

Dipl.-Phys. Stefan Gärtner
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Raumflugbetrieb und Astronautentraining
Weßling

Info-pks@dlr.de

V3C: Verlegfähiges und kompaktes Kontrollzentrum für Kleinsatelliten

Im Rahmen der reaktionsschnellen Verbringung von Kleinsatelliten in einen niedrigen Erdorbit innerhalb weniger Tage oder Stunden wird ein geeignetes Bodensegment benötigt. Mit dem „Verlegfähigen Compact Control Center“ V3C wird ein auf einem Laptop lauffähiges mobiles und kompaktes Bodenbetriebssystem entwickelt und mit einem Satelliten des DLR erfolgreich demonstriert.

Bodensegmente für Satellitenbetrieb werden typischerweise in Kontrollzentren aufgebaut, belegen dedizierte Kontrollräume und sind eng in die dortige Infrastruktur integriert. Die Möglichkeit ein Missionsbetriebssystem aus einem solchen Zentrum herauszulösen eröffnet neue Einsatzszenarien für Katastrophenhilfe, Sicherheit und Verteidigung, dezentralen Zugang zu wissenschaftlichen Missionen und Bildung. Besonders im Rahmen von Sicherheit und Verteidigung wird schnelle Identifikation und Reaktion auf Gefahren durch die Bereitstellung von Aufklärungsdaten direkt im Feld ermöglicht, indem ein oder mehrere Kompaktkontrollzentren vor Ort eingesetzt werden. Weiter ist es möglich ein solches System mit einem klassischen Kontrollzentrum zur zentralen Planung und Kommandierung zu kombinieren. Im Falle eines Verlustes des Primär- oder Backup-Kontrollzentrums stellt ein mobiles System durch seine verteilte Kommandierungsfähigkeit zusätzliche Resilienz her.

Die hier vorgestellte Forschungsaktivität zielt auf die Entwicklung eines solchen Systems ab: V3C – Verlegfähiges Compact Control Center, dargestellt in Abb. 1. Es ist aus flugerprobten Multimissionskomponenten klassischer Missionsbetriebs-



Abb. 1: V3C-System integriert auf einem handelsüblichen Laptop

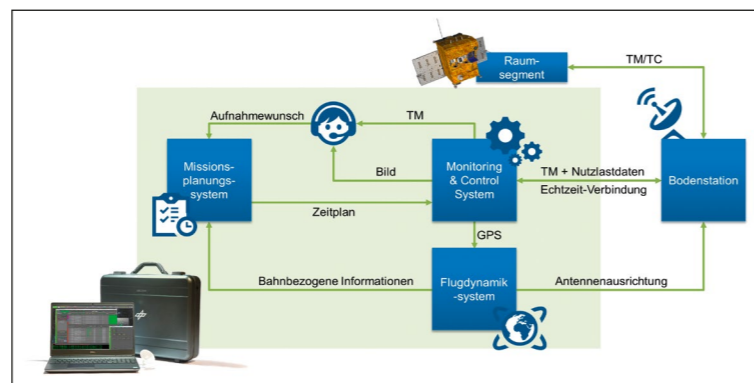


Abb. 2: Überblick über das Systemdesign des V3C-Bodensegments

systeme des Deutschen Raumfahrtkontrollzentrums GSOC am DLR zusammengesetzt. Abb. 2 zeigt eine Übersicht über das Systemdesign. Das Monitoring & Control-System sammelt, interpretiert und archiviert Satellitentelemetrie (TM) und dient der Vorbereitung und Absetzung von Telekommandos (TC). Das Missionsplanungssystem generiert einen konsistenten und konfliktfreien Zeitplan für die Kommandierung der Kameranutzlast und des Satellitenbusses. Weiterhin unterstützt es beim Planungs- und Bestellprozess für Bildaufnahmen. Bahndaten und Ausrichtung des Satelliten werden durch das Flugdynamiksystem verarbeitet und sowohl der angeschlossenen Bodenstation in Form von Antennenausrichtung zur Verfügung gestellt als auch in das Missionsplanungssystem eingespeist.

Alle Komponenten werden auf einem handelsüblichen Laptop-computer integriert. Dieser stellt eine Umgebung für eine Reihe von virtuellen Maschinen zur Verfügung, innerhalb derer die Komponenten ausgerollt werden. Sogenannte „Infrastructure as code“-Techniken erlauben eine vollautomatische Provisionierung der Hardware, sodass das System schnell einsatzbereit gemacht werden kann. Während der Entwicklung wurde der automatische Provisionierungsprozess in sog. Continuous Integration / Continuous Deployment-Pipelines eingebunden zur schnellen Rückmeldung an die Entwickler. Es wurde auf eine minimale Anzahl an externen Schnittstellen geachtet, um einen möglichst autonomen Betrieb zu gewährleisten: Eine Bodenstationsanbindung, eine Zeitquelle, sowie gelegentliche Erdrotations- und Sonnenaktivitätsdaten werden benötigt. Die Auswirkung letzterer auf Einschränkungen im Missionsdesign wurde in einer Studie untersucht.



Abb. 3: Satellitenbetrieb mithilfe von V3C (am unteren Bildrand)

Das V3C-Konzept wurde erfolgreich am BIROS-Satelliten des DLR demonstriert, einer 130 kg-Plattform in einer polaren Umlaufbahn mit Infrarot- und optischer Nutzlast an Bord. V3C wurde derart in die GSOC-Infrastruktur integriert, dass es direkt an die Stelle des klassischen Missionsbetriebssystems treten konnte, welches für mögliche Fehlerfälle in Bereitschaft gehalten wurde. Der Demonstrationsbetrieb umfasste die gesamte Kette für die Bereitstellung von Bilddaten: Das Zielgebiet wurde unter Berücksichtigung der Bahndaten aus der Satellitentelemetrie interaktiv ausgewählt, der Aufnahmewunsch in einen Zeitplan überführt und entsprechende Telekommandos generiert. Diese wurden in einem zehnmütigen Kontakt über der Bodenstation Weilheim hochgeladen, siehe Abb. 3. Die Aufnahme wurde zeitgesteuert durch den Satelliten ausgeführt und während eines Folgekontakts über Weilheim heruntergeladen. Die Nutzlastdaten wurden ebenfalls durch das V3C-System prozessiert und angezeigt, siehe Abb. 4.

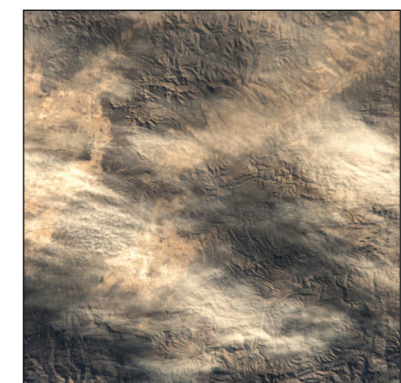


Abb. 4: Aufnahme der Gegend um Truth or Consequences, New Mexico, USA, aufgenommen während der V3C-Demonstrationskampagne