



Trägerraketen – Europas Tor zum Weltraum

Launchers –
Europe's Gateway to Space





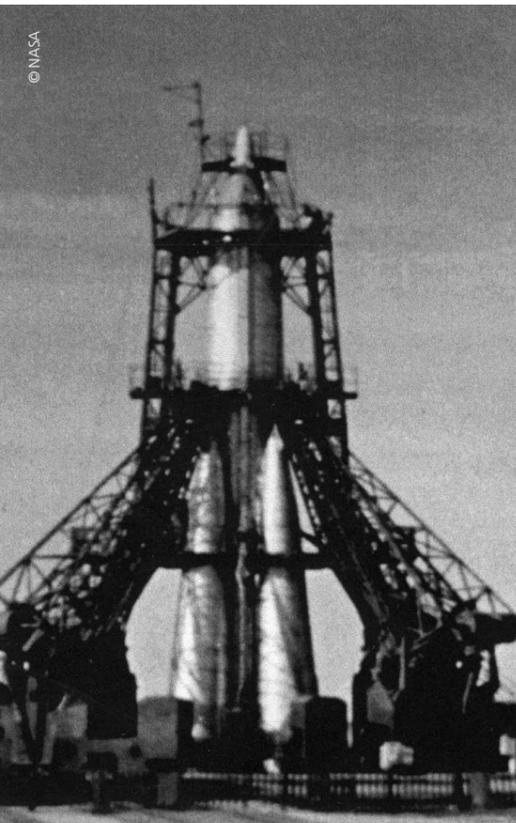
Ariane – Europas Tor zum Weltraum

Ohne Raketen keine Raumfahrt. So einfach ist die Gleichung für alle Weltraumaktivitäten. Trägersysteme verbinden die Erde mit dem All. Sie bringen Mensch und Material in den Weltraum, Forschungs- und kommerzielle Satelliten auf ihre Umlaufbahnen. Nur mit Raketen lässt sich das Universum wissenschaftlich erforschen und wirtschaftlich erschließen. Deshalb bildet der Raumtransport das Fundament der Raumfahrt. Hat ein Staat keinen eigenen Zugang zu Trägerraketen, baut er das „Haus Raumfahrt“ auf keiner soliden Basis: Er kann nicht selbst darüber entscheiden, wann und zu welchen Bedingungen Missionen und Satelliten starten, ist also auf fremde Hilfe angewiesen. Die politische Souveränität dieses Landes ist somit in der Raumfahrt eingeschränkt. Damit das in Europa nicht passieren kann, garantiert das Ariane-Programm diese Unabhängigkeit bereits seit über 40 Jahren. Mit dem aktuellen Modell, der Ariane 5, steht seit dem Ende der 1990er-Jahre ein zuverlässiges, flexibles und leistungsfähiges Raumtransportsystem zur Verfügung, das auch im internationalen Wettbewerb bestehen kann.

Ariane – Europe's Gateway to Space

No rockets, no spaceflight. The equation that applies to all space activities is as simple as that. Launcher systems connect the Earth to space, carrying people and material into space and putting research and commercial satellites into their orbits. Only rockets enable us to explore the universe scientifically and exploit it economically. This is why transport systems form the bedrock condition of all spaceflight. For any state without its own access to carrier rockets, space activities will be 'a house built on sand': its government will be unable to decide autonomously when and under what conditions missions and satellites will take off, but will have to rely on foreign assistance. Therefore, in terms of spaceflight, such a country's political sovereignty will be restricted. To make sure that this does not happen to Europe, the Ariane programme has been guaranteeing Europe's independence for more than 40 years. Available since the end of the 1990s, the current model, Ariane 5, is a reliable, flexible, and efficient space transport system that is capable of holding its own in international competition.





Mit dem „Sputnik-Schock“ begann am 4. Oktober 1957 das Zeitalter der Raumfahrt. Vom russischen Kosmodrom Baikonur startete der kugelförmige, 83,6 Kilogramm schwere Satellit auf einer leicht modifizierten Interkontinentalrakete vom Typ R-7 ins All. Mit an Bord hatte Sputnik 1 ein Thermometer und einen Funksender, der 21 Tage aktiv war und ein Kurzwellensignal ausstrahlte – der Beweis, dass künstliche Objekte im Weltraum geortet werden können, war erbracht.

It was the 'Sputnik shock' that introduced the age of space travel on October 4, 1957. Weighing 83.6 kilograms, the spherical satellite took off for space on a slightly modified R-7 intercontinental rocket from the Russian cosmodrome of Baikonur. On board, Sputnik 1 carried a thermometer and a radio transmitter which remained operational for 21 days, emitting short-wave signals – proof positive that artificial objects can be located in space.

Mit dem Start des sowjetischen Satelliten „Sputnik“ begann am 4. Oktober 1957 das Zeitalter der Raumfahrt. Waren jedoch zunächst nur die Sowjetunion und die Vereinigten Staaten als Raumfahrtnationen aktiv, machte sich auch in Europa schon bald der Wunsch nach einem eigenen „Tor zum Weltraum“ breit. Die zum Teil erfolgreichen Vorstöße einzelner Staaten in diese Richtung waren aber zu teuer, um auf Dauer Bestand zu haben.

Erster Anlauf – die „Europa“-Rakete

Da einzelne Staaten finanziell nicht in der Lage waren, ein eigenes nationales Trägersystem auf die Beine zu stellen, sollte im Verbund der Zugang zum All geschaffen werden. „Europa“ wurden dementsprechend die ersten Bemühungen getauft, in europäischer Kooperation ein Trägersystem zum Erfolg zu führen. „Europa“ scheiterte aber Anfang der 1970er-Jahre: Da viele einzelne Nationen an dem Projekt beteiligt waren und jeder Staat Entscheidungen treffen wollte, fehlte eine ausgewiesene Systemführung. Als Konsequenz aus einer Reihe von Fehlschlägen musste das Vorhaben eingestellt werden. Die in deutsch-französischer Kooperation entwickelten Symphonie-Satelliten – seinerzeit die modernsten Telekommunikationssatelliten weltweit – waren daraufhin auf den Start mit US-amerikanischen Delta-Raketen angewiesen. Allerdings mit der Auflage der US-Regierung, sie nur zur Technologiedemonstration einzusetzen. Eine kommerzielle Nutzung wurde nicht zugelassen, um das US-Monopol für Kommunikationsdienstleistungen zu schützen. Die europäischen Staaten hatten nun erfahren, wie eingeschränkt ihre politische Souveränität ohne eigenen Weltraumzugang war. Sie zogen daraus eine Lehre und beschlossen einen Neuanfang in der Trägerentwicklung. Bereits 1973 gaben die Regierungen Europas grünes Licht für einen neuen Vorstoß unter französischer Systemführung: das Ariane-Programm.

Zweiter Anlauf – das „Ariane“-Programm

Seit ihrem erfolgreichen Erstflug am Heiligabend des Jahres 1979 sichert die Ariane-Rakete den europäischen Zugang zum All. Über die Jahre und stetige Weiterentwicklungen von der Ariane 1 über 2, 3 und 4, bis hin zur aktuell eingesetzten Version 5 hinweg hat sich Europa die Spitzenposition im weltweiten Raumtransport erarbeitet und Standards in Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit gesetzt. Die Zusammenarbeit der europäischen Staaten im Ariane-Programm ist dabei politisch wie ökonomisch ein Kernstück der europäischen Raumfahrt geworden. Nach den Erfolgsgeschichten von Ariane 1 bis Ariane 4 ist heute hauptsächlich die Ariane 5 „Europas Tor zum Weltraum“. Bis die weiteren europäischen Träger Sojus (2011) und Vega (2012) vom Raumflughafen der europäischen Weltraumagentur ESA in Kourou (Französisch-Guyana) aus ihren Betrieb aufgenommen hatten, war die Ariane 5 der einzige Garant für diesen Zugang.

Markt und Kommerzialisierung

Da sich die französische Raumfahrtagentur CNES und die europäische Raumfahrtagentur ESA nicht den kommerziellen Risiken des Marktes aussetzen wollten, wurde 1980 – kurz nach dem Start der ersten Ariane-1-Rakete – das französische Unternehmen Arianespace gegründet. Es übernahm die Aufgabe, Startdienstleistungen der Ariane zu verkaufen und zu organisieren.

Bis ins Jahr 2000 war dieses Unternehmen finanziell sehr erfolgreich. Doch die Situation auf dem Raumfahrttransportsektor hat sich in den letzten Jahren entscheidend geändert – sowohl beim Angebot als auch bei der Nachfrage. Heute verfügen

The era of space travel began when the Soviet Union's Sputnik satellite was launched on October 4, 1957. While only the Soviet Union and the United States were active in space at first, Europe soon began to wish for a 'gateway to space' of its own. Although occasionally successful, the initiatives of individual states that aimed in this direction had been too costly to survive for long.

The first attempt – the 'Europa' rocket

Since individual states were financially incapable of setting up national launcher systems of their own, access to space was to be opened in a joint enterprise. Accordingly, the first endeavours to bring a launcher system to fruition in a European co-operation were christened 'Europa'. However, 'Europa' failed in the early 1970s: because many individual nations were involved in the project and every state wanted to make decisions by itself, there was no credentialled system leadership. Consequently, the project had to be abandoned after a series of failures. Developed in collaboration between Germany and France, the Symphony satellites – the most advanced telecommunications satellites worldwide of their time – became dependent for launching on American Delta rockets. However, the US government demanded that they should be used only as technology demonstrators, ruling out any commercial exploitation in order to protect the American monopoly on communications services. This showed the European states how restricted their political sovereignty was without access to space of their own. Having learnt their lesson, they decided to develop another launcher from scratch. As early as 1973, the governments of Europe gave the go-ahead for a new venture under the system leadership of France – the Ariane programme.

The second attempt – the 'Ariane' programme

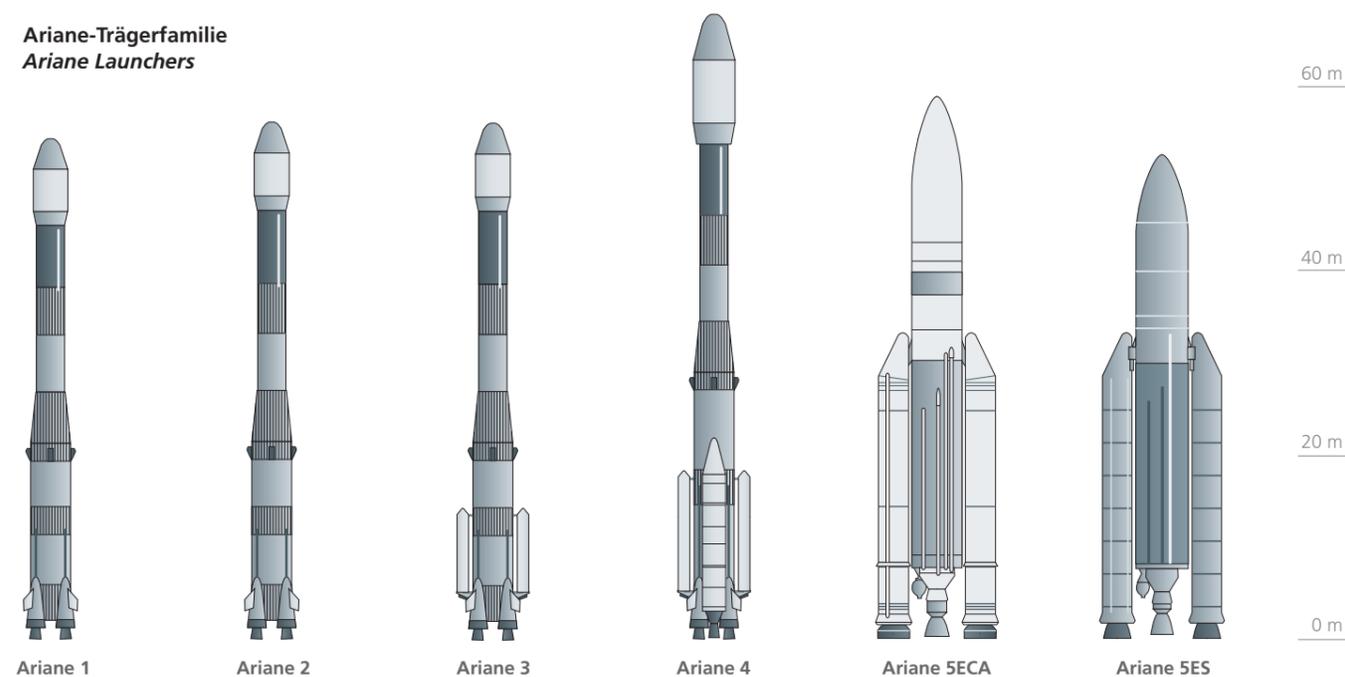
Ever since its successful maiden flight on Christmas Eve in 1979, the Ariane rocket has been securing Europe's access to space. As the years went by and Ariane 1 was followed by versions 2, 3, 4 and the current version 5, Europe gradually conquered for



Die Europa 1-Rakete war die erste einer Serie europäischer Träger aus den 1960er- und 70er-Jahren. Testflüge starteten in Woomera (Australien) ab dem Jahr 1966.

Europa 1 was the first in a series of European launchers in the 1960s and '70s. Test flights were launched from Woomera (Australia) from 1966 onwards.

Ariane-Trägerfamilie Ariane Launchers





Erster Start einer Ariane-Rakete am Weihnachtsabend des Jahres 1979: Die Ariane-1 wurde konstruiert, um Satelliten mit einer Gesamtmasse von 1850 kg in den Orbit zu bringen. Nachdem die Masse der Satelliten in den folgenden Jahren immer weiter anstieg, wurde Ariane-1 von den stärkeren Ariane-2 und -3 abgelöst. Insgesamt starteten zwischen 1979 und 1986 elf Ariane-1-Raketen ins Weltall.

The first launch of an Ariane rocket on Christmas Eve of 1979: Ariane 1 was designed to carry satellites with a mass of 1,850 kilograms into a geostationary transfer orbit. Because the mass of satellites kept increasing in subsequent years, Ariane 1 was replaced by the more powerful versions Ariane 2 and 3. In total, eleven Ariane 1 rockets took off for space between 1979 and 1986.

zahlreiche Staaten über eigene Trägersysteme, um den Bedarf an Startdienstleistungen ihrer eigenen Satellitenprojekte zur Erdbeobachtung, Kommunikation und Navigation zu decken. Gleichzeitig buhlen diese Startanbieter aber auch um Aufträge aus dem lukrativen Geschäft mit kommerziellen Satellitenbetreibern – vor allem im Bereich der Kommunikation.

Zunächst drängten Träger aus Russland („Proton“), der Ukraine („Zenit“) oder China („Langer Marsch“) auf den Markt. Aktuell wird dieser Wettbewerb durch privatwirtschaftlich organisierte, kommerzielle Trägerraketen wie „Falcon 9“ (SpaceX) und „Antares“ (Orbital) zusätzlich angeheizt. Arianespace ist somit wachsender Konkurrenz und einem intensiven Wettbewerb auf dem Weltmarkt ausgesetzt, der den Preisdruck auch künftig weiter steigen lässt. Die in Russland, der Ukraine und in China gefertigten Träger werden dabei nicht nach marktwirtschaftlichen Prinzipien produziert und profitieren von weitaus geringeren Produktionskosten. Sie können daher ihre Startpreise in einem gewissen Rahmen frei gestalten – beziehungsweise stets leicht unter den Preisen der Ariane halten. Diese Situation führte spätestens seit Beginn der Jahrtausendwende zu einem Rückgang der Erlöse aus dem kommerziellen Raumtransport für die Ariane.

Doch wie kann die europäische Rakete trotzdem konkurrenzfähig bleiben? Die Antwort ist recht einfach: Ariane kann mehr Gewicht als andere Träger in den Orbit transportieren. Durch die viel höhere Nutzlastkapazität im Vergleich - zum Beispiel zu Proton oder Zenit - ist sie so in der Lage, zwei Satelliten gleichzeitig zu starten. Der Vorteil dieser Doppelstartfähigkeit: Der halbierte Startpreis für den einzelnen Kunden macht Ariane wieder attraktiv.

Heute: Ariane 5

Die langfristige Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Trägerraketen ist jedoch nicht selbstverständlich. Dynamische Rahmenbedingungen wie ansteigende

itself a leading position in global space transport, setting standards in reliability and performance. In the process, the collaboration of the European states on the Ariane programme became a core element of European space travel politically as well as economically. After the success stories of Ariane 1 through 4, today it is mainly Ariane 5 that constitutes 'Europe's gate to space'. In fact, only Ariane 5 guaranteed Europe's access to space until other European launchers became operational, Soyuz from Kourou (2011) and Vega (2012).

Market and commercialisation

Since the French space agency CNES and the European Space Agency ESA did not want to expose themselves to the commercial risks of the market, the French company Arianespace was founded in 1980, shortly after the take-off of the first Ariane 1 launcher. Its business was to sell and organise launch services involving Ariane. The company remained financially very successful until 2000. In recent years, however, some major changes in the situation of the space transport sector affected both the supply and the demand side. Today, numerous states have launcher systems of their own to meet the demand for launch services for their own satellite projects in Earth observation, communications, and navigation. At the same time, these launch service providers are canvassing for orders in the lucrative business with commercial satellite operators, especially in the communications sector.

The first companies to push their way into the market were from former communist states – Russia ('Proton'), Ukraine ('Zenit'), or China ('Long March'). Currently, this contest is additionally fuelled by commercial launchers from the private sector, such as 'Falcon 9' (SpaceX) and 'Antares' (Orbital). Arianespace is thus exposed to growing aggressive competition on the world market, which will continue to cause more pressure on prices. Moreover, the principles under which launchers are manufactured in Russia, Ukraine, or China are not those of a market economy, and the cost of production is far lower. Thus, these providers are able to choose their prices freely within certain constraints and keep them just a little under those of Ariane. Since the turn of the millennium, if not earlier, this situation has caused Ariane's revenues from commercial space transport to decline.

Ariane – Europas Tor zum Weltraum
Ariane – Europe's Gateway to Space



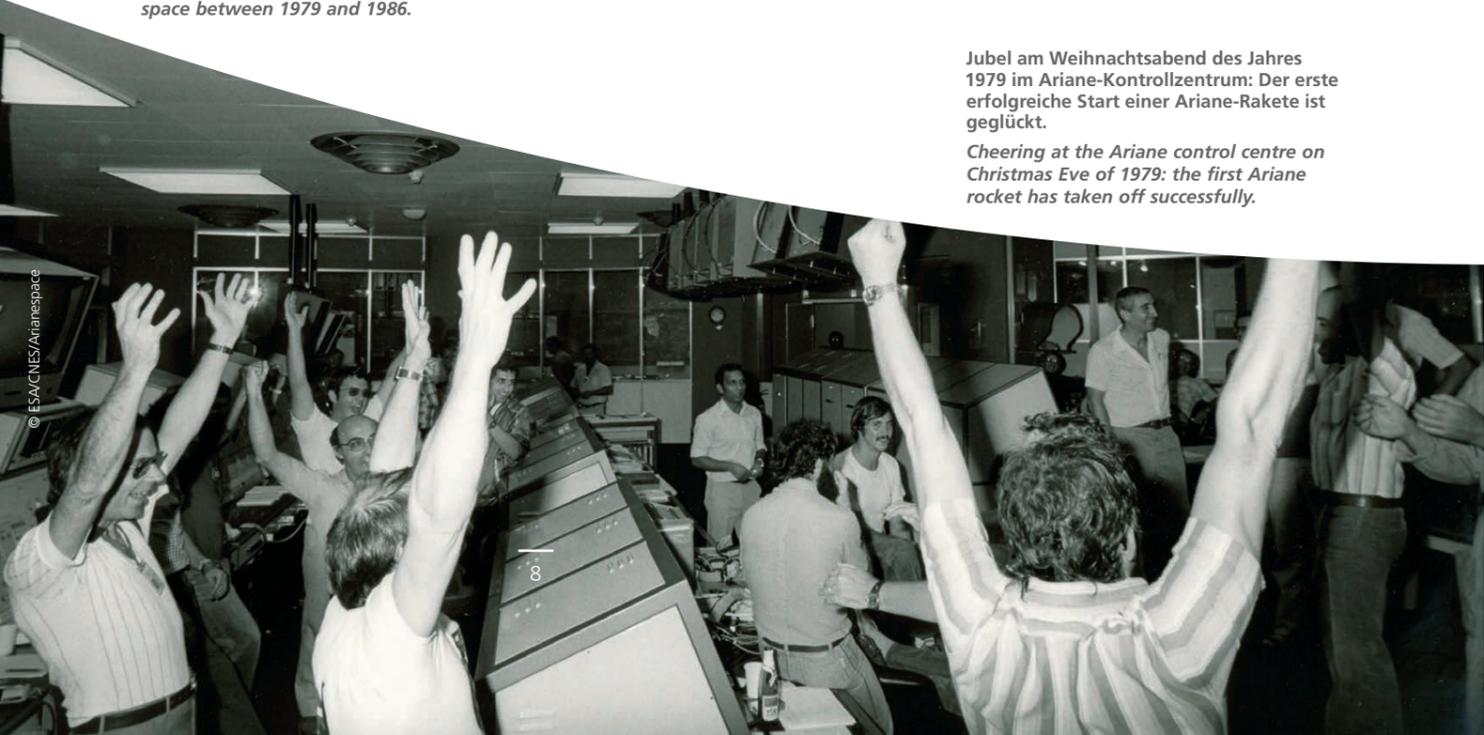
Eine Ariane 44L bereit zum Start in Kourou, Französisch-Guyana. Zusätzlich zu den Haupttriebwerken besaß die 44L vier Flüssigtreibstoffbooster als Zusatztriebwerke.
An Ariane 44L ready for take-off in Kourou, French Guiana. Besides its main engines, the 44L featured four liquid-fuel boosters as additional engines.

Jubel am Weihnachtsabend des Jahres 1979 im Ariane-Kontrollzentrum: Der erste erfolgreiche Start einer Ariane-Rakete ist gelungen.

Cheering at the Ariane control centre on Christmas Eve of 1979: the first Ariane rocket has taken off successfully.

Am 16. Juni 1983 brachte die sechste Ariane 1-Rakete die Kommunikationssatelliten ECS-1 und AMSAT's P3B vom europäischen Weltraumbahnhof in Kourou ins All.

On June 16, 1983, the sixth Ariane 1 rocket transported two communications satellites, ECS-1 and AMSAT's P3B, into space from the European spaceport in Kourou.



© ESA/CNES/Arianespace

© ESA/CNES/Arianespace

Die Proton-Rakete ist ein russischer Schwerlastenträger. Auf ihr starten massive Nutzlasten wie zum Beispiel Raumstationsmodule, geostationäre Satelliten sowie schwere interplanetare Raumsonden – wie in diesem Fall das europäische Gammastrahlen-Observatorium Integral am 17. Oktober 2002.

The Proton rocket is a Russian heavy-lift launcher. It carries massive payloads such as space station modules, geostationary satellites, and heavy interplanetary space probes. In this case, it transports the European Integral gamma-ray observatory on October 17, 2002.



Conveja/ESA

Satellitenmassen oder der Bedarf an flexiblen Einsatzszenarien müssen gemeistert werden. Darum entwickeln die ESA-Mitgliedsstaaten ihre Trägerfamilie stetig weiter. Veränderungen der Ariane 5 orientierten sich am wichtigen, aber hart umkämpften Markt der immer schwerer werdenden Kommunikationssatelliten. Um den bereits mit Ariane 4 eingeschlagenen Weg des Satellitendoppelstarts weiterführen zu können, musste die Leistungsfähigkeit der Rakete schrittweise gesteigert werden. Doch am Tiefpunkt des kommerziellen Raumtransportmarktes im Jahre 2002 schlug der Erstflug der Ariane 5ECA aufgrund eines Problems am Vulcain-2-Haupttriebwerk – ein herber Rückschlag für den europäischen Träger.

Der Absturz hatte weitreichende Konsequenzen: Sowohl die öffentliche, als auch die industrielle Verantwortung wurden neu organisiert. Die ESA erhielt im öffentlichen Sektor auf dem Gebiet der Trägeraktivitäten eine deutlich stärkere Rolle und bei der Industrie wurde EADS Astrium (heute Airbus Defence & Space) zum industriellen Hauptauftragnehmer bestimmt. Im Gegenzug beschlossen die europäischen Staaten das „European Guaranteed Access to Space“-Programm (EGAS), mit dem die zusätzlichen Fixkosten bei der Produktion und dem Betrieb der Rakete gedeckt wurden. So

Die Trägerrakete „Langer Marsch“ ist sehr vielseitig: Sie bringt zum Beispiel Teile des chinesischen „Himmelspalasts“ – der chinesischen Raumstation Tiangong – ins All. Auch bemannte Flüge mit dem Raumschiff Shenzhou werden mit dieser Rakete zur chinesischen Raumstation geschickt. Sie kann aber auch Satelliten auf geostationäre, sonnensynchrone und polare Umlaufbahnen sowie auf Orbits mit mittlerer Bahnneigung transportieren. Gestartet wird sie von drei Weltraumbahnhöfen: dem Kosmodrom Jiuquan in der Gansu-Provinz, dem Kosmodrom Xichang in der Provinz Sichuan und dem Kosmodrom Taiyuan in der Provinz Shanxi.

The 'Long March' rocket is a highly versatile launcher with numerous variants and versions. Thus, for example, it transports components of the Chinese space station Tiangong (Heavenly Palace) into space. It also serves to carry crewed flights of the Shenzhou spaceship to the Chinese space station. However, it is also capable of lifting satellites into geostationary, sun-synchronous, polar, and medium-inclination orbits. It is launched from three cosmodromes: Jiuquan in Gansu Province, Xichang in Sichuan Province, and Taiyuan in Shanxi Province.



Ariane – Europas Tor zum Weltraum
Ariane – Europe's Gateway to Space

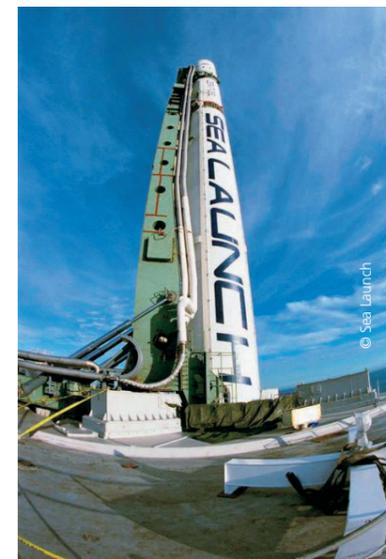
But how can the European rocket remain competitive nevertheless? The answer is quite simple: Ariane can carry greater weights into orbit than other launchers. Its payload capacity, which is far greater than that of Proton or Zenit, for example, enables it to launch two satellites at the same time. The advantage of this dual-payload launch capability is that each customer pays only half the price of a launch, so that Ariane becomes attractive again compared to other launchers.

Today: Ariane 5

However, the long-range competitiveness of Europe's carrier rockets does not come naturally. Dynamic constraints must be mastered, including increasing satellite masses and the demand for flexible mission scenarios. This is why the ESA member states continuously develop their launcher family. Changes made to Ariane 5 were guided by the important but hotly contested market of the increasingly heavy communications satellites. To advance further on the path of dual launches that was begun with Ariane 4,

Start von der umgebauten Bohrplattform „Odyssey“: Nach einer Insolvenz im Jahre 2009 wurde Sea Launch von einer Tochterfirma des russischen RKK Energiya-Konzerns übernommen und vermarktet seit 2011 wieder Raketenstarts vom Pazifik aus in Äquatornähe. Gestartet wird mit Zenit-3SL-Trägerraketen. Es werden dabei Nutzlasten – größtenteils Kommunikationssatelliten – mit einer Masse von bis zu sechs Tonnen in einen Geotransferorbit (GTO) befördert. Von 1999 bis 2014 gab es 36 Starts – 32 davon verliefen erfolgreich.

Take-off from the converted Odyssey oil rig: after its insolvency in 2009, Sea Launch was taken over by a subsidiary of the Russian RKK Energiya group, and since 2011 it has again been marketing rocket starts from the Pacific close to the equator. The rockets carry payloads – mostly communications satellites – weighing up to six tons into a geotransfer orbit (GTO). From 1999 to 2014, 36 launches took place – 32 of them successfully.



© Sea Launch

Was bedeutet „vermarkten“ im Trägergeschäft?

In einem rein privatwirtschaftlichen Unternehmen müssen sämtliche bei der Entwicklung, Produktion und Vermarktung entstandene Kosten durch die Einnahmen aus dem Verkauf des Produkts gedeckt werden. Der verbleibende Überschuss wird als Gewinn verbucht. Für Trägerraketen gilt dieses Prinzip jedoch nicht. Sie sind Europas Tor zum Weltraum. Nur ein gesicherter Zugang zum All garantiert Autonomie bei der Nutzung des Weltraums.

Deswegen haben die europäischen Staaten die Entwicklung der Trägerrakete samt Produktionsanlagen in voller Höhe staatlich finanziert, stellen einen Startplatz mit der entsprechenden Infrastruktur zur Verfügung, unterhalten ein umfassendes Bodensegment und übernehmen notwendige Begleitprogramme, um die Flugqualifikation zu garantieren. Innerhalb dieser Rahmenbedingungen bedeutet die Vermarktung eines Trägersystems allenfalls den Verkauf einer Startdienstleistung zu einem Preis, der die unmittelbar mit Produktion und Betrieb zusammenhängenden Kosten abdeckt. Alle übrigen Kosten werden weiterhin öffentlich finanziert. Der Kunde zahlt letztlich nicht die realen Gesamtkosten, die in einem marktwirtschaftlichen System anfallen würden.

Dieser Ansatz hat aber auch Vorteile für die europäischen Staaten: Die kommerziellen Kunden bezahlen über ihren Mitflug auf den Ariane-Raketen einen wesentlichen Teil der laufenden Kosten im Unterhalt des Trägersystems mit. Sie sorgen für einen vollen Flugplan und somit für eine Auslastung des Systems, die allein durch institutionelle Starts nicht möglich wäre. Nur durch die Buchungen der kommerziellen Kunden können die Trägersysteme in solch großen Stückzahlen hergestellt und betrieben werden, das auch für die institutionellen Nutzer ein bezahlbarer Preis erreicht wird.

wurde die Flexibilität beim Verkauf der Ariane-Träger auf dem Weltmarkt gesteigert. Diese Maßnahmen zeigten Wirkung: Im Jahr 2005 konnte die Ariane 5ECA nach zwei erfolgreichen Demonstrationsflügen für betriebsbereit erklärt werden. Auch heute ist diese bisher stärkste Ariane-5-Konfiguration, die rund zehn Tonnen Nutzlast in die Geostationäre Transferbahn (GTO) bringt und 72 erfolgreiche Flüge gemeistert hat, weiterhin das Rückgrat des europäischen Raumtransports. Zwar konnte Arianespace mit der Ariane 5ECA wichtige Marktanteile zurückerobern. Unter den aktuellen Voraussetzungen lässt sich diese Rakete allerdings auch weiterhin nicht gewinnbringend vermarkten. Darüber hinaus wollen die Kunden zunehmend größere Satellitenmassen in verschiedene Orbits bringen. Das zeigen mittel- und langfristige Markttrends. Um diesen Anforderungen nach mehr Nutzlastkapazität und Flexibilität auch wirtschaftlich gerecht werden zu können, muss die Ariane 5ECA deshalb so schnell wie möglich durch ein Modell ersetzt werden, das für die zukünftigen Herausforderungen besser gerüstet ist. Auf der ESA-Ministerratskonferenz 2008 wurde deshalb die Weiterentwicklung der Ariane 5ECA zur Ariane 5ME (Mid-Life Evolution) beschlossen.

Versorgung der Internationalen Raumstation ISS: Die Antares (links) und die Falcon 9-Rakete der US-amerikanischen Unternehmen Orbital und SpaceX haben nach der Einstellung des Space Shuttle-Programms im Juli 2011 den US-Pflichtteil der ISS-Versorgungsflüge übernommen. Der erste dieser Flüge (CRS-1) brachte am 8. Oktober 2012 eine Dragon-Kapsel mit einer Falcon 9 zur Raumstation. Antares startete am 18. September 2013 mit der Cygnus-Kapsel an Bord zum ersten Mal zur Raumstation.

Carrying supplies to the International Space Station: the Antares (left) and Falcon 9 rockets operated by the American Orbital and SpaceX companies took over the obligatory part of the USA in supply flights to the ISS after the space shuttle programme ended in July 2011. On the first of these flights (CRS1), a Dragon capsule was launched to the space station on a Falcon 9 on October 8, 2012. On September 18, 2013, Antares took off for the space station for the first time, carrying a Cygnus capsule.

the power of the rocket had to be increased step by step. But the commercial space transport market reached its all-time low in 2002 when the maiden flight of Ariane 5ECA failed because of an anomaly of the Vulcain-2 main engine – a painful setback for the European launcher.

The crash had far-reaching consequences: responsibilities were re-organised in the public as well as the industrial sector. In the public sector, ESA was given a markedly more influential role in the field of launcher activities, and EADS Astrium (today: Airbus Defence & Space) was appointed prime contractor on the industry side. In return, member states adopted the European Guaranteed Access to Space (EGAS) programme to cover the additional fixed cost of producing and operating the rocket. All this served to enhance flexibility in selling the Ariane launcher on the world market.

These measures proved effective: in 2005, Ariane 5ECA could be declared operational after two successful demonstration flights. To this day, this most powerful Ariane 5 configuration, which is capable of carrying payloads of around ten tons into a geostationary transfer orbit (GTO) and has mastered 72 flights successfully, continues to form the backbone of European space transport. It is true that Ariane 5ECA enabled Ariane-space to recapture important market shares. However, under the conditions currently prevailing, it is still impossible to market the rocket profitably. Moreover, more and more customers want to put satellites of increasingly greater mass into different orbits, as medium and long-term market trends clearly show. To meet these calls for greater payload capacity and flexibility cost-effectively, Ariane 5ECA must be replaced as quickly as possible by an improved model that is better equipped to meet the challenges of the future. For this reason, the ESA Ministerial Council decided at its 2008 conference to use Ariane 5ECA as a basis to develop the Ariane 5ME (Mid-Life Evolution) version.

What does 'marketing' mean in the launcher business?

In a purely commercial enterprise, the entire cost of developing, producing, and marketing a product must be met by revenues from its sale. Any surplus remaining is booked under profit. However, this principle does not apply to launchers. They are Europe's gateway to space. Only secure access to space can guarantee autonomy in its exploitation.

This is why European governments have funded in full the development of the carrier rocket together with its production facilities and why they provide a launch facility complete with the requisite infrastructure, maintain a comprehensive ground segment, and fund the support programmes required to guarantee flight qualification. Within this setting, marketing a launcher system means barely more than selling a launch service at a price that covers all cost directly related to production and operation. All other expenses continue to come out of the public budget. So, ultimately, customers do not pay the expenses that would arise in a purely market-driven system.

However, this approach is not without advantages for the European states: by sharing a ride on an Ariane rocket, commercial customers pay a material part of the cost of ownership for the maintenance of the launcher system. They ensure that the flight schedule remains full and, consequently, that the capacity of the launcher system is utilised to an extent which would be impossible to achieve if launches were exclusively institutional. It is only the bookings made by commercial customers that enable launcher systems to be produced and operated in numbers large enough to render prices payable even for institutional users.



Trägersysteme und Startanlagen

Die Ariane 5 ist Europas Schwerlasttransporter. Die leistungsfähige Träger- rakete bringt seit dem Ende der 1990er-Jahre schwere Nutzlasten zuverlässig und flexibel ins All. In ihrer aktuellen Version „ECA“ (Erststart im Jahr 2002) kann die Rakete zwei Satelliten mit insgesamt bis zu zehn Tonnen in die geostationäre Transferbahn (GTO) befördern. Seit dem Jahr 2008 transportiert die Ariane-Version „ES“ rund 20 Tonnen in die niedrige Erdumlaufbahn. Mit ihr werden unter anderem die europäischen Automated Transfer Vehicle (ATV)-Versorgungsraumschiffe und die europäischen Navigationssatelliten des „Galileo“-Systems gestartet. Neben dem „Zugpferd“ Ariane stehen seit kurzem noch zwei weitere Trägersysteme „im europäischen Stall“: Seit dem Erststart vom Raumflughafen Kourou (Französisch-Guyana) im Jahr 2011 ergänzt das russische Trägersystem Sojus im mittleren Nutzlastbereich die Ariane. Mit dem Erststart des Kleinträgers Vega im Jahr 2012 ist die „europäische Entourage“ nun komplett. Die Vega ist für den Start kleinerer Nutzlasten in den niedrigen Erdorbit geeignet und damit ideal für institutionelle Missionen zugeschnitten.

Launcher Systems and Launch Sites

Ariane 5 is Europe's heavy-lift rocket. Ever since the late '90s, this powerful launcher has been carrying heavy payloads into space reliably and flexibly. In its current version, ECA (first launched in 2002), the rocket is capable of carrying two satellites with a total mass of up to ten tons into a geostationary transfer orbit (GTO). The European ATV (Automated Transfer Vehicle) supply ships as well as the navigation satellites of the Galileo system are launched on the ES version of Ariane, which is capable of carrying a payload of around 20 tons into a near-Earth orbit. Besides Ariane, the 'carthorse', two more launcher systems have recently been added to the 'European stable': since it first took off from the Kourou spaceport in French Guiana in 2011, the Russian Soyuz launcher system has been complementing the heavy-lift rocket Ariane in the medium payload range. The maiden take-off of the Vega light launcher in 2012 completed the 'European entourage'. Designed to carry minor payloads into a near-Earth orbit, Vega is tailored to fit institutional missions.

Gegenwart

Ariane 5

Die Ariane 5 ist der europäische Schwertransporter. Ihr moderner Aufbau kommt mit wenigen Antriebsselementen aus:

Die kryogene Hauptstufe mit dem Vulcain-Triebwerk: Sie ist 30 Meter lang, hat einen Durchmesser von 5,4 Metern und ein Leergewicht von rund 14 Tonnen – die Hauptstufe der Ariane 5: Die sogenannte „Étage Principal Cryotechnique“ (EPC) ist für die ersten neun Flugminuten bei einer Ariane-Mission zuständig. Sie versorgt das sechs Millionen PS starke Haupttriebwerk „Vulcain-2“ mit 175 Tonnen der flüssigen und tiefkalten (kryogenen) Treibstoffe Sauerstoff (150 Tonnen) und Wasserstoff (25 Tonnen). Das 2 Tonnen schwere, 3,6 Meter hohe und 2,15 Meter durchmessende Herzstück der Ariane-Rakete liefert einen Schub von bis zu 136 Tonnen. Dazu werden die Treibstoffkomponenten per Hochleistungs-Turbopumpen mit bis zu 36.000 Umdrehungen pro Minute in die Brennkammer befördert. Bis zu 320 Kilogramm Treibstoff pro Sekunde verbrennt Vulcain 2 auf dem Flug in den Weltraum. Der einzige Rückstand aus dem Triebwerk ist Wasserdampf. Nach dem Abbrennen und der Stufentrennung fällt die EPC zurück auf die Erde und versinkt im Ozean.

Die Feststoff-Booster: Trotz der über vier Millionen PS des Vulcain-2-Haupttriebwerks würde sich die 780 Tonnen schwere Ariane-5-Rakete nicht vom Fleck bewegen. Zum Abheben reicht der Schub von 136 Tonnen nicht aus. Daher braucht die Hauptstufe tatkräftige Unterstützung von den beiden Feststoffboostern – „Étage d'Accélération à Poudre“ (EAP) – die seitlich an ihr befestigt sind. Während ihrer Brenndauer von 130 Sekunden werden in jedem Booster über 240 Tonnen Treibstoff verbrannt – fast zwei Tonnen pro Sekunde. Die 31,5 Meter langen und 3 Meter durchmessenden Feststoff-Booster liefern 25 Millionen PS und erzeugen zusammen einen Schub von fast 700 Tonnen. Nach dem Ausbrennen fallen die Booster in den Atlantik. Sie werden nur in seltenen Fällen geborgen, um Inspektionen am Material vorzunehmen. Durch den Aufschlag und das Salzwasser werden die Booster sehr in Mitleidenschaft gezogen. Eine Wiederverwendung der geschädigten Booster-Gehäuse wäre daher zu teuer.

The Present

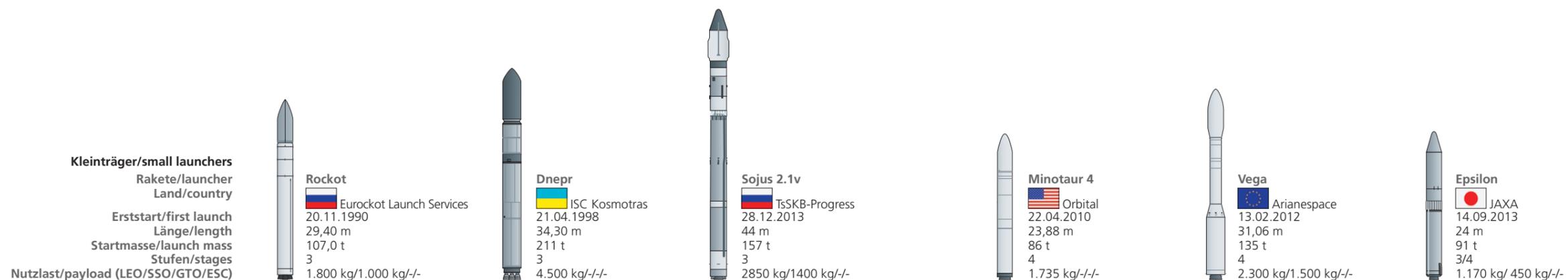
Ariane 5

Ariane 5 is the European heavy-lift rocket. Its modern design requires only few propulsion elements:

The cryogenic main stage with the Vulcain engine: it is 30 metres long, has a diameter of 5.4 metres, and weighs around 14 tons empty – the Ariane 5 main stage. Called 'Étage Principal Cryotechnique' (EPC), it handles the first nine minutes of flight of an Ariane mission. To supply the six-million-horsepower Vulcain 2 main engine, it carries 175 tons of liquid cryogenic propellant consisting of oxygen (150 tons) and hydrogen (25 tons). Weighing two tons and measuring 3.6 metres in height and 2.15 metres in diameter, the heart of the Ariane rocket generates a thrust of up to 136 tons. High-performance turbopumps rotating at up to 36,000 revolutions per minute press the propellant components into the combustion chamber. On its flight to space, Vulcain 2 burns up to 320 kilogrammes of fuel per second, emitting only water vapour. After burn-out, the EPC separates, falls back to Earth, and sinks in the ocean.

The solid-fuel boosters: despite the more than six million horsepower of the Vulcain 2 main engine, it would not move the 780-ton Ariane 5 rocket a single inch; its thrust of 136 tons is not enough for lift-off. Consequently, the main stage must be actively assisted by the two solid-fuel boosters attached to its sides called 'Étage d'Accélération à Poudre' (EAP). During its burn time of 130 seconds, each booster consumes more than 240 tons of fuel – almost two tons per second. Measuring 31.5 metres in length and 3 metres in diameter, the solid-fuel boosters generate over 20 million horsepower, together delivering a thrust of nearly 700 tons. After burn-out, they drop into the Atlantic. They are salvaged on rare occasions in order to inspect the material. The boosters suffer greatly from the impact and the salt water, which is why it would be too expensive to reuse the damaged booster casings.

One upper stage: the raison d'être for any rocket launch is to be found in its upper stage. The 'passengers' shelter under a payload fairing. For spacecraft like satellites,



Eine Oberstufe: Der Grund eines jeden Raketenstarts findet sich in der Oberstufe wieder. Unter der Nutzlastverkleidung – der sogenannten Fairing – sind die „Passagiere“ untergebracht. Für Raumfahrzeuge wie Satelliten, Versorgungsschiffe oder Raumkapseln stehen zwei unterschiedliche Oberstufen der Ariane 5 zur Verfügung: Die zuerst entwickelte „Étage à Propergols Stockables“ (EPS) mit dem bei Airbus Defence & Space in Ottobrunn konstruierten Aestus-Triebwerk für die Ariane 5ES und die heutige Standard-Oberstufe „Étage Supérieur Cryotechnique“ in der Version „A“ (ESC-A) für die Ariane 5ECA. Während die EPS den Vorteil hat, das Triebwerk im Orbit mehrfach zu zünden um ihre Satelliten zu unterschiedlichen Bahnen bringen zu können, liefert die ESC-A deutlich mehr Schub, um die „Passagiere“ im geostationären Orbit auszusetzen.

Vega

In den neunziger Jahren hielt die Miniaturisierung Einzug in den Markt. Satelliten wurden nun kleiner und spezialisierter. Die USA und Russland konnten schnell auf diese Entwicklung reagieren, da sie alte Interkontinentalraketen einfach zu Trägerraketen umbauen konnten. Europa musste in dieser Zeit Flüge vor allem bei den Russen buchen. Eine Lösung musste her, um auf dem Segment der Kleinlastträger Fuß zu fassen. Das Entwicklungsprogramm Vega startete 1998 unter italienischer Führung – allerdings ohne deutsche Beteiligung. Die drei unteren Stufen werden mit Feststoff betrieben, als vierte Stufe und zum Aussetzen der Nutzlast dient ein kleines Triebwerk mit Flüssigtreibstoff, um 300 bis 1.500 Kilogramm in den Orbit zu transportieren. Für die erste Antriebsstufe wird ein Drittel des Ariane-5-Feststoffboosters verwendet. Im Gegensatz zum schweren Edelstahlgehäuse des Ariane-Boosters besteht bei der Vega-Rakete das Gehäuse aus einem leichteren Kohlefaser-Verbundmaterial. Zum Abheben liefert das etwa zwölf Meter hohe und im Durchmesser drei Meter breite Triebwerk P80 eine Leistung von annähernd 10 Millionen PS und mehr als 100 Sekunden einen Schub von etwa 300 Tonnen. Die zweite und dritte Stufe Zefiro 23 und Zefiro 9 sind kleine Feststofftriebwerke des italienischen Herstellers Avio. Zefiro 23 liefert einen maximalen Schub von 120 Tonnen und brennt länger als 80 Sekunden. Zefiro 9 schafft 30 Tonnen im Maximum und ist nach 120 Sekunden ausgebrannt. Beide sind an das bereits erprobte Triebwerk Zefiro-16 angelehnt und wurden den Erfordernissen der Vega angepasst. Auch hier bestehen die Triebwerksgehäuse aus kohlefaserverstärktem Kunststoff. Um die Nutzlasten präzise auf den gewünschten Bahnen auszusetzen, ist

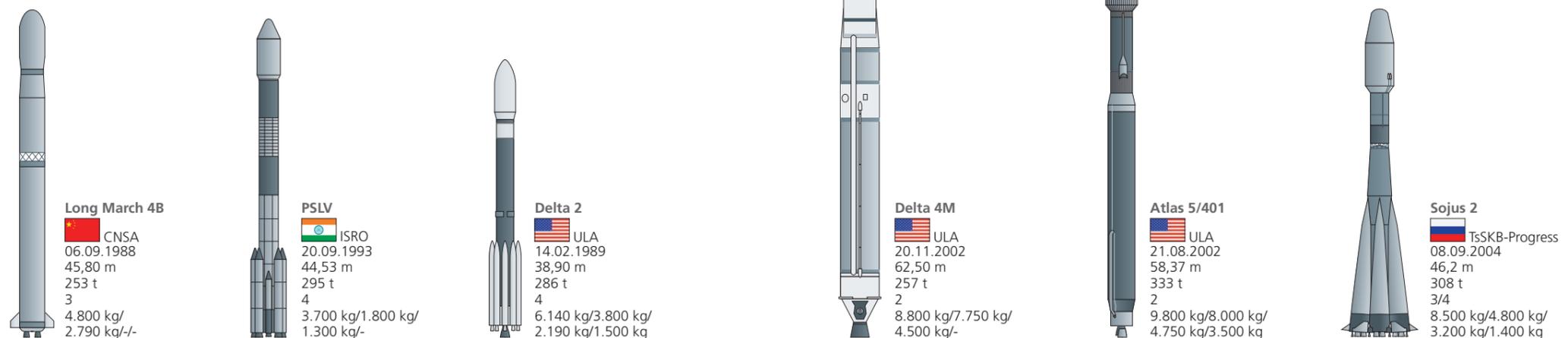
supply ships or space capsules, there are two different upper-stage versions of Ariane 5: developed first, there is the 'Étage à Propergols Stockables' (EPS) equipped with the Aestus engine designed for Ariane 5ES by Airbus Defence & Space of Ottobrunn, and the standard upper stage of today, 'Étage Supérieur Cryotechnique' in the A-version (ESC-A) for the Ariane 5ECA. While the EPS enjoys the advantage of being able to fire its engine several times in orbit so as to carry satellites to different flight paths, the ESC-A generates markedly more thrust to release its 'passengers' in a geostationary orbit.

Vega

The nineties saw the advent of more and more miniaturisation on the market. Satellites became smaller and more specialised. The USA and Russia were able to respond quickly to this development by simply converting old intercontinental rockets into launchers. Europe, on the other hand, had to book all its flights at that time, and did so mainly with the Russians. A solution had to be found for gaining a foothold in the light launcher segment. The Vega development programme began in 1998 under Italian leadership but without German participation. The three lower stages run on solid fuel while the fourth stage is equipped with a small liquid-fuel engine to release its payload of 300 to 1,500 kilogrammes in orbit. To drive the first stage, one third of an Ariane 5 solid-fuel booster is used. Unlike the Ariane booster, which has a heavy stainless-steel casing, the casing of the Vega rocket consists of a comparatively light carbon-fibre composite. For lift-off, the P80 rocket, which is about 12 metres high and 3 metres wide, generates around 10 million horsepower and an average thrust of about 300 tons for more than 100 seconds. The second and third stage, Zefiro 23 and Zefiro 9, consist of small solid-fuel rockets made by the Italian manufacturer Avio. Zefiro 23 delivers a maximum thrust of 120 tons and burns for over 80 seconds. Zefiro 9 generates around 30 tons and burns out after 120 seconds. Derived from the proven Zefiro 16 engine, both have been modified to meet Vega's requirements. Once again, their

Medium-Träger/medium launchers

Rakete/launcher
 Land/country
 Erststart/first launch
 Länge/length
 Startmasse/launch mass
 Stufen/stages
 Nutzlast/payload
 (LEO/SSO/GTO/ESC)



die Vega-Rakete mit einem kleinen Oberstufenmodul ausgerüstet. Das „Attitude und Vernier Upper Module“ (AVUM) kombiniert ein mehrfach wiederzündbares RD-869K Triebwerk aus dem ukrainischen KB Juschnoje mit zwei Gruppen von jeweils drei Kleintriebwerken für die Roll- und Lagestabilisierung. In Zukunft sollen die russischen und ukrainischen Bauteile dieser Oberstufe nach und nach durch Elemente aus ESA-Staaten ersetzt werden. So laufen momentan bereits erste Arbeiten, um statt der momentan verwendeten russischen Tanks solche aus deutscher Produktion zu verwenden.

casings consist of carbon-fibre reinforced plastic. To ensure that payloads are released precisely in their target orbits, the Vega rocket is equipped with a small upper-stage module which comes from Russia. The Attitude and Vernier Upper Module (AVUM) combines a multi-reignitable RD-869K engine from the Ukrainian KB Yuzhnoye with two clusters of three micro-propulsion units each for roll and attitude stabilisation. It is intended to replace the Russian and Ukrainian components of this upper stage with elements from ESA states in the future. At the moment, preliminary work is being done on replacing the Russian tanks currently used with others made in Germany.

Zukunft

Ariane 5ME

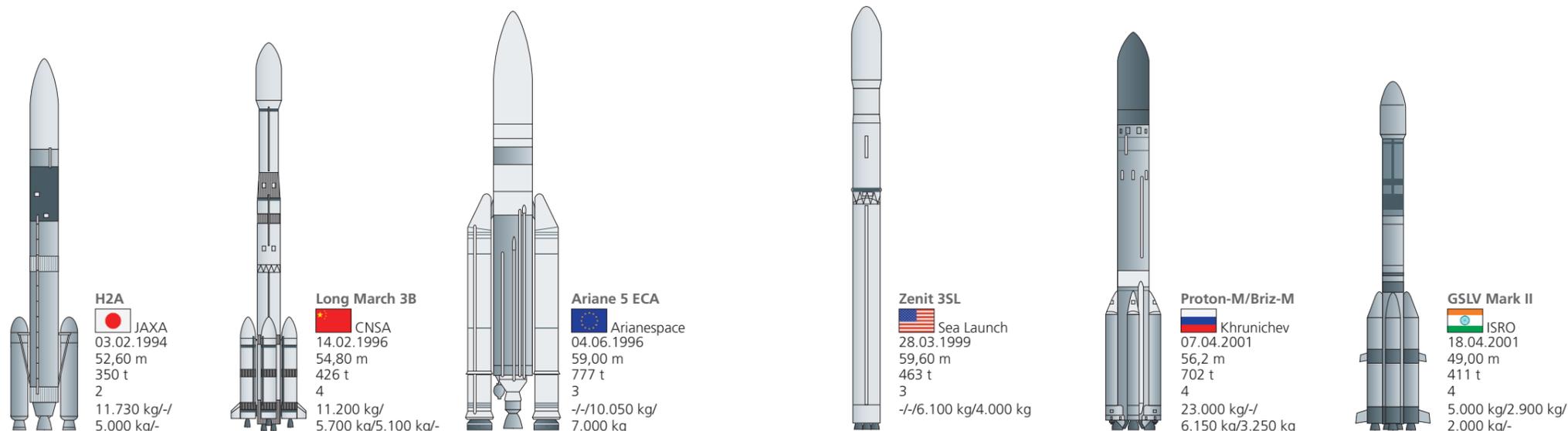
Die langfristige Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Träger ist nicht selbstverständlich. Dynamische Rahmenbedingungen, wie ansteigende Satellitenmassen, der Bedarf an flexibleren Einsatzszenarien oder auch neue Konkurrenzsituationen müssen gemeistert werden. Um sich diesen ändernden Bedingungen anzupassen, verbessern die ESA-Staaten ihre Träger technologisch und ergänzen ihre „Raketenfamilie“ durch Neuentwicklungen. Das geschieht im aktuellen „Ariane 5 Midlife Evolution“-Programms der Europäischen Weltraumorganisation ESA: Die Nutzlastkapazität der Ariane 5 wird um 20 Prozent auf zwölf Tonnen angehoben. Für diese neue Rakete werden die Unterstufe EPC und die beiden Feststoffbooster fast unverändert von der Ariane 5ECA übernommen – jedoch eine vollkommen neue Oberstufe entwickelt: Das vom DLR in Lampoldshausen getestete, neue Vinci-Triebwerk und die Verdoppelung der Treibstoffzuladung stattet die Ariane 5ME mit mehr Leistung und größerer Missionsflexibilität aus. Dank dieser Leistungssteigerung um 20 Prozent kann die Ariane 5ME auch bei stetig wachsendem Startgewicht der Satelliten weiterhin zwei Nutzlasten auf ihre Umlaufbahnen

The Future

Ariane 5ME

The long-term competitiveness of European launch vehicles is not a matter of course. The satellite launch industry changes dynamically: heavier satellites, the demand for more flexible mission scenarios, and new competitors all form part of the challenge to be met. To adjust to these changing conditions, ESA member states are continuously improving their launchers technologically and adding new members to their 'launcher family'. This is what the European Space Agency's 'Ariane 5 Midlife Evolution' programme is all about. The payload capacity of Ariane 5 is being increased by 20 percent to twelve tons. The new vehicle Ariane 5ME will feature an almost unchanged version of the main stage (EPC) and the two solid-fuel boosters – but a completely new upper stage will be developed. The new Vinci engine, tested at the DLR site in Lampoldshausen, and the doubling of the fuel capacity will give Ariane 5ME more thrust and greater mission flexibility. Thanks to its 20 percent additional capacity, Ariane will continue to be able to deliver two payloads into orbit even if launch weights continue to increase.

Schwerlastträger + GTO/
 heavy launchers + GTO
 Rakete/launcher
 Land/country
 Erststart/first launch
 Länge/length
 Startmasse/launch mass
 Stufen/stages
 Nutzlast/payload
 (LEO/SSO/GTO/ESC)



bringen. Die Produktionskosten der Träger können unterdessen konstant gehalten werden. Mit der Ariane 5ME wird die europäische Raumfahrt aber nicht nur wirtschaftlicher. Sie wird auch ökologischer. Die neue Konfiguration kommt gänzlich ohne die giftigen hydrazinbasierten Treibstoffe aus und vermeidet Weltraumschrott durch gezieltes Entfernen der Oberstufe aus dem Orbit nach erfolgreicher Mission.

Der Start des Ariane 5ME-Entwicklungsprogramms wurde auf der Ministerratskonferenz 2008 in Den Haag beschlossen. Seitdem hat sich schon viel getan: Beim DLR in Lampoldshausen wurde der neue „Vinci“-Motor dutzendfach getestet. Die Bauarbeiten für neue Produktions- und Testanlagen haben begonnen. Erste Bauteile der neuen Rakete wurden ausgeliefert. Technologisch, programmatisch und finanziell ist Ariane 5ME damit auf einem hervorragenden Stand und auf einem guten Weg zu ihrem Erststart im Jahr 2018.

Ariane 6

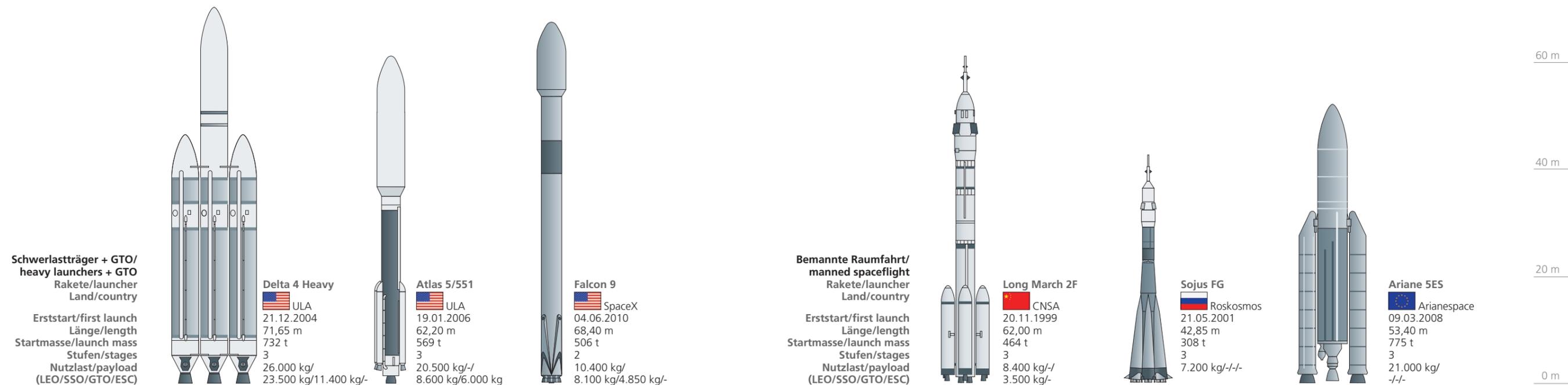
Die Ariane 5 ist auf Satellitenstarts im Doppelpack ausgerichtet. Dieses wirtschaftlich interessante Doppelstartkonzept ist allerdings logistisch aufwändig, da die Bedürfnisse, Anforderungen und Wünsche zweier Kunden erfüllt werden müssen. Wünschenswert ist eine europäische Trägerrakete, die auch im Einzelstartbetrieb kostendeckend wäre. Aktuell sind die Preise für Startdienstleistungen auf dem Weltmarkt aber zu gering, um eine nach den bisherigen Prinzipien und den hohen Qualitätsstandards in Europa gefertigte Trägerrakete im Einzelstart wirtschaftlich betreiben zu können. Hier soll das „Ariane-6“-Programm den Durchbruch bringen. Das Projekt wurde auf der ESA-Ministerratskonferenz 2012 beschlossen. In einer Vorbereitungsphase soll untersucht werden, ob eine neu zu entwickelnde Trägerrakete Potenzial besitzt, auf dem Weltmarkt kostendeckend betrieben zu werden. Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass

At the same time, production costs can be kept constant. But Ariane 5ME will not only make European space activities more efficient from an economic point of view. It will also become greener. The new configuration flies entirely without toxic, hydrazine-based fuels and helps control space debris by the fact that its upper stage is actively de-orbited in a controlled manner after its successful depletion.

The Ariane 5ME development programme was initiated at the 2008 meeting of the ESA Ministerial Council in The Hague. It has come a long way since then: the new Vinci engine has undergone dozens of tests at DLR's Lampoldshausen site. Construction of the new production and testing facility has begun. The first components of the new rocket have been delivered. From a technological, programmatic and financial point of view, Ariane 5ME is in excellent shape and well under way for its first scheduled launch in 2018.

Ariane 6

Ariane 5 is designed for 'twin-pack' satellite launches. This dual launch concept, economically attractive though it may be, is rather demanding from a logistics point of view since it needs to satisfy the needs, requirements and specifications of two customers. It would therefore be desirable to have a European launcher that could cover its costs on single-payload missions. Currently, however, the prices charged for launch services on the world market are too low to justify operating a European-built launcher that meets the current European criteria and quality standards in a single-launch mode. The breakthrough is expected to be achieved by the 'Ariane-6'-programme. The project was adopted at the 2012 conference of the ESA Ministerial Council. In a preparatory phase, experts will work out whether the new rocket has the potential of being operated cost-effectively on the world market. Numerous studies have shown that



für einen wirtschaftlich erfolgreichen Einzelbetrieb die Startkosten pro Rakete um mehr als Faktor zwei gesenkt werden müssten – ein überaus ambitioniertes Vorhaben. Ob diese Ziele des Ariane 6-Projekts jedoch erreichbar sind und – wenn ja – wie die europäische Raumfahrtindustrie sich anpassen müsste, wird gerade untersucht. Doch hierfür braucht der Ariane 6-Entscheidungsprozess ausreichend Spielraum und Zeit, um alle technischen, wirtschaftlichen und raumfahrtpolitischen Randbedingungen zu berücksichtigen. So könnte mit Ariane 6 am Ende dieses langen Weges ein zukunftsfähiges Produkt entstehen, dem vielleicht einmal ebenso viel Vertrauen wie der Ariane 5 geschenkt wird.

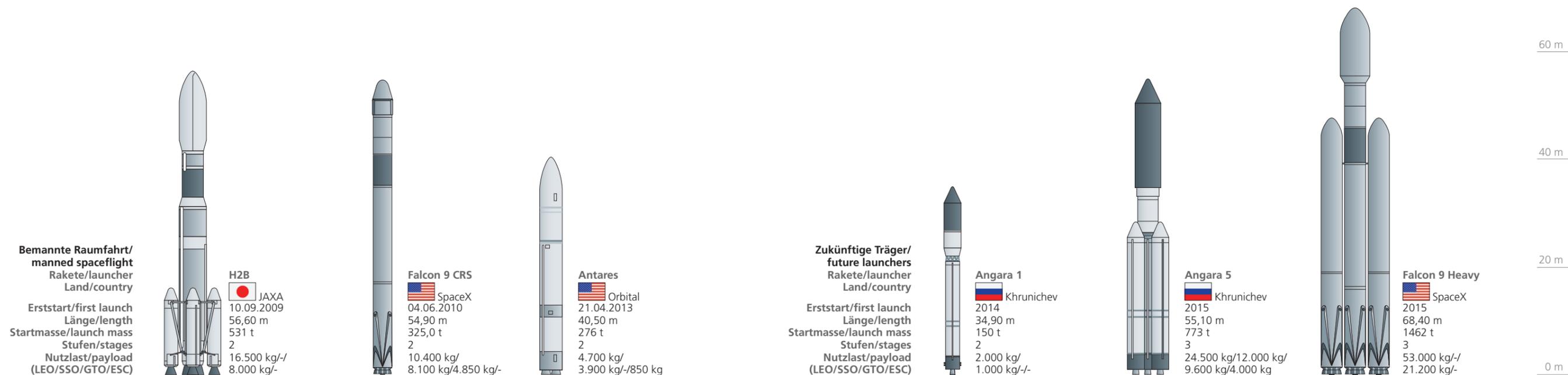
Kourou

Unter Palmen auf einem rund 15 Kilometer breiten Küstenstreifen zwischen den Städten Kourou und Sinnamary in Französisch-Guyana liegt eine der leistungsfähigsten Raketenstartbasen der Welt – der europäische Weltraumbahnhof Centre Spatial Guyanais (CSG). Das CSG ist einer der am günstigsten gelegenen Startplätze der Welt: Die 690 Quadratkilometer große Anlage ist nur 500 Kilometer vom Äquator entfernt (5°14' nördliche Breite), so dass die Erdrotation einer von dort aus startenden Rakete eine fast maximale Geschwindigkeit verleiht – ein Plus von 460 Metern pro Sekunde. Dank dieser hervorragenden Lage kann zum Beispiel die Sojus 600 Kilogramm mehr Nutzlast beim Flug in den GTO mitnehmen als von ihrem Startplatz im kasachischen Baikonur. Zudem ist in Französisch-Guyana die Wahrscheinlichkeit von Naturkatastrophen sehr gering: Tropische Wirbelstürme, Erdbeben oder Vulkanismus gibt es dort eigentlich nicht. Seit dem Erststart einer Ariane-Rakete am Weihnachtsabend des Jahres 1979 ist CSG ein unverzichtbarer Teil für „Europas Tor zum Weltraum“. Neben dem Schwerlastträger Ariane starten heute die für mittlere Nutzlasten ausgelegte, russische Sojus

the launch costs per rocket would have to be lowered by a factor of two – an extremely ambitious goal to pursue. Whether or not the objectives of the Ariane 6 programme can be met, and, if so, how the European space industry would have to adapt, is currently being investigated. But to make all this work, the decision-making process needs time to take into account all technical, economic and political factors involved. Ariane 6 may eventually emerge from this long process as a viable product that one day may receive the same amount of trust as Ariane 5 does now.

Kourou

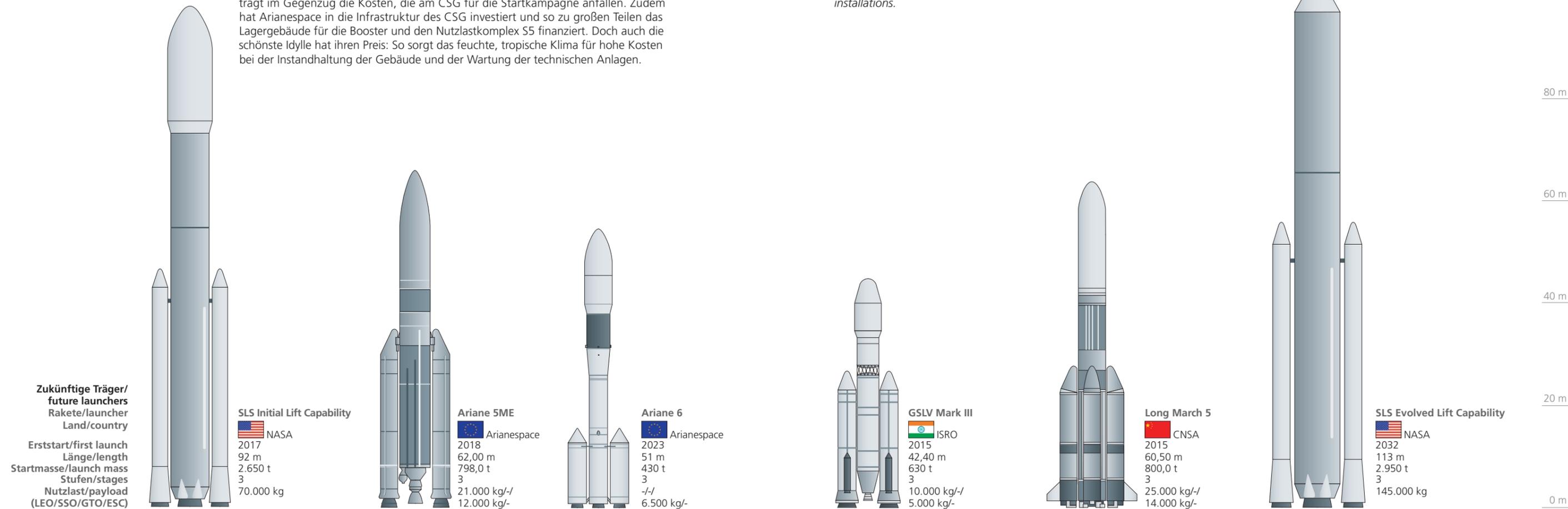
Situated under palm trees on a 15-kilometre wide stretch of coast between the towns of Kourou and Sinnamary in French-Guiana lies one of the world's most efficient rocket launch facilities – Europe's own spaceport Centre Spatial Guyanais (CSG). CSG is one of the best-situated launch facilities in geographic terms. The 650 square-kilometre premises are only 500 kilometres away from the equator. (5°14' northern latitude), thus allowing the Earth's rotation to give rockets nearly the maximum possible speed – the extra 'push' amounting to 460 metres per second. Thanks to this excellent situation, a Soyuz launched from here, for instance, is capable of delivering 600 more kilograms in payload to a GTO than one launched from Baikonur in Kazakhstan. Moreover, the likelihood of a natural catastrophe in French-Guiana is low. Tropical hurricanes, earthquakes, or volcano eruptions seldom or never occur. Ever since the first Ariane was launched on Christmas Eve of 1979, CSG has been an indispensable part of 'Europe's gateway to space'. In addition to Ariane, the heavy-lift launcher, Russian Soyuz vehicles which are designed for medium-sized payloads, and Vega, the small launcher designed by ESA members, have been lifting off into space from French-Guiana. With three



sowie der innerhalb der ESA entwickelte Kleinlastträger Vega von Französisch-Guyana in den Weltraum. Mit den drei Startplätzen und einem erhöhten „Flugaufkommen“ kann es am CSG schon mal eng werden. Um weiterhin flexibel zu bleiben, wird eine neue Betankungsanlage für die Sojus-Oberstufe gebaut und so der Bereich der Starteinrichtungen vergrößert.

Insgesamt sind fast 1.700 Personen am CSG beschäftigt. Hauptakteure auf der Startbasis sind die französische Raumfahrtbehörde CNES und die Firma Arianespace. Sie sind für die Betriebsbereitschaft des Zentrums und die Startkampagnen direkt verantwortlich. Daneben spielt die ESA als Hauptfinancier der CSG-Betriebs- und -Investitionskosten eine wesentliche Rolle: Die europäische Weltraumagentur finanziert die für den Start notwendige Infrastruktur und ist dadurch Eigentümer aller Start- und Produktionsanlagen auf dem CSG-Gelände. Die jährlichen Betriebskosten des Startzentrums liegen bei etwa 125 Millionen Euro, von denen zwei Drittel die ESA und ein Drittel Frankreich finanziert. Deutschland beteiligt sich an dem ESA-Anteil mit etwa 16 Millionen Euro pro Jahr. Arianespace vermarktet die Startdienstleistungen für die Ariane-5, Sojus- und Vega-Trägerraketen. Das Unternehmen nutzt dabei die Startanlagen und trägt im Gegenzug die Kosten, die am CSG für die Startkampagne anfallen. Zudem hat Arianespace in die Infrastruktur des CSG investiert und so zu großen Teilen das Lagergebäude für die Booster und den Nutzlastkomplex S5 finanziert. Doch auch die schönste Idylle hat ihren Preis: So sorgt das feuchte, tropische Klima für hohe Kosten bei der Instandhaltung der Gebäude und der Wartung der technischen Anlagen.

launchpads and an increasingly busy 'traffic load', things can get rather tight at times. To ease the situation and to stay flexible, a new fuelling facility for the Soyuz upper stage is currently being built as an extension to the current launch area. The total headcount of CSG is nearly 1,700. The biggest players at the launch base are the French space agency CNES and Arianespace. It is their direct responsibility to keep the facility operational and to run the launch campaigns. The other essential role is played by ESA as the main financier of CSG's operating and investment expenditure. The European Space Agency funds all the infrastructure required for a launch, and is thus the owner of all launch and production equipment on the premises. The annual operating cost of the launch facility is around 125 million euros, two thirds of which are paid by ESA and one third contributed by France. Germany's share in the ESA funding is around 16 million euros per annum. Arianespace sells launch services for Ariane-5, Soyuz and Vega launchers. The company uses the launch facilities and in return pays CSG for the cost of each launch campaign. Arianespace, too, has made an investment into the CSG infrastructure, having paid for a major part of the booster engines storage building and the S5 payload complex. But even the most idyllic location comes with a price: the humid tropical climate causes high maintenance costs, both for the buildings and for the technical installations.



Chateau d'Eau:
Wasserturm für das Schall-
unterdrückungssystem
Water tower for sound
suppression system

Centrale de Climatisation:
Klimatisierungszentrale
Air-conditioning centre

Blitzschutzsystem
Lightning protection system

ZL3 (Zone de Lancement 3):
Ariane-Startplatz
Ariane launch site

**Ariane-Starttisch auf dem
Weg zum Startplatz**
Ariane launch table on its
way to the launchsite

Stockage LOX:
Lager für Flüssigsauerstoff
Storage for liquid oxygen

**BAF (Bâtiment
d'Assemblage Final):**
Endmontagegebäude
Final assembly building

**BIL (Bâtiment
d'Intégration Lanceur):**
Träger-Integrationsgebäude
Launcher integration building

CDL3 (Centre de Lancement 3)
Startkontrollzentrum 3
Launch control centre 3

Stockage LH2:
Lager für Flüssigwasserstoff
Storage for liquid hydrogen

Technologie und Orbit

Für uns Menschen auf der Erde ist die Anziehungskraft ein Segen: Ohne sie wäre das Leben auf der Erde nicht möglich. Sie hält uns und alle Gegenstände am Boden. Das gilt allerdings auch für Raketen. Um diese Anziehungskraft unserer Erde zu überwinden und beispielsweise einen Satelliten zu starten, braucht man viel Schubkraft. Die Ariane, der europäische Schwertransporter, wiegt insgesamt rund 780 Tonnen. Das bedeutet, dass sie mit einem Gewicht von 156 afrikanischen Elefanten oder 709 Kleinwagen auf unsere Erde gedrückt wird. Der Satellit macht allerdings nur rund zehn Prozent der Masse einer Ariane-5-Rakete aus – also zwischen acht und zehn Tonnen. Um diese gewaltige Masse in den Weltraum zu befördern braucht man viel Treibstoff – über 85 Prozent der Masse einer Ariane-5-Rakete – und eine gewaltige, kontrollierte Explosion. Sie läuft im Herzstück einer Rakete ab – dem Antrieb. Hier werden die beiden flüssigen Treibstoffkomponenten in einem ganz bestimmten Mischungsverhältnis zusammengeführt und gezündet. Zusammen mit den beiden Feststoffboostern reicht der Schub dann aus, um die Erdanziehungskraft zu überwinden und eine Geschwindigkeit von 7,8 Kilometern pro Sekunde zu erreichen. Sie ist notwendig, um in eine stabile Erdumlaufbahn zu kommen.

Technology and Orbit

To us humans who live on Earth, gravitation is a blessing: without it, life on our planet would be impossible. It keeps us as well as all objects on the ground. It also keeps rockets on the ground – unfortunately. To overcome the attraction of our Earth in order to launch a satellite, for example, a great deal of thrust is needed. The total weight of the European heavy-lift rocket amounts to around 780 tons. This means that the weight with which it presses on the ground equals that of 156 African elephants or 709 sub-compact cars. However, the satellite accounts for no more than about ten per cent of the mass of an Ariane 5 rocket – between eight and ten tons. To haul this enormous mass into space, a lot of fuel is needed – more than 85 per cent of the mass of an Ariane 5 rocket – as well as a violent controlled explosion. This happens in the heart of the rocket, its propulsion unit, where the two liquid fuel components are brought together in a specific mixing ratio and ignited. Together with the two solid-fuel boosters, this generates sufficient thrust to overcome the Earth's gravity and reach a velocity of 7.8 kilometres per second, which is necessary to arrive in a stable orbit around Earth.

200 km

100 km

70 km



Raketenantrieb

Damit die Raketen solche hohen Geschwindigkeiten erreichen, nutzen sie das sogenannte Rückstoß-Prinzip. Schon Sir Isaac Newton hatte im Jahre 1687 erkannt, warum Raketen 270 Jahre später vom Boden abheben können und seine Gedanken im dritten Newtonschen Gesetz niedergeschrieben: „Kräfte treten immer paarweise auf. Übt ein Körper A auf einen anderen Körper B eine Kraft aus (actio), so wirkt eine gleich große, aber entgegen gerichtete Kraft von Körper B auf Körper A (reactio).“ Kurz gesagt: Auf jede Aktion folgt eine Reaktion mit gleich großer Wirkung in die Gegenrichtung. Genau so funktioniert ein Raketenantrieb: Die Verbrennungsgase strömen durch die Düse gebündelt in eine Richtung, so dass die Rakete in die Gegenrichtung abhebt. Je schneller die Gase ausströmen und je mehr Treibstoff verbrennt, desto schneller bewegt sich die Rakete.

Da laufend Treibstoff verbrannt und die Rakete somit leichter wird, nimmt während des Fluges nicht nur die Geschwindigkeit, sondern auch die Beschleunigung zu. Dieses Prinzip erkannte als erster Konstantin Ziolkowski – ein Wegbereiter der Raumfahrt und Begründer der modernen Kosmonautik. Er formulierte die grundlegende Gesetzmäßigkeit in der nach ihm benannten Raketengrundgleichung: Die Endgeschwindigkeit einer Rakete hängt von der Ausströmgeschwindigkeit der Verbrennungsgase und dem Verhältnis aus Startmasse und Restmasse der Rakete nach Brennschluss ab. Um eine so schwere Last wie einen Satelliten mit mehreren Tonnen Gewicht auf die benötigten Geschwindigkeiten zu beschleunigen, nutzen alle heutigen Raketen mehrere Stufen.

Raketen setzen ihre Nutzlast in unterschiedlichen Umlaufbahnen – den sogenannten Orbits – aus. Dafür müssen die Raketentriebwerke in ganz bestimmten Zeitabständen gezündet werden. Beim Start einer Ariane 5ECA zündet zunächst das Hauptstufentriebwerk Vulcain 2. Nach sieben Sekunden unterstützen es die beiden Feststoffbooster und die Rakete hebt langsam vom Boden ab. Nach ein wenig mehr als zwei Minuten sind die Booster ausgebrannt und werden abgeworfen. Eine Minute später wird auch die Nutzlastverkleidung abgeworfen. Fünfeinhalb Minuten später ist der Treibstoff der ersten Stufe verbrannt und auch sie wird abgeworfen und fällt zur Erde zurück. Vier Sekunden später zündet das Oberstufentriebwerk HM-7B. 15 Minuten später hat auch die Oberstufe ihre Arbeit beendet und die Nutzlasten werden in ihre Umlaufbahn entlassen. Zuerst der obere der beiden Satelliten, und nach dem Abwurf der SYLDA fünf Minuten später, auch der untere Satellit: rund 35 Minuten nach dem Lift-Off ist damit die Arbeit der Ariane 5 beendet.

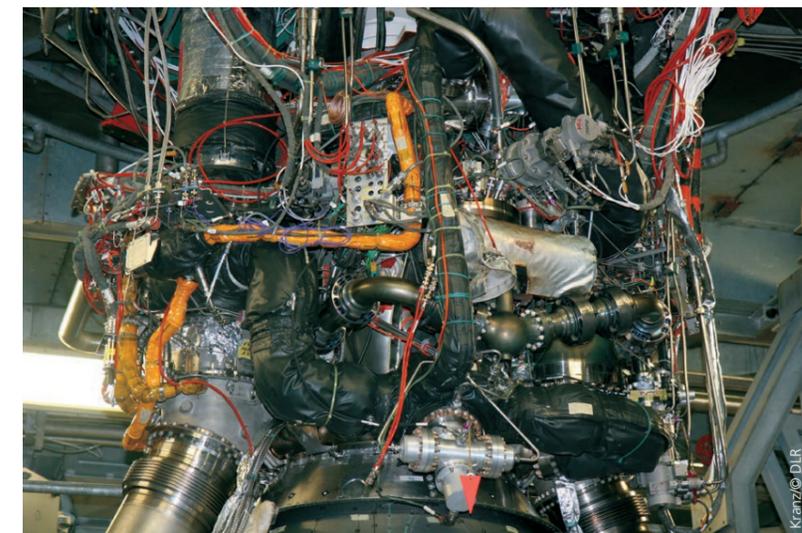
Rockets release their payloads in a variety of orbits. For that purpose, their engines must be fired at highly specific intervals. When an Ariane 5ECA takes off, the Vulcain 2 main engine of the first stage is ignited first. After seven seconds, it is assisted by the two solid-fuel boosters, and the rocket slowly lifts off the ground. After a little more than two minutes, the boosters are spent and jettisoned. One minute later, the payload fairing is jettisoned as well. Another five and a half minutes later, the first stage, having exhausted its fuel, is dropped as well and falls back to Earth. Four seconds after that, the HM-7B engine of the upper stage is ignited. Around 15 minutes later, the upper stage has finished its work and the payloads are released into their orbits. First, the satellite in the upper position, and five minutes later, the separation of the SYLDA, the satellite in the lower position is released: about 35 minutes after lift-off, Ariane 5 has finished its work.



Rocket Propulsion

To reach such high velocities, rockets use what is called the reaction principle. Sir Isaac Newton predicted as early as 1687 how, some 270 years later, rockets would be able to lift off the ground. He noted down his insights in his third law: 'Forces always occur in pairs. When one body A exerts a force on a second body B (action), the second body simultaneously exerts a force equal in magnitude and opposite in direction on the first body (reaction).' Briefly, this means that every action is followed by a reaction of equal size in the opposite direction. This is exactly how a rocket engine works: focused by a nozzle, combustion gases flow in one direction so that the rocket lifts off in the opposite direction. The faster the gases flow, and the more fuel is burned, the faster the rocket will move.

The fact that fuel is continuously being burned, which diminishes the weight of the rocket, means that not only its velocity but also its acceleration will increase during the flight. The first to identify this principle was Konstantin Tsiolkovsky, a spaceflight pioneer and one of the founders of modern cosmonautics. It was him who formulated this fundamental law in the rocket equation that was named after him: the final velocity of a rocket depends on the exhaust velocity of the combustion gases and the ratio between the rocket's take-off mass and its residual mass after burn-out. To accelerate a heavy load like a satellite weighing several tons to the requisite velocity, all present-day rockets use several stages. Once one stage has burned all its fuel, the now useless propulsion unit and the burned-out structural parts are dropped one by one in order



Herzstück der Ariane 5ME wird das Vinci-Oberstufentriebwerk sein. Der im Auftrag der ESA entwickelte Antrieb wird am Teststand P4.1 des DLR in Lampoldshausen getestet.

The Vinci upper-stage engine will be the heart of the Ariane 5ME. Developed by order of ESA, the engine is currently being tested at the P4.1 stand of the DLR Lampoldshausen facility.

Vinci-Triebwerk

Für die leistungsstärkere Ariane-5ME wird eine neue Oberstufe mit dem wiederzündbaren Vinci-Triebwerk entwickelt. Vinci arbeitet mit tiefkaltem (kryogenem) Wasserstoff (LH₂: Liquid Hydrogen bei -253°C) als Brennstoff und tiefkaltem Sauerstoff (LOX: Liquid Oxygen bei -180°C) als Oxidator nach dem sog. Expander Cycle: Zuerst umströmt der Treibstoff die Brennkammer, kühlt sie herunter und verdampft dabei. Die entstehenden Gase werden als Antriebsmedium für die Treibstoffpumpen genutzt und anschließend zusammen mit dem Oxidator in die Brennkammer geleitet. Das im Auftrag der ESA entwickelte Triebwerk wird zurzeit am Teststand P4.1 des DLR Lampoldshausen getestet.

The Vinci engine

For the more powerful Ariane version 5ME, a new upper stage equipped with the re-ignitable Vinci engine is being developed at present. Vinci uses cryogenic hydrogen (LH₂: liquid hydrogen at -250°C) as fuel and cryogenic oxygen (LOX: liquid oxygen at -180°C) as oxidiser in a so-called expander cycle: first, the fuel flows around the combustion chamber, cooling it and evaporating in the process. The gas thus generated is used to power the fuel pumps and then piped into the combustion chamber together with the oxidiser. Developed by order of ESA, the engine is currently being tested at stand P4.1 at the DLR Lampoldshausen facility.

Ist der Treibstoff einer solchen Stufe ausgebrannt, werden das ausgediente Antriebssystem und die leergebrannten Strukturteile nach und nach abgeworfen, um die weiter zu beschleunigende Masse der Rakete zu senken. Heutige Trägerraketen haben meist zwei oder drei, manchmal vier Stufen. Oft werden zusätzlich an der Zentralstufe sogenannte Feststoff-Booster angebracht, die während des Starts für den notwendigen Schub sorgen. Schon nach wenigen Minuten sind die Booster ausgebrannt und werden abgeworfen.

Antriebskonzepte

Der Antrieb ist das Herzstück einer Rakete. Es gibt mehrere Gruppen und viele Varianten. Alle heutigen großen Träger benutzen jedoch chemische Raketentriebwerke: In einer Brennkammer werden Treibstoff und Oxidator bei sehr hohen Temperaturen verbrannt. Die dabei unter hohem Druck entstandenen Gase verlassen durch eine speziell geformte Austrittsöffnung (Düse) die Brennkammer und erzeugen somit die Schubkraft nach dem Rückstoßprinzip. Da alle dafür notwendigen „Zutaten“ mitgeführt werden, kann der Raketenantrieb auch im Vakuum arbeiten. Es gibt drei Formen von chemischen Antrieben:

Flüssiger Raketenantrieb

Der flüssige Raketenantrieb wird am häufigsten verwendet. Die unterschiedlichen, teils tiefkalten Treibstoffelemente wie Wasserstoff (Brennstoff) und Sauerstoff (Oxidator) werden in der Raketenstufe in unterschiedlichen Tanks gelagert. Leistungsstarke Turbopumpen, die zum Beispiel über Gasturbinen angetrieben werden, pumpen beide Stoffe zum Antrieb. Wie sie sich dort miteinander in einem ganz speziellen Verhältnis vermischen, ist sehr kompliziert: Beim Vulcain-2-Antrieb der Ariane-5-Rakete bilden 566 kleine Einspritzelemente, die in eine Metallplatte geschraubt werden, darauf sitzende Hülsen mit jeweils 144 kleinen Löchern sowie eine weitere Metallplatte, die den Raum abschließt, den sogenannten Einspritzkopf. Er sitzt auf einem großen Behälter – der sogenannten Brennkammer. Diese Kammer hat eine innere und eine äußere Wand. Durch ganz viele kleine Schlitze im oberen Bereich strömt der Wasserstoff erst in diesen kleinen Hohlraum zwischen der inneren und der äußeren Brennkammerwand, danach durch die 144 kleinen Löcher der 566 Hülsen in einen winzigen Hohlraum zwischen Hülse und Einspritzelement und von hier aus durch viele kleine Schlitze in die Brennkammer selbst. Dort angekommen vermischt sich der Wasserstoff mit dem Sauerstoff, der aus den 566 Einspritzelementen des Einspritzkopfes strömt, in einem ganz speziellen Verhältnis. In der Mitte dieses Raums verläuft die Zündleitung, die die kontrollierte Explosion auslöst. Die Brennkammer muss während eines Raketenfluges viel aushalten: Hier herrschen ein gewaltiger Druck und eine enorme Hitze. Damit die Kammer durch die mehrere Tausend Grad heißen Gase nicht sofort schmilzt, muss sie gekühlt werden. Ein verbreitetes Verfahren ist die aktive Kühlung, in der der Wasserstoff zwischen den



Die Oberstufe der Ariane 5ES wird von einem Aestus-Triebwerk angetrieben. Es zündet insgesamt dreimal, um die europäischen Raumfrachter ATV auf Kurs zu bringen.
The upper stage of the Ariane 5ES is powered by an Aestus engine. It fires a total of three times to set the European space freighter ATV on its proper course.

to reduce the mass of the rocket which must be accelerated further. Most of today's launchers have two stages, some have three or four. Often, the first stage is fitted with so-called solid-fuel boosters to provide additional thrust during take-off. These boosters burn out after only a few minutes, after which they are jettisoned.

Propulsion Concepts

The propulsion system forms the heart of a rocket. There are several groups and many variants. However, all the big launchers of today use chemical rocket engines: a fuel and an oxidiser are burned in a combustion chamber at very high temperatures. The gases thus produced leave the combustion chamber at high pressure through a specially-shaped outlet aperture (nozzle), thus generating thrust in conformance with the reaction principle. As all requisite 'ingredients' are carried on board, a rocket engine will also work in a vacuum. There are three forms of chemical drives:

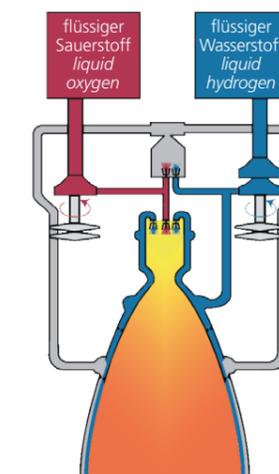
Liquid-fuel rocket engines

Liquid-fuel rocket engines are the most common. Various fuel elements, some of them cryogenic, such as hydrogen (fuel) and oxygen (oxidiser), are stored in separate tanks within the rocket stage. High-performance turbo pumps powered, for example, by gas turbines, propel both these substances towards the engine. The method by which they are mixed there in a very special ratio is highly complicated: the Vulcain 2 engine of the Ariane 5 rocket features an injection head consisting of 566 small injection elements screwed into a metal plate and topped with sleeves featuring 144 small holes, the space being sealed by a metal plate. The head sits on top of a large container, the so-called combustion chamber. This chamber has an inner and an outer wall. At first, hydrogen flows through a great many of small slits in the upper part into the narrow space between the inner and the outer wall of the combustion chamber, after which it passes through the 144 small holes in the 566 sleeves into a tiny cavity between the shell and the injection element and on into the combustion chamber itself through many small slits. There, the hydrogen blends in a very special ratio with the oxygen which enters through the 566 injection elements of the injection head. At the centre of the interior space, an ignition line triggers the controlled explosion. During the flight of a rocket, its combustion chamber is severely challenged: it must withstand gigantic pressure and enormous heat. To protect the chamber from being melted down immediately by the multi-thousand-degree gas, it needs to be cooled.

One common method is active cooling, meaning that the hydrogen flows between the two walls of the combustion chamber before being injected for combustion. Even today, manufacturing a fuel supply system and a combustion chamber is a challenge, as any malfunction may lead to unsteady combustion and even resonant combustion oscillations, which might endanger the rocket itself. Moreover, the chamber must be



Die Oberstufe der Ariane 5ECA wird vom Triebwerk HM-7B angetrieben. Mit dieser Oberstufe werden vor allem kommerzielle Satelliten auf ihre Umlaufbahnen befördert.
The upper stage of Ariane 5ECA is powered by an HM 7B engine. This upper stage is mainly used to carry commercial satellites into orbit.



Im Vulcain-2-Triebwerk kommen die beiden tiefkalten Treibstoffelemente Wasserstoff (Brennstoff) und Sauerstoff (Oxidator) zusammen. Sie vermischen sich in der Brennkammer in einem ganz speziellen Verhältnis und werden dann verbrannt.

In a Vulcain 2 engine, two cryogenic propellant elements, hydrogen (fuel) and oxygen (oxidiser) come together. They are burned in the combustion chamber, having been mixed in a very special ratio.





Der europäische Raumfrachter ATV-4 „Albert Einstein“ hängt am Haken in der Integrationshalle (BAF – Bâtiment d'Assemblage Final) am europäischen Weltraumbahnhof Kourou. ATV-4 wird auf die Ariane 5ES-Rakete gesetzt. Anschließend wird dem Raumfrachter noch die Nutzlastverkleidung „übergestülpt“.

The European space freighter ATV 4 Albert Einstein hanging from a hook in the integration hall (BAF – Bâtiment d'Assemblage Final) of the European spaceport in Kourou. ATV 4 will be placed on top of the Ariane 5 ES rocket, after which the space freighter will be 'dressed' in a payload fairing.

Nachdem die Ingenieure den europäische Raumfrachter ATV-4 „Albert Einstein“ in der Integrationshalle am europäischen Weltraumbahnhof Kourou erfolgreich in die Ariane 5ES integriert haben, tritt die Rakete am 4. Juni 2013 ihren fast drei Kilometer langen Weg zum Startplatz an. Nachdem sie dort betankt worden ist, startet sie einen Tag später mit dem 20 Tonnen schweren ATV in Richtung Internationaler Raumstation ISS. Von der Integration erster Bauteile in Kourou bis zum Start sind rund drei Monate vergangen.

After the successful integration of the European space freighter ATV 4 Albert Einstein in the Ariane 5 ES rocket by the engineers of the European spaceport of Kourou, the rocket will set out on its journey of almost three kilometres to the launch pad on June 4, 2013. Having been fuelled there, it will take off for the International Space Station, carrying the 20-ton ATV. Around three months will then have gone by since the integration of the first components at Kourou.

doppelwandigen Brennkammerwänden hindurchströmt, bevor er zur Verbrennung eingespritzt wird. Die Fertigung des Treibstoffförderungssystems und der Brennkammer ist auch heute noch eine Herausforderung, da Fehlfunktionen zu unsteady Verbrennungen bis hin zu resonanten Verbrennungsschwingungen führen können und damit die gesamte Rakete gefährden können. Außerdem muss die Kammer dem immensen Druck von über 100 Bar aushalten und dabei noch so leicht wie möglich sein. Flüssigraketenantriebe sind zwar sehr kompliziert, haben aber einen großen Vorteil: Im Gegensatz zu Feststoff-Boostern kann bei ihnen zur Steuerung der Rakete der Schub reguliert werden. Außerdem können sie wiederzündbar ausgelegt werden. Da der eigentliche Treibstoffbehälter keinem hohen Druck ausgesetzt ist, können die Behälterwände dünn und leicht gebaut werden – Wandstärken von wenigen Millimetern sind dabei möglich.

Feststofftriebwerke

Feststofftriebwerke sind die älteste Raketenantriebsform. Sowohl ihr Treibstoff als auch ihr Oxidator sind feste Stoffe – eingebettet in einer plastikähnlichen Trägersubstanz aus Kunststoff. Diese Treibstoffmischung lagert innerhalb eines Gehäuses, das zugleich auch als Brennkammer dient. So sind keine weiteren Tanks, Pumpen, Zuleitungen oder Ventile notwendig. Ein Feststofftriebwerk kommt damit vollkommen ohne bewegliche Bauteile aus, wenn man von einer gegebenenfalls eingesetzten, schwenkbaren Düse zur Richtungssteuerung der Rakete absieht. Auch eine Betankung kurz vor dem Start entfällt.

Die Vorteile der Feststofftriebwerke liegen damit auf der Hand: Der vergleichsweise einfache technische Aufbau ohne bewegliche mechanische Teile macht sie weniger anfällig für Anomalien und Störungen. Nach der Befüllung mit ihrer Treibstoffmischung müssen sie nicht weiter betankt werden. Das macht Feststoffmotoren sehr lange lagerfähig und erleichtert deren Handhabung. Ein weiterer Vorteil ist ihr hoher Schub.

Natürlich haben Feststoffantriebe auch einige Nachteile: Im Vergleich zu Flüssigantrieben müssen sie mehr Treibstoff verbrennen, um dieselbe Antriebsleistung zu erreichen – sie haben also einen schlechteren „Verbrauchswert“. Da das gesamte Innere des Feststofftriebwerks die Aufgabe der Brennkammer übernimmt, müssen ihre Gehäuse so ausge-

capable of withstanding an immense pressure of over 100 bars while at the same time weighing as little as possible. While liquid-fuel rocket engines are highly complicated, they have one great advantage: unlike solid-fuel boosters, their thrust may be modified to control the rocket. Moreover, they may be made re-ignitable. And because the fuel container proper is not exposed to high pressure, its walls may be thin and light, measuring only a few millimetres in thickness.

Solid-fuel rocket engines

Solid-fuel engines are the oldest rocket drives. Their fuels as well as their oxidisers are solid substances embedded in a synthetic matrix resembling plastic. This fuel mix is stored within a casing which doubles as a combustion chamber. Consequently, there is no need for tanks, pumps, pipes, or valves. In fact, a solid-fuel engine needs no moving parts at all apart from a tiltable nozzle which may be installed to control the direction of the rocket. Nor does it need to be fuelled shortly before take-off. Thus, the advantages of solid-fuel engines are obvious: because of their comparatively simple technical construction without moving mechanical parts, they are less susceptible to anomalies and malfunctions. Once they have been filled with their propellant mix, they need no further fuelling. Because of this, solid-fuel engines can be stored for a long time and are comparatively easy to handle. High thrust is another of their advantages. Of course, solid-fuel engines have their drawbacks: compared to liquid-fuel engines, they need to burn more fuel to deliver a given power output; in other words, their 'fuel economy' is inferior. And because the entire interior of a solid-fuel rocket constitutes a combustion chamber, their casings must be dimensioned to withstand the enormously high pressure of combustion, which makes them relatively thick-walled and heavy. Furthermore, solid-fuel drives cannot be controlled. Their combustion process is pre-defined and cannot be varied. This, in turn, implies two more drawbacks: solid-fuel engines can be ignited only once and cannot be shut down – once fired, they will go on firing until their fuel is completely spent. For this reason, they are unsuitable for demanding mission profiles involving several burn phases and highly precise requirements applying to orbital parameters.

legt sein, dass sie einem enorm hohen Verbrennungsdruck widerstehen können. Das macht sie relativ dickwandig und schwer. Weiterhin sind Feststoffantriebe nicht regelbar. Ihr Brennverlauf ist fest vorgegeben und kann nicht mehr variiert werden. Das bringt zwei weitere Nachteile mit sich: Feststoffantriebe sind nur einmal zündbar und darüber hinaus auch nicht abstellbar – einmal gezündet arbeiten sie, bis ihr Treibstoff vollständig verbrannt ist. Sie sind daher für anspruchsvolle Missionsprofile mit mehreren Brennphasen und sehr genauen Anforderungen an die Bahnparameter nicht geeignet.

Hybride Triebwerke

Hybrid-Antriebe sind eine Mischung aus Flüssig- und Feststofftriebwerk. Sie besitzen dementsprechend eine feste und eine flüssige Komponente. Sie sind – je nach flüssiger Komponente – lagerfähig, regelbar und abschaltbar. Für Trägerraketen haben sie heutzutage aber kaum eine Bedeutung.

Orbits

Satelliten werden je nach Missionsziel auf ganz verschiedenen Umlaufbahnen ausgesetzt:

Low Earth Orbit (LEO): Satelliten im erdnahen Orbit zwischen 200 und 2000 Kilometern Höhe werden hauptsächlich für Erdbeobachtungssatelliten genutzt. Hier bieten ihre Kameras die beste Auflösung. Auch die Internationale Raumstation ISS bewegt sich im LEO. Eine Sonderform des LEO ist der sonnen-synchrone Orbit (SSO): Der Satellit überfliegt die Erde so, dass er über den ganzen Jahreszyklus hinweg beim Überflug die gleiche Stelle der Erde unter dem gleichem Sonnenstand sieht.

Medium Earth Orbit (MEO): Die mittlere Erdumlaufbahn (MEO) ist der Orbitbereich der zwischen dem LEO und dem GEO (siehe unten) liegt. Er wird hauptsächlich von Navigationssatelliten (GPS, Galileo) genutzt.

Geostationary Earth Orbit (GEO): Für Kommunikations- und Fernsehsatelliten ist die geostationäre Kreisbahn in 35.790 Kilometern Höhe über dem Äquator die wichtigste Bahn. Da die Umlaufzeit des Satelliten exakt der Dauer einer Erdumdrehung gleicht, scheint er über einem Punkt zu „stehen“, so dass Antennen auf der Erde fest ausgerichtet werden können und so eine permanente Sichtverbindung besteht. Der geostationäre Orbit ist allerdings schon sehr ausgelastet. Damit die vielen Satelliten nicht miteinander kollidieren, gibt es vorgegebene Slots, in denen sie sich über kleine Lageregelungsantriebe halten müssen. Die Datenverbindungen sind je nach Anwendung in vorgegebenen Frequenzbändern festgelegt. Um neue geostationäre Satelliten starten zu können, ist heutzutage ein hoher, weltweiter Koordinierungsaufwand notwendig. Doch dieser Abstimmungsprozess lohnt sich: Der kommerzielle Markt von geostationären Satelliten fährt jährlich einige Milliarden Euro an Rendite ein.

Geostationary Transfer Orbit (GTO): Die geostationäre Transferbahn ist eine langgezogene Ellipse mit der Erde als ein Brennpunkt. Der weit entfernteste Punkt der Bahn – das sogenannte Apogäum – liegt in der Nähe des geostationären Orbits über dem Äquator. Die meisten Raketen setzen die Satelliten am erdnächsten Punkt der Transferbahn – dem sogenannten Perigäum – aus, von wo aus der Satellit der Ellipsenbahn folgt. Im entferntesten Punkt der Bahn wird der Apogäumsmotor des Satelliten gezündet, so dass die elliptische Bahn zu einer Kreisbahn (GEO) aufgeweitet und gleichzeitig in die Äquatorebene gelegt wird. Auf dieser Bahn treibt der Satellit in seine vorgesehene Position.

Hybrid engines

Hybrid engines use a mix of liquid and solid fuels. Accordingly, their fuel consists of a solid and a liquid component. Depending on the nature of the liquid component, they may be stored, controlled, and shut down. However, their significance for launcher rockets these days is almost nil.

Orbits

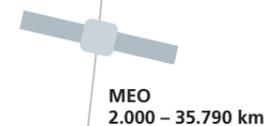
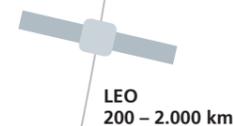
Depending on the objective of their mission, satellites may be released in widely differing orbits:

Low Earth Orbit (LEO): flying at an altitude between 200 and 2,000 kilometres, satellites in that orbit are mainly used for Earth observation because it is here that their cameras offer the best definition. The International Space Station (ISS) also moves in a LEO. The Sun-Synchronous Orbit (SSO) is a special LEO variant: the path of the satellite is such that whenever it passes above a particular spot on Earth, the position of the Sun always appears at the same position throughout the annual cycle.

Medium Earth Orbit (MEO): the medium Earth orbit range lies between the LEO and the GEO (see below). It is mainly used by navigation satellites (GPS, Galileo).

Geostationary Earth Orbit (GEO): located at an altitude of 35,790 kilometres above the equator, the geostationary orbit is the most important one for communications and television satellites. Because the orbital period of the satellite is exactly as long as the Earth's rotation period, it appears to be standing still above a given spot, permitting antennas on Earth to be aimed in a permanent line-of-sight link. However, the geostationary orbit is already very densely populated. To avoid collisions between the numerous satellites, each has a specific slot to which it must keep with the aid of small attitude control thrusters. Data links use defined frequency bands that depend on the application. These days, launching yet another geostationary satellite involves an extensive worldwide co-ordination effort. But the effort pays off: the commercial market for geostationary satellites reaps profits amounting to several billion euros every year.

Geostationary Transfer Orbit (GTO): a geostationary transfer orbit is a long-drawn-out ellipse with the Earth in one focus. The point that is farthest from Earth, the so-called apogee, lies close to the geostationary orbit above the equator. Most rockets release their satellites at the point of the transfer orbit that is closest to Earth, the so-called perigee, and the satellite follows its elliptical orbit from there. Having reached the remotest point of the orbit, the satellite fires its apogee kick motor, widening its elliptical path into a circular orbit (GEO) and moving it to the plane of the equator. Following that orbit, the satellite will drift into its proper position.





Industrie und Testanlagen

Deutschland ist ein Hochtechnologiestandort. Die Raumfahrt macht einen wichtigen Teil davon aus, leistet entscheidende Beiträge zur Förderung von Technologien, Innovationen, zu Wachstum und zum Erhalt von 6.500 hoch qualifizierten Arbeitsplätzen. Fast Tausend dieser gut ausgebildeten Ingenieure arbeiten auch an wichtigen Bauteilen der Ariane-5-Rakete – zum Beispiel am Kupfer-Rohling, aus dem die spätere Brennkammer gefertigt wird. Das Herzstück, der Raketenantrieb, wird bei Airbus Defence and Space in Ottobrunn zusammengesetzt. Viele Bauteile, wie zum Beispiel die Einspritzelemente, durch die ein Teil des Treibstoffs richtig dosiert in die Brennkammer gelangt, werden von deutschen kleinen und mittleren Unternehmen – den sogenannten KMU – hergestellt. Mit der Beteiligung am Ariane-Programm schützt die Bundesrepublik also den Technologiestandort Deutschland, sichert gleichzeitig Arbeitsplätze im Mittelstand und hält „Europas Tor zum Weltraum“ offen. Nach Frankreich zahlt Deutschland den zweitgrößten Beitrag – ist also ein unverzichtbarer Partner im Ariane-Programm der europäischen Weltraumagentur ESA. Das DLR Raumfahrtmanagement setzt die Vorgaben der Bundesregierung in der Frage des Zugangs zum Weltall um, organisiert und vertritt also die deutsche Beteiligung im Ariane-Programm.

Industry and Test Facilities

Germany is a high technology location. Representing an important element, the space sector crucially contributes towards promoting technologies, innovations, growth, and the preservation of 6,500 highly qualified jobs. Almost one thousand of these highly trained, skilled workers and engineers work on important components of the Ariane 5 rocket, including, for example, the copper blank from which the combustion chamber is manufactured later on. The core, the rocket engine, is assembled by Airbus Defence and Space in Ottobrunn. Many parts, including, for example, the injector elements through which part of the properly metered fuel enters the combustion chamber, are made by German small and medium-sized enterprises – the so-called SMEs. By participating in the Ariane programme, therefore, the Federal Republic helps Germany's high-technology space industry to thrive, securing jobs in the SME sector and keeping open 'Europe's gateway to space'. Paying the second-biggest contribution after France, Germany is an indispensable partner in ESA's Ariane programme. The DLR Space Administration implements the policies set out by the federal government in the matter of access to space, organises and represents Germany's share in the Ariane programme.



Airbus Defence & Space

Seit Beginn des Ariane-Programms in den 1970er-Jahren ist Airbus Defence & Space (vormals Astrium) als eines der weltweit führenden Unternehmen der Raumfahrtindustrie an Bau und Entwicklung der Rakete beteiligt. Das hundertprozentige Tochterunternehmen der Airbus Gruppe verfügt über Erfahrungen und Knowhow auf allen wesentlichen Gebieten, die für Bau und Weiterentwicklung der europäischen Rakete unverzichtbar sind.

Airbus Defence & Space Bremen: Seit Beginn des Ariane-Programms wurden am Standort Bremen Raketenstufen gefertigt. Mit der aktuellen Ariane-5ECA übernahm Airbus Defence & Space Bremen die Leitung in Bau und Entwicklung – die sogenannte Systemführerschaft – der Oberstufe. In der Ariane 5ME-Entwicklung liegen weiterhin die Design- und Integrationsaufgaben der neuen Oberstufe im Verantwortungsbereich der Bremer. Die Entwicklung des metallischen Tanks für die tiefkalten Treibstoffe wird an Unterauftragnehmer vergeben. Isoliert und fertigmontiert werden die Tanks dann ebenfalls in der Hansestadt. In einer nagelneuen Tankfabrik werden dann Erfahrung und Fertigkeiten von Airbus Defence & Space, MT Aerospace und EuroCryospace gebündelt. Darüber hinaus entsteht seit 2006 auch das „Gehirn“ der Ariane, die Steuereinheit „Vehicle Equipment Bay“ (VEB), im Bremer Werk.

Airbus Defence & Space Ottobrunn: Auch der Ottobrunner Standort von Airbus Defence & Space ist seit Beginn des Ariane-Programms mit dabei: Dort entwickelt und fertigt man seit über 40 Jahren Triebwerke und Brennkammer aller Flüssigkeitstriebwerke. Dank eines besonderen Galvanik-Verfahrens sind die Ottobrunner die Experten für den Bau von tiefkalten Triebwerken mit hoher Schubkraft. So bringt das Ariane-5ES-Oberstufentriebwerk Aestus den europäischen Raumfrachter Automated Transfer Vehicle (ATV) auf Kurs in Richtung Internationaler Raumstation ISS. Dieses druckgasgeförderte Triebwerk wurde von 1988 bis 1995 entwickelt und ist bis heute der einzige europäische Raketenantrieb mit einer lagerfähigen Treibstoffmischung aus dem Oxidator Distickstofftetroxid und dem Treibstoff Monomethylhydrazin. Auch für die heutige Ariane-5ECA stammen die Vulcain-2-Brennkammer der Hauptstufe sowie die Brennkammer des HM7-Oberstufentriebwerks aus dem Süden Deutschlands. Auch die Brennkammer des neuen tiefkalten Ariane-5ME-Oberstufentriebwerks Vinci wird im Ottobrunner Airbus Standort entwickelt und gebaut.

Ingenieure in Ottobrunn arbeiten an einem neuen Brennkammer-Typ, der die Nutzlastkapazität der Ariane 5-Oberstufe in Zukunft verbessern wird.

Ottobrunn engineers are working on a new type of thrust chamber, which will enhance the capabilities of the Ariane 5 upper stage.

Impressum

Herausgeber:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Sabine Hoffmann
Leiterin DLR-Kommunikation (ViSdP)

Redaktion:

Martin Fleischmann (Redaktionsleitung),
Elisabeth Mittelbach, Andreas Schütz
Königswinterer Straße 522–524
53227 Bonn
www.dlr.de/rd

Autoren:

Thilo Kranz, Denis Regenbrecht

Druck:

M&E Druckhaus
Weberstraße 7
49191 Belm

Gestaltung:

CD Werbeagentur GmbH,
53842 Troisdorf
www.cdonline.de

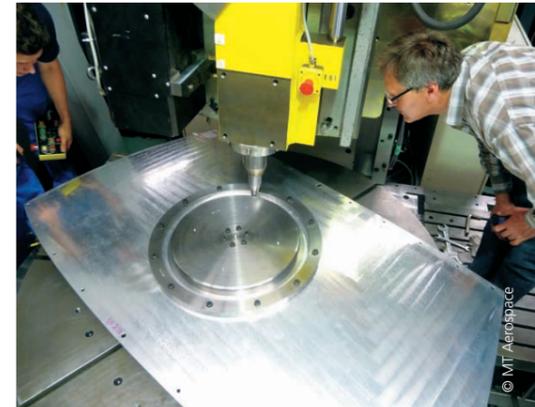
Nachdruck nur mit Zustimmung des Herausgebers und Quellenangabe. Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem Papier. Alle Bilder DLR, soweit nicht anders angegeben. Namentlich gekennzeichnete Artikel geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion wieder. Erscheinungsweise vierteljährlich, Abgabe kostenlos.

Airbus Defence & Space

Airbus Defence & Space (formerly Astrium), one of the leading companies worldwide in the space industry, has been involved in the development and construction of the Ariane rocket ever since the programme was launched in the 1970s. A fully-owned subsidiary of the Airbus Group, the company has gathered a vast body of expertise in all fields that are essential for the construction and further improvement of the European launcher.

Airbus Defence & Space Bremen: Rocket stages have been made at the Bremen site since the beginning of the Ariane programme. When the current version, Ariane 5ECA, was launched, Airbus Defence & Space Bremen took over the lead in the construction and development of the upper stage – the so-called system leadership. Furthermore, the people of Bremen are responsible for designing and integrating the new upper stage of Ariane 5ME. The development of the metal tanks for the cryogenic fuels will be performed by sub-contractors. The tanks will then be insulated and finally assembled in Bremen as well. A brand-new tank factory was built based on the combined experience and skills of Airbus Defence & Space, MT Aerospace, and EuroCryospace. Moreover, the Bremen plant has been manufacturing the ‘brain’ of Ariane, the Vehicle Equipment Bay (VEB) control unit, since 2006.

Airbus Defence & Space Ottobrunn: The Ottobrunn facility of Airbus Defence & Space has similarly been part of the Ariane programme since its inception: for more than 40 years, engines and combustion chambers for all liquid-fuel drives have been developed and manufactured at the site. A special galvanising process has made the people of Ottobrunn experts in the construction of cryogenic high-thrust engines. Thus, it is the Aestus engine for the upper stage of Ariane 5ES that sets the European space freighter Automated Transfer Vehicle (ATV) on course to the International Space Station. Developed between 1988 and 1995 and relying on gas pressure for fuel transport, this engine is the only European rocket drive to this day that works with a storable fuel mix consisting of dinitrogen tetroxide as oxidiser and monomethyl hydrazine as fuel. The combustion chambers of the Vulcain engine of the main stage and of the HM7 upper-stage engine of the current Ariane 5ECA similarly come from the south of Germany. Lastly, the combustion chamber of the cryogenic upper-stage engine of Ariane 5ME is also being developed at the Ottobrunn Airbus plant.



Zur Herstellung der Oberstufentanks für die Ariane 5ME kommt im europäischen Raumtransport erstmals das „Reibrührschweißverfahren“ zum Einsatz. Dieses effiziente und materialschonende Verfahren hat auch in der Raumfahrt ein erhebliches Zukunftspotenzial.

A process known as ‘friction stir welding’ will be introduced for producing the Ariane 5ME upper stage tank. Due to its efficiency and favorable characteristics, this technology has a great potential not only in space transport, but in the whole space sector.

Imprint

Publisher:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Sabine Hoffmann
Director DLR Corporate Communications
(responsible according to the press law)

Editorial office:

Martin Fleischmann (Editor in Chief),
Elisabeth Mittelbach, Andreas Schütz
Königswinterer Straße 522–524
53227 Bonn, Germany
www.dlr.de/rd

Authors:

Thilo Kranz, Denis Regenbrecht

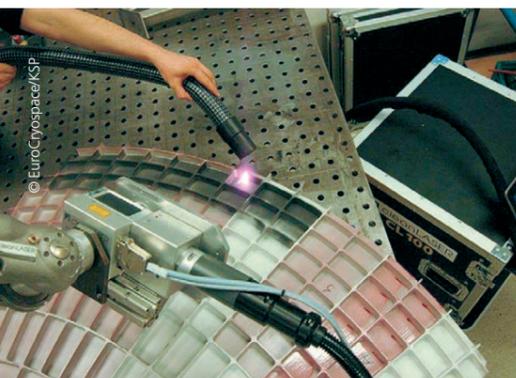
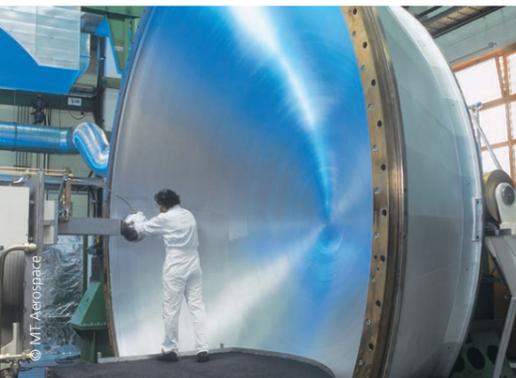
Print:

M&E Druckhaus
Weberstraße 7
49191 Belm, Germany

Layout:

CD Werbeagentur GmbH,
53842 Troisdorf, Germany
www.cdonline.de

Reprint with approval of publisher and with reference to source only. Printed on environment-friendly, chlorine-free bleached paper. Copyright DLR for all imagery, unless otherwise noted. Articles marked by name do not necessarily reflect the opinion of the editorial staff. Published quarterly, distribution free of charge.



Innovationsschub bei der Herstellung der Oberstufentanks: An den deutschen Standorten Augsburg und Bremen werden neue Fertigungsverfahren entwickelt, die die Produktion der Ariane 5ME effizienter und umweltverträglicher machen: Mit der Spinforming-Technik werden die Tankböden der Ariane-Oberstufen hergestellt und die neue umweltfreundliche LASER-Oberflächenbehandlung wird die bisherige Behandlung mit Chrom ersetzen.

A burst of innovation in the manufacture of upper-stage tanks: at two German locations, Augsburg and Bremen, new manufacturing processes are being developed to render the production of Ariane 5ME more efficient and sustainable: the lower tank domes for the Ariane upper stages will be made using the spin forming technology, and a novel environmentally friendly laser surface treatment will replace the current chrome-plating process.

MT Aerospace:

Das in Augsburg ansässige Unternehmen MT Aerospace gehört mit seiner langjährigen Erfahrung in Raumfahrtstrukturen zur OHB Technology AG und ist Technologieführer für den Leichtbau aus Metall und Verbundwerkstoffe. Im Jahr 1996 übernahm MT Aerospace erstmals die Tankfertigung für eine Ariane-Rakete. Heute sind sie im Ariane-Programm mit circa zehn Prozent der größte Hardware-Lieferant außerhalb Frankreichs. So werden in Augsburg neben den Gehäusen und Hochdruckhydraulik-tanks für die Feststoffbooster auch die Tankböden sowie weitere Teile der Wasserstoff-tanks in Unter- und Oberstufe für die Ariane-5ECA geliefert. Im Ariane-5ME-Programm hat MT Aerospace die Entwicklung und Fertigung des kompletten Wasserstoff/Sauerstoff-Oberstufentanks übernommen: Damit kommt seit der Anfangszeit in der europäischen Raketenentwicklung wieder der komplette Tank der Oberstufe aus Deutschland. Aufgrund seiner Ausmaße erfolgt die Endfertigung dieser Tanks in einem neuen Zweigwerk in Bremen, unmittelbar in der Umgebung des Airbus-Werkes.

DLR Lampoldshausen:

Der DLR-Standort Lampoldshausen wurde 1959 als Versuchsgelände zum Testen von Raketenantrieben gegründet. Seit 1986 hat der Standort im Ariane 5-Programm zwei Hauptaufgaben übernommen, die bis heute unverändert wahrgenommen werden: Zum einen werden die Entwicklungsversuche für alle Flüssigkeitsantriebe der Ariane 5 (Vulcain für Ariane-5ECA, Aestus für Ariane-5ES, Vinci für Ariane-5ME) sowie zum zweiten die sogenannten produktionsbegleitenden Qualitätskontrollversuche, in denen Unregelmäßigkeiten aus den Flügen untersucht werden, in Lampoldshausen durchgeführt. Auf den sechs großen Prüfständen des Geländes bei Heilbronn können die Triebwerke unter verschiedenen Umgebungsbedingungen getestet werden. So werden hier Antriebe unter Vakuum gezündet. So ist z.B. der Prüfstand P4 in Lampoldshausen die einzige Anlage in Europa, in der Triebwerke unter den Bedingungen des Weltraums getestet werden können, um den Flug einer Oberstufe möglichst realitätsnah zu simulieren.

KMU:

Doch Airbus, MT-Aerospace und das DLR Lampoldshausen sind nicht die einzigen Unternehmen beziehungsweise Organisationen, die für den Erfolg der Ariane verantwortlich sind. Neben diesen „Großen“ sind heute bis zu 150 weitere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) aus der deutschen Industrie an den europäischen Trägerprogrammen beteiligt – sie sind wichtige und unentbehrliche Zulieferer für die „großen“ Hauptauftragnehmer. In allen Teilen der Rakete, beginnend mit Elementen der Brennkammern der Triebwerke bis hin zu Kabeln der elektrischen Systeme und der Avionik steckt das Knowhow und die Expertise des deutschen Mittelstandes.

MT Aerospace

Situated in Augsburg and part of OHB Technology AG, MT Aerospace is a company with many years of experience in space structures, which leads the field in metal and composite lightweight construction. In 1996, MT Aerospace manufactured tanks for an Ariane rocket for the first time. Today, the company is the biggest hardware supplier to the Ariane programme outside of France, holding a share of about ten per cent. Augsburg provides not only casings and high-pressure hydraulic tanks for solid-fuel boosters but also lower tank domes and other parts for the hydrogen tanks in the lower and upper stage of Ariane 5ECA. Under the Ariane 5ME programme, MT Aerospace handles the development and manufacture of the entire hydrogen/oxygen upper-stage tank. It is the first time since the early days of European launcher development that the complete tank of an upper stage is once again made in Germany. Because of their dimensions, the final assembly of the tanks takes place at a newly dedicated plant in Bremen, in the immediate vicinity of the Airbus plant.

DLR Lampoldshausen

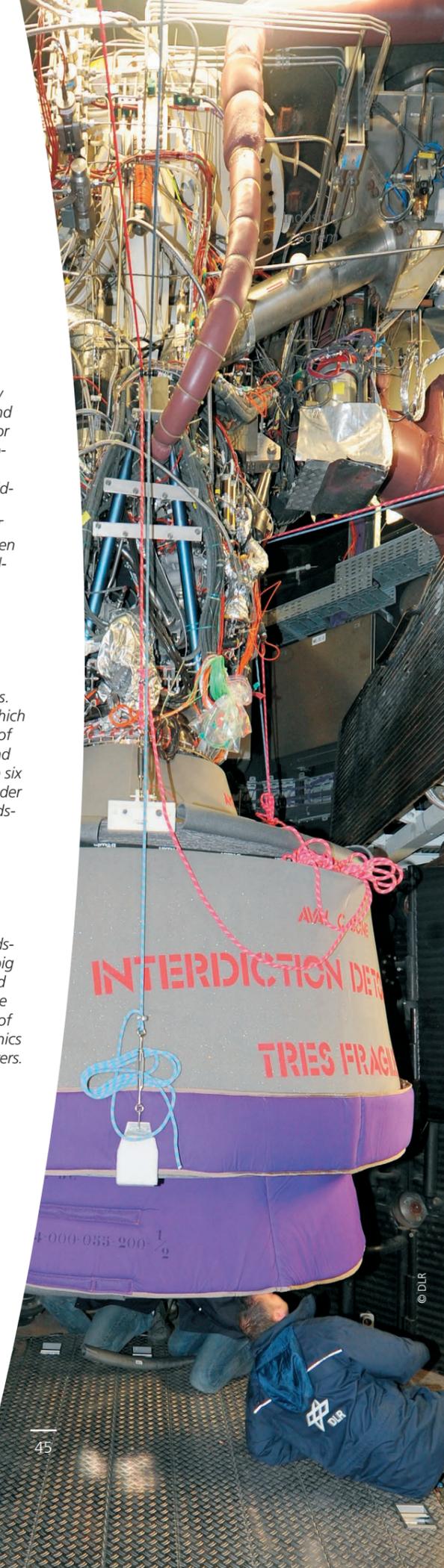
DLR's Lampoldshausen site was set up in 1959 as a testing range for rocket engines. In 1986, the facility took over two key functions under the Ariane 5 programme which it still handles today: firstly, it runs the development tests on all liquid-fuel engines of Ariane 5 (Vulcain for Ariane 5ECA, Aestus for Ariane 5ES, Vinci for Ariane 5ME), and secondly, it carries out ongoing quality control tests during production itself. At the six large test stands located on the premises near Heilbronn, engines may be tested under varying environmental conditions. Thus, for example, the P4 test stand at Lampoldshausen is the only facility in Europe on which engines may be tested under the conditions prevailing in space, simulating the flight of an upper stage as realistically as possible.

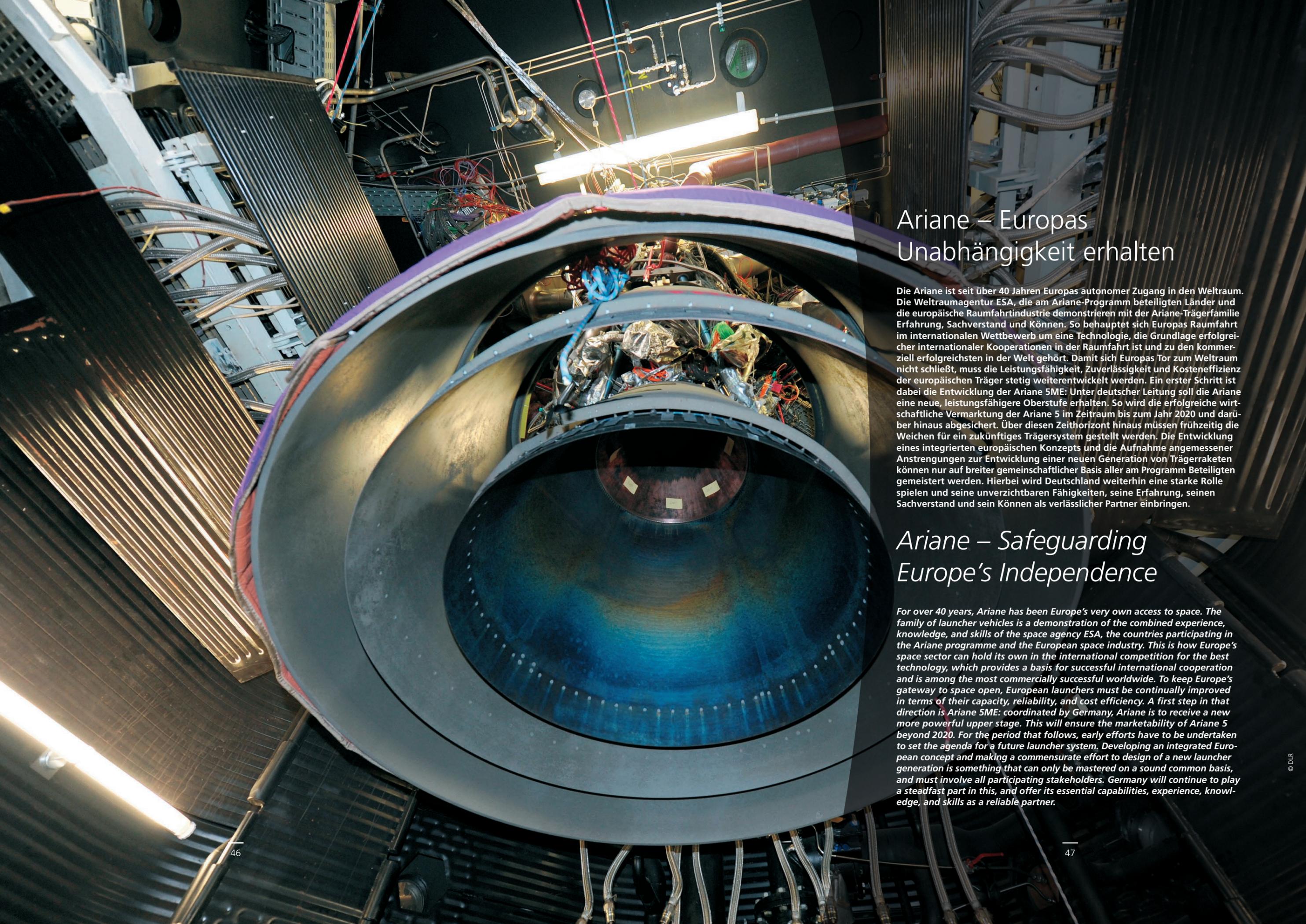
SMEs

That said, companies like Airbus and MT Aerospace and institutions like DLR Lampoldshausen are not the only ones responsible for Ariane's success. Today, besides the 'big players', up to 150 small and medium-sized German enterprises (SMEs) are involved in the European launch vehicle programme. They are the important, indispensable suppliers of the major contractors. Each part of the launch vehicle, from elements of the engines' combustion chambers through to the cables of the electrical and avionics systems, contains some of the expertise of Germany's small and medium manufacturers.

Test des Vinci-Triebwerks beim DLR in Lampoldshausen: Der aufwendige Einbau der drei einzelnen Düsentteile in den Prüfstand dauerte mehrere Tage. Die Expansionsdüse, die aus einem keramischen Kohlefaserverbundwerkstoff hergestellt wird, wiegt insgesamt 130 Kilogramm. Während der gesamten Integrationsarbeiten schützt eine Hülle die Expansionsdüse vor äußeren Einflüssen.

A Vinci engine being tested at DLR Lampoldshausen: installing the various parts of the nozzle in the test stand is an elaborate process that lasts several days. Made of a ceramic carbon-fibre composite material, the expansion nozzle weighs 130 kilogrammes in all. During the entire work of integration, the expansion nozzle is protected from outside influences by a cover.





Ariane – Europas Unabhängigkeit erhalten

Die Ariane ist seit über 40 Jahren Europas autonomer Zugang in den Weltraum. Die Weltraumagentur ESA, die am Ariane-Programm beteiligten Länder und die europäische Raumfahrtindustrie demonstrieren mit der Ariane-Trägerfamilie Erfahrung, Sachverstand und Können. So behauptet sich Europas Raumfahrt im internationalen Wettbewerb um eine Technologie, die Grundlage erfolgreicher internationaler Kooperationen in der Raumfahrt ist und zu den kommerziell erfolgreichsten in der Welt gehört. Damit sich Europas Tor zum Weltraum nicht schließt, muss die Leistungsfähigkeit, Zuverlässigkeit und Kosteneffizienz der europäischen Träger stetig weiterentwickelt werden. Ein erster Schritt ist dabei die Entwicklung der Ariane 5ME: Unter deutscher Leitung soll die Ariane eine neue, leistungsfähigere Oberstufe erhalten. So wird die erfolgreiche wirtschaftliche Vermarktung der Ariane 5 im Zeitraum bis zum Jahr 2020 und darüber hinaus abgesichert. Über diesen Zeithorizont hinaus müssen frühzeitig die Weichen für ein zukünftiges Trägersystem gestellt werden. Die Entwicklung eines integrierten europäischen Konzepts und die Aufnahme angemessener Anstrengungen zur Entwicklung einer neuen Generation von Trägerraketen können nur auf breiter gemeinschaftlicher Basis aller am Programm Beteiligten gemeistert werden. Hierbei wird Deutschland weiterhin eine starke Rolle spielen und seine unverzichtbaren Fähigkeiten, seine Erfahrung, seinen Sachverstand und sein Können als verlässlicher Partner einbringen.

Ariane – Safeguarding Europe's Independence

For over 40 years, Ariane has been Europe's very own access to space. The family of launcher vehicles is a demonstration of the combined experience, knowledge, and skills of the space agency ESA, the countries participating in the Ariane programme and the European space industry. This is how Europe's space sector can hold its own in the international competition for the best technology, which provides a basis for successful international cooperation and is among the most commercially successful worldwide. To keep Europe's gateway to space open, European launchers must be continually improved in terms of their capacity, reliability, and cost efficiency. A first step in that direction is Ariane 5ME: coordinated by Germany, Ariane is to receive a new more powerful upper stage. This will ensure the marketability of Ariane 5 beyond 2020. For the period that follows, early efforts have to be undertaken to set the agenda for a future launcher system. Developing an integrated European concept and making a commensurate effort to design of a new launcher generation is something that can only be mastered on a sound common basis, and must involve all participating stakeholders. Germany will continue to play a steadfast part in this, and offer its essential capabilities, experience, knowledge, and skills as a reliable partner.

Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den 16 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 7.700 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C.

DLR at a glance

DLR is the national aeronautics and space research centre of the Federal Republic of Germany. Its extensive research and development work in aeronautics, space, energy, transport, and security is integrated into national and international cooperative ventures. In addition to its own research, as Germany's space agency, DLR has been given responsibility by the federal government for the planning and implementation of the German space programme. DLR is also the umbrella organisation for the nation's largest project execution organisation.

DLR has approximately 7,700 employees at 16 locations in Germany: Cologne (headquarters), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Goettingen, Hamburg, Juelich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen, and Weilheim. DLR also has offices in Brussels, Paris, Tokyo, and Washington D.C.



**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt**
German Aerospace Center

Raumfahrtmanagement Space Administration

Königswinterer Straße 522-524
53227 Bonn, Germany

DLR.de
DLR.de/en

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Supported by:



Federal Ministry
for Economic Affairs
and Energy

on the basis of a decision
by the German Bundestag