

Ariane 4 und 5 - Die Startanlagen in Kourou

Das Centre Spatial Guyanais (CSG), Europas Tor zum Weltraum am Äquator, genießt seit über 20 Jahren einen ebenso hervorragenden Ruf wie der kommerzielle Betreiber der Ariane-Trägersysteme, Arianespace. Aber ebenso wie für die Integration und den Start der Trägerraketen von den Startrampen ELA2 und ELA3 ist das Raumfahrtzentrum in Französisch-Guayana für die Versorgung der Satelliten, ihre Vorbereitung und Betankung sowie für den Einbau in die Nutzlastverkleidung (Fairing) gerüstet. Das bei Kourou

am Atlantik errichtete europäische Raumfahrtzentrum CSG liegt 60 Kilometer entfernt von der Hauptstadt Cayenne mit Anbindung an einen nahen Flughafen, auf dem Starts und Landungen von Großraumflugzeugen wie der Boeing 747 und der Antonov 124 möglich sind. Im Hafen liegen die Containerschiffe „MN Toucan“ und „MN Colibri“, die eigens für den Transport der zerlegten Trägerraketen von Europa an den Startplatz in Übersee konstruiert und gebaut wurden.

Abgesehen vom Klima mit seiner extrem hohen Luftfeuchtigkeit erinnert in Kourou nichts mehr an den tropischen Dschungel, der von Westen her jedoch sehr nahe an den Weltraumbahnhof heranreicht. Da die Trägersysteme und Satelliten aber grundsätzlich eine konstante Klimatisierung und besondere Reinräume für die Zwischenlagerung und Integration benötigen, ist die dafür notwendige Infrastruktur eigentlich kein durch die geographische Lage bedingter Zusatzaufwand. Kein Satellit gelangt ungeschützt unter freien Himmel, auch nicht beim Transport zur Rakete, da befindet er sich bereits unter der Nutzlastverkleidung. Und

den logistischen Aufwand für den Transport der gesamten Hardware von den Erzeugungsbetrieben in Europa quer über den Atlantik nimmt man gerne in Kauf, wenn man die großen Vorteile eines äquatornahen Startplatzes dagegen stellt. Außerdem wäre ein Raketenstartplatz im dichtbesiedelten Europa aus vielerlei Gründen kaum machbar.

Eigentümer des CSG ist die ESA, wobei ihre französische Schwesterorganisation CNES die Verwaltung übernimmt. Die Vorbereitung und der Start der Raketen sowie die Kundenbetreuung liegen in der Hand von Arianespace. Um das Raumfahrtzentrum für den immer härteren Wett-

bewerb im Satellitentransport und die kommenden Aufträge der Ariane-Systemfamilie zu rüsten, wird es kontinuierlich ausgebaut. Immerhin sind neben der neuen Ariane 5 auch noch zwölf Ariane 4 in verschiedenen Konfigurationen zum Start vorgesehen. Bei der Pariser Luftfahrtschau im Jahr 2001 konnte Arianespace acht neue Startaufträge lukrieren, im Gesamtwert von 600 Millionen €. Insgesamt verzeichnete Arianespace im ersten Halbjahr 2001 elf Neuaufträge, 45 Satellitenstarts und neun Flüge des Automated Transfer Vehicles (ATV) zur Internationalen Raumstation (ISS) ist Arianespace



Der neue Komplex S5 in Kourou. Foto: Planet Aerospace.

für die nächsten drei Jahre ausgebucht. Der Gesamtwert aller gebuchten Aufträge beträgt 4,9 Milliarden €. Die Starts sollen überwiegend mit der neuen, noch leistungsfähigeren Version der Ariane 5 erfolgen.

Neuer Komplex S5

Seit April 2001 hat sich die Reinraumkapazität von Kourou verdoppelt. Bisher verfügte der Weltraumbahnhof über zwei Reinraumkomplexe (S1-A/B und S3-A/B) zur Integration von vier Satelliten. Nun können doppelt so viele oder größere und schwerere Raumflugkörper auf ihren Start vorbereitet werden. Ab Mai 2001 war der imposante und hochkomplexe Erdbeobachtungssatellit Envisat erster „Gast“ der neuen Einrichtung. Fast 200 Ingenieure und Techniker und 400 Tonnen Material waren erforderlich, um den neuen Forschungssatelliten der ESA startklar zu machen. Mit seiner Größe nimmt Envisat alleine das gesamte neugeschaffene Reinraumangebot in Anspruch, was aber sonst die Ausnahme sein dürfte, da derartig große Satelliten sehr selten sind.

Ein Satellit ist ein kostbares und hoch empfindliches Präzisionsinstrument. Nach dem Eintreffen in Guayana muß der Kunde seinen



Foto: Planet Aerospace.

Satelliten ein zweites Mal integrieren, ihn in die Fairing installieren und auf die Rakete heben lassen. Hoch sensible Förderungsanlagen, extreme Sauberkeit sowie Klimatisierung sind



Auch Büroräume werden den Satelliten-Kunden im neuen Komplex S5 zur Verfügung gestellt. Foto: Planet Aerospace.

dazu unerlässlich. Der Satellit muß bis zum Start unter peinlich genauer Einhaltung der vorgegebenen Raumatmosphäre gelagert werden. Nur so kann der Besitzer seinen einwandfreien Zustand bis zum letzten Moment kontrollieren.

Die Erwartung der Satellitenkunden sind laut dem Projektleiter bei Arianespace, Philippe Rolland, ganz unterschiedlich. Manche Satelliten werden samt den Testeinrichtungen in Einzelteilen mit dem Großraumtransporter eingeflogen oder per Schiff angeliefert. Andere, vor allem amerikanische, sind fast fertig montiert und startklar, wenn sie hier eintreffen. Wieder andere sind teilweise montiert. Sie alle müssen samt ihrer Begleitmannschaft in Empfang genommen und in den Integrationsgebäuden untergebracht werden. Dazu wird ihnen die erforderliche Technik einschließlich Datenleitungen, Energieversorgung, Treibstoff usw. zur Verfügung gestellt. Alle diese Leistungen werden vertraglich fixiert und sind genauestens zu erfüllen.

Ein zusätzlicher Wettbewerbsvorteil ist Flexibilität bei der Unterstützung der Kunden. Gibt es mit einem Satelliten Probleme und muß der Start verschoben werden, sind Reinnräume für ihn und für den nächsten Kunden parallel erforderlich. Im vergangenen Jahr wickelte Arianespace zwischen August und September nur zwölf Satellitenstarts ab. Der Hauptgrund dafür waren Probleme mit den Satelliten. Die zu dieser Zeit vorhandenen Reinnräume, S1-A/B und S3-A/B wurden für die Satelliten benutzt, S2 und S4 für die Apogäums-Motoren, waren an ihrer Kapazitätsgrenze. Mit dem neuen Komplex S5 verfügt das CSG nunmehr über die doppelte Kapazität. Durch den Neubau ist nun auch die Integration der größten Telekommunikationssatelliten und des ATV kein Problem mehr. Das Automated

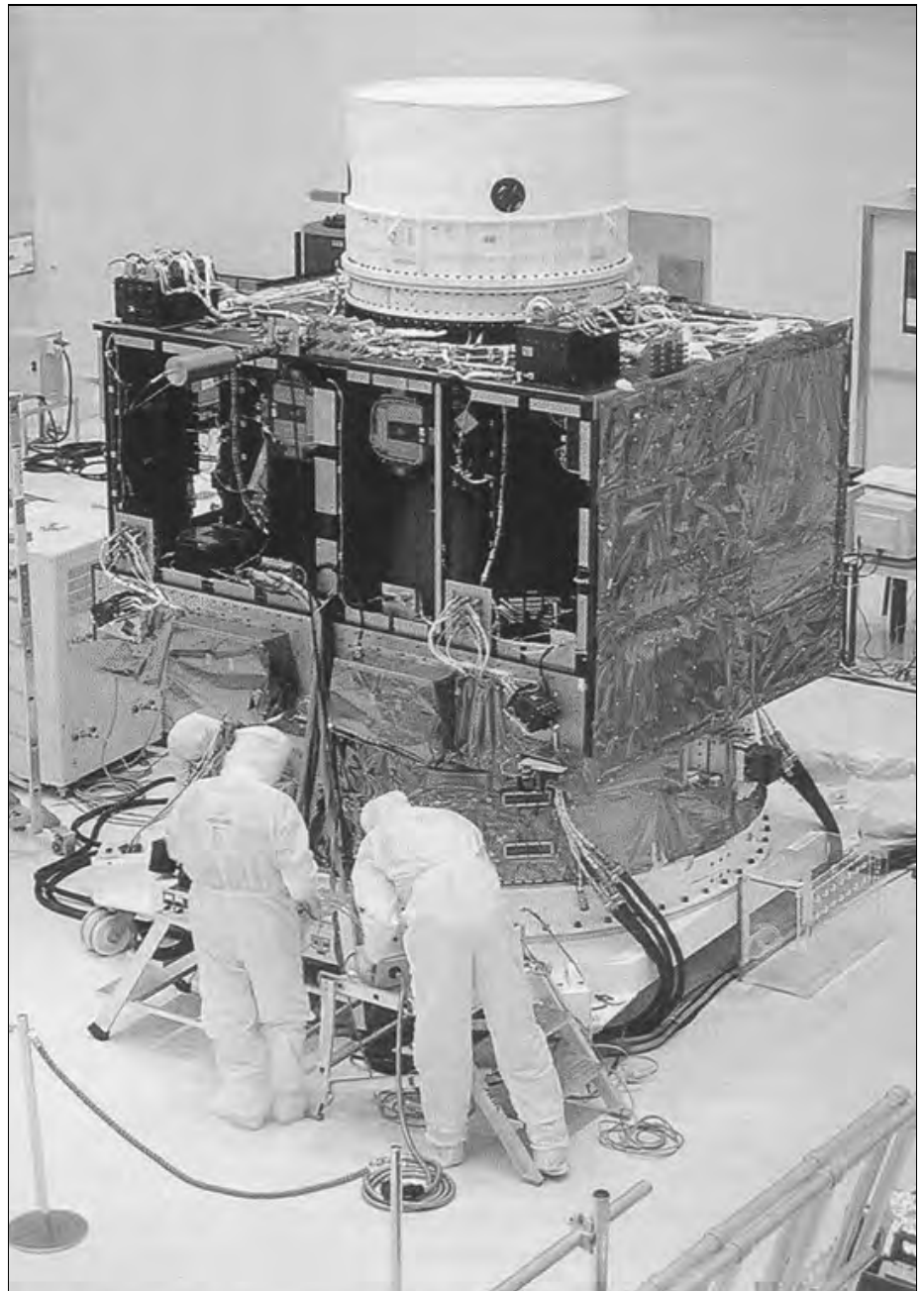
Transfer Vehicle (ATV) besitzt immerhin eine Länge von etwa 10 Metern, einen Durchmesser von 4,5 Meter und eine Startmasse von 20 Tonnen. Für die Zeit nach 2004 sind neun Starts des ATV zur Versorgung der Internationalen Raumstation ISS vorgesehen.

Der Gebäudekomplex S5 ist acht Kilometer von dem Gefährdungsbereich um die Startkomplexe ELA2 und ELA3 entfernt. Der Bau kann bis zu vier Satelliten aufnehmen bzw. acht baugleiche Kommunikationssatelliten vom Typ „Constellation“. In dem Gebäude für nicht gefährliche Arbeiten befindet sich ein 700m² großer und 20m hoher Reinraum der Kategorie „100.000*“ mit 30-t-Kran sowie vier weitere Räume für die Prüfsysteme. Der Zugang erfolgt über eine 300m² große Schleuse. Das Gebäude für die Betankung hat einen Raum von 300m² und eine Schleuse von 225m². Zur Integration der Satelliten dient ein weiteres Gebäude mit einer 400m² großen Halle und einer Schleuse von ebenfalls 225m². Die zwölf Meter hohen Verbindungskorridore sind ebenfalls als Reinräume der Kategorie 100.000* ausgelegt. Hinzu kommen über 1000m² klimatisierte Büros.

Mit dieser zusätzlichen Kapazität für die Vorbereitung bzw. Zwischenlagerung kann Arianespace in Zukunft 16 Satellitenstarts pro Jahr anbieten. Dies entspricht 8 Doppelstarts mit der Ariane 5, also dem ab 2003 bis 2004 geplanten Jahressoll. Die bisherigen Integrationsgebäude werden stillgelegt. Zwei von ihnen (S1-B und S3-B) können allerdings für Arbeiten an kleineren Satelliten herkömmlicher Bauart kurzfristig reaktiviert werden und gewährleisten so die erforderliche Flexibilität.

Wichtige Infrastruktur

Neben dem Leistungsvermögen der Ariane-Rakete und den kommerziellen Angeboten von Arianespace ist auch der Standort Kourou mit seiner High-Tech-Infrastruktur für den Wettbewerbserfolg entscheidend. So wurde



Der Erdbeobachtungssatellit Envisat bei der Integration. Foto: Planet Aerospace.

kürzlich der Start des Satelliten „Artemis“ nachträglich an Arianespace vergeben, nachdem der ursprüngliche Anbieter den Auftrag wegen technischer Probleme nicht erfüllen konnte.

Zusätzlich werden die Satelliten immer größer, schwerer und komplexer, eine Kapazitätsaufstockung war daher unumgänglich notwendig. Nach einer Anlaufphase könnte S5 überdies zu einer Verkürzung der Dauer der Vorbereitungszeit für Satellitenstarts beitragen, die derzeit bei rund einem Monat liegt. Für die in Zukunft neu entstehenden Anforderungen wird auch bereits der

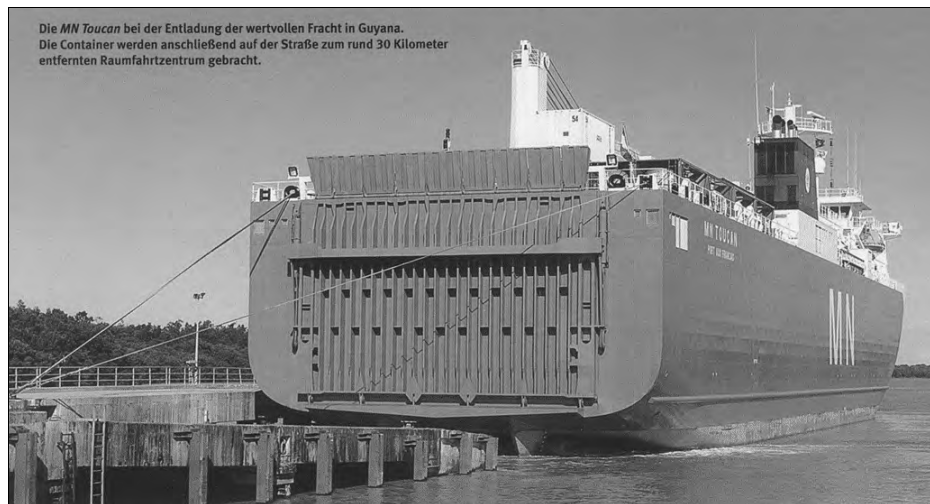
Ausbau des gerade neu eröffneten Komplexes geplant.

Raketentransport per Schiff

Die Ariane-Raketen werden in Europa auf verschiedenen Standorten hergestellt und mittels Spezial-Schiffstransport über den Atlantik nach Kourou gebracht. Ursprünglich erfolgte der Transport mittels normaler Schiffe. 1988 wurde dann als erstes Spezialschiff die Ariana gebaut. Für den Transport der neuen und größeren Ariane 5-Trägerrakete wurden dann die beiden Schwesterschiffe MN Toucan und MN Colibri speziell für den Raketentransport auf Kiel gelegt.

Diese beiden Frachtschiffe sind 115,6 Meter lang und 20 Meter breit. Sie verfügen über einen Frachtraum von 96 Metern Länge und 17 Metern Breite. Der Frachtraum erlaubt ein horizontales Umladen (auch Ro-Ro, d.h. Roll-on, Roll-off genannt) der Transportcontainer. Durch ihren geringen Tiefgang sind die beiden Spezialschiffe bei allen Wasserständen mit einer Zuladung von 1500 Tonnen einsetzbar und können die seichten Gewässer der Mündung des Flusses Kourou befahren. Alle lebenswichtigen Funktionen der Schiffe sind doppelt ausgelegt: Motoren, Schiffsschrauben, Kraftübertragung, Steuer- ruder und die doppelte Bordwand.

Für einen kompletten Umlauf stehen Toucan und Colibri maximal 27 Tage zur Verfügung, davon 10 Tage für die Hinfahrt und 12 Tage für die Rückfahrt. Dabei werden mehrere Häfen angelaufen. Als erstes werden die EPS-Behälter mit dem Raketentreibstoff in Bremen an Bord genommen. In Rotterdam folgen dann die Nutzlastverkleidungen. Sie werden in der Schweiz bei Contraves hergestellt und mittels Binnenschiffen nach Rotterdam gebracht. In Le Havre kommt dann das größte Bauteil der Ariane 5 an Bord: die kyrotechnische Hauptstufe der Rakete, gebaut in der Nähe von Paris und ebenfalls angeliefert per Schiff. Auch die in Toulouse gebauten Steuereinheiten werden in Frankreich geladen. Als Abschluß folgt die rund 10tägige Reise über den Atlantik nach Französisch-



Die MN Toucan bei der Entladung der wertvollen Fracht in Guyana. Die Container werden anschließend auf der Straße zum rund 30 Kilometer entfernten Raumfahrtzentrum gebracht. Foto: Planet Aerospace.

Die MN Toucan bei der Entladung in Französisch-Guyana. Die Container werden anschließend im Straßentransport ins etwa 30 Kilometer entfernte Raumfahrtzentrum gebracht. Foto: Planet Aerospace.

Guyana.

Der Transport ist sehr heikel, da die Tanks nicht die geringste Feuchtigkeit vertragen. Sie müssen daher in einer Atmosphäre mit sehr trockener Luft verschlossen werden. Da sie beim Start Temperaturen zwischen 35°C am Boden und fast dem absoluten Nullpunkt ausgesetzt werden, sind diese Bauteile aber andererseits sehr unempfindlich gegenüber Temperaturschwankungen. Die Teile werden daher in klimatisierte Spezial-Container verpackt. Insgesamt ist der Transport mit einer Unzahl an Vorsichtsmaßnahmen verbunden.

Die Zukunft von ELA-1

Ursprünglich sollte die neue Feststoff-Trägerrakete Vega vom Startplatz ELA-3 aus starten. Nach einigen

Änderungen wird Vega nun von ELA-1 aus starten. Ein gemeinsamer Startplatz mit der neuen Ariane 5 hätte einige Nachteile. Bei einem Unfall wären beide Trägerraketen nicht einsetzbar und außerdem sind die Einrichtungen zu groß für die kompakte Feststoffrakete Vega. ELA-2 müßte erst umgebaut werden und dieser Umbau könnte erst nach dem letzten geplanten Ariane 4-Start Mitte 2003 beginnen. ELA-1 wird derzeit nicht benutzt und kann mit kleinen Änderungen ab sofort adaptiert werden. Als Kontrollzentrum ist CDL3 vorgesehen.

Die Ariane 5-Booster-Fertigung

Mit der Einführung der neuen Ariane-Generation wurde auch eine neue Produktionsstelle in Kourou in Betrieb genommen: Das „Booster Integration Building“ (BIB). Jeder Feststoff-Booster (Zusatzrakete) der Ariane 5 besteht aus bis zu 3 Segmenten, S1 bis S3. Das erste Segment wird noch in Italien an seinem Produktionsstandort fertig gefüllt und nach seiner Ankunft in Südamerika nur mehr überprüft, ob es den Transport heil überstanden hat. Die beiden anderen Segmente sind wesentlich größer und werden daher erst in unmittelbarer Nähe des Startplatzes mit je 107 Tonnen festen Raketentreibstoff gefüllt.



Der Entladevorgang im Roll-On/Roll-Off-Verfahren. Foto: Planet Aerospace.

Die Fertigung des Treibstoffes erfolgt in zwei gigantischen Mixern, in denen die Komponenten möglichst gleichmäßig miteinander vermischt werden. Die Produktion einer Charge dauert etwa acht bis zehn Stunden und zehn Chargen werden für die Füllung eines einzigen Segmentes benötigt. Zur Erzielung einer homogenen, blasenfreien Mischung erfolgt der Prozeß unter Vakuum-Bedingungen.

80 kg jeder Charge werden als Stichprobe verfeuert, um die geforderte hohe Qualität sicherzustellen. Nur wenn die Füllung abolut

gleichmäßig ist, kann ein einwandfreier Schub der Zusatzraketen sichergestellt werden. Feststoffraketen können nach der Zündung weder abgeschaltet noch gesteuert werden, die Stärke und zeitliche Abfolge ihres Schubes ist vor allem vom Füllvorgang des Treibstoffes bzw. seiner Verteilung im Booster abhängig.

Das Vergießen des Treibstoffes in den Segmenten muß kontinuierlich ohne Unterbrechung erfolgen und findet ebenfalls im Vakuum statt. Die Konsistenz des Treibstoffes kann etwa mit der von Honig verglichen



Ein Ausschnitt aus einem Panorama des Weltraumbahnhofes, das einige der Nebengebäude zeigt. Foto: Planet Aerospace.

werden. Die eigentlichen Treibstoffe werden durch einen gießharzähnlichen Kunststoff verbunden, um sie gießfähig zu machen und einen gleichmäßigen und vorherbestimmbaren Abbrand zu ermöglichen. Im Inneren jeder Feststoffrakete befindet sich ein konischer Hohlraum, der Verbrennungsraum. Seine Form bestimmt hauptsächlich den Ablauf der Verbrennung und damit den Schub der Rakete über den Zeitablauf. Eine bewegliche Ausströmdüse erlaubt nur kleine Korrekturen.

Der gesamte Produktionsprozeß dauert zwölf Wochen und ist extrem

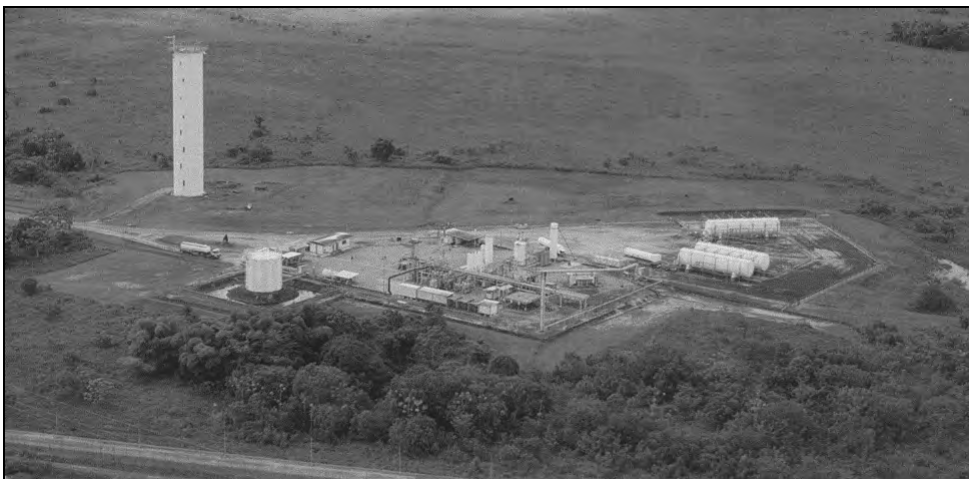
kompliziert. Zum Abschluß werden die drei Segmente integriert und mit diversen Steuerungselementen verbunden. Innerhalb der Booster-Fabrik werden die Segmente auf ferngesteuerten Luftkissen bewegt.

In Zukunft sollen auch die Feststoffmotoren für die Vega-Rakete erzeugt werden. Daher muß die Produktionskapazität gesteigert werden. Diese liegt derzeit bei fünf Paar Boostern pro Jahr und soll in der endgültigen Ausbaustufe bei acht Boosterpaaren liegen.

Einige Teile der Booster werden auch von der österreichischen Firma Andritz geliefert, insgesamt werden Teile aus allen ESA-Mitgliedsstaaten verarbeitet.

Die Versorgung mit Flüssigtreibstoffen

Wasserstoff ist die wichtigste Komponente der Flüssigkeitreibstoffe, die von der kryogenen Hauptstufe der Ariane 5 verbrannt wird. 1991 wurde dazu eine neue Versorgungsanlage vor Ort gebaut, um die riesigen benötigten Mengen bereitzustellen. Bei jeder Mission werden etwa 500.000 Liter Wasserstoff verbraucht. Als Rohmaterial wird Methanol aus dem nahen Trinidad und Tobago importiert. Früher wurde der Wasserstoff in Frankreich hergestellt und für die Verwendung im H10-Triebwerk der Ariane 4 über den Atlantik transportiert. Bei den großen von der Ariane 5 benötigten Mengen ist dies wirtschaftlich nicht mehr möglich. Zusätzlich zu der Menge, die zum Startzeitpunkt an Bord ist, sind große Reserven bereitzustellen, um Verdunstungsverluste auszugleichen, insbesondere auch bei Startverzögerungen.



Die Air-Liquide-Anlage in Kourou zur Produktion von flüssigem Wasserstoff. Foto: ESA-Reaching for the Skies.

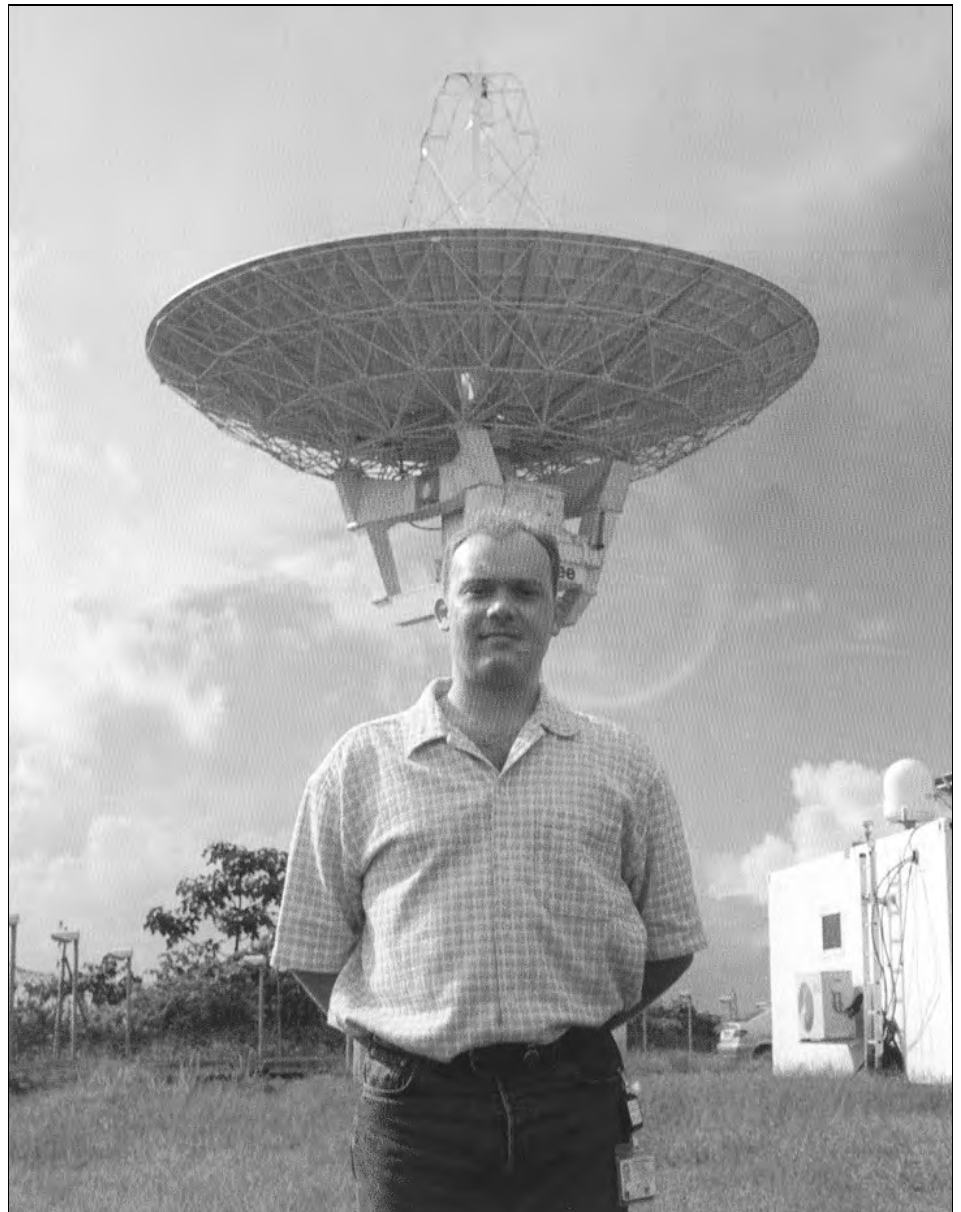
Insgesamt überzieht ein Netz von 45 Kilometer Pipelines das Gelände des Weltraumbahnhofes. Die Anlage zur Herstellung und Verteilung des Wasserstoffes wird von der Firma Air Liquide betrieben und wurde auch von diesem Hersteller erbaut. Zusätzlich erzeugt wird Stickstoff, unter anderem zur Klimatisierung von zahlreichen Gebäuden, insbesondere die wichtigen Vorbereitungsräume für die Satelliten.

Die Augen und Ohren der Basis

Die Spezialisten für Telemetrie, Flugsicherheit und Wetter zählen sicher nicht zu den prominentesten Mitarbeitern in Kourou. Trotzdem ist ihre Leistung für Erfolg oder Mißerfolg eines Raketenstarts entscheidend.

Bei einem Ariane 5-Start werden etwa 1500 verschiedene Parameter per Telemetrie übertragen und ausgewertet. Diese Daten betreffen etwa das Antriebssystem, den Tankdruck und die Flugbahn der Trägerrakete. Für die Ariane 5 sind die übertragenen Daten wesentlich umfangreicher als früher bei der Ariane 4 und daher der Datenstrom mit 1 Mbit/s gegenüber 240 kbit/s etwa fünfmal so groß. Davon wird ein Zehntel der Daten online sofort ausgewertet und für das Real-Time-Startüberwachungssystem zur Verfügung gestellt. Die übrigen Daten werden später ausgewertet. Bei der Ariane 4 konnte übrigens mittels Analyse dieser Daten die Leistung um 15% gesteigert werden.

Im Rahmen der Flugsicherheit wird die geplante und tatsächliche Flugbahn einer Trägerrakete überwacht. Wenn die Rakete den sicheren Korridor verläßt, muß sie gesprengt werden. Dadurch soll die Gefährdung von Menschen durch herabfallende Trümmer und toxische Gase verhindert werden. Auch wenn die Flugbahn instabil wird, muß eingegriffen werden, bevor eine Intervention unmöglich wird. Etwa zehn Minuten nach dem Start ist die Arbeit des Flugsicherungsoffiziers beendet



Benoit Ratti, der Leiter der Telemetrie. Foto: ESA, Reaching for the Skies.

und die Selbstvernichtungseinrichtungen werden gesichert, danach wird die Funkverbindung unterbrochen.

Die Meteorologen liefern mit ihren Daten die Grundlage für die Entscheidung, ob ein Start wetterbedingt verschoben werden muß oder stattfinden kann. Dabei ist zu beachten, daß in den Tropen Wetteränderungen wesentlich rascher und drastischer ausfallen können als im gemäßigten Klima Europas.

Insbesondere Blitze können der Rakete sehr gefährlich werden und dürfen in einem 10 Kilometer-Radius um den Startplatz nicht auftreten. Auch die Windgeschwindigkeit ist zu überwachen, über 10 Meter pro Sekunde ist ein Start nicht zulässig, da

die Rakete dadurch destabilisiert werden könnte. Im Gegensatz dazu ist Regen kein wichtiges Kriterium.

Zur Überwachung des Wetters verfügen die Meteorologen über ein beeindruckendes Instrumentarium. Das Herz ihres Systemes ist ein neues Doppler-Radarsystem, mit dem die Umgebung in einem Radius von 400 Kilometer beobachtet werden kann. Das Blitzortungssystem Safir verfügt über drei Antennen und kann Blitze im Umkreis von 100 Kilometern orten. Die Höhenwinde werden mittels Ballons überwacht.

EF, Quellen: Planet Aerospace, ESA-
Pressemeldungen und Homepage.