

Bernd Leitenberger



Fotosafari durch den Raketenwald



Vorwort

Seit 2009 habe ich einige Bücher über Raketen geschrieben. Sie wenden sich an ein fachlich interessiertes Publikum und sind voller technischer Daten. Vereinzelt bekam ich die Rückmeldung, dass die Aufnahmen der Raketen doch in Farbe sein sollten. Da meine Bücher als „Print-on-Demand“ entstehen, ohne Startauflage, jedes auf Anforderung gedruckt, sind Farbseiten sehr viel teurer als schwarz-weiße. Bei meinen bisherigen Fachbüchern habe ich daher bewusst auf Farbaufnahmen verzichtet.

Dieses Buch hat einen anderen Fokus: es ist kein Fachbuch, enthält kaum technische Daten und nur eine kurze Beschreibung der Träger. Der Fokus liegt (wie der Titel schon sagt) auf den Fotos der Träger. Dies war auch das Auswahlkriterium, welche Rakete abgebildet wurde und welche nicht. Es musste ein gutes, hochauflösendes Bild von der Trägerrakete vorliegen, wenn möglich in Farbe. In meinen beiden Standardwerken „US-Trägerraketen“ und „Internationale Trägerraketen“ führe ich über 200 Subtypen auf. In dieses Buch haben es nur wenige (75) davon geschafft. Sie müssen sich im Aussehen markant von anderen Trägern (vor allem derselben Familie) unterscheiden. Umgekehrt führe ich aber pro Träger nur ein Foto auf, auch wenn es einige Versionen gibt, die sich äußerlich deutlich unterscheiden. Das ist der Fall, wenn es Versionen mit verschiedenen Nutzlastverkleidungen gibt, oder die Zahl der Booster variiert werden kann. Durch die Fixierung auf gute Fotos fallen auch ganze Trägerfamilien weg, wenn es durch Geheimhaltung (militärische Natur der Rakete) oder Alter keine scharfen Aufnahmen gibt. Prominentestes Beispiel ist die R-7, die Sputnik startete. Von

ihr gibt es keine scharfen Aufnahmen. Das trifft aber auch für neuere sowjetische Typen zu, die noch der Geheimhaltung unterliegen wie der Start, Start-1, Shtil und Wolna – alle basieren auf Mittel- und Langstreckenraketen, die noch im Einsatz sind.

Ich hoffe dieses Buch gefällt ihnen und sie blättern immer wieder in ihm. Sollte es den Appetit auf mehr geweckt haben, so empfehle ich die „US-Trägerraketen“ (700 Seiten, 39,99€) und „Internationale Trägerraketen“ (600 Seiten, 34,99€) als weiterführende Lektüre.

Ostfildern, im Juli 2016

Bernd Leitenberger

Inhaltsverzeichnis

[Angara](#)
[Antares](#)
[Ariane 1](#)
[Ariane 2 und 3](#)
[Ariane 4](#)
[Ariane 5](#)
[Atlas](#)
[Atlas Able](#)
[Atlas Agena](#)
[Atlas Centaur](#)
[Atlas G bis IIAS](#)
[Atlas V](#)
[Athena](#)
[Black Arrow](#)
[Delta E-G](#)
[Delta L-N und Delta 0X00 Serie](#)
[Delta 1000 bis Delta 5000](#)
[Delta 6000 und Delta 2](#)
[Delta 3](#)
[Delta IV](#)
[Diamant A](#)
[Diamant BP.4](#)
[Dnepr](#)
[Energija](#)
[Epsilon](#)
[Europa](#)
[Falcon 1](#)
[Falcon 9](#)
[GSLV](#)
[H-I](#)
[H-II und H-IIA](#)

[H-IIB](#)
[J-1](#)
[Juno I](#)
[Juno II](#)
[Kosmos 3M](#)
[Lambda 4S](#)
[Langer Marsch 2](#)
[Langer Marsch 3](#)
[Langer Marsch 4](#)
[Langer Marsch 6](#)
[Langer Marsch 7](#)
[LVM3](#)
[Minotaur](#)
[My-Serie](#)
[N-1](#)
[Naro-1](#)
[Pegasus](#)
[Proton](#)
[PSLV](#)
[Rocket](#)
[Saturn I + IB](#)
[Saturn V](#)
[Scout](#)
[Shavit](#)
[Sojus](#)
[Space Shuttle](#)
[Super-Strypi](#)
[Taurus](#)
[Thor Able und Thor Ablestar](#)
[Thor Agena](#)
[Titan 2](#)
[Titan 3A](#)
[Titan 3B und Titan 34B](#)
[Titan 3C, Titan 3D, Titan 34D](#)
[Titan 3E](#)
[Titan 4+4B](#)

[Unha](#)

[Vanguard](#)

[Vega](#)

[VLS](#)

[Wostok](#)

[Zenit](#)

[Zyklon](#)

[Abkürzungsverzeichnis](#)



1. Abbildung: Jungfernflug der Angara 5

Angara

Die Angara ist das einzige umgesetzte neue Raketenprojekt Russlands. Die Angara sollte die bestehenden Träger durch ein wirtschaftlicheres modulares System ersetzen. Zudem sollte die Abhängigkeit Russlands von Zulieferern aus den anderen ehemaligen Sowjetrepubliken sinken.

Richtig neu an der Angara ist nur die erste Stufe, das **Universal Rocket Module URM**. Es setzt ein Triebwerk des Typs RD-191 ein, es entstand aus dem RD-170 der Energija, indem das RD-170 Triebwerk mit vier Brennkammern in vier Einzeltriebwerke aufgeteilt wurde. Kombiniert man mehrerer dieser URM, so entsteht eine Raketenfamilie. Geplant waren Träger mit einem, drei, fünf und sieben Modulen. Die Version mit drei Modulen ist inzwischen gestrichen worden. Sie hätte die Nutzlast der Zenit gehabt. Da die Zenit nicht mehr eingesetzt wird, benötigt Russland auch keinen Ersatz. Die Version mit fünf Modulen hat die Nutzlast der Proton. Die Angara 1.2 mit einem URM hat eine Nutzlast von 3.700kg. Sie wurde am 9.7.2014 suborbital getestet.

Als Oberstufen kommen Adaptionen der schon existierenden Stufen Block I (Sojus), Breeze-M (Proton) zum Einsatz. Eine vergrößerte Version von Block I, das URM-2 bildet die zweite Stufe. Die Breeze-M wird bei Hochenergiemissionen und Missionen in den GEO-Orbit als dritte Stufe eingesetzt. Eine Version mit einem URM und der Fregat (Oberstufe der Sojus) wurde eingestellt, stattdessen wurde die Sojus 2.1v mit gleicher Nutzlast konstruiert.

Die Einführung der Angara verläuft langsam. Die alten Träger werden noch lange in Dienst bleiben. Die Sojus wird

wegen der Bedeutung für die Versorgung der durch Progress-/ Sojusraumschiffe ISS und Aufträge durch Arianespace weiter in Produktion bleiben, die Proton erst 2025 ersetzt werden. Ebenso stagniert die Entwicklung neuer Oberstufen, die Wasserstoff als Treibstoff nutzen und die Nutzlast für geostationäre Missionen deutlich anheben sollen. Mit der Angara wird Baikonur als meistfrequentierter Kosmodrom durch den neu errichteten Weltraumbahnhof Wostotschny abgelöst werden. Auch hier geht es vor allem um die Unabhängigkeit Russlands. Wostotschny hinkt ebenfalls im Zeitplan hinterher, da nach der Finanzkrise von 2008 die Preise für Erdgas, Erdgas und Metalle stark sanken und Russlands Staatseinnahmen stark vom Export von Rohstoffen abhängen. Trotzdem gibt es Pläne für weitere Versionen. Die Angara 7 soll mit neuen Oberstufen, sieben URM und einem vergrößerten zentralen URM die Nutzlast in den GEO-Orbit von 5.400kg (Angara A5) auf bis zu 19.000kg (Angara A7.2b) anheben. Bei der Drucklegung erfolgten Testflüge der Angara 1 und Angara 5.



2. Abbildung: Zweiter Start der Antares 132

Antares

Die Antares ist ein gutes Beispiel, welche Träger herauskommen, wenn nicht Militär oder NASA die Entwicklung vergeben. Die Antares entstand, als sich Orbital für den COTS-Auftrag bewarb, um die Cygnus-Kapsel zu starten. Bisher erfolgten alle Starts nur mit diesem Raumschiff.

Die Antares besteht aus zwei Stufen. Orbital vergab Aufträge an Fremdfirmen und führt nur die Integration und den Start durch. Die zweite Stufe ist der Castor 30 Antrieb von ATK. Er wurde während der ersten fünf Flüge in der Leistung deutlich gesteigert, indem die Treibstoffzuladung verdoppelt wurde. Dies steigerte die Nutzlast von 4.600 auf 5.600kg in einen niedrigen Erdorbit. Nachdem Orbital und ATK 2016 fusionieren, stellt Orbital/ATK diese Stufe nun selbst her.

Die Strukturen der ersten Stufe werden vom KB Juschnoje aus der Ukraine gefertigt. Sie nutzen die Fertigungsstraße der Zenit und haben daher den gleichen Durchmesser von 3,90m. Allerdings wurden die Tanks verkürzt, da die Triebwerke einen geringeren Schub haben. Die Triebwerke waren bisher AJ-26 von Aerojet. Die Triebwerke stammen aber nicht von Aerojet, sondern sind die NK-33 Triebwerke der russischen Mondrakete N-1. Sie wurden Ende der Neunziger Jahre von Aerojet für die Kistler K-1 Trägerrakete gekauft und modernisiert.

Schon vor dem Jungfernflug versagten die AJ-26 Triebwerke beim Testprogramm. Schließlich fiel eines der beiden Triebwerke beim fünften Einsatz kurz nach dem Abheben

aus und die Antares wurde kurz vor dem Aufschlagen auf der Startbasis gesprengt. Trotzdem entstand beträchtlicher Schaden bei den Anlagen des Weltraumbahnhofs. Schon vorher suchte Orbital nach einer Alternative zu den Triebwerken, da sie seit 1974 nicht mehr gefertigt werden. Orbital schloss nach dem Fehlstart mit Energomasch einen Vertrag über die Lieferung von RD-181 Triebwerken ab. Die Angara wird ein RD-181 in der ersten Stufe einsetzen. Ein RD-181 sind zwei RD-193 Triebwerke in einem gemeinsamen Schubrahmen. Das RD-193 ist wiederum eine Variante des RD-191 der Angara. Im Spätsommer 2016 soll diese zweite Version mit einer deutlich höheren Nutzlast von über 7 t ihren Jungfernflug absolvieren. Dies ist möglich durch den höheren Schub und höhere Effizienz der RD-181 Triebwerke.

Die Antares startet wie die von Orbital hergestellten Feststoffraketen der Minotaur Familie von Wallops Island aus, einem der kleinen US-Weltraumbahnhöfe. Sie ist der größte jemals von Wallops Island aus gestartete Träger.



3. Abbildung: Start der Ariane 1 © des Fotos: ESA/CNES

Ariane 1

Die Ariane 1 entstand als Alternative zur Europa III, nachdem das Europaprogramm nach dem Fehlstart der ersten Europa II eingestellt wurde. Ariane war ein rein französisches Programm mit der Beteiligung weiterer europäischer Länder. Frankreich trug fast zwei Drittel der finanziellen Lasten. Erst bei der Weiterentwicklung der Ariane 1 wurde die ESA federführend.

Ariane 1 war eine Rakete mit bewährter, aber veralteter, Technologie in den ersten zwei Stufen und einer leistungsfähigen dritten Stufe, die diesen Mangel wieder ausglich. Die ersten beiden Stufen setzten vier bzw. ein Viking-Triebwerk und lagerfähige Treibstoffe ein. Die dritte Stufe nutzte das HM-7 Triebwerk, das erste Triebwerk außerhalb der USA, das Wasserstoff als Treibstoff nutzte. Diese Mischung aus Bewährtem und Innovativem bewährte sich und führte zu einer zuverlässigen Trägerrakete. Zudem begrenzte es die Entwicklungskosten, die ein Drittel unter denen der Europa III lagen. So konnte auch der Zeitplan eingehalten werden. Die Entwicklung begann im Mai 1973 und der erste Start fand an Weihnachten 1979 statt. Schon während der Entwicklung konnte die Nutzlast von 1.600 bis 1.700kg in den GTO auf 1.860kg gesteigert werden. Wie Ariane 2-4 war Ariane 1 für GTO-Transporte ausgelegt und konnte maximal 2,5 t transportieren. Theoretisch hätte sie 4,5 t in einen LEO befördern können.

Die Ariane 1 war viel erfolgreicher als die Europa. Von zehn Starts scheiterten nur zwei. Schon vor dem Jungfernflug gab es den ersten kommerziellen Auftrag, dem bald weitere folgten. Die für die Vermarktung gegründete Firma

Arianespace profitierte von Verzögerungen beim Shuttleprogramm und damit einhergehend vom Produktionsende der größeren US-Trägerraketen. Die Kunden wandten sich an Arianespace. Weiterhin erhöhte die geografisch günstige Lage des **Centre Spatial Guyanais** (CSG) nahe des Äquator die Nutzlast für den GEO-Orbit, in den die Nachrichtensatelliten gelangen. Mit der Übertragung von Vermarktung und Fertigung der Ariane auf eine private Gesellschaft war die ESA ihrer Zeit weit voraus. Selbst heute beaufsichtigen noch viele Regierungen die komplette Vermarktung und Produktion ihrer Träger.

Schon bald wurde Ariane 1 durch Ariane 2+3 abgelöst. Beide Modelle basieren auf leichten Verbesserungen der ersten zwei Stufen und einer verlängerten dritten Stufe. Ariane 1 beförderte viele ESA-Nutzlasten, so den Wettersatelliten Meteosat 2, die Raumsonde Giotto oder den ersten teilkommerziellen Erdbeobachtungssatelliten SPOT-1. Sie lief schon 1985 aus und war nur knapp sechs Jahre im Einsatz.



4. Abbildung: Jungfernflug der Ariane 3 © des Bildes ESA/CNES

Ariane 2 und 3

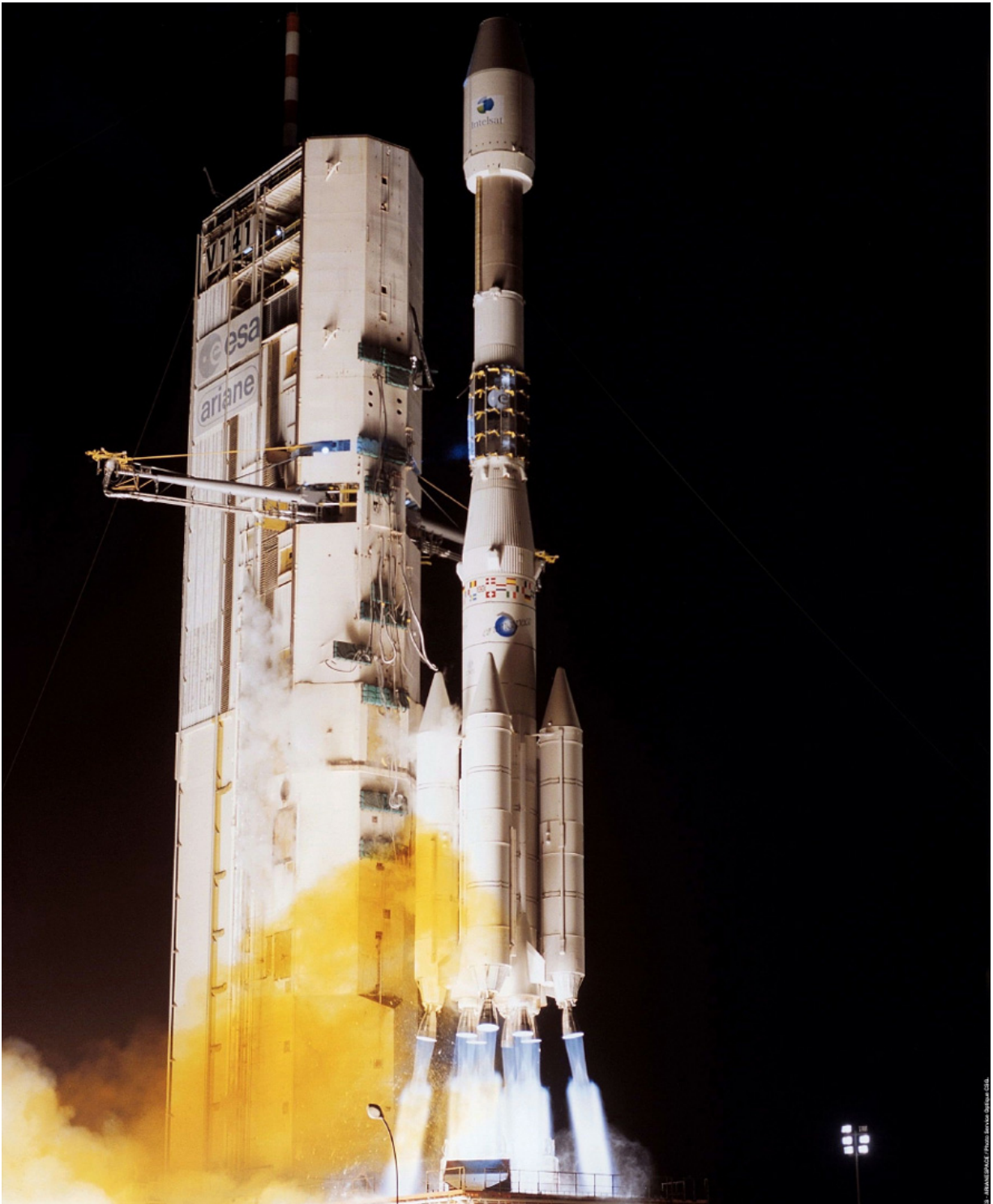
Ariane 3 und ihr Schwestermodell Ariane 2 waren evolutionär verbesserte Ariane 1. In allen drei Stufen nutzte man Reserven aus, die schon während der Entwicklung bekannt waren, die man aber, um einen zuverlässigen Träger zu haben, nicht antastete. Nach den vorliegenden Erfahrungen der ersten Starts konnte der Brennkammerdruck aller Triebwerke und damit die Treibstoffausnutzung erhöht werden. Die ersten beiden Stufen wurden auf eine veränderte Treibstoffmischung umgerüstet, die stabiler verbrannte, nachdem der zweite Start einer Ariane 1 durch Verbrennungsinstabilitäten in einem Triebwerk gescheitert war.

Die dritte Stufe erhielt eine längere Expansionsdüse und nahm 1,3 t mehr Treibstoff auf. Das steigerte die Nutzlast von 1.860kg bei der Ariane 1 auf 2.210kg bei der Ariane 2. Die Ariane 2 führte die Starts schwerer Satelliten durch, wie die der Intelsat VA Serie. Sie ähnelt äußerlich der Ariane 1. Häufiger wurde das Schwestermodell Ariane 3 eingesetzt. Bei ihr wurden zwei Feststoffraketen an der ersten Stufe angebracht. Sie wurden oben an der strukturverstärkten Zwischentanksektion angebracht und unten am Schubrahmen. Damit die Startanlage durch die Abgase der Feststofftriebwerke nicht beschädigt wurde, wurden die Booster erst nach dem Abheben gezündet. Dadurch war ihre Masse begrenzt, denn Ariane 3 musste mit dem Zusatzgewicht noch abheben können. Die beiden Booster reduzierten die Aufstiegsverluste, die entstehen, weil die Rakete 200km Höhe erreichen muss, um ihre Nutzlast außerhalb der Atmosphäre aufzusetzen. Sie waren in schon

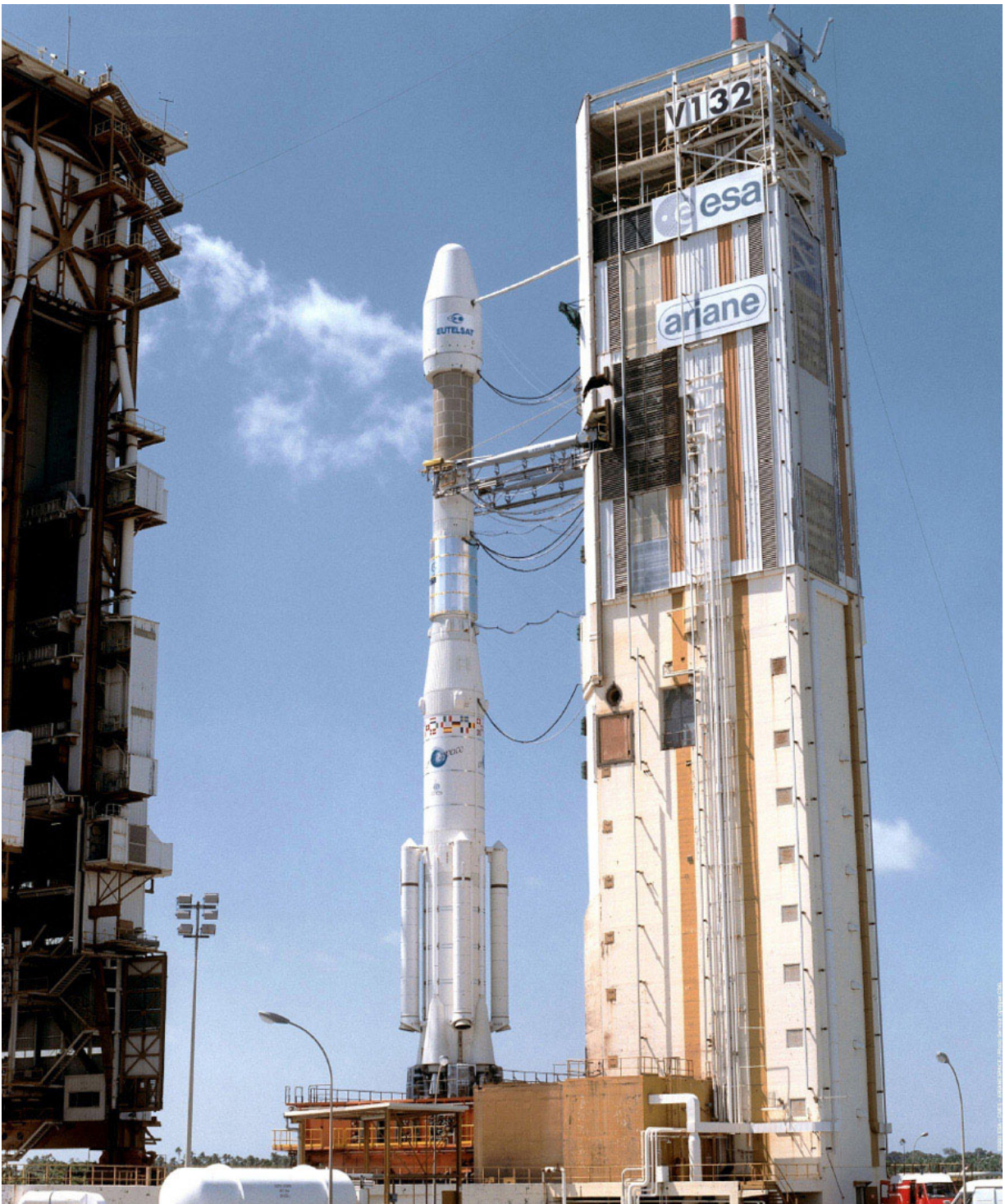
4,8km Höhe ausgebrannt und wurden dann abgetrennt. Sie erhöhten die Nutzlast der Ariane 3 auf über 2.600kg.

Damit konnte die Ariane 3 zwei leichtere Satelliten mit einem Start befördern. Schon rechtzeitig entwickelte man daher eine Doppelstartstruktur, die den unteren Satelliten umhüllte und auf der ein zweiter Satellit angebracht war. Nach Absetzen des oberen Satelliten wurde der Deckel abgesprengt und der untere Satellit durch Federn ausgestoßen. Diese Fähigkeit, so die Nutzlastkapazität optimal auszunutzen und die Kosten eines Starts zwischen zwei Kunden aufzuteilen, war und ist bis heute einzigartig und war maßgeblich mitverantwortlich, das Arianespace in der Folgezeit der wichtigste Launch Service Provider wurde.

Die Ariane 2+3 wurden zusammen 18-mal von 1985 bis 1989 eingesetzt und bald von der noch leistungsfähigeren Ariane 4 abgelöst. Von den 18 Starts scheiterten zwei. Der Grund war in beiden Fällen ein Designfehler des HM-7 Triebwerks, das manchmal nicht richtig startete.



5. Abbildung: Start der Ariane 4 bei V141 © des Fotos:ESA/CNES/Arianespace – Service Optique



6. Abbildung: Ariane 44P vor dem Start V132 mit Eutelsat W1 ©
ESA/CNES/Arianespace – Service Optique

Ariane 4

Die Ariane 4 war die letzte Ausbaustufe der Ariane-1-Entwicklungslinie. Das Konzept war so einfach wie genial: Man übernahm von Ariane 3 die zweite und dritte Stufe unverändert, verlängerte aber die erste Stufe um 50%. Damit konnte man verlängerte Feststoffbooster der Ariane 3 einsetzen, wie auch neue Booster, die flüssige Treibstoffe einsetzten. Diese setzten ein Erststufentriebwerk ein, das jedoch nicht schwenkbar war, sondern in einem festen Winkel zur Vertikalachse nach außen zeigte. Sie wurden wie die Booster in der Zwischentanksektion befestigt. Die Länge war damit vorgegeben und bei gegebener Treibstoffzuladung ergab sich ein Durchmesser von 2,10m, etwas geringer als der Durchmesser der zweiten Stufe von 2,60m. Zusätzlich konnte die Zahl der Booster variiert werden. So ergaben sich folgende Versionen:

- Ariane 40: keine Booster
- Ariane 42P: zwei Feststoffbooster
- Ariane 42L: zwei Booster mit flüssigen Treibstoffen
- Ariane 44P: vier Feststoffbooster
- Ariane 44L: vier Booster mit flüssigen Treibstoffen
- Ariane 44LP: je zwei Feststoffbooster und Booster mit flüssigen Treibstoffen

Da durch die verlängerte erste Stufe die Rakete ohne Booster vollbetankt nicht mehr abheben konnte, wurde bei den Versionen ohne Booster und mit zwei Boostern die erste Stufe nur nicht voll betankt. Im Laufe des Einsatzes wurde die Treibstoffzuladung der dritten Stufe zweimal erhöht. Die Ariane 4 konnte je nach Version Nutzlasten von 2.290 bis 4.950kg in den GTO-Orbit transportieren.

Zum Erfolg trug auch eine neue Startbasis, ELA-2 bei. Beim Ariane 1 Startplatz, ELA 1, wurde die Rakete am Startplatz montiert. Er war daher solange blockiert, bis der Start erfolgt war. Bei ELA 2 wurde am Startplatz nur noch die Nutzlastspitze mit dem Satelliten montiert, die Rakete in einem eigenen Gebäude zusammengebaut. So konnten zwei Raketen parallel zum Start vorbereitet werden und die Startrate stieg von vier bis fünf auf bis zu zwölf Starts pro Jahr an. Mit Ariane 4 dominierte Europa bei den kommerziellen Starts mit einem Marktanteil von zeitweise über 60% aller Starts. Mit der Einführung der Ariane 5 lief die Produktion langsam aus. 2003 hob die letzte Ariane 4 ab. Sie hat zwischen 1988 und 2003 bei 116 Starts 186 Satelliten gestartet. Nur drei Starts scheiterten.



7. Abbildung: Die zweite Ariane 5 hebt ab. © des Fotos: ESA/CNES/Arianespace – Service Optique

Ariane 5

Die Ariane 5 war nicht nur als preiswerter und leistungsfähiger Nachfolger der Ariane 5 geplant, sondern auch für den Transport schwerer Nutzlasten in den LEO-Orbit. Die erste Version, Ariane 5G, (G für Generisch) wurde für Transporte in den LEO-Orbit optimiert. Dadurch hatte sie das Potenzial die Nutzlast in den GTO zu steigern, indem sie eine neue Oberstufe erhält. Anders als Ariane 1 wurde die Rakete schon mit zwei Boostern konzipiert. Steigerungen durch Hinzunahme weiterer Booster waren so nicht möglich.

Ariane 5 besteht aus einer Zentralstufe mit dem Vulcain-Triebwerk, das Wasserstoff verbrennt. Es ist das effizienteste LOX/LH2-Triebwerk im Einsatz. Zwei Feststoffbooster aus sieben Segmenten unterstützen die Zentralstufe beim Start und liefern während der ersten zwei Minuten über 90% des Schubs. Die Oberstufe war zuerst eine kleine Stufe mit lagerfähigen Treibstoffen. 2002 wurde sie durch eine Adaption auf Basis der Technik der Ariane 1 Drittstufe ersetzt. Eine noch weiter entwickelte Stufe mit einem neuen Triebwerk sollte folgen. Ihre Entwicklung wurde nach dem Fehlstart der ersten Ariane 5E, der zweiten Version der Ariane 5 mit dieser Oberstufe, aber ausgesetzt und später zugunsten der Ariane 6 Entwicklung gestrichen. Die alte Oberstufe kommt bei ATV und Galileostarts zum Einsatz.

Die Ariane 5E (E für Evolution) setzte auch leichtere Feststoffboostergehäuse mit mehr Treibstoff, eine Zentralstufe mit dem schubkräftigeren Vulcain 2 Triebwerk und ebenfalls mehr Treibstoff ein. Zwischen Ariane 5G und Ariane 5E gibt es noch zwei Zwischenversionen die Teile der Evolutionsvariante schon in die Produktion übernahmen.

Durch die Maßnahmen stieg die Nutzlast in den GTO-Orbit von 6.820kg beim Jungfernflug 1996 auf 10.730kg bei Start V230. Nachdem beide Jungfernflüge der Generic- und Evolutionsvariante scheiterten, fliegt Ariane 5 seit 2003 ohne Probleme. Bei Drucklegung hat sie 72 Starts ohne Fehlstart in Folge erreicht und wird nach drei weiteren Flügen den Rekord von Ariane 4 mit 74 erfolgreichen Starts in Folge übertreffen. Von den bisher 87 Starts entfallen 62 auf die Evolutionsvariante.

Das Ziel, die Startkosten der Ariane 4 deutlich zu unterbieten, konnte Ariane 5 jedoch nicht einlösen. Mit dem Markteintritt russischer Träger und sinkender Startpreise musste die ESA Arianespace subventionieren, um Verluste zu vermeiden. Dies führte dazu, dass Frankreich auf eine neue Trägerrakete drängte, die bedeutend billiger zu produzieren ist – die Ariane 6. Nachdem sie 2019/2020 einsatzbereit ist, wird die Ariane 5 Produktion auslaufen.



*8. Abbildung: Start von Mercury-Atlas 5 mit dem Schimpansen Enos am
29.11.1961*