

Bernd Leitenberger



Fotosafari durch den Raketenwald

Edition 2019



Raumfahrt kompakt

Mein besonderer Dank geht an den Korrekturleser Simon
Stahlschmidt

Vorwort zur Auflage 2016

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 pro Träger meist 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 auch auf 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

Vorwort zur Auflage 2019

Zur zweiten Auflage gibt es relativ wenig zu sagen. Sie enthält zusätzlich alle Träger, die seit der ersten Auflage in den vergangenen drei Jahren Jungfernflüge hatten:

- Electron
- Falcon Heavy
- Kaituoze 2 / KT-2
- Kuaizhou-1A
- Langer Marsch 5 +11
- OS-M
- Simorgh
- SS-520 / NL-520
- Zhuque-1

Zehn neue Träger, davon sechs alleine aus China, zeigen, dass der Markt sich derzeit schnell entwickelt. Weitere Raketen wie Ariane 6, Vega, FireFly Alpha, LauncherOne, New Glenn, Kuaizhou-11 stehen in den Startlöchern. Anstatt allerdings auf diese mit einer Neuauflage zu warten, wird es das Buch in regelmäßigen Abständen, wenn genügend neue Träger ihren „Einstand“ hatten, als neue Auflage geben. Da viele Firmen derzeit Raketen für Kleinsatelliten und Cubesats entwickeln, ist momentan kein optimaler Zeitpunkt für eine vollständige Neuauflage abzusehen. Ohne diesen Schritt müsste ich damit wohl bis zum Sankt-Nimmerleins-Tag warten. Alle Angaben zu Starts entsprechen dem Stand vom 1.4.2019.

Ich habe die Gelegenheit genutzt, das Format noch mehr zu vereinheitlichen. Mein Wunsch alle Abbildungen möglichst

ganzseitig darzustellen führte öfters dazu, dass die Artikel einiger Träger erst auf der Rückseite ihrer Fotos folgten. Aus diesem Grund werden nun doch gelegentlich zwei Bilder auf einer Seite kombiniert.

Bei Trägern, die noch im Einsatz sind, habe ich deren Beschreibungen aktualisiert. Zusätzlich habe ich mich dazu entschlossen weitere historische Raketen aufzunehmen, auf die ich in der ersten Auflage mangels gutem Bildmaterial verzichtet habe. Das Buch sollte komplett sein. Für nur in schlechter Auflösung vorliegende Fotos habe ich dabei auf Farbe bewusst verzichtet. Schließlich ist in dieser Auflage auch ein Anhang mit Übersichten der Einsatzgeschichten aller vorgestellten Trägerraketen hinzugekommen.

Ostfildern, im April 2019
Bernd Leitenberger

Inhaltsverzeichnis

Angara
Antares
Ariane 1
Ariane 2 und 3
Ariane 4
Ariane 5
Atlas D
Atlas mit Feststoffoberstufen
Atlas Able
Atlas Agena
Atlas Centaur
Atlas G bis IIAS
Atlas V
Athena
Black Arrow
Conestoga
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 B und BP.4
Dnepr
Electron
Energija
Epsilon
Europa
Falcon 1
Falcon 9
Falcon Heavy
Feng Bao FB-1
GSLV
H-I
H-II und H-IIA
H-IIB
J-1
Juno I
Juno II
Kaituoze 1 (KT-1)
Kaituoze 2 (KT-2)
Kosmos 11K63
Kosmos 11K65 / 3M
Kuaizhou-1A
Lambda 4S
Langer Marsch 1
Langer Marsch 2
Langer Marsch 3

Langer Marsch 4
Langer Marsch 5
Langer Marsch 6
Langer Marsch 7
Langer Marsch 11
LVM3
Minotaur I
Minotaur IV
Minotaur V
Molniya
My-Serie
N-1
Naro-1 / KSLV
OS-M
Pegasus
Project Pilot
Proton
PSLV
Rockot
Safir / Paektusan-1 / Taepodong 1
Saturn I
Saturn IB
Saturn V
Scout
Shavit
Simorgh
SLV 3 / ASLV

Sojus
Space Shuttle
SS-520 / NL-520
Start-1 / Start
Strela
Super Strypi (SPARK)
Taurus
Thor
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 und Titan 4B
Unha
Vanguard
Vega
VLS / VLM
Wolna, Shtil'
Wostok
Zenit
Zhuque-1
Zyklon
Abkürzungsverzeichnis
Übersicht Submodelle

Übersicht Raketenfamilien

Übersicht Weltraumnationen



1. Abbildung: Jungfernflug der Angara 5 (oben) und Angara 1.2 (unten)



Angara

Die Angara ist das einzige umgesetzte neue Raketenprojekt Russlands. Es sollte die bestehenden Träger durch ein wirtschaftlicheres, modulares System ersetzen und die Abhängigkeit Russlands von Zulieferern aus den ehemaligen Sowjetrepubliken senken.

Richtig neu an der Angara ist nur die erste Stufe, das **Universal Rocket Module URM**. Es setzt ein Triebwerk des Typs RD-191 ein, welches aus dem RD-170 der Energija (S. →) entstand, indem dieses von vier Brennkammern in vier Einzeltriebwerke aufgeteilt wurde. Kombiniert man mehrere dieser URM, so entsteht eine Raketenfamilie. Geplant waren Träger mit einem, drei, fünf und sieben Modulen (Angara 1, 3, 5 und 7). Die Version mit drei Modulen wurde inzwischen gestrichen. Sie hätte die Nutzlast der Zenit (S. →) gehabt. Da diese jedoch nicht mehr eingesetzt wird, benötigt Russland auch keinen Ersatz. Die Version mit fünf Modulen hat die Nutzlast der Proton (S. →). Die Angara 1.2 mit einem URM hat eine Nutzlast von 3.700 kg. Sie wurde am 9.7.2014 suborbital getestet.

Als Oberstufen kommen Adaptionen der schon existierenden Stufen Block I (Sojus) und Breeze-M (Proton) zum Einsatz. Eine vergrößerte Version von Block I, das URM-2, bildet die zweite Stufe. Die Breeze-M wird zusätzlich bei Hochenergiemissionen und Missionen in den GEO-Orbit als dritte Stufe eingesetzt. Die Angara 1.1 mit einem URM und der Fregat (Oberstufe der Sojus) wurde eingestellt, stattdessen wurde die Sojus 2.1v mit gleicher Nutzlast entwickelt.

Die Einführung der Angara verläuft langsam und die alten Träger werden noch lange im Dienst bleiben. Die Sojus (S. →) wird wegen der Bedeutung für die Versorgung der ISS durch Progress- und Sojusraumschiffe sowie Aufträge für 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. Mit der Angara soll Baikonur als meistfrequenter Kosmodrom durch den neu errichteten Weltraumbahnhof Wostotschny abgelöst werden. Es geht es vor allem um die Unabhängigkeit Russlands. Wostotschny hinkt ebenfalls im Zeitplan hinterher, da nach der Finanzkrise von 2008 die Preise für Erdgas, Erdöl und Metalle stark sanken und Russlands Staatseinnahmen stark vom Export von Rohstoffen abhängen.

Es 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 5.400 kg auf bis zu 19.000 kg (Angara A7.2b) anheben. Bisher erfolgten Testflüge der Angara 1 und Angara 5. Seit dem 23.12.2014 erfolgten keine weiteren Starts.



2. Abbildung: Zweiter Start der Antares 132

Antares

Die Antares ist ein Beispiel für einen Träger, dessen Entwicklung nicht durch Regierungsorganisationen vergeben wurde. Sie entstand, als sich Orbital für den COTS-Auftrag bewarb, um die Cygnus-Kapsel zu starten. Alle bisherigen Starts erfolgten mit diesem Transporter.

Die erste Version der Antares wog 281 t und war 40,3 m hoch. Orbital führte zunächst nur

die Integration und den Start durch, die Aufträge für ihre beiden Stufen wurden an Fremdfirmen vergeben. Für die zweite Stufe wurde der Castor 30 Antrieb von ATK ausgewählt. Seine Leistung wurde während der ersten fünf Flüge deutlich gesteigert, indem der Treibstoff verdoppelt wurde. Die Nutzlast stieg dadurch von 4.600 auf 5.600 kg in einen LEO. Nachdem Orbital und ATK 2016 fusionierten, stellt Orbital/ATK diese Stufe nun selbst her.

Die Strukturen der ersten Stufe werden vom ukrainischen KB Juschnoje gefertigt. Sie nutzen die Fertigungsstraße der Zenit und haben den gleichen Durchmesser von 3,90 m. Allerdings wurden die Tanks verkürzt, da die Triebwerke weniger Schub haben. Bisher waren dies die AJ-26 von Aerojet. Die Triebwerke sind jedoch nicht neu, sondern alte NK-33 Triebwerke der russischen Mondrakete N-1 (S. →). 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 unmittelbar vor dem Aufschlagen auf der Startbasis gesprengt. Trotzdem entstand beträchtlicher Schaden an den Anlagen. Bereits vorher suchte Orbital nach einer Alternative zu den Triebwerken, da nicht mehr gefertigt werden. Nach dem Fehlstart wurde mit Energomasch ein Vertrag über die Lieferung von RD-181 Antrieben abgeschlossen. Ein RD-181 sind zwei RD-193 Triebwerke in einem gemeinsamen Schubrahmen. Das RD-193 ist wiederum eine Variante des RD-191 der Angara (S. →). Die Ziffer zeigt die Verwandtschaft zum RD-180 der Atlas V (S. →) an, das ebenfalls aus zwei Brennkammern dieses Typs besteht, aber mit einer gemeinsamen Turbopumpe. Am 17.10.2016 hatte diese zweite Version mit einer deutlich höheren Nutzlast von über 7 t ihren Jungfernflug. Dies ist möglich durch den höheren Schub und höhere Effizienz des RD-181 Triebwerks. Die Startmasse stieg nur leicht auf 296 t und die Länge auf 43 m.

Seitdem erfolgten vier Starts. Insgesamt erfolgten seit dem Jungfernflug 2013 in sechs Jahren neun Starts. 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 Programm nach dem Fehlstart der ersten Europa II (S. →) eingestellt wurde. Ariane war ein rein französisches Programm mit Beteiligung weiterer europäischer Länder und Frankreich trug fast zwei Drittel der finanziellen Last. Erst ab der Ariane 2 wurde die ESA federführend.

Die 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 – die erste Verwendung außerhalb der USA – das Wasserstoff als Treibstoff nutzte. Diese Mischung aus Bewährtem und Innovativem führte zu einer zuverlässigen Trägerrakete. Zudem senkte 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. Wie auch die Nachfolger Ariane 2 bis 4 war Ariane 1 für Transporte in den GTO ausgelegt und die entsprechende Nutzlast konnte schon während der Entwicklung von 1.600 bis 1.700 kg auf 1.860 kg gesteigert werden. Theoretisch hätten 4,5 t in einen LEO befördern können allerdings lag die maximal zulässige Nutzlast bei 2,5 t. Die Rakete war bei einem maximalen Durchmesser von 3,80 m 47,4 m hoch und wog 207 t.

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 Shuttle-Programm und dem damit einhergehenden Produktionsende der größeren US-Trägerraketen. Zahlreiche Kunden wandten sich an die neue Firma. Vorteilhaft war dabei auch, dass die geografisch günstige Lage des **Centre Spatial Guyanais** (CSG) nahe am Äquator die Nutzlast in den GEO erhöht. Mit der Übertragung von Vermarktung und Fertigung der Ariane auf eine Gesellschaft war die ESA ihrer Zeit weit voraus. Selbst heute beaufsichtigen noch Regierungen die komplette Vermarktung und Produktion ihrer Träger.

Schon 1985 wurde Ariane 1 nach sechs Jahren im Einsatz durch Ariane 2 und 3 (S. →) abgelöst. Beide Modelle basieren auf Verbesserungen der ersten zwei Stufen und einer verlängerten dritten Stufe. Ariane 1 beförderte viele ESA-Nutzlasten, wie den Wettersatelliten Meteosat 2, die Raumsonde Giotto oder den ersten teilkommerziellen Erdbeobachtungssatelliten SPOT-1. Von den insgesamt elf Starts scheiterten der Zweite und der Fünfte. Die ersten vier Einsätze waren Testflüge.



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

Ariane 2 und 3

Ariane 3 und ihr Schwestermodell Ariane 2 waren evolutionäre Verbesserungen der Ariane 1. In allen drei Stufen wurden nun Reserven ausgenutzt, die während der ursprünglichen Entwicklung eingeplant worden waren, um die Zuverlässigkeit der Rakete zu erhöhen. Nach den Erfahrungen mit den ersten Starts wurde der Brennkammerdruck aller Triebwerke und damit die Treibstoffausnutzung erhöht. Die ersten beiden Stufen wurden zudem auf eine stabiler verbrennende Treibstoffmischung umgerüstet, nachdem der zweite Start der 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 alleine steigerte bereits die Nutzlast von 1.860 kg in den GTO bei der Ariane 1 auf 2.210 kg bei der Ariane 2, welche äußerlich der Ariane 1 sehr ähnelt. Häufiger wurde jedoch das Schwestermodell Ariane 3 eingesetzt. Diese hatte zusätzlich zwei Feststoffraketen an der ersten Stufe, welche oben an der strukturverstärkten Zwischentanksektion und unten am Schubrahmen angebracht wurden. Um eine Beschädigung der Startanlage durch die heißen Abgase zu vermeiden, wurden die Booster erst nach dem Abheben der Rakete gezündet. Damit die Ariane 3 mit diesem Zusatzgewicht noch abheben konnte, war deren Masse begrenzt und schon in 4,8 km Höhe waren sie ausgebrannt und wurden abgetrennt. Die beiden Booster reduzierten durch die schnellere Passage der Atmosphäre die Aufstiegsverluste der Rakete und erhöhten die Nutzlast der Ariane 3 auf 2.620

kg in den GTO. Ariane 2/3 waren 48,90 m hoch, mit einem maximalen Durchmesser von 3,80 m und einem Startgewicht von 219 t bei der Ariane 2 sowie 240 t bei der Ariane 3.

Während die Ariane 2 die Starts einzelner schwerer Satelliten durchführte, wie beispielsweise die der Intelsat VA Serie, beförderte die Ariane 3 zwei leichtere Satelliten mit einem Start. Dafür entwickelte die ESA 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 die Nutzlastkapazität so optimal auszunutzen und die Kosten eines Starts zwischen zwei Kunden aufzuteilen, ist bis heute einzigartig und war maßgeblich dafür, dass Arianespace in der Folgezeit der wichtigste Launch Service Provider wurde.

Die Ariane 2 und 3 wurden zusammen 18-mal von 1985 bis 1989 eingesetzt (siebenmal Ariane 2 und elfmal Ariane 3) und danach von der noch leistungsfähigeren Ariane 4 (S. →) abgelöst. Von diesen 18 Starts scheiterten zwei. Der Grund war in beiden Fällen ein Designfehler des HM-7 Triebwerks, das manchmal nicht richtig startete. Es wurde nach dem Fehlstart beim 18-ten Einsatz für die Ariane 4 komplett überarbeitet.



5. Abbildung: Start der Ariane 44P © des Bildes: ESA



Abbildung 6: Jungfernflug der Ariane 44 LP © des Bildes: ESA



Abbildung 7: Die leistungsfähigste Version Ariane 44L an der Startrampe © des Bildes: ESA