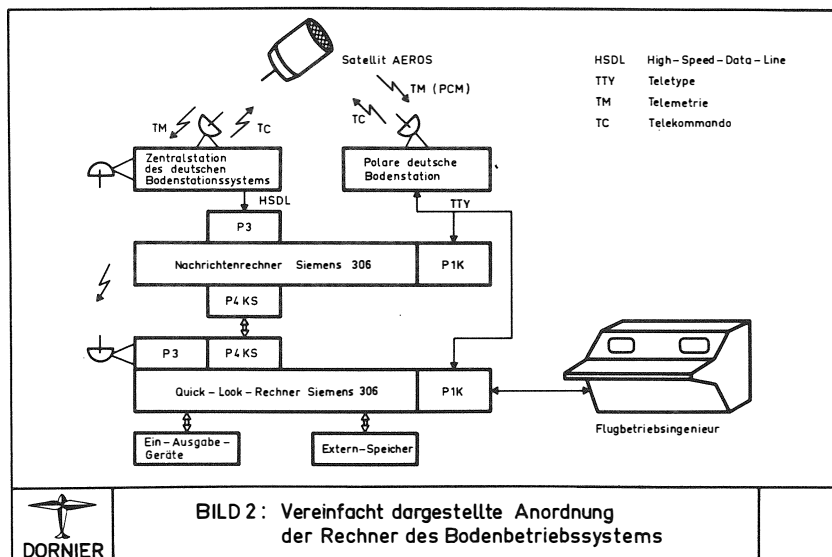
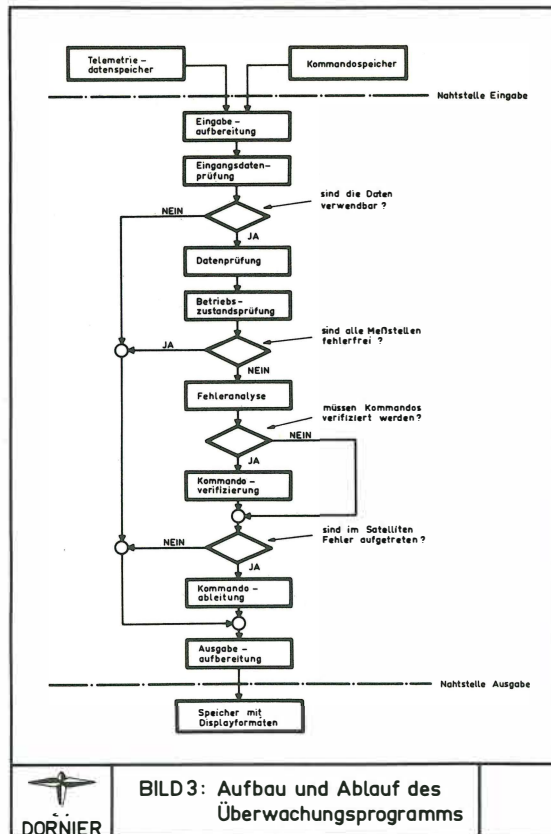


Bild 1





Untersystem Energieversorgung									
Signalname									
Sonnenzellen - Spannung	+	-							
Sonnenzellen - Strom	+	-							
Solarpanel - Temperatur	-								
Batterie - Spannung					-	-			
Batterie - Temperatur				±		±			
Ladewandler EIN / AUS						L			
Batterieumsch.-Stellung						0			
Sonne / Schatten						L	0		
	Fehler	Solarpanel zu kalt, Leistung zu hoch	Satelliten Z-Achse auf Sonne ausgerichtet	Funktionstestung der Missionen-batterie	Entlade-regelung defekt	Ladewandler defekt			
empfohlenes Kommando	Ladewandler AUS	Sonnen - Umstellung EIN	Akquisitionsbatterie EIN	Experimente AUS	nicht behebbar				

Bedingungen

Aktionen

Zeichenerklärung

0 Schalter oder Merker in Stellung 0

L Schalter oder Merker in Stellung 1

⊖ Analogwert ist unterhalb seines Sollwertes

⊕ Analogwert ist oberhalb seines Sollwertes

± Analogwert ist kritisch

BILD 4: Beispiel einer Entscheidungstabelle zur Fehleranalyse

