

# Köpfe hinter der Ariane 6: Dr. Jochen Albus

Raketen haben ihn schon immer fasziniert. Als Jugendlicher experimentierte er bereits mit Modellen, deren selbst hergestellte Schwarzpulverladung er mit einer Zeitsteuerung über einen Wecker zündete. Abgehoben haben sie, seine Modellraketen. Allerdings war, wie er im Rückblick sagt, die Flugführung selbst eher das Ergebnis von Zufall als von Kontrolle. Das ist heute alles anders:

Die Rakete, deren mechanische Qualifikation der strukturellen Bauteile er von Bremen aus über ganz Europa verantwortet, ist kein Modell mehr, sondern 60 Meter hoch, mit Nutzlast über 600 Tonnen schwer und hört auf den Namen Ariane 6, und als einziger Deutscher steht Dr. Albus selbst mittlerweile im Rang eines „Expert Emeritus“ auf der höchsten Fachebene des europäischen Konzerns, welcher nur fünf Ingenieure insgesamt angehören. Sein Spezialgebiet: „Multidisziplinäre Analyse und Raketenarchitektur“.

Diese Warte erlaubt nicht nur einzigartige Einblicke in das Gesamtsystem Ariane 6, sondern auch Ausblicke auf die Zukunft. Raumfahrt Concret sprach exklusiv mit Dr. Jochen Albus, Technischer Leiter und „Expert Emeritus“ der ArianeGroup GmbH.



**RC:** Welche grenzüberschreitenden Leitungsfunktionen üben Sie beim Ariane 6-Programm derzeit aus?

**Dr. Jochen Albus:** Das Ariane 6-Programm ist in verschiedene Bereiche gegliedert, die sich an den Hauptfunktionen der Rakete orientieren. Diese

sind das Raketen-Systemengineering, die Bereiche Flüssigkeits- und Feststoffantriebe, Flugführung, Navigation und Kontrolle, die Raketen-Plattform sowie der Bereich Industrialisierung, Fertigung, Montage und Test. Der Bereich Raketen-Plattform umfasst alle oben genannten strukturellen Bauteile sowie das Management der Interfaces zwischen allen Bauteilen, inklusive der Triebwerke, Feststoffraketen und der Aktuatoren zur Schubvektorsteuerung. Die Raketen-Plattform verantwortet ebenfalls die technischen und vertraglichen Schnittstellen zu den industriellen Partnern. Eine weitere Funktion der Raketen-Plattform ist die Ermittlung der auf die Raketen wirkenden Lasten während der Bodenphase am Startplatz und im Flug.

Die Raketen-Plattform hat vier technische Leiter sowie je einen technischen Leiter für jedes Produkt. Ich bin einer der vier technischen Leiter der Raketen-Plattform und als „End to End Mechanical Authority“ verantwortlich für mechanische Qualifikation der strukturellen Raketenbauteile. Diese technische Verantwortung ist länderübergreifend und hat Schnittstellen zu allen Ariane Group-Standorten sowie zu unseren industriellen Partnern.

**RC:** Gibt es aus Ihrer Erfahrung jenseits allen gemeinsamen technischen Verständnisses mentalitätsbedingte Unterschiede zwischen den beteiligten Nationalitäten, die zu beachten für dieses Technikprojekt von großer Bedeutung sind? Was könnten andere

*Branchen aus der Internationalität des Ariane 6-Programms lernen, wenn sie sich einer ähnlich großen Aufgabe verschrieben?*

**Dr. Jochen Albus:** Ich würde nicht von mentalitätsbedingten Unterschieden aufgrund von unterschiedlichen Nationalitäten sprechen. Die gibt es sicherlich und die finden sie auch innerhalb eines Landes. Mentalitätsbedingte Unterschiede gibt es schon alleine durch die unterschiedlichen Persönlichkeiten von Kollegen und Partnern. Wichtig für eine gute Zusammenarbeit sind gegenseitiger Respekt, Offenheit und Transparenz sowie Glaubwürdigkeit. Höflichkeit versteht sich von selbst. Das schließt nicht aus, dass technische und programmatische Meinungen kontrovers diskutiert werden und am Ende eine technische und programmatische Entscheidung herbeigeführt werden muss.

**RC:** Welche technischen Besonderheiten sind es, die Ihrer Ansicht nach die Fortschreibung des kommerziellen Erfolgs der Ariane 5 durch ihren Nachfolger sichern werden?

**Dr. Jochen Albus:** Wichtige Erfolgsfaktoren für Ariane 6 sind ein auf dem Markt konkurrenzfähiger Preis, eine hohe Zuverlässigkeit, die Verfügbarkeit sowie eine hohe Flexibilität in Bezug auf mögliche Missionen mit einer vom Markt geforderten Nutzlastkapazität.

Die Produktionskosten der Ariane 6 werden ca. 40 bis 50 Prozent unter denen der Ariane 5 liegen. Möglich wird das durch eine europaweit opti-



Ariane 62, Kurzversion (links) und Langversion (Mitte). Rechts die Ariane 64. Grafiken: ArianeGroup

mierte industrielle Organisation und die Einführung neuer innovativer Technologien und Prozesse. Reibrührschweißen zur Herstellung der Treibstofftanks für flüssigen Wasserstoff und flüssigen Sauerstoff, die Einführung hochfester Aluminium-Lithium-Legierungen für kryogene Anwendungen, die Einführung der Oberflächenbehandlung durch Laser und eine sprühbare Tieftemperaturisolation für die Treibstofftanks sind nur einige Beispiele die Produktionskosten der Treibstofftanks zu reduzieren und die Leistungsfähigkeit der Ariane 6 zu erhöhen. 3D-Druck und additive Fertigungsverfahren werden bei der Herstellung von Triebwerkskomponenten erfolgreich eingesetzt.

Entscheidend ist die End-to-End-Optimierung von Produktionsverfahren und Konzeption der Raketenarchitektur und ihrer Komponenten, um sowohl die Kostenziele als auch die geforderte Leistungsfähigkeit zu erreichen. Gleichzeitig haben wir bei der Entwicklung darauf geachtet, dass die Ariane 6-Architektur flexibel und erweiterbar ist. Ariane 6 hat gegenüber Ariane 5 eine deutlich höhere Flexibilität und Modularität. Beides trägt zur Wettbewerbsfähigkeit der Ariane 6 bei.

Die Flexibilität ist vor dem Hintergrund eines sich schnell ändernden Marktes eine besonders wichtige Eigenschaft, die für Ariane 6 echte Wettbewerbsvorteile bringt.

Die Tatsache, dass mit der Ariane 62 mit zwei Feststoffraketen und der Ariane 64 mit vier Feststoffraketen zwei Varianten unterschiedlicher Nutzlastkapazität und Startkosten zur Verfügung stehen, ist der erste Vorteil gegenüber der heute fliegenden Ariane 5. Diese Modularität erlaubt unter anderem eine Erhöhung der Startrate und attraktive Startkosten für unsere Kunden.

Unterschiedlich große Nutzlastverkleidungen von 14 Metern und 20 Metern Höhe bieten bei einem Durchmesser von 5,4 Metern enormes Nutzlastvolumen. Die Vergrößerung des Nutzlastvolumens erlaubt die Unterbringung einer um 3,1 Meter höheren Doppelstartstruktur. Dadurch wird eine größere Flexibilität der Nutzlast-

paarungen bei Doppel- und Mehrfachstarts erreicht.

Das wiederzündbare VINCI-Triebwerk der Ariane 6 erlaubt eine wesentlich größere Missionsvielfalt. Dazu gehören Transporte in LEO, MEO, GTO, direkt GEO, SSO sowie Erd-Fluchtorbit, Mondorbit und stark elliptische Orbits. Eine der innovativsten Neuerungen der Ariane 6-Oberstufe ist die Entwicklung der Auxiliary Power Unit (APU). Die APU wird zusätzlich zum Helium-Bedrückungssystem und zur Bedrückung durch gasförmigen Wasserstoff zur Bedrückung der Oberstufentreibstofftanks eingesetzt. Im Vergleich zum Ariane 5 ME-Oberstufenkonzept kann dadurch auf vier Helium-Hochdrucktanks verzichtet werden. Die APU kommt sowohl in der angetriebenen als auch in der ballistischen Flugphase kurz vor der Wiederzündung des VINCI-Triebwerks zum Einsatz. Andere Funktionen der APU sind die Verbesserung der Einschussgenauigkeit der Nutzlasten in den jeweiligen Zielorbit sowie die Schuberzeugung für den kontrollierten Wiedereintritt der Oberstufe.

Mit ihrer wiederzündbaren Oberstufe ist Ariane 6 auch für besonders komplexe Missionen geeignet, wie die Positionierung von Satelliten-Clustern für Konstellationen. Ich kann behaupten, dass die neue Oberstufe der Ariane 6 die vielseitigste und flexibelste Oberstufe weltweit ist.

Aufgrund der Modularität der Ariane 6 können neue Technologien in die erweiterbare Trägerrakete integriert werden, wenn der Markt dies verlangt. Die ArianeGroup arbeitet bereits schon heute innerhalb verschiedener ESA-Programme an einer kontinuierlichen Verbesserung der Ariane 6-Rakete mit dem Ziel, die Leistungsfähigkeit und die Vielseitigkeit der Ariane 6 weiter zu erhöhen.

**RC:** Welche Rolle wird dabei die Kickstage einnehmen?

**Dr. Jochen Albus:** Die Kickstage ist eine der vorgesehenen Entwicklungen, die die Missionsflexibilität der Ariane 6 erweitern wird. Diese zusätzliche Raketenstufe ermöglicht spezielle Missionen für Satelliten-Konstellationen und erweitert für andere Missionen die Nutzlastkapazität. Beispiele hierfür



Ariane 62 und Vega im Vergleich.

sind Ariane 64 GEO direct single launch sowie Ariane 62 MEO Galileo-Missionen mit erhöhter Nutzlastkapazität. Die Erhöhung der Nutzlastkapazität reduziert trotz Zusatzkosten für die Kickstage die Transportkosten pro Kilogramm Nutzlast deutlich.

**RC:** Nachdem es lange Zeit nicht so aussah, gewinnen nun doch zwei Themen wieder Gewicht in der Diskussion: Wiederverwendbarkeit und astronautische Raumfahrt. Dazu die Fragen: Wie kann - ein entsprechender Nachfragemarkt vorausgesetzt - der Weg der Wiederverwendbarkeit für Ariane 6 in absehbarer Zeit aussehen? Und zum anderen: Sehen Sie die Chance, dass wir für die Ariane 6 das bekommen, was der Ariane 5 - Stichwort „Hermes“ - verwehrt geblieben ist?

**Dr. Jochen Albus:** Die Wiederverwendbarkeit der ersten Stufe der Ariane 6 bedeutet nicht automatisch einen Wettbewerbsvorteil für Ariane 6 im Satellitentransportgeschäft. Damit sich die Wiederverwendbarkeit ökonomisch rechnet, muss Ariane 6 eine große Anzahl von Satelliten pro Jahr transportieren. Der für Ariane zugängliche Markt gibt das momentan nicht her, aber das kann sich in der Zukunft ändern. Aus diesem Grund investiert die ArianeGroup im Bereich Forschung und Technologie zum einen in Konzeptstudien für eine wiederverwendbare erste Stufe, sowie in die Ent-



Schubkammer der Ariane 6. Fotos: ArianeGroup

wicklung eines neuen Unterstufentriebwerks. Entscheidend für die Wiederverwendbarkeit des Unterstufentriebwerks sind eine einfache Inspektion, Wartung und Reparatur. Im Rahmen eines ESA-Programms arbeitet die ArianeGroup seit 2018 an der Entwicklung eines wiederverwendbaren Triebwerks. Das Unterstufentriebwerk mit dem Namen „Prometheus“ ist ein kostengünstiger Demonstrator für ein potenziell wiederverwendbares Unterstufentriebwerk und soll zehnmal günstiger sein als das heutige VULCAIN 2-Triebwerk. Der ESA-Vertrag umfasst das Design, die Konstruktion und das Testen von zwei mit flüssigem Sauerstoff und Methan betriebenen Triebwerken.

Prometheus ist ein Vorläufer zukünftiger Raketentriebwerke für europäische Trägerraketen mit einem Einsatz ab 2030. Innovative Technologien und optimierte industrielle Prozesse, die für diesen Demonstrator entwickelt werden, kommen ebenfalls bei der Überarbeitung der Ariane 6-Antriebe zum Einsatz.

Zum Thema bemannte Raumfahrt: Dass es möglich ist, mit bemannter Raumfahrt wirtschaftlich erfolgreich zu sein, zeigen uns die US-amerikanischen Firmen SpaceX und Blue Origin mit ihren Missionen zur Versorgung der Internationalen Raumstation. Diese Firmen zeigen auch, dass sie in der Lage sind, sich dank ihrer Visionen neue Geschäftsfelder zu erschließen, die ohne bemannte Raumfahrt nicht möglich sind. Langfristig können beispielsweise Weltraumtourismus, sicherheitsrelevante Anwendungen im erd-

nahen Orbit oder in etwas weiterer Zukunft die Gewinnung wertvoller Rohstoffe auf dem Mond oder auf anderen Himmelskörpern zu einer weiteren Kommerzialisierung der Raumfahrt beitragen und neue Wachstumsmärkte erschließen. Die Fähigkeit Menschen in den Weltraum zu transportieren und auch sicher wieder zur Erde zurückzubringen ist eine Fähigkeit die Europa besitzen muss, um an diesem Wachstumsmarkt teilhaben zu können und um diesen mit eigenen Ideen weiterzuentwickeln.

Mit der Ariane 5 verfügt Europa weltweit über das zuverlässigste Transportsystem für Satelliten. Die Ariane 6 als Nachfolgerin der Ariane 5 befindet sich gerade in der Qualifikationsphase. Eine Ergänzung des Ariane 6-Transportsystems um ein Crewmodul und ein Bergungs- und Rettungssystem ist der logische Schritt hin zum bemannten Raumtransport. Mittelfristig muss man in diese Richtung gehen, um die Zukunft der Raumfahrt aktiv mitzugestalten. Der unabhängige Zugang zum Weltraum für Europa muss auch bemannt möglich sein.

**RC:** *Teilen Sie die Ansicht von BDI-Präsident Kempf, dass man schon jetzt ganz seriös daran gehen muss, die Vision von Bergbau im All auf Machbarkeit und Möglichkeiten zu beleuchten?*

**Dr. Jochen Albus:** In seiner Berliner Rohstofferklärung von 2018 schreibt Herr Kempf „Die Bundesregierung sollte innovative Verfahren, wie z. B. den Tiefsee- oder Weltraumbergbau, unterstützen, indem sie Pilotprojekte gezielt fördert.“

Blickt man auf den Mond unserer Erde, so finden sich hier seltene Metalle, wie Gold, Platin, Iridium und Rhenium. Wichtigster Rohstoff auf dem Mond ist allerdings Helium-3. Fusionsforscher sehen darin eine Energiequelle der Zukunft. Allerdings ist die rechtliche Lage in Bezug auf den Rohstoffabbau und in Bezug auf die Eigentumsrechte unklar. Der 1967, also zwei Jahre vor der ersten Mondlandung, verabschiedete „UN-Weltraumvertrag“ verbietet Staaten einen Eigentumsanspruch auf Asteroiden, Monde und Planeten zu erheben. Dieses Abkommen ist mittlerweile von

192 Staaten ratifiziert. Der „Mondvertrag“ von 1979, der die Nutzung von Weltraumrohstoffen durch Privatpersonen beschränken wollte, scheiterte: keine Weltraummacht hat ihn unterzeichnet. So ist bis heute unklar, ob Privatpersonen und Firmen, die Weltraumrohstoffe zur Erde bringen, auch einen Besitzanspruch hätten.

Hohe Transportkosten pro Kilogramm Nutzlast und eine fehlende Infrastruktur zum Abbau von Rohstoffen auf dem Mond rücken dieses Thema in eine noch ferne Zukunft. Das heißt nicht, dass man die Vision von Rohstoffgewinnung im Weltraum nicht seriös auf Machbarkeit und Möglichkeiten beleuchten sollte.

Im Hinblick auf eine Vermeidung von Rohstoffknappheit ist es momentan zielführender, mit den Ressourcen schonend umzugehen und die Kreislaufwirtschaft weiter auszubauen.

**RC:** *Der große Markterfolg des Ariane-Systems verteilt sich auf 40 Jahre mit zwei Versionen: Ariane 4 und Ariane 5, wobei letztere schon in die Planung kam, als die Karriere der Ariane 4 gerade erst begonnen hatte. Wie wird das mit Ariane 6 und 7 sein?*

**Dr. Jochen Albus:** Der sich ständig verändernde Markt für Nutzlasten erfordert eine hohe Flexibilität der Ariane 6. Die Anpassungsfähigkeit der Ariane 6 an einen sich ändernden Nutzlastmarkt wurde bereits bei ihrer Konzeption berücksichtigt.

Die große Konkurrenz auf dem Satellitentransportmarkt und der hohe Preisdruck erfordern zunächst eine schnelle Markteinführung der gegenüber der Ariane 5 deutlich günstigeren Ariane 6. Das ist das primäre Ziel. Parallel dazu arbeiten ArianeGroup und ihre industriellen Partner aber bereits an der Weiterentwicklung der Ariane 6 in verschiedenen ESA-Programmen, unterstützt von den nationalen Raumfahrtorganisationen, allen voran die französische Raumfahrtorganisation CNES und das DLR.

Fokus der Weiterentwicklung der Ariane 6 liegt auf einer Erhöhung der Nutzlastkapazität mit dem Ziel, die spezifischen Transportkosten zu senken sowie den Umfang des Missionsperimeters zu erweitern.

Die Entwicklung einer Kickstage sowie einer ultraleichten Oberstufe aus Kohlefaser verstärkten Verbundwerkstoffen, sind zwei Beispiele für die vorgesehene Weiterentwicklung der Ariane 6. Die besonderen Herausforderungen, eine Oberstufe aus Kohlefaser verstärkten Verbundwerkstoffen zu entwickeln und zu qualifizieren, sind die Permeabilität des Werkstoffs und die damit verbundene Dichtigkeit des Wasserstofftanks sowie die Kompatibilität des Werkstoffs mit flüssigem Sauerstoff. Im Rahmen des ESA-FLPP Programms Phoebus arbeiten die ArianeGroup GmbH und MT Aerospace gemeinsam an der Konzeption einer „schwarzen“ Oberstufe aus CFK. In diesem Programm soll ein Oberstufen-Demonstrator entwickelt und gebaut werden, mit dem die Machbarkeit einer kryogenen Oberstufe aus Kohlefaser verstärkten Verbundwerkstoffen unter anderem durch Betankungs- und Entleerungstests mit kryogenen Flüssigkeiten demonstriert werden soll.

Die Entwicklung eines wiederverwendbaren Unterstufentriebwerks (Stichwort Prometheus) sowie Studien zu einer wiederverwendbaren Unterstufe (Stichwort Themis) sind einige Beispiele für die Konzeption zukünftiger europäischer Trägerraketen.

**RC:** *Sehen Sie jenseits von Ariane 6 und Vega in Europa Spielraum und Marktchancen für weitere Trägerversionen?*

**Dr. Jochen Albus:** Ich vermute diese Frage zielt auf den Transport kleiner

Nutzlasten und auf die Entwicklung und den Betrieb einer kleinen Träger- rakete (Small Launcher) ab.

Nach dem Northern Sky Research Bericht von Ende 2018 werden circa 6.500 kleine Satelliten mit einer Masse unter 500 kg bis 2027 gestartet. Nach Zahlen von Bryce-Space and Technology wurden 1.350 kleine Satelliten unter 600 kg in den Jahren 2012 bis 2018 gestartet. Davon jeweils 300 in den Jahren 2017 und 2018. Das heißt man kann mit 300 bis 700 Satelliten in den nächsten Jahren rechnen, die jährlich in den erdnahen Orbit transportiert werden sollen. Das ist die Prognose.

Ob sich der Markt wirklich so entwickelt werden wir sehen. Die Frage ist, braucht Europa neben der Ariane-Rakete und der Vega noch eine kleine Trägerrakete für den Transport dieser Nutzlasten. Auf dem letzten internationalen Raumfahrtkongress 2019 in Washington DC haben viele Länder ihre Konzepte für „Small Launchers“, also kleine Trägerraketen mit einer Nutzlastkapazität von bis zu 500 kg, vorgestellt. Die spezifischen Transportkosten sind allerdings mit 20.000 US\$ und mehr sehr hoch.

Im Jahr 2017 hat die indische Welt- raumorganisation mit ihrem Polar Satellite Launch Vehicle 104 Satelliten mit einem Flug in den Orbit gebracht. In Europa haben wir mit der Vega-Rakete und deren Small Satellite Mission Service sowie mit der Ariane 6 mit einer Mehrfachstartstruktur (Dispenser) die Möglichkeit eine große Anzahl von Satelliten pro Flug zu

geringeren spezifischen Transportkosten in den Orbit zu transportieren. Das ist für Satelliten-Konstellationen mit einer großen Anzahl kleiner Satelliten sehr interessant. Einzelne kleine Nutzlasten können per „rideshare“ transportiert werden. Das kann von den Kosten her interessant sein, allerdings hängt der Starttermin von dem Starttermin einer geeigneten Ariane 6-Mission ab.

Der Großteil der kleinen Nutzlasten werden Satelliten von Satelliten-Konstellationen sein, die mit der Vega und Ariane 6 kostengünstig transportiert werden können.

Ob sich die Entwicklung einer kleinen Trägerrakete unterhalb der Vega und der Neubau eines Startplatzes bzw. die Anpassung eines existierenden Startplatzes lohnt, um kommerziell mit dem Transport kleiner Satelliten erfolgreich zu sein, ist nicht offensichtlich.

Der Vorteil einer kleinen Trägerrakete ist allerdings ihre kurzfristige Verfügbarkeit. Diese kann im Hinblick auf sicherheitspolitische Anwendungen interessant sein. Auf besagtem Kongress warb die US-amerikanische Firma Rocketlab mit „one rocket per week“ und „24-hour launch on demand“. Die Möglichkeit kurzfristig und häufig Transportkapazität zur Verfügung zu stellen ist aus Sicht von Rocketlab zwingend notwendig um auch strategische Vorteile im Welt- raum aufrecht zu erhalten.

**RC:** *Herzlichen Dank für das Interview.*

Mit Dr. Albus sprachen Dr. Franz-Peter Spaunhorst und Ute Habricht.

**Dr. Jochen Albus** ist 1963 in Hückeswagen geboren worden, ist verheiratet und hat drei Kinder.

**AUSBILDUNG:**

- Studium des Maschinenbaus an der RWTH Aachen, Vertiefungsrichtung Luft- und Raumfahrttechnik.
- Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Akademischer Rat am Institut für Leichtbau der RWTH Aachen.
- Promotion auf dem Gebiet der Statik und Stabilität zylindrischer Schalenstrukturen beliebiger Querschnittsform.
- Mehr als 40 Veröffentlichungen zu verschiedenen Themen der Statik und

Stabilität von Schalenstrukturen und zu strukturdynamischen Aspekten der Raketenentwicklung.

- Zweisemestrige Vorlesung zum Thema Struktur- dynamik an der RWTH Aachen gehalten.

**WERDEGANG BEI ARIANE GROUP** (und Vorläufern) seit 1999:

- Teamleiter Struktur- dynamik.
- Technische Leitung der mechanischen Entwicklung und Qualifikation der Ariane 5-Oberstufe ESC-A innerhalb des Ariane 5-Entwicklungsprogramms.
- Technische Leitung der mechanischen

Entwicklung und Qualifikation der Ariane 5 Vehicle Equipment Bay, innerhalb des Ariane 5-Entwicklungsprogramms.

- Technische Leitung der mechanischen Entwicklung und Qualifikation der Ariane 5ME-Oberstufe innerhalb des Ariane 5-Entwicklungsprogramms.
- Technische Leitung in der Funktion der „End to End Mechanical Authority“ für die mechanische Entwicklung und Qualifikation im Ariane 6-Programm.
- Ehrung als „Expert Emeritus“ der ArianeGroup.