

Das Columbus-Kontrollzentrum in Oberpfaffenhofen

DGLR-2005-153

D. Sabath, T. Kuch, J. Fein

Deutsches Raumfahrt-Kontrollzentrum, DLR Oberpfaffenhofen, 82234 Weßling

e-mail: Dieter.Sabath@DLR.de, Thomas.Kuch@DLR.de, Juergen.Fein@DLR.de

Zusammenfassung

Seit 1983 ist das deutsche Raumfahrtkontrollzentrum (German Space Operations Center, GSOC) in Oberpfaffenhofen aktiv an einer langen Reihe von amerikanischen und russischen bemannten Raumfahrtmissionen beteiligt. Basierend auf diesen Erfahrungen wurde DLR/GSOC 1998 von der ESA beauftragt, das Columbus Kontrollzentrum (Col-CC) aufzubauen. Parallel zum Aufbau der Infrastruktur wurde auch ein integriertes Flight Control Team am Col-CC zusammengestellt, das sich aus Mitgliedern von DLR und Industrie zusammensetzt.

Das Columbus Kontrollzentrum wurde im Oktober 2004 offiziell eingeweiht und wird Mitte 2006 formal qualifiziert. Der erste operationelle Einsatz des Col-CC war die Eneide-Mission mit dem italienischen Astronauten R. Vittori, der im April 2005 mit der russischen Sojus-Kapsel zur ISS flog. Während der nun folgenden Nutzungsphasen der ISS bis zum Start von Columbus wird das Col-CC den Betrieb der europäischen Experimente auf dem amerikanischen und russischen Teil der Raumstation betreuen und gleichzeitig sich auf den Columbus-Betrieb vorbereiten.

Die Veröffentlichung beschreibt die Einbettung des Col-CC in das ISS-Umfeld, die eingesetzten Subsysteme im Col-CC, das geplante Konzept für den Columbus-Betrieb sowie die bisher gemachten Erfahrungen.

1. Einführung

Seit 1969 beschäftigt sich das deutsche Raumfahrtkontrollzentrum (GSOC) mit der Vorbereitung und dem Betrieb von wissenschaftlichen, kommerziellen und bemannten Weltraummissionen. Das Spektrum der Aufgaben des GSOC umfasst folgende Teilbereiche:

- Betrieb bemannter Missionen
 - Spacelab, MIR, ISS Columbus
- Betrieb wissenschaftlicher Satellitenmissionen
 - ROSAT, CHAMP, GRACE, BIRD, TerraSAR-X
- Betrieb kommerzieller Satellitenmissionen
 - TV-Sat 1/2, DFS 1/2/3, EUTELSAT

- Betrieb von Kommunikationseinrichtungen
 - z.B. Bodenstationen, Kommunikationsnetzwerke
- Forschung und Entwicklung neuer Raumfahrttechnologien
 - z.B. Navigationssysteme auf GPS-Grundlage, Missionsplanungssysteme



Bild 1: Das deutsche Raumfahrtkontrollzentrum

Basierend auf diesen Erfahrungen wurde DLR/GSOC 1998 mit dem Aufbau des Col-CC von der ESA beauftragt. Parallel zum Entwurf, Integration und Test der Subsysteme wurde das Columbus-Team sowohl für die Bodeninfrastruktur als auch den Betrieb des Col-CC aufgebaut. Mit der offiziellen Einweihung des Col-CC im Oktober 2004 und dem ersten operationellen Einsatz bei der Eneide-Mission mit dem italienischen Astronauten R. Vittori im April 2005 wurde die ersten Meilensteine erreicht und die Einsatzbereitschaft des Col-CC eindrucksvoll unter Beweis gestellt.

2. Europäischer Beiträge zur ISS

Die europäische Raumfahrt liefert zwei Hauptbeiträge zur Logistik und Infrastruktur der Internationale Raumstation (ISS). Zum einen das Automated Transfer Vehicle (ATV), das ab dem Jahr 2007 als unbemanntes Service-Fahrzeug die periodische Versorgung der ISS sicherstellen soll. Nach Abschluss der Mission wird das ATV mit Abfall beladen und verglüht beim Wiedereintritt in der Erdatmosphäre. Der Betrieb erfolgt durch das ATV-Kontrollzentrum in Toulouse, wobei das Col-CC für

das Kommunikationsnetzwerk verantwortlich ist (Daten, Sprach- und Video-Verbindungen).

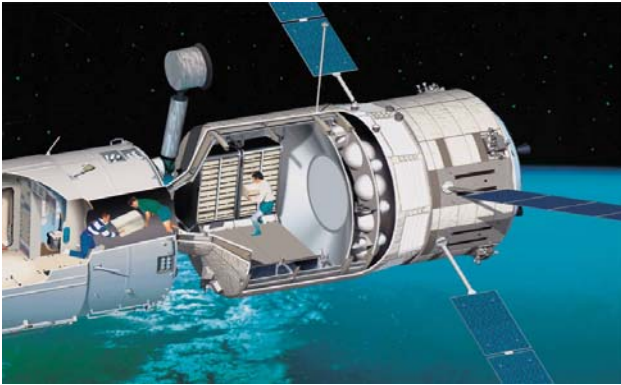


Bild 2: Automated Transfer Vehicle Docked to ISS

Zum anderen stellt Europa ein wichtiges Modul für die Internationale Raumstation zur Verfügung, das Columbus Labor. Das Columbus Modul ist ein eigenständiges, bewohnbares Nutzlastlabor, das an Node 2 der ISS andockt und einen wichtigen Beitrag zur Forschungskapazität der ISS liefert. Für den Betrieb des Columbus Moduls ist das DLR mit dem Columbus Kontrollzentrum (Col-CC @ GSOC Oberpfaffenhofen) verantwortlich. Neben der Überwachung der Columbus Systeme wird auch der europäische Nutzlastbetrieb vom Col-CC aus koordiniert.



Bild 3: Das Columbus Modul andockt an Node 2

Wie bei der ATV Mission ist das Col-CC auch beim Betrieb und bei der Nutzung des Columbus Moduls für das europäische Kommunikationsnetzwerk verantwortlich.

2.1. Aufgaben der ESA

Der europäische Partner für den Aufbau und Betrieb der ISS ist die europäische Raumfahrtagentur ESA. Zwei Standorte der ESA sind hauptsächlich in die ISS Abläufe eingebunden: ESA-ESTEC und ESA-EAC (European Astronaut Center). ESA-ESTEC in Noordwijk ist für folgende Aufgaben zuständig:

- Programm & Missionsmanagement
- Management des Hauptauftragnehmers
- Management der USOC und Ressourcenplanung
- Definition des ESA ISS Nutzungsprogramms
- Übergreifendes Qualitäts- und Konfigurations-Management

Der zweite ESA Standort, ESA-EAC in Köln, übernimmt folgende Aufgaben:

- Management des Astronautenkorps
- Medizinische Betreuung der Astronauten
- Planung, Vorbereitung und Durchführung des Trainings
- Simulationsunterstützung für das Col-CC, für die integrierten Simulationen und das Joint Multi Segment Training
- Betriebsunterstützung während der Increments z.B. durch Beistellung des Crew Interface Coordinators (CIC / Eurocom)

2.2. Aufgaben des DLR im Col-CC

Die Aufgaben des Columbus Kontrollzentrum lassen sich in zwei Hauptphase aufteilen: die Vorbereitungsphase, die im Jahr 1998 mit der Auftragsvergabe begonnen hat und jetzt graduell in die zweite Phase, die Nutzungsphase, z.B. mit der Eneide-Mission, übergeht.

In der Vorbereitungsphase wurde am Col-CC das gesamte Bodensystem entworfen, aufgebaut, integriert und konfiguriert sowie die Test durchgeführt, die zur Qualifikation und Abnahme notwendig sind. Gleichzeitig wurde das europäische Kommunikationsnetzwerk aufgebaut und qualifiziert. Neben der Entwicklung und der Abnahme der technischen Subsysteme wurde parallel dazu die Betriebsmannschaft aufgebaut, die zum einen die Vorbereitungsarbeiten am Col-CC unterstützt und zum anderen für die Arbeit an der Konsole trainiert und zertifiziert wird.

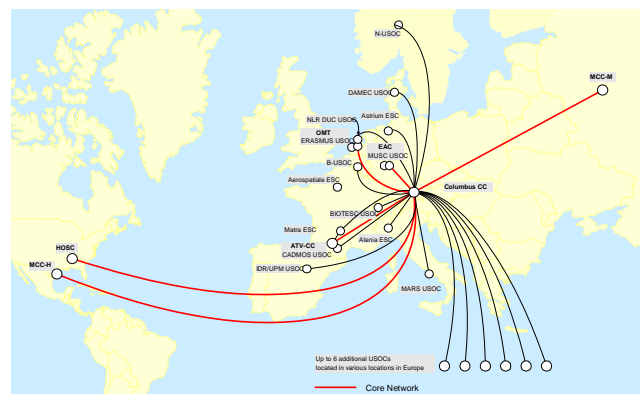


Bild 4: Das ESA HME Kommunikationsnetzwerk

Während der Nutzungsphase, die sich über einen Zeitraum von 10 bis 15 Jahren erstrecken wird, ist das Co-

lumbus Kontrollzentrum für die Überwachung und Kontrolle der Columbus Systeme, für die Koordination der dezentralen europäischen Nutzlast-Aktivitäten sowie für den Betrieb des europäischen Kommunikationsnetzwerkes verantwortlich. Mit Hilfe dieses Netzwerkes ist das Col-CC sowohl mit den internationalen Partnern in Houston (MMC-H), Huntsville (HOSC) und Moskau (MCC-M) sowie mit den USOCs (User Support and Operations Center), dem EAC und den Engineering Support Centern (ESC) in ganz Europa verbunden. Die Planung

und Betriebsdurchführung ist in halbjährliche Abschnitte gegliedert, die sich am Wechsel der Astronauten-Teams orientieren.

Die USOCs sind für den Betrieb der Nutzlasten an Bord von Columbus verantwortlich und führen die Experimente im Columbus-Modul aber auch im amerikanischen und russischen Teil der Raumstation durch. Das EAC betreut die europäischen Astronauten an Bord der ISS, ist für die Kommunikation mit den Astronauten zuständig und überwacht deren Gesundheitszustand.

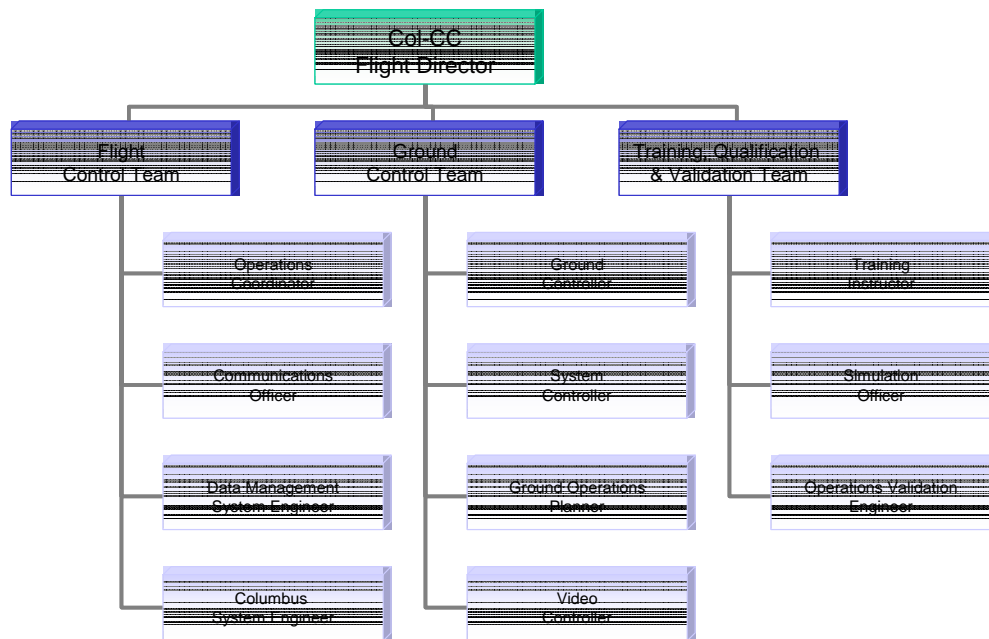


Bild 5: Die Flug- und Bodenbetriebsmannschaft sowie das Trainingsteam am Columbus Kontrollzentrum

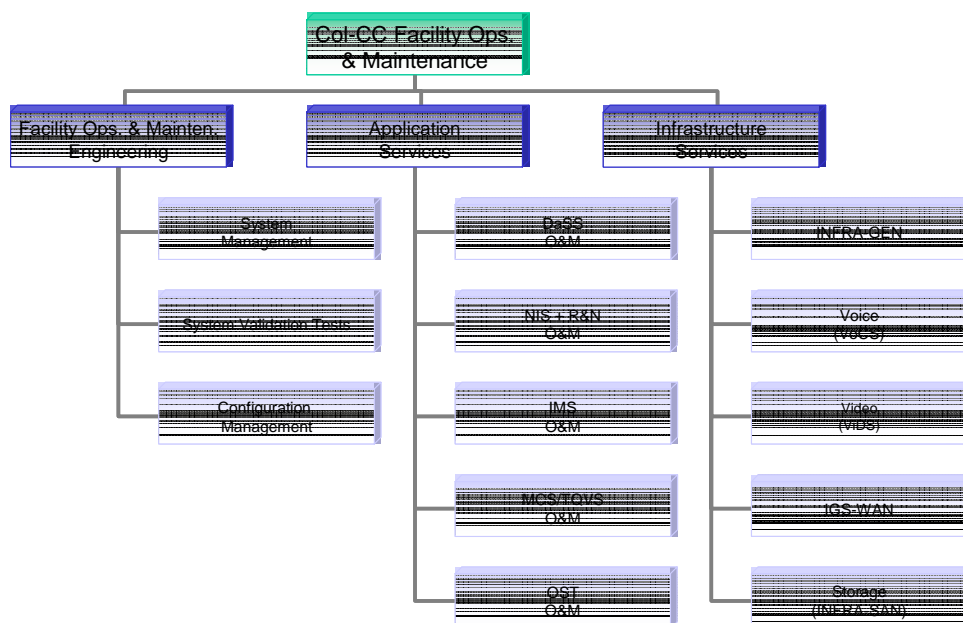


Bild 6: Das Facility Operations & Maintenance Team

Das Team des Columbus Kontrollzentrums gliedert sich in zwei Teile. Das Flugbetriebsteam (siehe Bild 5) ist für die Überwachung und Steuerung des Columbus-Moduls im Orbit verantwortlich und wird dabei vom Ground Control Team, das das Kommunikationsnetzwerk betreibt, und dem Trainingsteam unterstützt.

Das Team für Facility Operations & Maintenance (Bild 6) konfiguriert, betreibt und wartet die Subsysteme des Columbus Kontrollzentrums sowie des Kommunikationsnetzwerkes und setzt sie gegebenenfalls instand.

3. Columbus Missionsphasen

Die Columbus Mission beginnt mit dem Flug STS-122 des US Space Shuttle zur Internationalen Raumstation. Mit diesem Flug „1E“ im Rahmen der ISS Assembly Sequence wird das Modul zur ISS gebracht und an Node 2 andockt (siehe Bild 3). Nach dem die Astronauten die elektrischen und mechanischen Verbindung hergestellt haben, wird das Modul vom Columbus Kontrollzentrum aktiviert. Diese Phase wird als Columbus Assembly and Checkout bezeichnet. Es ist auch vorgesehen, einige Nutzlastschränke aus dem US-Modul Destiny in das Columbus-Modul zu bringen und dort einzubauen.

Die zweite Phase beginnt nach dem Ablegen des Space Shuttle und dient der Inbetriebnahme im Orbit. Dabei werden das Columbus System und die Nutzlasten überprüft sowie die elektrischen, Daten- und ECLSS-Schnittstellen (Environmental Control and Life Support System) zur ISS getestet. Außerdem wird die System-Software kontrolliert sowie die Kalibrierung der Onboard-Sensoren verbessert.

Nach der erfolgreichen Überprüfung des Moduls beginnt der kontinuierliche Betrieb von Columbus mit folgenden Hauptaufgaben:

- Instandhaltung und Service von System und Nutzlast
- Durchführung von Nutzlastexperimenten durch die Astronauten (bis zu 3 Astronauten können in Columbus arbeiten und vom Boden unterstützt werden)
- Umkonfigurierung der Nutzlasten und Subsysteme an Bord (erfolgt überwiegend durch on-board Software aufgrund des hohen Automatisierungsgrad)
- Für interaktive Steuerung kann die Besatzung auf Laptop-Computer zurückgreifen, den Columbus PWS (Portable Workstation) und den US PCS (Personal Computer System)
- Der überwiegende Teil der Routinearbeiten wird durch die Betriebsmannschaften am Boden ausgeführt
- Statusberichte über Nutzlasten, Experimente und die System werden vom Col-CC an ESA und die internationalen Partner (IP) weitergegeben

4. Zukünftige Vertragsgestaltung

Ab dem 1. Januar 2006 bündelt die ESA die Aufgaben für die bemannte Raumfahrt unter einem Vertrag mit dem Industrial Operator EADS. Damit geht ein großer Teil der Aufgaben bei der Vorbereitung und der Durchführung der bemannten Missionen von ESA an die Industrie über. Der Gesamtvertrag ist in folgende 7 Services unterteilt:

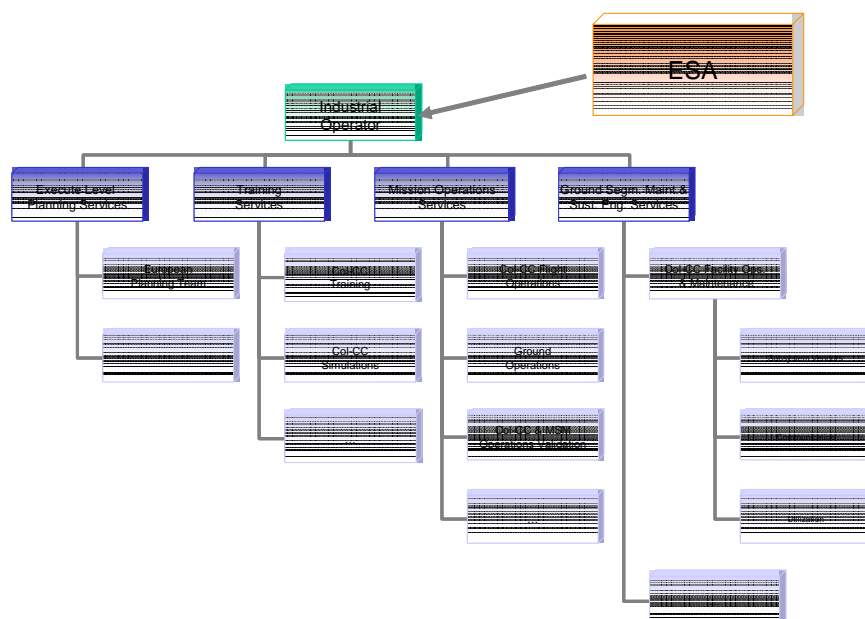


Bild 7: Die zukünftige Vertragsgestaltung

- Mission/Increment Integration
- Execute Level Planning
- Payload Eng. and Operations Integration
- System Engineering Operations Integration
- Training
- Mission Operations
- Ground Segment Maintenance & Operations

Das DLR ist, wie in Bild 7 dargestellt, an vier Services, dem Planning, Training, Mission Operations und dem Ground Segment Maintenance Service, beteiligt ist.

Der Training Service ist im Unterschied zur bisherigen Vertragsgestaltung aus dem Operations-Teil herausgelöst und wird zusammen mit dem Astronautentraining als selbstständiger Service eingerichtet.

Durch diese gebündelte Vertragsgestaltung soll der Betrieb und die Nutzung der europäischen ISS Elemente effektiv vorbereitet und durchgeführt werden.

5. Aktueller Status und erste Mission

Das Columbus Control Center wurde im Oktober 2004 offiziell in Betrieb genommen. Die formale Qualifikation und Abnahme des Col-CC ist im Gange und wird bis Mitte 2006 abgeschlossen sein. Gleichzeitig wurden bereits seit Mitte 2004 einige Col-CC Subsysteme operationell genutzt, so z.B. für die Eneide Mission im Frühjahr 2005.

Neben den Abnahmetests bereitet sich das Col-CC auf den zukünftigen Betrieb des Columbus Moduls vor. Dazu wurden vorläufige Ausgaben der operationellen Produkte erstellt sowie Datenbanken und ein erster Teil der Display Pages entwickelt.

Parallel dazu wurde ein Trainingsplan verfasst, Trainingsmaterial erstellt und die ersten Trainingskurse abgehalten, um die Betriebsmannschaften auf ihre zukünftige Aufgabe vorzubereiten. Parallel dazu wurde der erste Satz von Columbus Steady State & 1E Stand-Alone Simulationen durchgeführt, in denen die Teams das Zusammenarbeit untereinander, die Kommandierung des Moduls sowie die Behebung von eingespielten Fehlerfällen durchspielen und üben können.

Im nächsten Schritt werden neben dem Col-CC auch die europäischen Nutzerzentren (USOCs) sowie das Astronautenzentrum in Köln in die Simulationen eingebunden. Die Vorbereitungen für diese sogenannten integrierten Simulationen (IS) laufen bereits, die dann in gemeinsamen Simulationen mit den amerikanischen Partnern münden werden. Im Verlauf dieses Prozesses werden die Betriebsmannschaften in mehreren Schritten zertifiziert.

Neben den Columbus Simulationen finden auch Simulationen für Interim Utilization statt, die der Vorbereitung auf

einzelne Inkremente oder Missionen vor dem Start von Columbus dienen.

Der Betrieb am Col-CC wird vom Flight Director Office (FDO) geführt, das seit kurzem aktiv ist. Im FDO arbeiten das Management und die Flugdirektoren zusammen, um sowohl die technischen als auch die vertraglichen Belange abzustimmen sowie die Schnittstellen zu anderen Services und den Gesamtbetrieb effektiv zu steuern.

5.1. Eneide

Der erste operationelle Einsatz des Columbus Control Center diente der Begleitung und Unterstützung der Eneide Mission. Im Rahmen der Mission flog der italienische ESA Astronaut Roberto Vittori zusammen mit seinen beiden Kollegen S. Krikalev und J. Phillips mit Sojus 11 am 15. April 2005 zur ISS. Während der 8 Tage an Bord der ISS führte er eine Reihe von Experimenten im Bereich Biologie, Medizin und Physik durch. Die Koordinierung der europäischen Experimente erfolgte durch eine ESA/DLR Betriebsmannschaft vom Col-CC aus. Die Betriebsmannschaft, die auch Mitglieder des Columbus Flight Control Teams (Col-FCT) umfasste, war unter anderem für die Betreuung des europäischen Astronauten zuständig.

Nach der erfolgreichen Durchführung der Experimente an Bord der ISS kehrt R. Vittori zusammen mit der abgelösten ISS Besatzung (L. Chiao und S. Sharipov) am 25. April zur Erde zurück. Die erfolgreich durchgeführte Mission zeigte, dass die Bodeninfrastruktur und das Kommunikationsnetzwerks einsatzbereit sind und das Col-CC in der Lage ist, seinen Anteil an bemannten Missionen zu planen und zu managen. Damit ist das Col-CC für weitere Einsätze z.B. für den ersten Flug eines deutschen Astronauten zur ISS im Rahmen der Long Duration Mission (LDM) gerüstet.



Bild 8: Kontrollraum K3 des Columbus Kontrollzentrums

5.2. LDM

Nach der erfolgreichen Eneide-Mission stellt die Long Duration Mission der ESA die nächste Herausforderung für das Columbus-Kontrollzentrum dar. Dabei wird der

deutsche ESA-Astronaut Thomas Reiter mit dem zweiten Flug nach der Wiederaufnahme der Shuttle-Flüge zur Internationalen Raumstation fliegen und ca. 6 Monate an Bord bleiben. Für das Columbus-Kontrollzentrum ist die Mission der nächste wichtige Schritt auf dem Weg zum Betrieb des europäischen Weltraumlabor. Das Col-CC hat die Aufgabe, Thomas Reiter bei seinen Arbeiten im All zu betreuen und die Kommunikation zwischen ihm und den europäischen Nutzerzentren und dem EAC sicherzustellen. In enger Zusammenarbeit mit dem European Astronaut Center und dem DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin in Köln wird unter anderem der Gesundheitszustand des Astronauten überwacht. Zudem koordiniert und plant die Bodencrew in Oberpfaffenhofen den Experimentbetrieb der europäischen Nutzerzentren.

Zurzeit laufen die Vorbereitungen für die LDM am Col-CC, wobei das Betriebskonzept für LDM entwickelt, ein Trainings- und Simulationsplan erstellt wird sowie bereits erste Simulationen für LDM durchgeführt wurden. Durch die Verschiebung des nächsten Fluges des Space Shuttle ist auch der Flug von Thomas Reiter verschoben worden, wodurch die LDM Mission voraussichtlich nicht vor Mai 2006 beginnen wird.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Die Startverzögerungen für das Columbus-Modul haben auch Auswirkungen auf das Col-CC. Nach dem Aufbau des Kernteams verzögert sich die Erweiterung des Teams und die Vorbereitungsarbeiten werden über einen längeren Zeitraum gestreckt. In der Zwischenzeit wird das Col-CC vermehrt für Unterstützung der europäischen Astronauten bei Sojus-Flügen genutzt. Eine Übernahme weiterer Aufgaben bei Interim Utilization und den Pre-Columbus Increments ist vorgesehen.

Die Einrichtung des integrierten Flight Control Team aus EADS, Alenia und DLR-Mitarbeitern zeigt viele Vorteile, z.B. die Bündelung von Wissen aus dem Columbus-Entwicklungsprojekt bei EADS mit den Erfahrungen der DLR-Flugbetriebsmannschaft. Die anfänglichen Schwierigkeiten die richtige Rollenverteilung zu finden sind inzwischen fast überwunden, wobei das neu aufgesetzte Flight Director Office mit gemeinsamer Leitung aus EADS und DLR den Setup bis Ende 2005 noch optimieren wird.



Bild 9: Die Internationale Raumstation mit dem Columbus Modul

Das Columbus Kontrollzentrum ist auf einem guten Weg seine Rolle und seine Verpflichtungen im Rahmen des europäischen ISS Betriebsstruktur zu erfüllen. Die neuen Verzögerungen im ISS-Programm ausgelöst durch weitere Startverschiebungen des Space Shuttle führen zu veränderten Prioritäten, wodurch z.B. die Col-CC Betriebsmannschaft immer mehr in die Betriebskoordination des europäischen Interim Utilization Programms einbezogen wird.

Dies eröffnet die Möglichkeit die Teams frühzeitig in den operationellen Betrieb einzubinden und Erfahrungen für den späteren Columbus Betrieb zu sammeln. Die Ankündigung des Fluges von Thomas Reiter hat eine breite öffentliche Resonanz gefunden. Die Verschiebung des Fluges darf keine Lücke in der Vorbereitung des Teams hinterlassen. Deshalb sollten Alternativen gefunden werden, um den neuen Schwung aus der Eneide Mission und der Space Shuttle Discovery STS-114 Mission zu erhalten und in die weiteren Missionen wie LDM und Start des Columbus-Moduls einzubringen.

7. Literatur

- [1] Kuch, T.; Sabath, D.; Fein J.: *Columbus-CC – A German Contribution to the European ISS Operations*, IAC-05-B4.2.08, 56th International Astronautical Congress, Fukuoka, Japan, Okt. 2005
- [2] Canales, M.; Caraballo E.: *Routing and Management of ISS Columbus Data at the German Space Operations Center (GSOC)*, SpaceOps 2004, Montreal, Kanada, Mai 2004