

Eine Ariane Startkampagne in Kourou

R. Schürmanns, DLR e.V. RA-VA, 74239 Hardthausen, Deutschland

Zusammenfassung

In diesem Vortrag wird eine Ariane Startkampagne im europäischen Raumfahrtzentrum Kourou (Französisch-Guyana) beschrieben. Nach einem Überblick über die Mission mit Beschreibung der beiden Satelliten Astra 3B und ComsatBw-2 und der Ariane 5 Trägerrakete in der ECA-Version werden die einzelnen Abläufe der jeweiligen Satelliten-, Träger- und Startbasis-Kampagnen bezüglich Technik und Organisation erläutert. Die Chronologie des Starttages J0 ist detailliert am Beispiel der verschiedenen Meilensteine des rund 11 ½ - stündigen Countdowns und der jeweiligen Ereignisse der Flugphasen mit EAP/EPC-, EPC- und ESC-A-Antrieb und der Trennung der beiden Satelliten dargestellt.

Zum Abschluss werden die weiteren geplanten Kampagnen des Jahres 2010 mit der Trägerraketenfamilie Ariane, Sojus und Vega und ihren kommerziellen und wissenschaftlichen Satelliten kurz vorgestellt.

1. Missionsbeschreibung

Der erste Start des Jahres 2010 ist insgesamt der 194. Flug einer Ariane und der 50. einer Ariane 5, die diesmal wieder in der bisher stärksten Version, A5 ECA genannt, die beiden Telekommunikations-Satelliten Astra 3B und COMSATBw-2 in einen geostationären Transferorbit bringt. Die gesamte Nutzlast hat ein Gewicht von rund 9,12 T, davon 7,97 T für die beiden Satelliten.

Name	Astra 3B	COMSATBw 2
Nation	Luxemburg	Deutschland
Mission	Telekommunikat., DTH	Kommunikation (milit.)
Kunde	SES-Astra	Bundeswehr
Konstrukteur	Astrium	Astrium/Alcatel Alenia
Plattform	Eurostar-3000M	Spacebus-3000B2
Dimensionen [m]	4,5 x 2,8 x 3,2	2,8 x 1,8 x 2,9
Spannweite [m]	39,8	17,2
Stromversorgung	12 kW eol	3,2 kW eol
Stabilisierung	3-achs	3-achs
Nutzlast	60 Ku-, 4 Ka-Band Transponder	4 SHF-, 5 UHF-Transponder
Masse	5470 kg	2440 kg
Orbitalposition	23,5° E	13,2° E
Lebensdauer	15 Jahre	15 Jahre

Tab. 1: Satelliten Flug V194

Der Start erfolgt vom ELA3 Komplex aus in einen GTO mit:

Perigäum:	248,4 km
Apogäum:	35.969 km
Neigung:	3°

und einem ursprünglichem Startfenster am 26. März 2010 zwischen:

GMT	Kourou	Berlin
22:03	19:03	23:03
und 22:52	19:52	23:52

Für den endgültigen (s. Erläuterungen weiter unten) Starttermin verschiebt sich das Startfenster auf:

GMT	Kourou	Berlin
21. Mai		22. Mai
22:01	19:01	00:01
und 22:44	19:44	00:44

2. Organisation und Ablauf einer Ariane Startkampagne

Im Vorfeld einer Startkampagne steht zunächst einmal die Vertragsverhandlung zwischen dem Satellitenbetreiber oder Konstrukteur und Arianespace, der Aria-

nevermarkungsgesellschaft. Nach Unterzeichnung des Vertrages ca. 18 Monate vor dem geplanten Starttermin tritt dann beim Besuch des Kunden in Kourou auch das CNES/CSG als Betreiber der Raumfahrtbasis in Aktion und führt eine Machbarkeitsstudie nach den Kundenanforderungen durch. Nach Klärung aller technischen und finanziellen Einzelheiten zwischen den Beteiligten kann dann die Ariane 5 Kampagne im europäischen Raumfahrtzentrum CSG in Kourou beginnen. Sie läuft nach einem festgelegten Standard ab, wird zur besseren Übersicht in die Teilbereiche Satelliten-, Träger- und Startbasiskampagne gegliedert und ist im technisch-organisatorischen Bereich nach dem bekannten Projektprinzip strukturiert.

2.1. Die Satellitenkampagnen

Die beiden Satelliten-Kampagnen für die Startkampagne V194 beginnen vor Ort im Raumfahrtzentrum mit der so genannten RPB1, einer Besprechung kurz vor dem Eintreffen der Satelliten am Flughafen Rochambeau bzw. im CSG. Präsentiert werden dabei die Konfiguration und der Status sämtlicher technischer Einrichtungen und Systeme, die den Kunden zur Verfügung gestellt werden, wozu insbesondere der Satellitenkomplex S5 mit Energie- und Klimaanlagen, Transit- und Transportmitteln, die speziellen Telekommunikationseinrichtungen und die Optik- und Videoeinrichtungen gehören.



Bild 1: Satellitenankunft am Flughafen

Die Satellitenkampagnen dauern im Allgemeinen je nach Komplexität der Nutzlasten und Plattformen rund 30 Tage. Sie um-

fassen drei Phasen: Vorbereitung und Be- tankung im S5 Komplex über eine Dauer von insgesamt ca. 20 Tage, und dann in der dritten Phase namens POC zusammen mit der Ariane 5 im BAF bzw. in der Startzone ZL3.

In der Vorbereitungsphase finden zunächst die elektrischen und mechanischen Tests der Satelliten sowie die Dichtheitsüberprüfung ihrer Antriebssysteme statt. Dazu wird der Satellit an einen spezifischen Teststand angeschlossen und das Kunden- team überprüft sodann alle Funktionen. Anschließend wird der Satellit mit Treibstoffen betankt, gewogen und nochmals elektrisch überprüft. Sämtliche Operatio- nen an und mit den Satelliten werden von den Kunden selbst vor Ort durchgeführt. Die jeweiligen Teamleiter und Repräsentanten der Kunden und der Satellitenkonstrukteure sind die Direktoren der Satelli- tenmissionen, kurz DMS, und die Chefs der Satellitenprojekte, abgekürzt CPS. Mit dem Aufsetzen des Satelliten auf seinen Adapter geht die Verantwortung dann auf das Team von Arianespace über und der Satellit wird Teil der Trägerkampagne.

2.2. Die Trägerkampagne

Nach der Atlantiküberquerung des MN Toucans werden die Container mit der Ariane Hauptstufe EPC im Hafen von Kourou entladen und im Konvoi über die „Raumfahrt – Straße“ zum BIL gefahren, wo offiziell mit der Öffnung der Ariane 5 Transportcontainer die Trägerkampagne beginnt, zu der auch die Vorbereitung der Startanlagen gehört. In der Standardversion geht diese Kampagne über rund 33 Tage. Zunächst wird die EPC mit dem Vulcain Motor über dem Starttisch zentriert und die beiden Booster, bestehend aus je drei Seg- menten, die vorher im BIP zusammengebaut und von dort via Schienenstrang zum BIL transferiert wurden, seitlich angeflanscht. Anschließend wird die in Bremen vormontierte obere Einheit, bestehend aus der Oberstufe ESC-A, der Gerätesektion VEB und dem Konus 3936 auf den Zwi-

schenring des Trägers gesetzt. Es folgen mechanische und elektrische Kontrollen und die fluid-technischen Überprüfungen zur Abnahme. Der Träger ist somit vom Prime-contractor Astrium ST fertig gestellt und es erfolgen die Übergabe an Arianespace und der Transfer zum BAF, wo innerhalb von 9 Tagen der Zusammenbau mit den Satelliten realisiert wird. Zunächst wird der obere Satellit auf die Syllda gesetzt und mit der zweigeteilten Nutzlastverkleidung verkapselt. Dieser obere Nutzlastteil wird dann in einem weiteren Schritt über den zwischenzeitlich auf den Konus bzw. die Gerätesektion VEB integrierten unteren Satelliten montiert. Ebenso wird im BAF die Gerätesektion VEB betankt; die Betankung der kryogenen Oberstufe (ESC-A) und der Hauptstufe (EPC) erfolgt nach dem Transfer zum Startplatz an J0. Die betrieblichen Abläufe der Trägerkampagne werden vom COEL – Betriebschef der Startanlagen – koordiniert, in dessen Team als Hauptakteure die jeweiligen Assistenten für die Nutzlasten, den Träger und die Startanlagen zu nennen sind.

Die Ariane 5 Konfiguration:



Bild 2: Hauptbaustufen

Die technischen Daten der Hauptbaustufen der Ariane 5 ECA können aus der folgenden Tabelle entnommen werden:

Verkleidung	$h = 17 \text{ m}$	$d = 5,4 \text{ m}$
	$m = 2,6 \text{ t}$	
Sylda 5A	$h = 6,4 \text{ m}$	$d = 4,56 \text{ m}$
	$m = 512 \text{ kg}$	
VEB	$h = 1,13 \text{ m}$	$d = 5,4 \text{ m}$
	$m = 950 \text{ kg}$	
Oberstufe ESC-A	$h = 4,71 \text{ m}$	$d = 5,4 \text{ m}$
	$m = 4,54 \text{ t} / 14,9 \text{ t}$	
HM-7B Motor	Schub Isp Brennzeit	67 kN 446s 945s
Hauptstufe EPC	$h = 23,8 \text{ m}$	$d = 5,4 \text{ m}$
	$m = 14,7 \text{ t} / 175 \text{ t}$	
Vulcain 2	Schub (Vac) Isp Brennzeit	1350 kN 432s 540s
Booster	$h = 23,8 \text{ m}$	$d = 3,05 \text{ m}$
	$m = 38 \text{ t} / 240 \text{ t}$	
MPS	Schub Isp Brennzeit	5000 kN 275s 130s

Tab. 2: Technische Daten Ariane 5

2.3. Die Startbasiskampagne

Die Service- und Support-Leistungen der Startbasiskampagne laufen parallel zu den Satelliten- und Trägerkampagnen. Sie umfassen die Aktivitäten zur Unterstützung der Satelliten- und Trägermannschaften und die Vorbereitung bzw. Konfigurierung aller Mess-, Sicherheits- und Kontrollsysteme der Startbasis und der Bodenstationen. Der Verantwortliche des CNES für diesen Teil der Kampagne ist der Betriebsdirektor, DDO genannt. In seinem Team befinden sich die Spezialisten und Verantwortlichen für das Meßsystem mit

wortlichen für das Meßsystem mit den Telemetriestationen und Radaranlagen, verschiedenen Telekommunikationseinrichtungen, der Wetterstation, den Optik- und Videoeinrichtungen und des Kontrollzentrums Jupiter 2. Weitere wichtige Teammitglieder sind die Assistenten für die Logistik, den Supportbereich und die Flug- und Bodensicherheit.



Bild 3: Kontrollzentrum Jupiter 2

Über den Fortschritt der Vorbereitung wird von diesem Team in der RPB2 genannten Besprechung fünf Tage vor dem Start detailliert Rechenschaft abgelegt, die Konfiguration der Startbasis „eingefroren“ und die Freigabe für die Generalprobe am folgenden Tag erteilt.

An J-2 berichten dann auf der RAL die Funktionsträger der drei Teilkampagnen den Vertretern aller an der Startkampagne beteiligten Firmen und Organisationen über den Ablauf, die aufgetauchten Probleme und deren Lösungen. Zum Abschluss der RAL wird dann die Freigabe zum Transfer der Trägerrakete mit den beiden Satelliten vom BAF auf den Startplatz ZL3 vom Flugdirektor Arianespace erteilt.

3. Startvorbereitung und Chronologie

Die Gesamtkoordination der betrieblichen Abläufe im Kontrollzentrum Jupiter 2 obliegt während der Chronologien der Generalprobe RG und am Starttag J0 dem DDO und dem Missionschef, kurz CM, der die DMS und den COEL vor Ort im Kontroll-

raum für den operationellen Bereich repräsentiert. Auf der obersten Managementebene trifft der Flugdirektor von Arianespace die Entscheidung zum Start, dessen Freigabe wiederum durch den Direktor des CNES/CSG erfolgt, sobald die entsprechenden Voraussetzungen sowohl auf der technischen Seite und im Sicherheitsbereich als auch in Bezug auf die meteorologischen Umweltbedingungen erfüllt sind. Diese Bedingungen finden sich in der Chronologie des Starttages als Meilensteine wieder, die bei Erfüllung dann das weitere Fortfahren im festgelegten Ablaufplan auslösen. Diese Chronologie wird unter Bezugnahme auf den Zeitpunkt H₀, d.h. die Öffnung des Wasserstoffventils des Vulkan-Motors, in einen negativen und positiven Bereich unterteilt. Der erste Abschnitt beginnt rund 11 ½ Stunden vor H₀ und als Meilensteine sind während der negativen Chronologie nach der Kontrolle der elektrischen Verbindungen der Beginn der Abkühlung der Kryoleitungen bei H₀-5h48min, die Abkühlung des Vulkan-Motors ab H₀-3h18min und der Start der computergesteuerten Sequenz bei H₀-7min00sek als wesentliche Elemente zu nennen.



Bild 4: Startphase Ariane 5

Bei dem ersten Startversuch am 26. März kommt es aber gar nicht bis zum Abkühlen der Kryoleitungen, denn die Chronologie wird wegen eines Fehlers im Bedrückungssystem des Trägers abgebrochen und die Ariane 5 mit den Satelliten zur Reparatur in das BAF gebracht. Auch der zweite Ver-

Versuch am 9. April ist nicht erfolgreich: bei H_0 -42sek hält der Countdown erneut an und wieder ist ein Element des Heliumsystems betroffen, diesmal eine Bedrückungsplatine. Zurück im BAF, beschließt ArianeSpace nach einer ersten Inspektion und Analyse die Einrichtung einer Task Force und ein Qualitätsaudit; entsprechend den Empfehlungen der Untersuchungskommission werden Maßnahmen ergriffen und nach einer dritten RAL erfolgt dann endlich am 21. Mai ein fehlerfreier Countdown.

Mit H_0 beginnt die Start- und Flugphase, die durch vier Bereiche gekennzeichnet ist: Booster- und Hauptstufen- Antrieb bis zu der Abtrennung der EAPs bei $H_1 =$

$H_0+2\text{min}20\text{sek}$, gefolgt von der Antriebsphase, in die auch die Absprengung der Nutzlastverkleidung fällt, nur durch den Vulcain 2 Motor bis $H_2 = H_0+8\text{min}55\text{sek}$, den Flug der Oberstufe, angetrieben vom HM7B Motor für 937 sek und schließlich die Trennungen zunächst des oberen Satelliten, dann der Sylda und zum Schluss des unteren Satelliten.

Bei diesem Doppelstart ist mit dem Absetzen des unteren Satelliten von der Oberstufe rund 33 min nach dem Ariane-Start die Mission der Trägerrakete zum 36. Mal in Folge erfolgreich beendet und die Startkampagne V194 wird nach Auswertung der Flugdaten und Abschluss der administrativen Formalitäten abgeschlossen.

Ablauf Startkampagne V194

07.06.2010

Datum	Startbasis	Träger/ELA	Astra 3B	COMSATBw 2	Jours lanceur
Mittwoch	18. Nov	Aufstellung EPC			J (1) J-32
Donnerstag	19. Nov	Positionnement EAPs			J (2)
Freitag	20. Nov	Integration EPC/EAPs			J (3)
Mittwoch	25. Nov	Erection Upper Composite			J (6) J-29
Donnerstag	04. Feb	RPB 1			J (12) J-21
Freitag	05. Feb		Transfer BIL-BAF		J (13)
Montag	08. Feb		Stand-by		J (14)
Mittwoch	10. Feb			Ankunft RBO	J (16)
Donnerstag	11. Feb			Ankunft im S5 C Süd	J (17)
Montag	15. Feb			Ankunft im S5 C Nord	J (19)
Dienstag	23. Feb				J (25)
Donnerstag	25. Feb			Betankung im S5 B	J (27)
Montag	01. Mrz	Wiederaufnahme Kampagne			J (30) J-19
Montag	08. Mrz			Betankung im S5 A	J-14
Dienstag	09. Mrz			Aufbau auf den ACU	
Mittwoch	10. Mrz				J-12
Donnerstag	11. Mrz	Sitzung J-10		Transfer BAF Aufbau auf den ACU	
Freitag	12. Mrz			Integration Astra 3B - Sylda	J-10
				Integration Haube - Sylda; Transfer COMSATBw 2 in das BAF	
Montag	15. Mrz			Integration COMSATBw 2 - Trägerrakete	
Dienstag	16. Mrz			Integration obere Einheit (Astra 3B) - Trägerrakete	J-7
Mittwoch	17. Mrz			Vorbereitung Betankung SCA	J-6
Donnerstag	18. Mrz			RPB 2; Betankung vom SCA	J-5
Freitag	19. Mrz			RG	J-4
Montag	22. Mrz			Startverschiebung um 2 Tage, Probleme an den BEVs	
Dienstag	23. Mrz			Armierung der Trägerrakete	J-3
Mittwoch	24. Mrz			RAL und letzte Vorbereitungen des Trägers und der Nutzlasten	J-2
Donnerstag	25. Mrz			Transfert BAF-ZL3; Betankung der LHe-Sphäre	J-1
Freitag	26. Mrz			Startchronologie, Unterbrechung wegen VAE	JO
				Transfer ZL3 - BAF	
Montag	29. Mrz			Reparaturarbeiten	
Donnerstag	08. Apr			RAL2; Transfert BAF-ZL3; Betankung der LHe-Sphäre	
Freitag	09. Apr			Startchronologie und erneute Unterbrechung wegen der PGD	
				Transfer ZL3 - BAF	
Montag	12. Apr	Task Force und Quality Audit			
Donnerstag	20. Mai			RAL3; Transfert BAF-ZL3; Betankung der LHe-Sphäre	
Freitag	21. Mai			Startchronologie	

Tabelle 3: Zusammenfassung Ablauf Kampagne V194

4. Ausblick Startbetrieb 2010

Die zu Anfang des Jahres geplanten 6 bis 7 Ariane Starts sind wegen der Verzögerung bei V194 um 2 Monate und unter Berücksichtigung des in diesem Jahr anvisiertem Erststarts der Sojus 2-1a mit Hylas 1 vom CSG aus dann zu realisieren, wenn in jedem Monat ein Start erfolgt und die jeweiligen Kampagnen relativ reibungslos ablaufen; von der reinen Anzahl her gesehen dürfte dieses Ziel erreichbar sein, denn zwischen August 2007 und August 2008 hat Arianespace schon 9 Ariane 5 gestartet. Der ursprünglich ebenfalls für Ende des Jahres vorgesehene Jungfernflug der Vega ist jetzt für das 1. Halbjahr 2011 angedacht.



Bild 5: Start Sojus 2-1a

Im Einzelnen ergibt sich folgendes Bild: Der 2. Start der Ariane in diesem Jahr trägt am 23. Juni die Satelliten Arabsat-5A und COMS-1 in das All, während RASCOM-QAF 1R und NILESAT 201, beide ebenfalls Telekommunikationssatelliten, rund 4 Wochen später folgen.

Die Ariane Trägerrakete des Flugs V197 befindet sich schon in Kourou und für die weiteren Doppelstarts in der zweiten Jahreshälfte wird Arianespace in Abstimmung mit den Kunden die Satellitenpaare entsprechend den technischen Anforderungen zusammenstellen. Dabei besteht die Auswahl zwischen verschiedenen asiatischen, amerikanischen und europäischen Kommunikationssatelliten wie Koreasat 6, In-

sat-4G, Bsat-3b, Eutelsat W3B, New Dawn und Hispasat 1E. Zwei Einzelstarts stehen jedoch schon fest: Anfang Dezember des Jahres soll der 2. Start eines ATV's, diesmal auf den Namen Johannes Kepler getauft und das sich seit Ende Mai in Kourou zur Flugvorbereitung befindet, zur ISS erfolgen und die Kampagne mit einer AR5 ECA und dem ca. 7T schweren TerreStar-2 Satelliten könnte dann nach dem Sojus Start ein wiederum hoffentlich erfolgreiches Jahr abschließen.

Verzeichnis der Abkürzungen

Kürzel	Bezeichnung (f/e)	Bezeichnung (d)
ATV	Automatic Transfer Vehicle	Automatisches Transport Fahrzeug
BAF	Bâtiment d'Assemblage Final	Gebäude zur Fertigstellung
BIL	Bâtiment d'Intégration Lanceur	Träger-Integrationsgebäude
BIP	Bâtiment d'Intégration Propulseurs	Booster-Integrationsgebäude
CM	Chef de Mission	Missionschef
CNES	Centre National d'Études Spatiales	Französische Raumfahrtbehörde
COEL	Chef d'Opérations Ensemble de Lancement	Betriebschef der Startanlagen
CPS	Chef de Projet Satellite	Chef Satellitenprojekt
CSG	Centre Spatial Guyanais	Raumfahrtzentrum Guyana
DDO	Directeur Des Opérations	Betriebsdirektor
DMS	Directeur de Mission Satellite	Direktor Satellitenmission
EAP	Etage d'Accélération à Poudre	Festtreibstoff-Stufe
ECA	Etage Cryotechnique A	Kryo Stufe A
ELA1-3	Ensemble de Lancement Ariane 1-3	Ariane Startbereiche 1-3
EPC	Étage Principal Cryotechnique	Kryo-Hauptstufe
ESC-A	Etage Supérieure Cryotechnique A	Kryo-Oberstufe A
GMT	Greenwich Mean Time	Mittlere Greenwich-Zeit
GTO	Geostationnaire Transfer Orbit	Geostationärer Transfer Orbit
H0	Heure Zéro	Startzeit
J0	Jour Zéro	Starttag

MPS	Moteur Propergol Solide	Festtreibstoff-Motor
POC	Plan d'Opérations Combinées	Kombinierter Operati-onsplan
RAL	Réunion Avant Lan-cement	Sitzung vor dem Start
RG	Répétition Générale	Generalprobe
RPB	Réunion Préparation Base	Sitzung zur Vorberei-tung der Startbasis
Sylda	Système de lance-ment double Ariane	Doppelstartvorrichtung der Ariane
VEB	Vehicle Equipment Bay	Gerätesektion
ZL3	Zone de Lancement N° 3	Startplatz Nr. 3

Schrifttum, Quellen und Bildnachweis

- 1) Arianespace: Ariane5 User's Manual; Issue 5/ Revision 0; July 2008.
- 2) Arianespace: Launch Kit V194; March 2010.
- 3) CNES/Arianespace: EPCU Manuel;
- 4) EADS/Astrium: Ariane 5, Data relating to Flight 194; April 2010.
- 5) R. Schürmanns: Das Raumfahrtzentrum Guyana (CSG); DGLR-Kongress 2009, Vortrag 121198.
- 6) <http://www.arianespace.com>
- 7) <http://www.astrium.eads.net>
- 8) <http://www.cnes-csg.fr>
- 9) <http://www.esa.int>
- 10) Bild 1: Arianespace News Mission Update 02/2010; nach Ref 6)
- 11) Bild 2: Archiv Autor, 03/2010; nach Ref 1)
- 12) Bild 3: Archiv Autor, 09/2008
- 13) Bild 4: Archiv Autor, 05/2009
- 14) Bild 5: Archiv Autor, 04/2007; Foto nach Illustration D. Ducros