

The background of the entire page is a photograph of the ATV Albert Einstein spacecraft in orbit above Earth. The spacecraft is a white cylindrical module with four large solar panel arrays extending from its sides. The Earth's surface is visible below, showing blue oceans, white clouds, and brown landmasses. The sun is visible on the left side, creating a bright glow and casting shadows on the spacecraft.

**→ IM DIENST DER INTERNATIONALEN
RAUMSTATION ISS**

ATV Albert Einstein

European Space Agency

Vom Beginn des so genannten Raumzeitalters an spielte Europa in der Raumfahrt eine aktive Rolle. Heute betreibt die Europäische Weltraumorganisation ESA (European Space Agency) Erdbeobachtungs-, Navigations-, Telekommunikations- und Astronomie-satelliten, schickt Raumsonden in die Weiten des Sonnensystems und beteiligt sich an der bemannten Exploration des Weltraums.

Der Weltraum ist für Europa eine überaus wichtige Ressource, denn er liefert essenzielle Informationen als Entscheidungsgrundlagen für die Bewältigung globaler Herausforderungen. Die Weltraumforschung ist eine Quelle wertvoller Technologien und Dienste und verschafft uns neue Erkenntnisse über unseren Planeten und das Universum. Seit ihrer Gründung im Jahr 1975 entwickelt die ESA europäische Raumfahrtkapazitäten.

In der ESA fließen die Ressourcen von 20 Mitgliedsstaaten zusammen. So kann sie Programme und Tätigkeiten durchführen, die weit über die Möglichkeiten eines einzelnen europäischen Landes hinausgehen, und Europa durch die Entwicklung neuer Trägerraketen, Raumfahrzeuge und Bodenanlagen einen Platz an der Spitze der internationalen Weltraumforschung sichern.

Derzeit hat die ESA 20 Mitgliedsstaaten: 18 EU-Länder (Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Irland, Italien, Luxemburg, Niederlande, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Spanien und Tschechische Republik) sowie Norwegen und die Schweiz.

Weitere acht EU-Länder haben Kooperationsabkommen mit der ESA unterzeichnet: Estland, Lettland, Litauen, Malta, die Slowakei, Slowenien, Ungarn und Zypern. Mit Bulgarien laufen zurzeit Verhandlungen über ein Kooperationsabkommen. Auch Kanada nimmt im Rahmen eines Kooperationsabkommens an bestimmten Programmen der ESA teil.





Veröffentlicht vom Strategic Planning and Outreach Office des Directorate of Human Spaceflight and Operations der ESA.

ESTEC, PO Box 299
2200 AG Noordwijk
Niederlande

E-Mail: hsocom@esa.int



www.esa.int/atv



@esa
@esaoperations



www.youtube.com/ESA



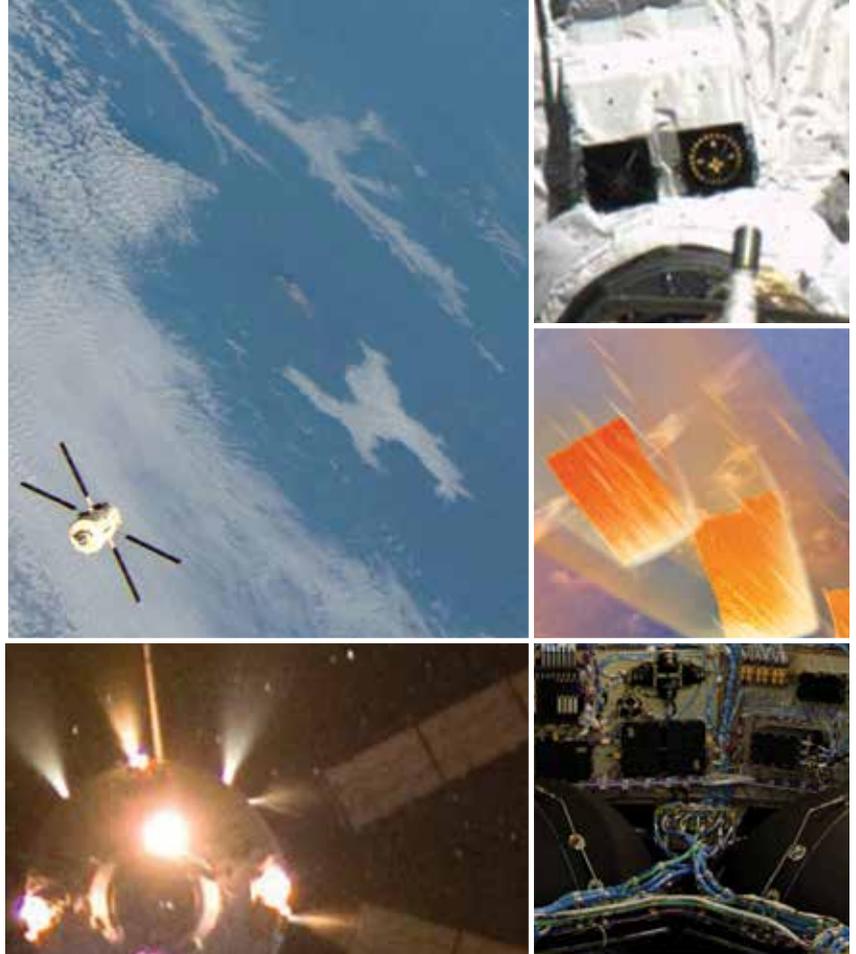
blogs.esa.int/atv

www.flickr.com/europeanspaceagency

ESA und das ESA-Logo sind Markenzeichen der European Space Agency. Die Genehmigung zur Reproduktion oder Distribution von Material, für das ein Dritter das Urheberrecht besitzt, muss von dem betreffenden Urheberrechtsinhaber eingeholt werden.

Erscheinungsdatum: April 2013

Copyright © 2013 European Space Agency



4 ÜBERBLICK ÜBER DIE MISSION Der Flug des ATV *Albert Einstein*

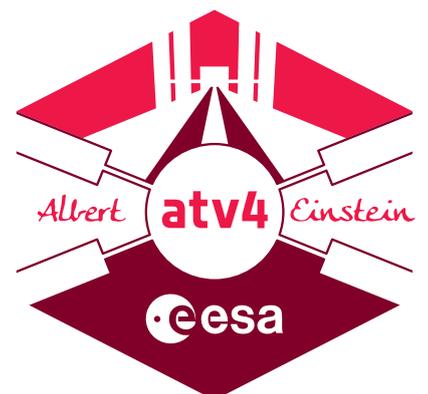
10 DIE VERSORGUNG DER INTERNATIONALEN RAUMSTATION Nachschub für die ISS

18 DER WEG ZUM ZIEL Die Flugbahn zur Raumstation

22 TEAMGEIST ATV-Bodenkontrolle

25 ENDE DER MISSION Abfallentsorgung

26 WAS KOMMT ALS NÄCHSTES? ATV *Georges Lemaître*



A satellite with four solar panels is shown in orbit above the Earth's surface, which is covered in white clouds and blue oceans. The satellite is positioned in the lower-left quadrant of the frame.

→ ÜBERBLICK ÜBER DIE MISSION

Der Flug des ATV *Albert Einstein*

Das ATV (Automated Transfer Vehicle) ist eins der zuverlässigsten und technisch anspruchsvollsten Raumfahrzeuge, die je in Europa gebaut wurden. Das ATV-4, benannt nach Albert Einstein, wird schon bald seine Reise zur Internationalen Raumstation ISS antreten. Damit leistet es einen unverzichtbaren Beitrag zur Versorgung der Raumstation und ihrer sechsköpfigen Langzeitbesatzung.

ATV-4 *Albert Einstein* soll im Juni 2013 vom europäischen Weltraumbahnhof Kourou in Französisch-Guyana an Bord der europäischen Schwerlastrakete Ariane 5 ES starten. Das ATV spielt eine wichtige Rolle für die Logistik der Raumstation, denn es fungiert als Frachter, Lager und Antriebsmodul. Wie seine Vorgänger wird es 6,6 Tonnen Fracht zur ISS bringen und sechs Monate lang durch Bahnkorrekturmanöver zur Einhaltung der ISS-Umlaufbahn beitragen.

Von allen Versorgungsfahrzeugen, die die ISS besuchen, hat das ATV die größte Frachtkapazität. Das vierte Raumfahrzeug der ATV-Serie befördert eine größere Menge an Trockenfracht zur ISS als seine drei Vorgänger und leistet so einen größeren Beitrag zum Betrieb der ISS.

Außerdem fungiert es, beladen mit 2.380 kg Treibstoff, als Antriebsmodul und führt Manöver zur Bahnanhebung der ISS aus, um die atmosphärische Bremswirkung auszugleichen, die die ISS täglich bis zu 100 m weit sinken lässt. Droht der ISS Gefahr durch Weltraumschrott, kann das ATV die nötigen Ausweichmanöver ausführen. Darüber hinaus sorgt es bei der Annäherung anderer Raumfahrzeuge an die ISS für die Positionskontrolle.

Als Raumfrachter transportiert das ATV 2.700 kg Trockenfracht, unter anderem Experimente, Ersatzteile, Lebensmittel und Kleidung für die Besatzung. Dazu

kommen 100 kg Gas, über 500 l Trinkwasser und etwa 800 kg Treibstoff, die in die Tanks der ISS umgefüllt werden sollen.

Der Bedarf der ISS ändert sich mit jeder Mission und jedes Mal gibt es in letzter Minute eine Reihe von Anforderungen. Das ATV *Albert Einstein* ist mit einer neu entwickelten Hebeplattform für späte Fracht ausgestattet, dem so genannten Late Cargo Access Means, mit der noch in den letzten Wochen vor dem Start sehr große und schwere Taschen verladen werden können. Diese Liftanlage verleiht dem ATV eine noch nie da gewesene Flexibilität, gerade wenn es sich bereits auf der Ariane 5 Rakete befindet

Bei der Annäherung an die ISS wird *Albert Einstein* vom verantwortlichen russischen Kosmonauten Pavel Vinogradov überwacht, wobei das 20 Tonnen schwere Raumfahrzeug jedoch eigenständig navigiert und automatisch an der ISS andockt.

Danach dient *Albert Einstein* den Astronauten an Bord als zusätzliches Modul. Nach etwa sechs Monaten dockt es wieder von der ISS ab, angefüllt mit mehreren Tonnen Abfall – Wasser, trockenem Abfall und nicht mehr benötigter Ausstattung. Seine Reise endet mit einem kontrollierten Wiedereintritt in die Erdatmosphäre, in der es verglüht.

ATV-Rekorde

- Schwerstes je von der ESA gestartetes Raumfahrzeug
- Schwerstes je mit der Ariane-Rakete gestartetes Raumfahrzeug
- Nutzlast etwa dreimal so hoch wie beim russischen Raumfrachter Progress und etwas höher als beim japanischen H-II Transfer Vehicle (HTV)
- Größte Schubkraft zur Bahnanhebung der ISS unter allen Raumfahrzeugen, die die ISS besuchen
- Kann automatisch und mit einer Genauigkeit von weniger als sechs Zentimetern an der ISS andocken
- Ausgestattet mit der bisher umfassendsten und modernsten Flugsoftware, die die ESA je entwickelt hat



ESA

Ziel: Die Internationale Raumstation

T + 00:00:00

Start



Höhe: 0 km

T + 00:02:18

Abtrennung der ersten Stufe



61 km

T + 00:03:29

Abtrennung der Verkleidung



107 km

T + 00:09:01

Abtrennung der zweiten Stufe



133 km

T + 01:06:39

Abtrennung des ATV



273 km

Geschwindigkeit: 0 km/h

8300 km/h

10 100 km/h

26 100 km/h

27 800 km/h



Die wichtigsten Fakten

Startbasis	Kourou, Französisch-Guyana
Startdatum	5. Juni 2013
Rakete	Ariane 5 ES
Kopplung	2. Junihälfte 2013
Abkopplung	Herbst 2013

ATV-4

Max. Durchmesser	4,5 m
Länge	9,8 m
Fahrzeugmasse	12.039 kg
Solarmodule (entfaltet)	22,3 m

Trägerrakete Ariane 5 ES

Höhe	50,5 m
Durchmesser	5,4 m
Startmasse	760 t
Nutzlast nach dem Start	19,8 t
Anzahl der Missionen	69. Flug der Ariane 5

Stand April 2013.

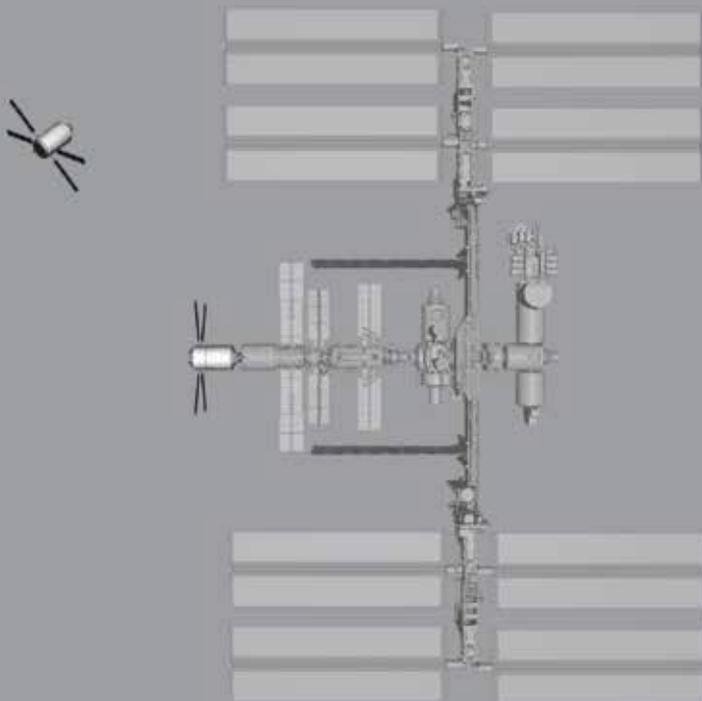
Das genaue Datum für Start und Kopplung kann sich noch ändern.

Annäherung
und Kopplung

Das gekoppelte
Raumfahrzeug

Bis zu zwei Wochen

Sechs Monate



Start in 3D

Eine der kritischsten Phasen, die Trennung des ATV *Albert Einstein* von seiner Trägerrakete Ariane 5, soll in einem 3D-Video festgehalten werden – eine Premiere beim Start eines europäischen Raumfahrzeugs. Unter der Verkleidung wird ein Kamerapaar in Stereokonfiguration montiert, um das ATV und seine Trägerrakete aus noch nie gesehener Perspektive aufzunehmen. Das 3D-Video soll neue Erkenntnisse über die Abläufe beim Start liefern.

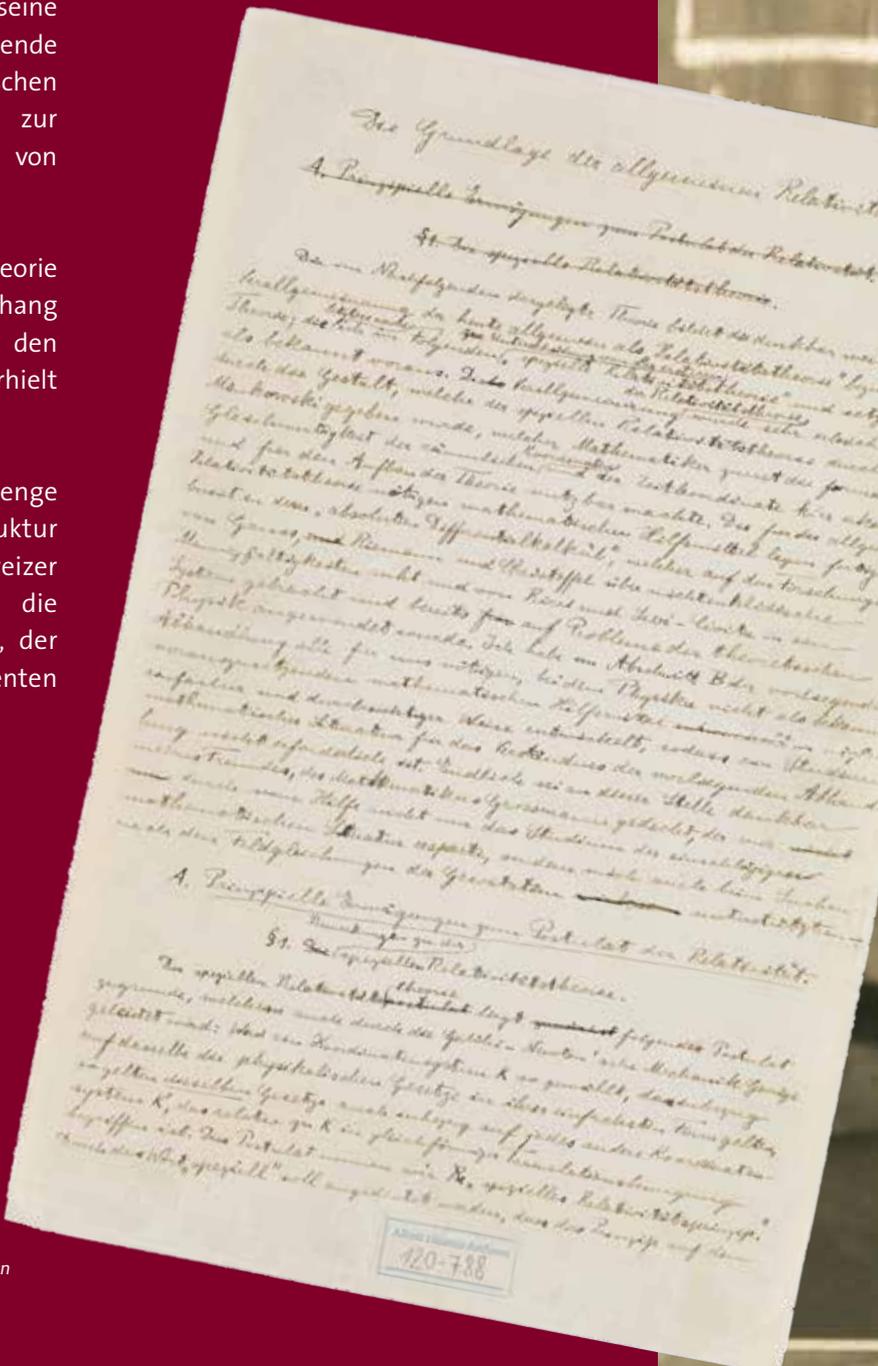
Albert Einstein im Weltraum

In seiner Abhandlung „Die formale Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie“ stellte Albert Einstein die Hypothese auf, dass Lichtstrahlen von massereichen Objekten abgelenkt werden. Bewiesen wurde diese Hypothese, als der britische Astronom Arthur Eddington bei einer Sonnenfinsternis im Jahr 1919 beobachten konnte, wie das Licht ferner Sterne tatsächlich von der Sonne abgelenkt wurde. Diese Beobachtung galt als schlüssiger Beweis für die Richtigkeit der Theorie.

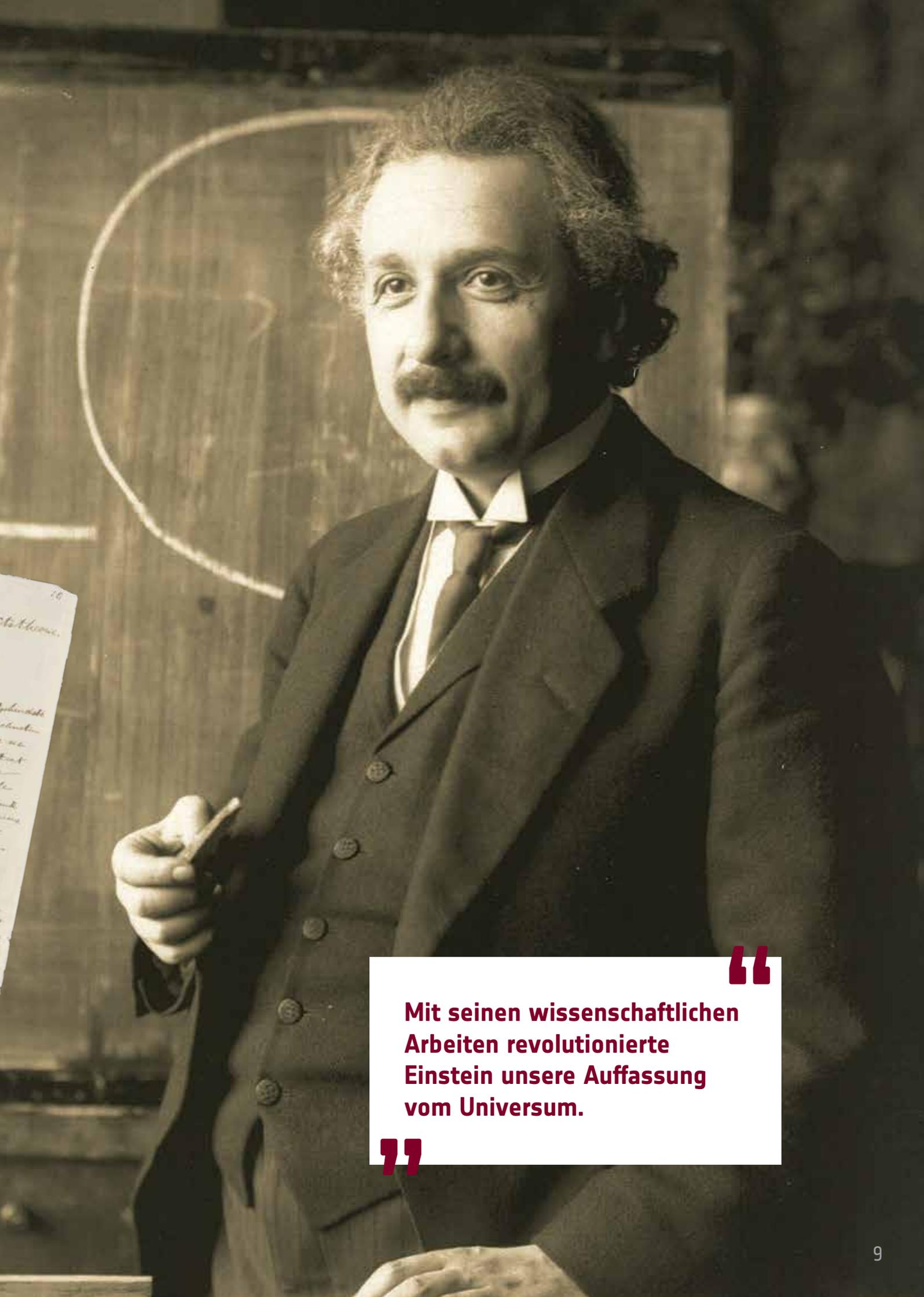
Mit seinen wissenschaftlichen Arbeiten revolutionierte Einstein unsere Auffassung vom Universum. Seine Erkenntnisse spielen bis heute bei der Steuerung von Raumfahrzeugen eine wichtige Rolle. Einstein wurde 1879 in Deutschland geboren, verbrachte seine Studien- und frühen Berufsjahre aber in der Schweiz, wo er im Berner Patentamt arbeitete. Hier entwickelte er seine umwälzenden Ideen und publizierte vier grundlegende wissenschaftliche Abhandlungen zum photoelektrischen Effekt, zur brownischen Molekularbewegung, zur speziellen Relativitätstheorie und zur Äquivalenz von Masse und Energie.

Mit seiner speziellen und allgemeinen Relativitätstheorie und seiner Gleichung $E=mc^2$ über den Zusammenhang zwischen Masse und Energie gehört Einstein zu den großen Ikonen des 20. Jahrhunderts. Mit 42 Jahren erhielt er den Nobelpreis für Physik.

Auch beim ATV Albert Einstein gibt es eine enge Verbindung zur Schweiz: Teile seiner Struktur und seiner Subsysteme werden von Schweizer Industrieunternehmen gebaut, darunter die Nutzlastmodule, die Lifanlage für späte Fracht, der Mikrometeoritenschild sowie kritische Komponenten der Elektronik.



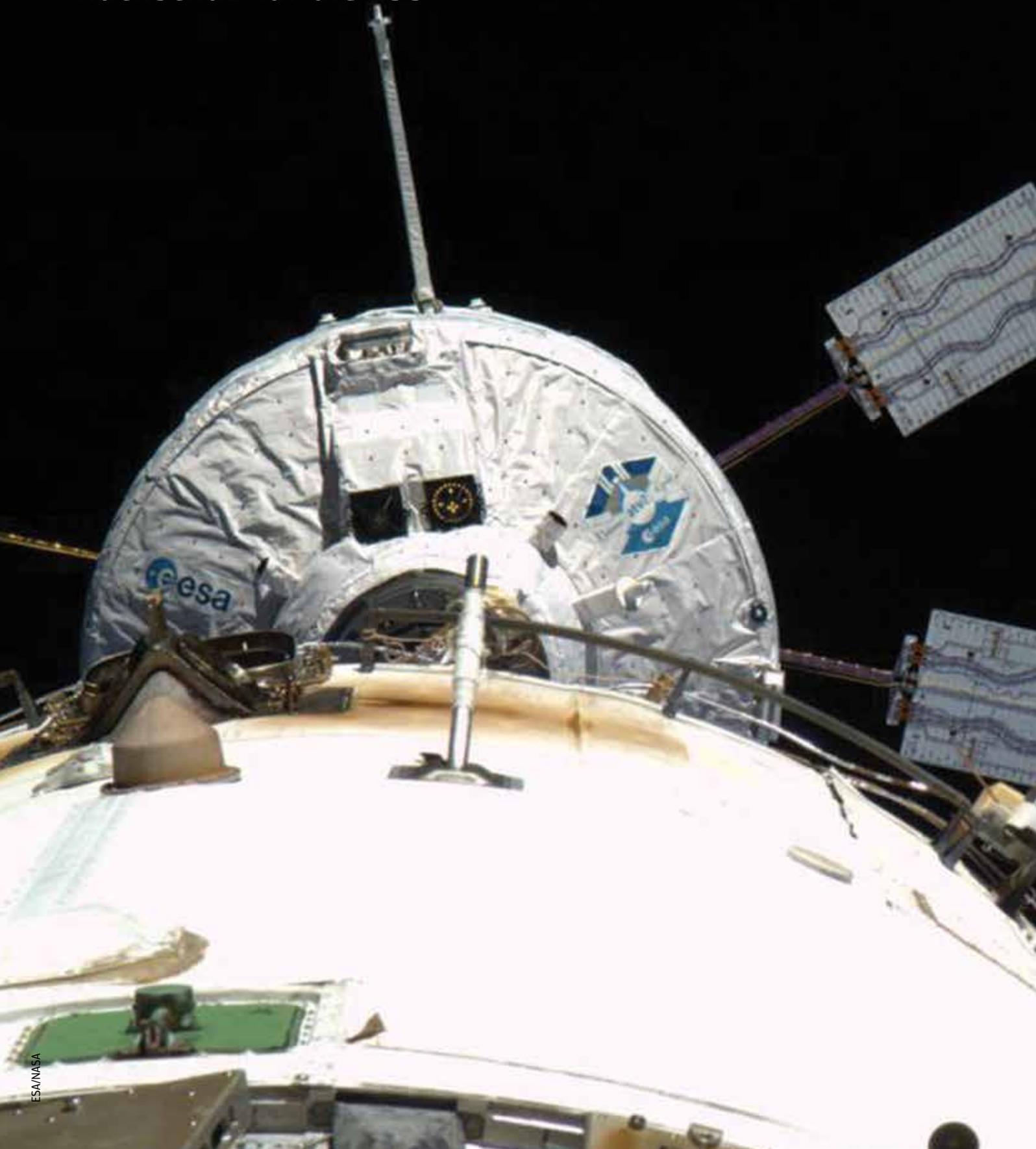
Links: Albert Einstein bei einem Vortrag in Frankreich in den 1920er Jahren
Rechts: Erste Seite des Manuskripts von „Die formale Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie“ (Albert-Einstein-Archiv der Hebräischen Universität Jerusalem)

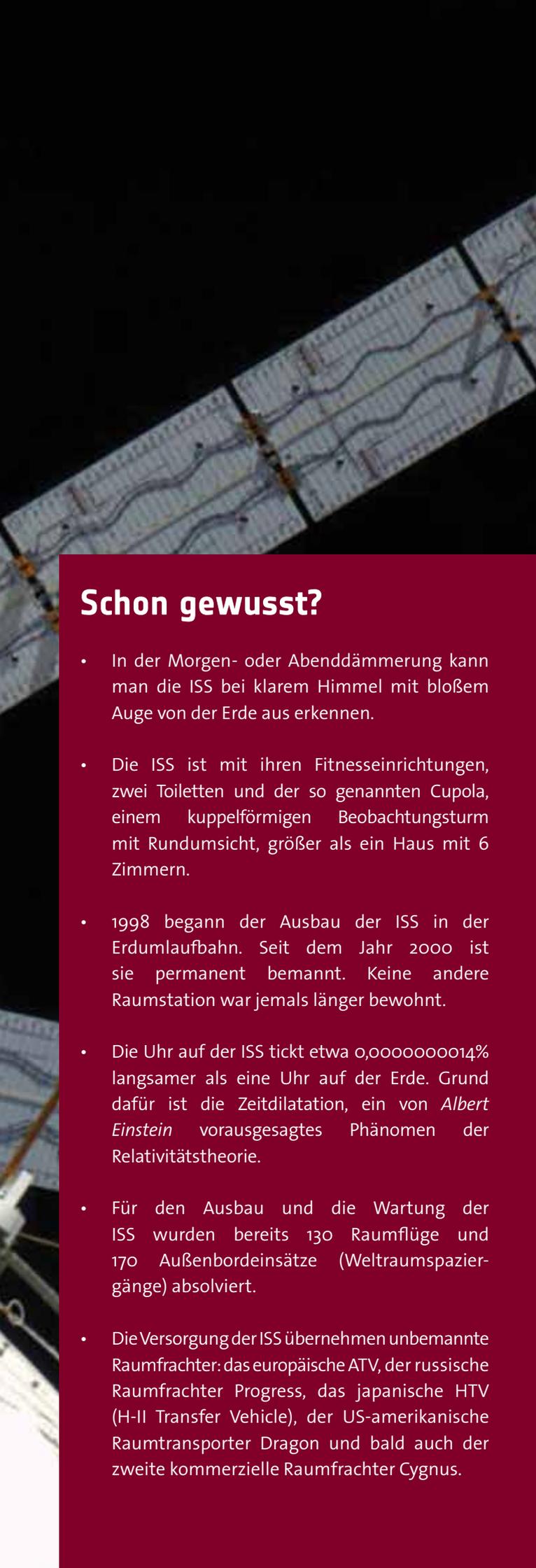


**Mit seinen wissenschaftlichen
Arbeiten revolutionierte
Einstein unsere Auffassung
vom Universum.**

→ DIE VERSORGUNG DER INTERNATIONALEN RAUMSTATION

Nachschub für die ISS





Schon gewusst?

- In der Morgen- oder Abenddämmerung kann man die ISS bei klarem Himmel mit bloßem Auge von der Erde aus erkennen.
- Die ISS ist mit ihren Fitnesseinrichtungen, zwei Toiletten und der so genannten Cupola, einem kuppelförmigen Beobachtungsturm mit Rundumsicht, größer als ein Haus mit 6 Zimmern.
- 1998 begann der Ausbau der ISS in der Erdumlaufbahn. Seit dem Jahr 2000 ist sie permanent bemannt. Keine andere Raumstation war jemals länger bewohnt.
- Die Uhr auf der ISS tickt etwa 0,0000000014% langsamer als eine Uhr auf der Erde. Grund dafür ist die Zeitdilatation, ein von *Albert Einstein* vorausgesagtes Phänomen der Relativitätstheorie.
- Für den Ausbau und die Wartung der ISS wurden bereits 130 Raumflüge und 170 Außenbordeinsätze (Weltraumpaziergänge) absolviert.
- Die Versorgung der ISS übernehmen unbemannte Raumfrachter: das europäische ATV, der russische Raumfrachter Progress, das japanische HTV (H-II Transfer Vehicle), der US-amerikanische Raumtransporter Dragon und bald auch der zweite kommerzielle Raumfrachter Cygnus.

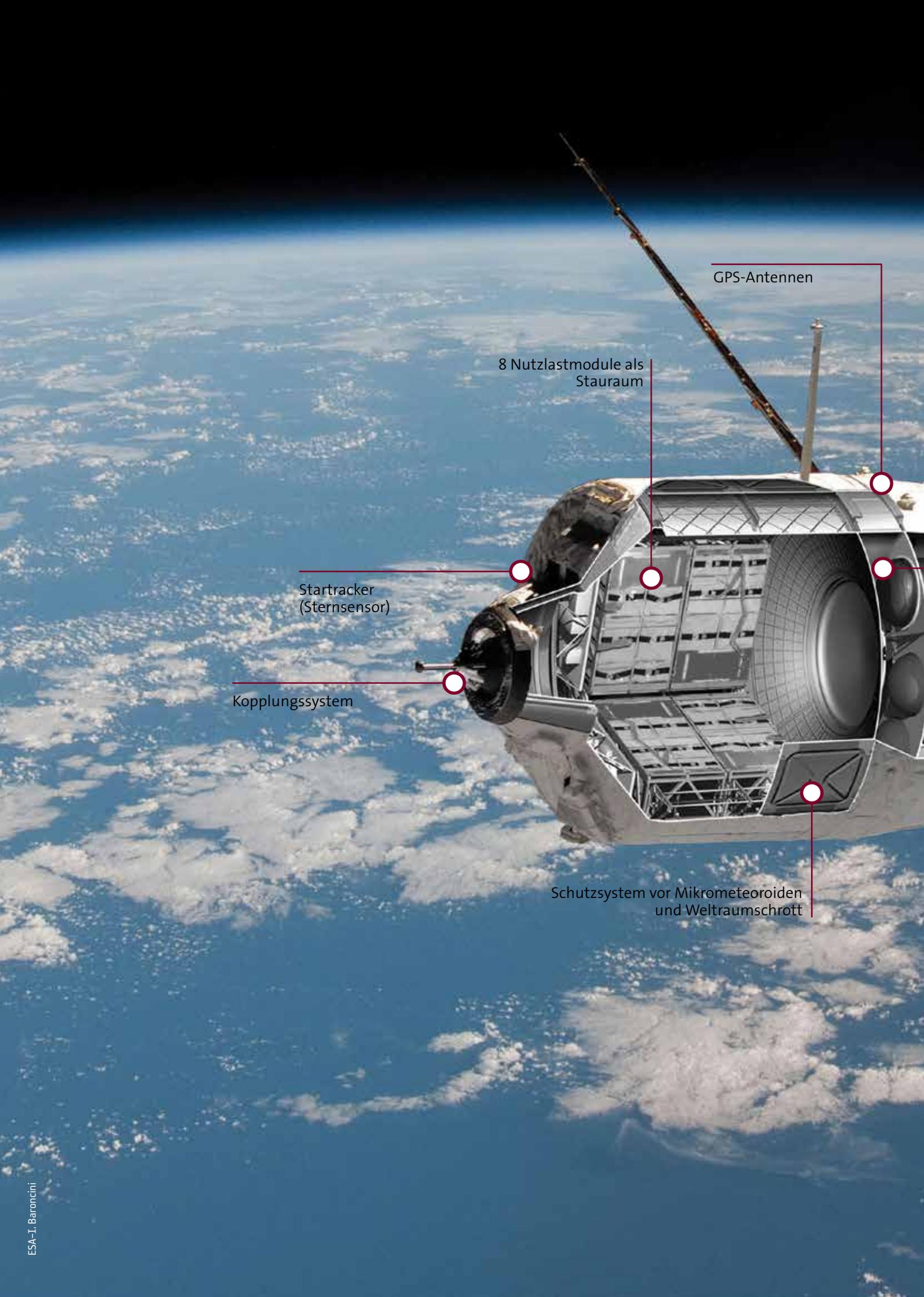
Mit einer Mission pro Jahr und ihrer großen Nutzlastkapazität leisten die europäischen ATVs einen unverzichtbaren Beitrag zur Versorgung der ISS. Außerdem unterstützen sie mit ihrer Schubkraft mehr als alle anderen Raumfrachter, die die Internationale Raumstation besuchen, die Bahnanhebung der ISS. Mit dem ATV leistet Europa seinen Beitrag zu Betrieb, Ausbau und Unterhalt der ISS.

Die Internationale Raumstation ist ein leuchtendes Beispiel weltweiter Kooperation: In einer der größten Partnerschaften in der Geschichte von Wissenschaft und Technik arbeiten Europa, die USA, Russland, Japan und Kanada zusammen. Als Außenposten der Menschheit in der Erdumlaufbahn fungiert die ISS zugleich als Sprungbrett für die weitere Erkundung des Weltraums.

Auf der ISS leben und arbeiten Wissenschaftler aus aller Welt in wechselnder Besetzung seit über einem Jahrzehnt zusammen. Die 450 Tonnen schwere ISS hat die Größe eines Fußballfelds. Damit bietet sie reichlich Platz für die Crew und eine Vielzahl wissenschaftlicher Experimente. Nirgendwo auf der Erde gibt es einen vergleichbaren Laborkomplex.

Die ISS ist als internationales Labor im Orbit mit Forschungseinrichtungen ausgestattet, die zu den technisch anspruchsvollsten der Gegenwart gehören. Sie ermöglichen Forschung in unterschiedlichen Wissenschaftsgebieten, unter anderem im Bereich der Physiologie und der Biologie des Menschen, der Grundlagenforschung in der Physik, der Flüssigkeitslehre und Materialwissenschaft sowie der Erdbeobachtung und Weltraumforschung.

Als Außenposten der Menschheit in der Erdumlaufbahn fungiert die ISS als Sprungbrett für die weitere Erkundung des Weltraums.



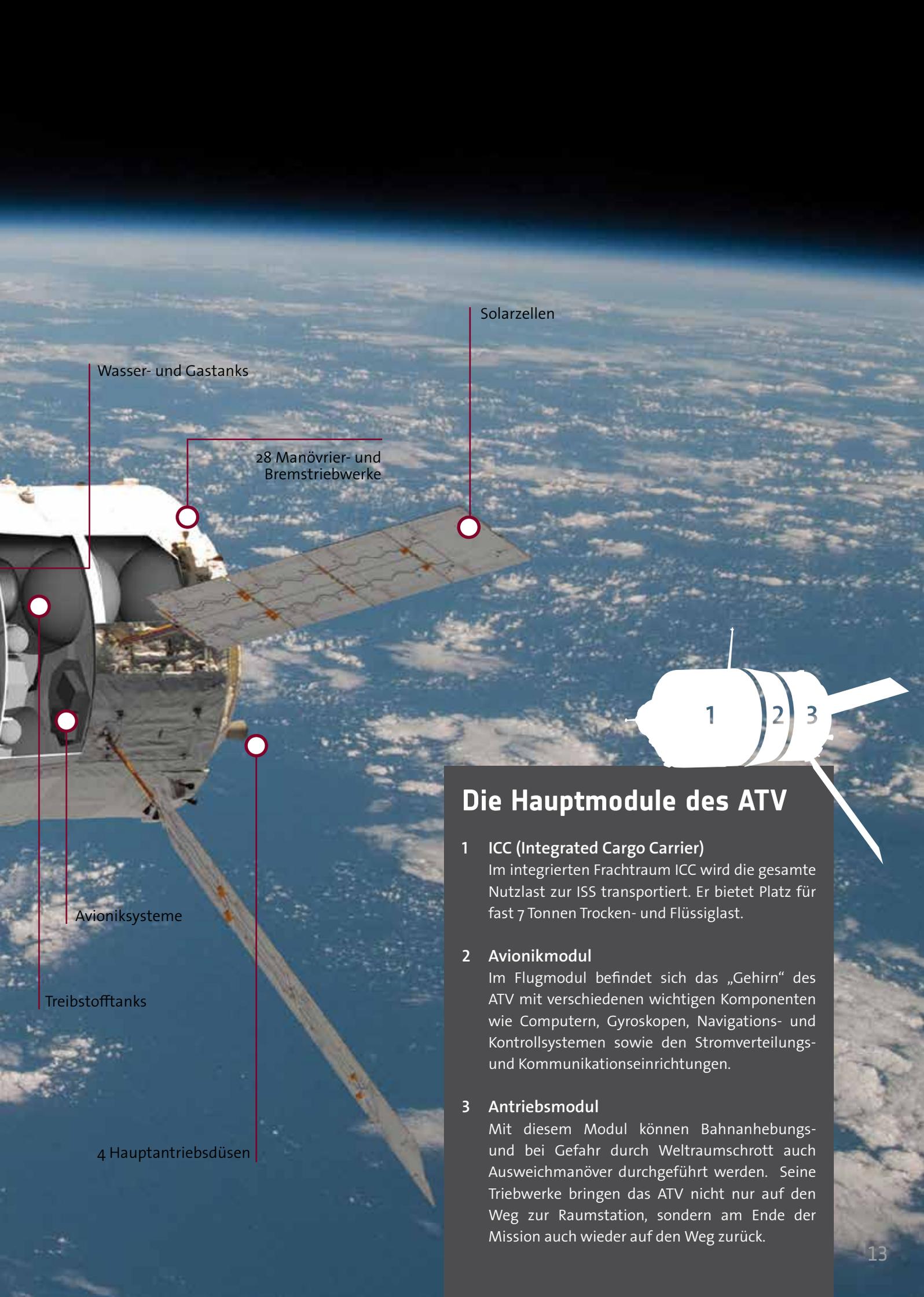
GPS-Antennen

8 Nutzlastmodule als
Stauraum

Startracker
(Sternsensor)

Kopplungssystem

Schutzsystem vor Mikrometeoroiden
und Weltraumschrott



Wasser- und Gastanks

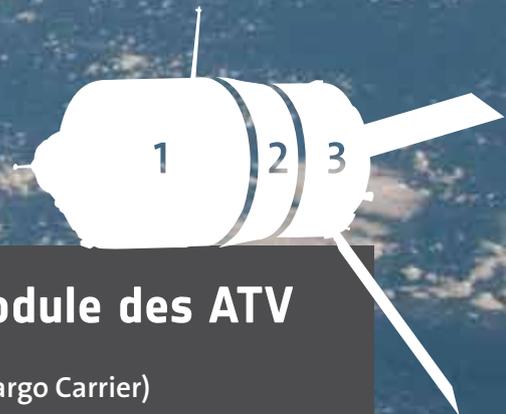
28 Manövrier- und
Bremstriebwerke

Solarzellen

Avioniksysteme

Treibstofftanks

4 Hauptantriebsdüsen



Die Hauptmodule des ATV

1 ICC (Integrated Cargo Carrier)

Im integrierten Frachtraum ICC wird die gesamte Nutzlast zur ISS transportiert. Er bietet Platz für fast 7 Tonnen Trocken- und Flüssiglast.

2 Avionikmodul

Im Flugmodul befindet sich das „Gehirn“ des ATV mit verschiedenen wichtigen Komponenten wie Computern, Gyroskopen, Navigations- und Kontrollsystemen sowie den Stromverteilungs- und Kommunikationseinrichtungen.

3 Antriebsmodul

Mit diesem Modul können Bahnanhebungs- und bei Gefahr durch Weltraumschrott auch Ausweichmanöver durchgeführt werden. Seine Triebwerke bringen das ATV nicht nur auf den Weg zur Raumstation, sondern am Ende der Mission auch wieder auf den Weg zurück.



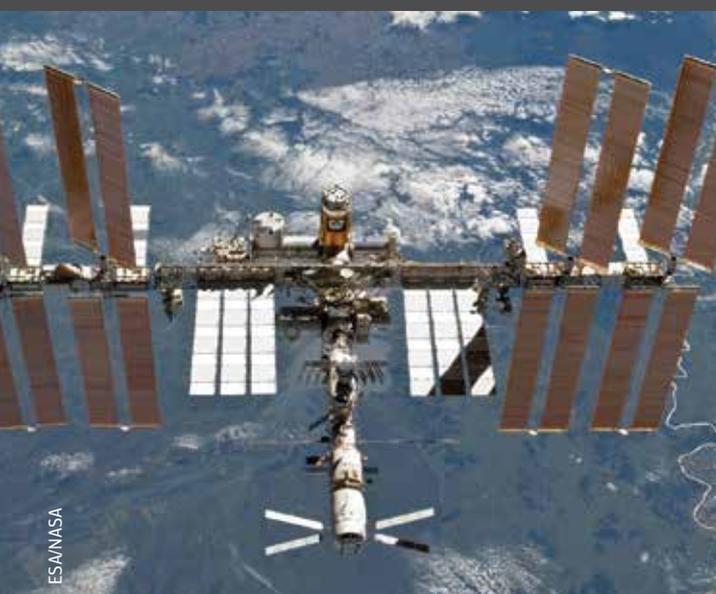
ESA/CNES/Arianespace-Optique Vidéo du CSG

↑ Ingenieure testen das Kopplungssystem des ATV-4 in Kourou, Französisch-Guyana



ESA-S. Corvaja

↑ Start der Ariane 5 mit dem ATV Edoardo Amaldi an Bord vom europäischen Weltraumbahnhof in Französisch-Guyana



ESANASA

↑ Blick auf die ISS mit dem ATV Johannes Kepler vom Space Shuttle Discovery im Jahr 2011

Start in den Weltraum

- Es ist der **4. Start** eines ATV an Bord einer Ariane 5 ES als Trägerrakete
- Die Ariane 5 ist **52 m** hoch. Das entspricht einem 15-stöckigen Gebäude
- Beim Start von der Startrampe wiegt die Ariane über **760 Tonnen**. Das entspricht etwa 500 Autos
- Die Ariane 5 befördert das ATV in eine kreisförmige Umlaufbahn in **260 km** Höhe, **20-mal** höher als die Reishöhe eines Passagierflugzeugs
- In das Druckmodul des ATV würde *Albert Einstein* selbst etwa **100-mal** hineinpassen

Automatisierung im Weltraum

- Ein Startracker (Sternsensor) und ein GPS-Empfänger bilden zusammen die moderne Version jahrhundertalter Navigationstechniken
- Das ATV dockt an der ISS an, indem es mit einer Genauigkeit von 6 cm ein **60 cm** breites Zielfeld ansteuert, während beide Objekte die Erde in einer Höhe von etwa **400 km** mit rund **28.000 km/h** umkreisen
- Zwei Astronauten überwachen die Annäherung des ATV an die ISS
- Die von den vier Solarmodulen erzeugten **4.800 W** reichen für den gesamten Betrieb des ATV aus. Das entspricht in etwa der von einem normalen Warmwasserboiler benötigten Leistung

Bahnanhebung der ISS

- Täglich sinkt die ISS zwischen **50 und 100 m**
- Die Triebwerke des Vorgängers *Johannes Kepler* erreichten die stärkste Bahnanhebung in der Geschichte der Raumfahrt seit den Apollo-Mondmissionen: **40 km** auf einen Schlag
- Triebwerks-Combo: Das ATV hat **32** Triebwerke, **4** Haupttriebwerke und **28** kleinere Triebwerke für Brems- und Lageregelungsmanöver

Ein rund um die Uhr besetztes Kontrollzentrum

- Im ATV-Kontrollzentrum arbeitet ein spezialisiertes Team von **60** Personen

Welche Rolle spielt das ATV für die ISS?

Die 450 Tonnen schwere Raumstation braucht regelmäßigen Nachschub, um voll funktionsfähig zu bleiben. Seit dem letzten Flug des amerikanischen Space Shuttle im Jahr 2011 muss das ATV entsprechend mehr Trocken- und späte Fracht transportieren. Neue Nutzlasten, Experimente für die wissenschaftliche Forschung und Ersatzteile stehen auf der Ladeliste.

Die gesamte Trockenfracht, darunter Lebensmittel, Experimente, Werkzeuge und Kleidung, befindet sich in mit Barcodes versehenen Spezialtaschen. Die Markierung mit Barcodes erleichtert das Ausladen der Fracht auf der ISS und auch die Arbeit des Bodenteams, das den Überblick über das Inventar der ISS behalten muss.

Die Tanks des ATV werden mit Trinkwasser und Gas für das Leben an Bord gefüllt (Sauerstoff, Stickstoff und Luft, je nach Bedarf der ISS). Während *Albert Einstein* an die ISS angekoppelt ist, kann die Besatzung das Gas in mehreren Durchläufen direkt der abgeschlossenen Atmosphäre an Bord der ISS zuführen.

Auch Wasser für die technischen Systeme der ISS wird in den Tanks des ATV transportiert. Außerdem können vom ATV aus auch die Tanks im russischen Sarja-Modul mit Treibstoff für Positionierungs- und Bahnanhebungsmanöver befüllt werden.



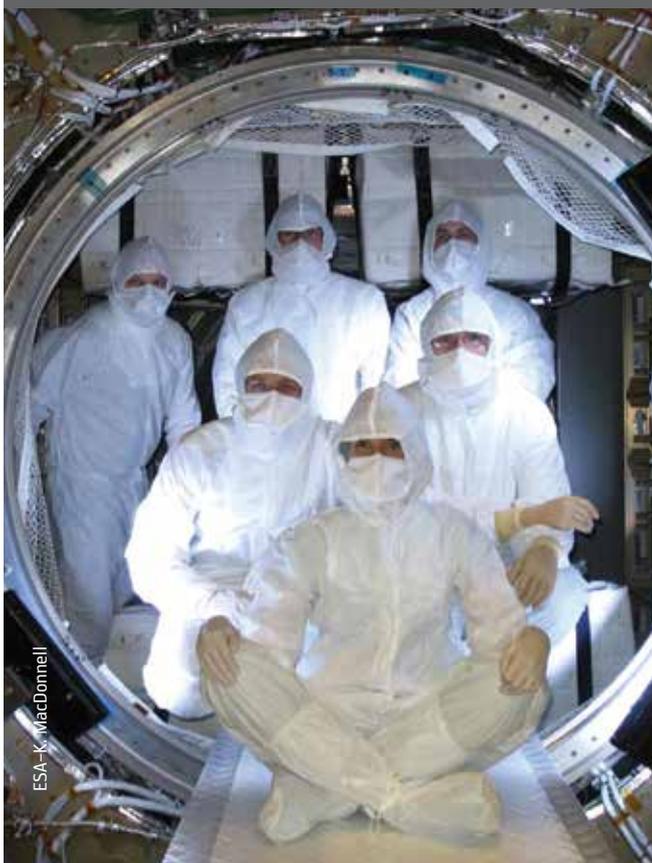
↑ Die NASA-Astronauten Cady Coleman und Scott Kelly beim Ausladen der „Care-Pakete“ von den Angehörigen der Astronauten aus dem ATV *Johannes Kepler* im Jahr 2011

Späte Fracht

Für jede Mission wird der europäische Raumtransporter ATV weiterentwickelt, um die Fracht noch flexibler an den Bedarf der ISS anpassen zu können. Das ATV *Albert Einstein* beispielsweise kann dank einer integrierten Liftanlage mit drehbarer Plattform mehr späte Fracht aufnehmen als seine Vorgänger. Mit einem neuen Ladearm können Frachtaschen von bis zu 75 kg verladen werden – dreimal mehr als mit dem früheren Zugangssystem für späte Fracht.

Dank der neuen Plattform lässt sich selbst dann noch jeder Winkel im Druckmodul des ATV erreichen, wenn sich dieses bereits auf der Trägerrakete befindet. Das heißt, es steht mehr Platz für späte Fracht zur Verfügung. Die letzten Taschen können noch wenige Wochen vor dem Start verladen werden, zum Beispiel die „Care-Pakete“ mit kleinen Aufmerksamkeiten der Angehörigen für die Astronauten.

↓ Das für die Fracht zuständige Team verstaut jede einzelne Tasche so sicher und platzsparend wie möglich



ESA-K. MacDonnell

Schwere Fracht

Treibstoff für ISS-Bahnkorrekturen	2.380 kg
Treibstoff zum Nachtanken	860 kg
Wasser	570 kg
Gas	100 kg



FLÜSSIGLAST
3.910 KG

GESAMTNUTZLAST
6.607 KG

TROCKENLAST
2.697 KG

Haupttrockenlast 1.412 kg
Spät verladene Trockenlast 1.285 kg

Ein keimfreies ATV

Sobald die Astronauten auf der ISS das ATV betreten, wird sein Druckmodul zu einem bemannten Modul. Dieses muss vor dem Start gründlich desinfiziert werden, um den Hygieneanforderungen der ISS zu genügen.

Ohne Desinfektion könnten Mikroorganismen wie Bakterien und Pilze, menschlichen Ursprungs oder aus der Umwelt eingeschleppt, als blinde Passagiere auf dem ATV *Albert Einstein* zur ISS gelangen und würden in deren feuchter Atmosphäre bestens gedeihen. Dies jedoch wäre problematisch – nicht nur für die Besatzung, sondern auch für die technische Ausstattung an Bord. Auf der Mir beispielsweise wurden Stromkreise von Pilzen besiedelt, was Kurzschlüsse auslöste und die Besatzung in Gefahr brachte.

Das Desinfektionsteam der ESA sperrt einen Bereich von 5–10 m um das Druckmodul des ATV ab. In sterilen weißen Kitteln und mit Wischtüchern und Wattestäbchen bewaffnet desinfiziert das Team das ATV *Albert Einstein* vor und nach der Beladung.

Dabei wird nicht nur das Innere des Druckmoduls selbst desinfiziert und durch Probenentnahme auf seinen Kontaminationsgrad getestet, sondern auch jeder einzelne Artikel, der mit dem ATV transportiert werden soll. In einem Labor prüfen Wissenschaftler die Proben. Sie analysieren sie und suchen mittels DNA-Analysen nach Spuren mikrobieller Kontamination. Auch auf Schadstoffe in der Luft wird getestet, damit die Astronauten saubere Luft atmen, wenn sie die Luke zum ATV das erste Mal öffnen. Dazu werden Luftproben genommen und auf schädliche chemische Stoffe in der Atmosphäre geprüft. Die Qualität von rund 560 l Wasser aus einer Quelle in Italien wird ebenfalls sorgsam überwacht.

Nach der Desinfektion ist das ATV *Albert Einstein* nahezu steril und enthält fast keine Mikroorganismen mehr. Ziel der Desinfektionsmaßnahmen ist es, in einer Umgebung, in der sich Menschen aufhalten werden, ein möglichst hohes Maß an Keimfreiheit zu erreichen. Dabei gibt es Synergien mit den Hygieneprogrammen in Krankenhäusern und der pharmazeutischen Industrie.

Mehr Platz für das Leben an Bord

Eigentlich ist *Albert Einstein* ein unbemannter Raumtransporter. In den sechs Monaten aber, die er an die ISS angekoppelt ist, können Astronauten ohne spezielle Schutzanzüge, also in normaler Kleidung, das Druckmodul betreten. In dieser Zeit fungiert es als temporäres bewohnbares Modul und bietet der Besatzung 45 m³ zusätzlichen Raum zum Leben und Arbeiten auf ihrem Außenposten in der Erdumlaufbahn. Bei früheren Missionen nannte die Crew das ATV „den ruhigsten Ort auf der gesamten ISS“ und nutzte es oft und gern als Arbeitsplatz.



Probenentnahme zur Prüfung des Kontaminationsgrads im ATV *Albert Einstein*



Mehr Platz, mehr Forschung

Die Nutzlast von *Albert Einstein* umfasst einige sehr nützliche Elemente für die Forschung. Unter anderem ist zusätzliches Material für die folgenden beiden ESA-Experimente an Bord:

Energy

Für dieses Experiment werden Lebensmittel und Auffangbehälter für menschliche Ausscheidungen zur ISS gebracht. Ziel des Experiments ist es, herauszufinden, wie eine negative Energiebilanz während des Aufenthalts im All verschiedene Körperfunktionen beeinträchtigt. Die dabei gewonnenen Daten sollen unter anderem helfen künftige Lebensmittellieferungen angemessen zu planen, damit nicht zu viel und nicht zu wenig Fracht befördert wird.

MSL (Material Science Laboratory – Labor für Werkstoffkunde)

Das MSL ist eine europäische Anlage, in der Materialien unter Mikrogravitation erhitzt und gekühlt werden können. Das ATV liefert eine Kartusche (Sample Cartridge Assembly, SCA) mit einer Aluminiumlegierung, die Temperaturen von etwa 900 °C ausgesetzt werden soll. Zurück auf der Erde werden Wissenschaftler die Proben analysieren und Möglichkeiten untersuchen, diese Legierung industriell zu nutzen.

The background image shows the ATV Albert Einstein spacecraft in space, illuminated by its own lights, as it approaches the International Space Station (ISS). The station's complex structure is visible in the foreground, partially obscured by the dark void of space and the bright lights of the ATV.

→ DER WEG ZUM ZIEL

Die Flugbahn zur Raumstation

Das ATV *Albert Einstein* dockt automatisch an der ISS an, während beide Objekte die Erde mit rund 28.000 km/h umkreisen. Dabei muss das ATV ein Zielfeld treffen, das nicht größer ist als ein Autoreifen.

Der große Raumtransporter nähert sich mit einer Reihe vordefinierter Manöver langsam an die Raumstation an und durchläuft dabei mehr Missionsphasen als die meisten anderen Raumfahrzeuge. Ausgestattet mit eigenen Flugkontroll- und Antriebssystemen manövriert das ATV *Albert Einstein* auch in kritischen Phasen autonom und kann bei Bedarf für bis zu drei Wochen in der Freiflugphase verbleiben.

Da Weltraumschrott den Erfolg der Mission gefährden könnte, verfolgt die Flugkontrolle im ATV-Kontrollzentrum (ATV-CC) in Toulouse, Frankreich, ständig die Raumüberwachungsdaten, um mögliche Gefahrenquellen aufzuspüren. Besteht die Gefahr, dass

ein Objekt *Albert Einstein* trifft, wird automatisch eine neue Flugbahn berechnet. In der Freiflugphase können Sonneneruptionen die robuste Software des ATV nicht stören.

ATVs sind sehr sicher konzipiert und lassen sich ebenso sicher bedienen. Dabei sind die ISS und die Menschen an Bord durch mindestens drei Sicherheitssysteme jederzeit geschützt. Bei kurzfristig auftretenden Problemen können der Computer des ATV, die Bodenkontrolle in Toulouse und die Astronauten auf der ISS die Annäherung abbrechen und das Raumfahrzeug auf eine sichere Flugbahn ablenken.



ESA/NASA

↑ Auf den letzten 250 Metern vor dem Andocken an der ISS aktiviert das ATV vier optische Sensoren



ESA/NASA

↑ Das Foto zeigt, wie sich die Entfernung zwischen ATV und ISS in der Andockphase mit einem „Entfernungsmesser“ aus Kunststoff bestimmen lässt



ESA/NASA

↑ Daumen hoch! Der Kosmonaut Oleg Kononenko und der ESA-Astronaut André Kuipers freuen sich über das erfolgreiche Andockmanöver des ATV *Edoardo Amaldi*



ESA/NASA

↑ Der ESA-Astronaut Paolo Nespoli entfernt den Kopplungsstützen, um Zugang zur Luke des ATV *Johannes Kepler* zu bekommen

Die kritischen Phasen einer ATV-Mission

Start

Die Trägerrakete Ariane 5 startet vom europäischen Weltraumbahnhof Kourou in Französisch-Guyana. Sie wiegt 760 Tonnen. Das Zeitfenster für den Start beträgt 15 Tage.

Trennung von der Trägerrakete

Rund eine Stunde nach dem Start trennt sich das ATV *Albert Einstein* von der Raketenoberstufe und wird von seinem leistungsfähigen Navigationssystem auf eine Flugbahn zur Annäherung an die Raumstation geführt.

Freiflugphase

Ein Startracker (Sternsensor) berechnet anhand unterschiedlicher Sternkonstellationen die Richtung und kalkuliert mithilfe eines GPS-Empfängers die Position. Die Freiflugphase dauert mehrere Tage.

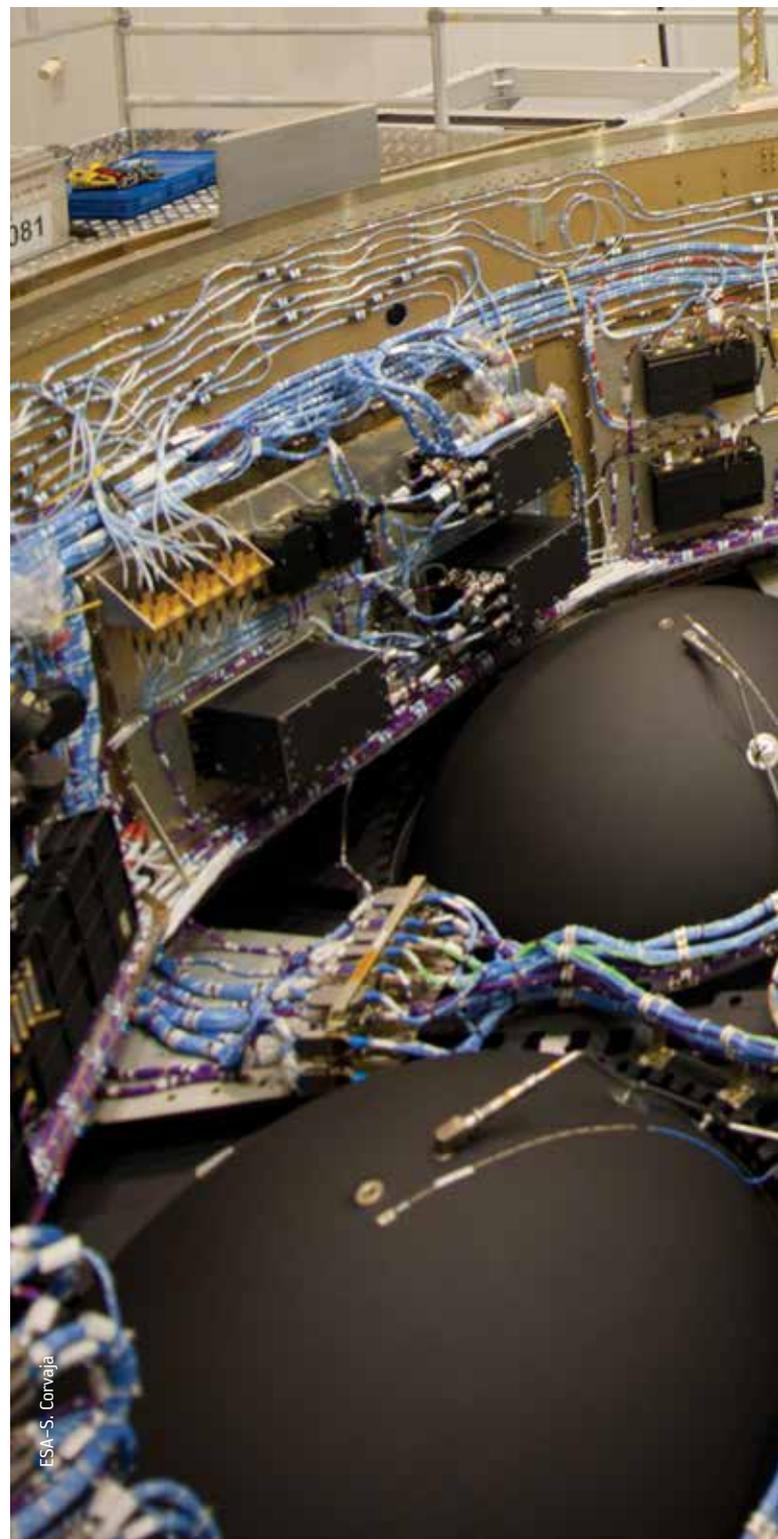
Eine Frage des Antriebs

Das ATV verfügt über das komplexeste Antriebssystem, das je von der ESA konzipiert und im All eingesetzt wurde. Seine Triebwerke bringen es nicht nur auf den Weg zur Raumstation, sondern am Ende der Mission auch wieder auf den Weg zurück. Nach dem Andocken kann das europäische Raumfahrzeug zum einen die ISS bei der Positionierung und Bahnanhebung unterstützen und zum anderen Ausweichmanöver durchführen, wenn Gefahr durch Weltraumschrott droht.

Bahnkorrekturen der ISS sind gerade in der erwarteten Periode verstärkter Sonnenaktivitäten im Jahr 2013 essenziell. Während dieser Zeit erhöht sich der Druck in dem Bereich der Atmosphäre, in dem sich die ISS befindet. Dies führt zu einem stärkeren Strömungswiderstand, den das ATV *Albert Einstein* durch die Bahnanhebung aktiv kompensiert.

Das Antriebssystem des ATV funktioniert nahezu automatisch und einige Triebwerke sind während der gesamten Mission in Gebrauch. Die Leermasse des Antriebssystems beträgt 1,5 Tonnen. Es umfasst 32 Triebwerke, 68 elektrische Ventile, 84 Drucksensoren sowie knapp 200 Temperatursensoren und Heizelemente.

Für den Antrieb des ATV *Albert Einstein* ist eine große Menge an Treibstoff erforderlich. So besteht seine Hauptnutzlast aus über drei Tonnen Treibstoff unterschiedlicher Art. Von allen Frachtern, die die ISS besuchen, fasst das ATV die größte Treibstoffmenge.



Frühphase der Annäherung

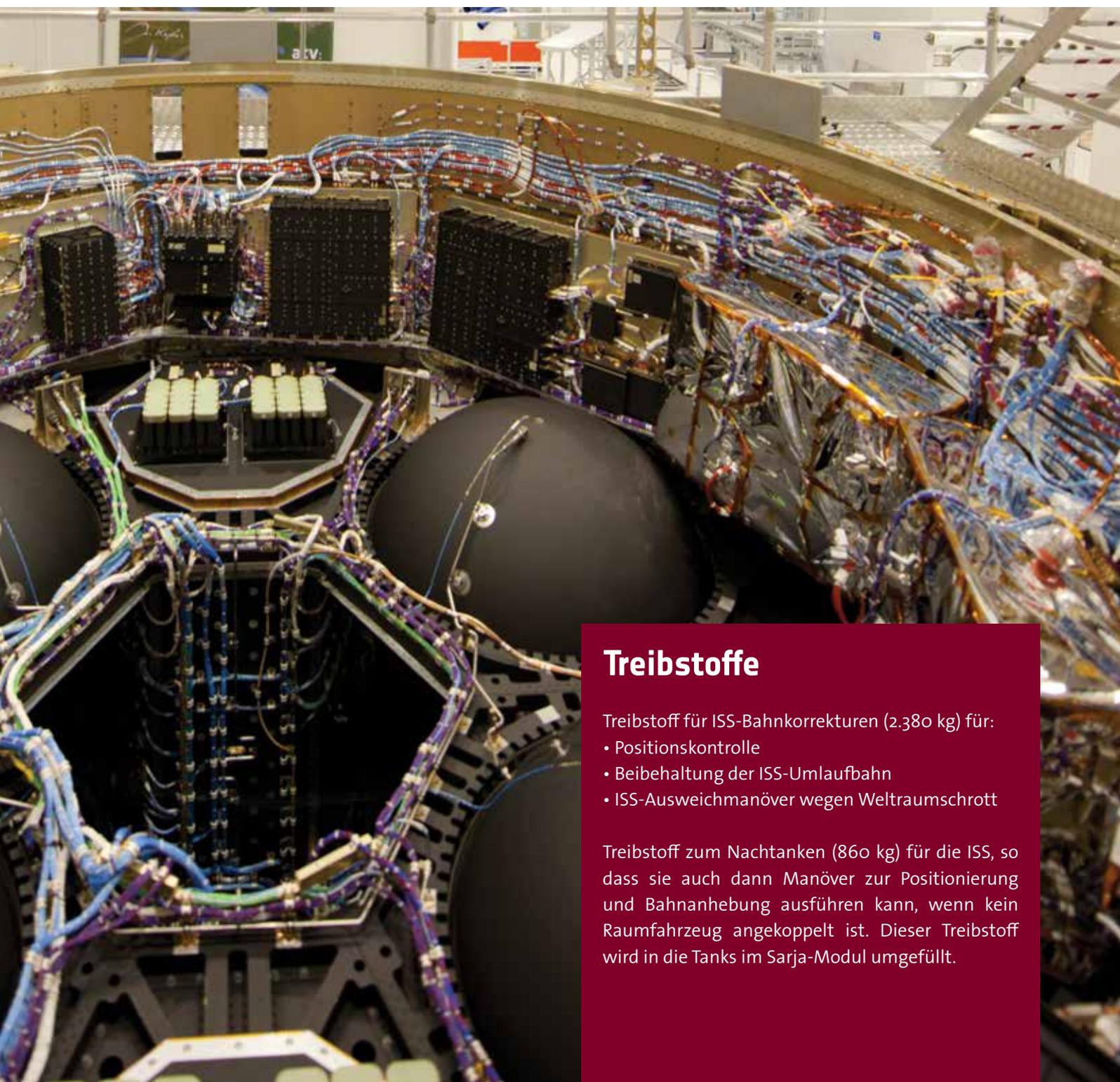
Mittels einer präzisen Abfolge von Triebwerkzündungen erreicht *Albert Einstein* einen Haltepunkt rund 30 km von der ISS entfernt. Von dort aus führt es eine Reihe von Manövern zur relativen Positionierung und Annäherung an die ISS aus.

Annäherung

Auf den letzten 250 Metern aktiviert das hochmoderne automatische Annäherungssystem des ATV die augenähnlichen Sensoren des Videometers, um Abstand, Geschwindigkeit und Richtung zum Kopplungselement des russischen Moduls „Svesda“ zu berechnen.

Kopplung

Der zwanzig Tonnen schwere Frachter führt das Andockmanöver an die Internationale Raumstation selbsttätig auf weniger als 6 Zentimeter genau aus. Insgesamt dauert die Annäherungsphase etwa dreieinhalb Stunden.



Treibstoffe

Treibstoff für ISS-Bahnkorrekturen (2.380 kg) für:

- Positionskontrolle
- Beibehaltung der ISS-Umlaufbahn
- ISS-Ausweichmanöver wegen Weltraumschrott

Treibstoff zum Nachtanken (860 kg) für die ISS, so dass sie auch dann Manöver zur Positionierung und Bahnanhebung ausführen kann, wenn kein Raumfahrzeug angekoppelt ist. Dieser Treibstoff wird in die Tanks im Sarja-Modul umgefüllt.

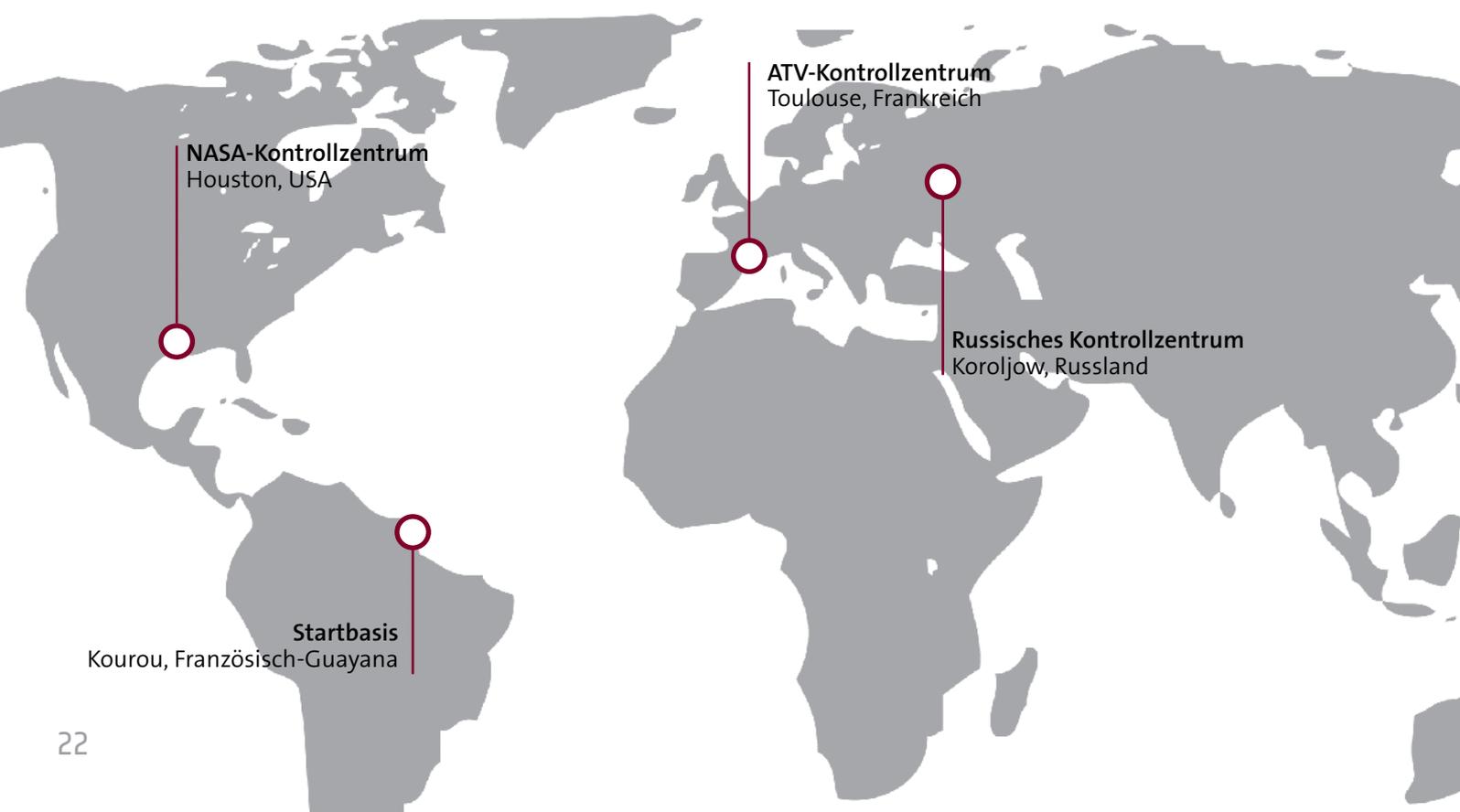
→ TEAMGEIST

ATV-Bodenkontrolle

Das ATV *Albert Einstein* navigiert selbstständig zur ISS und dockt dort an. Dennoch kommt es nicht ganz ohne Unterstützung von der Erde aus. Während der gesamten Mission wird es permanent vom ATV-Kontrollzentrum (ATV-CC) überwacht, dessen Team rund um die Uhr eng mit den anderen Kontrollzentren in Russland und den USA zusammenarbeitet.

Bereits zwei Monate nach dem Ende der Mission von *Edoardo Amaldi* waren die Verantwortlichen im ATV-Kontrollzentrum schon wieder mit der Vorbereitung und Simulation der Ablaufszenarien für die Nachfolgemission beschäftigt. Das ATV-Kontrollzentrum befindet sich auf dem Gelände der französischen Raumfahrtbehörde CNES in Toulouse, Frankreich, und ist zuständig für die Flugkontrolle und die Koordination der Ressourcen auf dem Boden. Das ATV wird im Auftrag der ESA von einem europäischen Konsortium unter der Führung der EADS-Tochter Astrium entwickelt und gebaut.

Während der aktiven Phasen einer ATV-Mission, also vom Start bis zum Ankoppeln und später vom Abkoppeln bis zum Wiedereintritt, sind 60 Personen ausschließlich mit der Steuerung aller Abläufe beschäftigt. Über 5.000 Befehle können an das ATV geschickt werden, das seinerseits bis zu 35.000 Telemetrieparameter übertragen kann. Ein so umfangreicher Datenaustausch erfordert mehrere Telekommunikationssysteme sowie eine ständige Kommunikation zwischen dem ATV-Kontrollzentrum, den Missionskontrollzentren in Houston und Moskau sowie der ISS selbst.





Beim ATV-Projekt hatten wir die Möglichkeit, gemeinsame Strategien für die Konzeption, den Bau und die Steuerung dieses komplexen Raumfahrzeugs zu entwickeln. Die enge Zusammenarbeit zwischen Ingenieuren und Teams aus verschiedenen Kulturen war eine unbezahlbare Erfahrung und beweist, dass gemeinsame, komplexe Projekte in der bemannten Exploration des Weltraums möglich sind.

*Vladimir Daneev
Leiter des ATV-Programms beim russischen
Raumfahrtkonzern RKK Energija*

Das ATV ist als einziges Raumfahrzeug, das die ISS besucht, das Werk eines trilateralen Teams. Die Koordination ist nicht einfach, aber es ist etwas Besonderes in Bezug auf die ISS und eine Ehre für uns alle. Bei komplexen Projekten wie dem ATV entwickelt man automatisch eine starke, grenzüberschreitende Teamkultur. Ich bin immer wieder begeistert von der schieren Motivation des Teams.

Alberto Novelli, Missionsleiter für das ATV-4

Der trilaterale Charakter des Projekts – drei beteiligte Weltraumorganisationen, drei verschiedene kulturelle Hintergründe – sorgt dafür, dass man Probleme aus drei verschiedenen Blickwinkeln betrachtet. Man lernt, vorgefasste Meinungen fallen zu lassen, und bekommt gleichzeitig mehr Chancen, alternative Lösungen zu finden. Man bleibt aufgeschlossen.

*Jerry Jason
Leitender Flugdirektor für das ATV-4 bei der NASA*



Als Biologin war ich sehr beeindruckt, als ich das ATV zum ersten Mal im Reinraum zu sehen bekam. Die gute Atmosphäre im Team macht die Startkampagnen zu einer wahren Freude. Die Meinung von uns Experten findet immer Gehör.

*Stephanie Raffestin
Mikrobiologin*

Wir sorgen dafür, dass alle ATV-Systeme wie geplant funktionieren. Damit stellen wir den Erfolg der Mission sicher. Wir lernen jedes Detail des ATV kennen. Ich bin begeistert davon, wie das ATV aus dem Nichts entsteht und dann als komplexes Raumfahrzeug ins Weltall fliegt. Und wenn es darum geht, Lösungen zu finden, so geschieht das im Team mit Fachleuten der ESA, der europäischen Industrie und der ISS-Partner.

*Sonia Ferrer
Produktkontroll- und Sicherheitsingenieurin*



Das ATV-Team ist etwas Besonderes. Als ich zum Team dazustieß, sagte jemand zu mir: „Das ist das beste Team, mit dem ich je gearbeitet habe.“ Und heute kann ich bestätigen, das war kein leeres Gerede. Es gibt einen ausgeprägten Sinn für Kooperation und es ist zutiefst befriedigend, zusammen mit den ISS-Partnern an diesem wunderbaren Abenteuer mitarbeiten zu dürfen.

*Adam Williams
Leiter des Trainings- und Simulationsprogramms*

Ich arbeite schon seit Jahren am ATV-Projekt mit. Es ist ein Teil von mir, ich kann nicht einfach abschalten. Unser Team ist das erste, das sich mit Problemen auseinandersetzt und Lösungen sucht. Wir arbeiten streng nach Vorschrift und überprüfen jeden Ablauf zweimal. Der Druck steigt noch, wenn das ATV erst auf dem Weg ins Weltall ist – dann muss man jede Anomalie umgehend in den Griff bekommen.

*Eric Joseph-Gabriel
Prüfingenieur für das integrierte Avioniksystem*



The image shows the Automated Transfer Vehicle (ATV) Albert Einstein in orbit above Earth. The vehicle is a large, cylindrical, orange-colored spacecraft with various solar panels and antennas extending from its sides. It is positioned diagonally across the frame, with the Earth's blue and white clouds visible in the background. A dark red banner with white text is overlaid on the left side of the image.

→ ENDE DER MISSION

Abfallentsorgung

Für bis zu sechs Monate fungiert das ATV *Albert Einstein* als zusätzliches Modul der ISS. Nach Abschluss der Nachschubmission verlässt es die ISS mit bis zu sechs Tonnen Abfall. Sein letzter Reiseabschnitt ist der kontrollierte Wiedereintritt in die Erdatmosphäre im Herbst 2013, bei dem es verglüht.

Während der Frachter an die ISS angekoppelt ist, entlädt ihn die Besatzung nach und nach und ersetzt das gelieferte Material durch flüssigen und trockenen Abfall, um auf der ISS mit ihrem begrenzten Raum etwas Platz zu schaffen. Wenn die gesamte Fracht umgeladen ist und die Bahnanhebungsmanöver abgeschlossen sind, ist *Albert Einstein* zum Abkoppeln bereit.

Der Rückflug beginnt mit der Reaktivierung der Avionik- und Flugkontrollsysteme. Die Besatzung versiegelt die

Luke. Strom- und Datenkabel werden getrennt und *Albert Einstein* koppelt sich per Bodenbefehl von der ISS ab.

Dann manövriert das ATV mithilfe von Steuerdüsen rückwärts und weg von der ISS. Nach etwa 24 Stunden bringen die Triebwerke das Raumfahrzeug auf einem steilen Flugwinkel abwärts, sodass es auseinanderbricht und über einem menschenleeren Teil des Südpazifik risikolos verglüht.

→ WAS KOMMT ALS NÄCHSTES?

ATV *Georges Lemaître*

Der nächste und letzte Raumtransporter der ATV-Familie der ESA ist nach dem belgischen Astronomen und Kosmologen Georges Lemaître benannt. Er entdeckte mehrere Lösungen für Einsteins Relativitätsgleichungen, die das Universum als expandierend und nicht als statisch beschreiben, und gab die erste auf Beobachtungen beruhende Schätzung der Hubble-Konstante ab. Seine Theorie wurde später als Urknalltheorie bekannt.

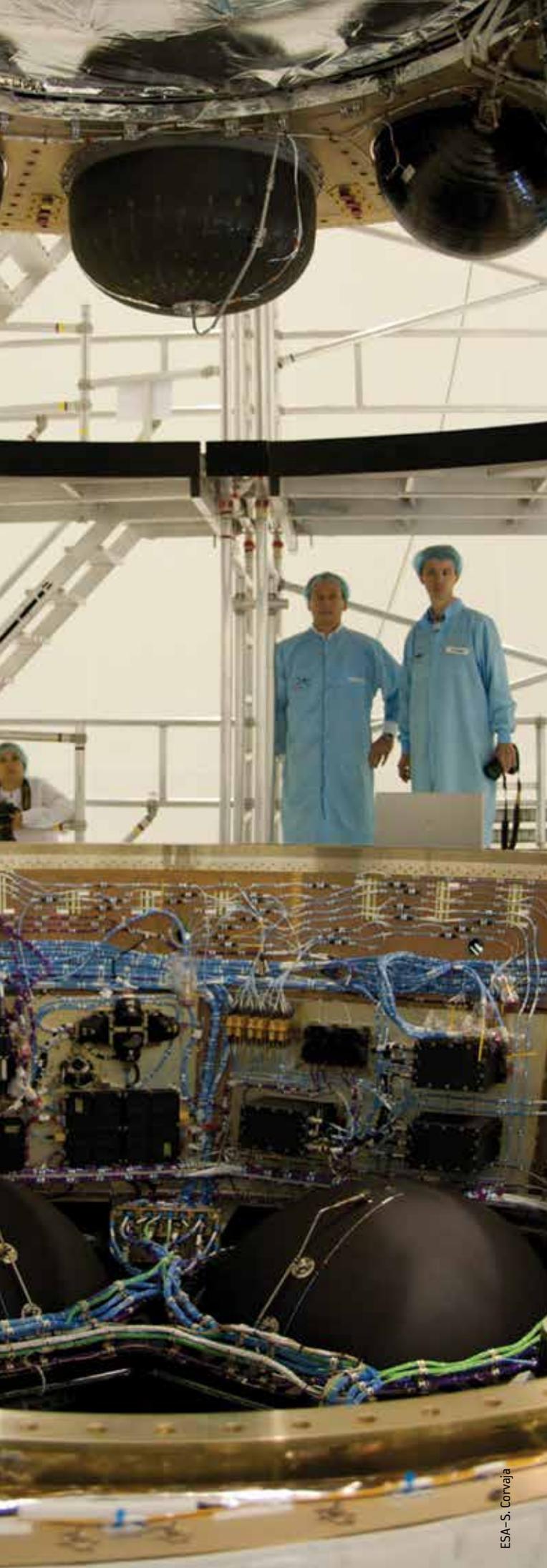
Das ATV Georges Lemaître soll 2014 starten und könnte bei der Entwicklung von Systemen für Rendezvous mit nicht steuerbaren Objekten wie Weltraumschrott oder Asteroiden eine Rolle spielen. Außerdem wird es vielleicht auch als „Prüfstand“ für eine Reihe von Prototypen optischer Zielführungssysteme dienen, bestehend aus einer Infrarotkamera für lange Distanzen und einem 3D-Bildsensor für kurze Distanzen.



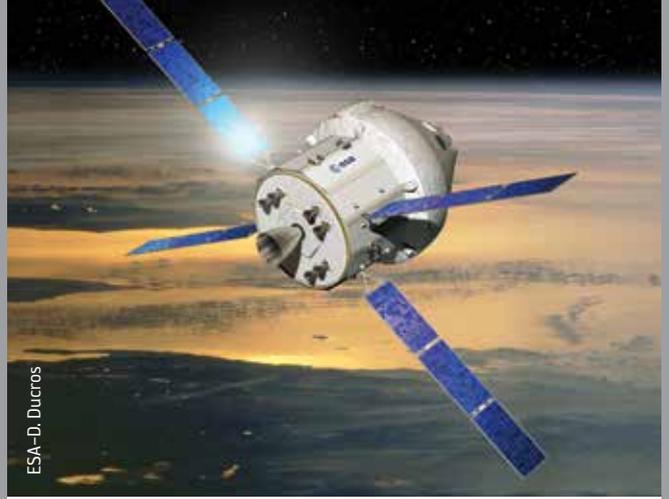
Ein Genie aus Belgien und der Beginn der Zeit

Als Georges Lemaître 1894 im belgischen Charleroi geboren wurde, glaubten die meisten Wissenschaftler, das Universum sei unendlich alt und in seinem generellen Aufbau konstant. Georges Lemaître jedoch – Astronom, Professor der Physik und katholischer Priester – stellte die Theorie auf, das Universum habe einen klar definierten Anfang. Masse und Energie seien zu diesem Zeitpunkt in einer Singularität konzentriert gewesen. Damit hatte er die Urknalltheorie formuliert.

Georges Lemaître trug sein Leben lang zum Fortschritt der Wissenschaft bei. Er studierte die kosmische Strahlung und arbeitete am Dreikörperproblem, also der Berechnung der Bahnen dreier sich gegenseitig anziehender Körper im Raum. Georges Lemaître starb 1966 im Alter von 71 Jahren in der belgischen Stadt Löwen.



ESA - S. Corveja



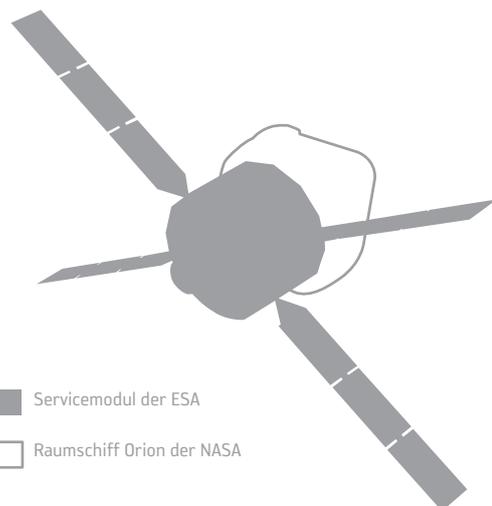
ESA - D. Ducros

Blick in die Zukunft

Das ATV wird nach dem Ende seiner Nachschubmission zur ISS weiterleben. Denn die ESA arbeitet bereits an einem Nachfolger, einem auf dem ATV basierenden Servicemodul zur Unterstützung von Orion, einem neuartigen Konzept der NASA für ein bemanntes Raumfahrzeug. Dieses soll Astronauten den bisher weitesten Vorstoß in den Weltraum ermöglichen.

Die Bereitstellung dieses Servicemoduls ist der letzte ausstehende Beitrag der ESA zum ISS-Programm. Damit eröffnet die ESA ein neues Kapitel internationaler Zusammenarbeit bei der Erforschung des Weltraums jenseits der Erdumlaufbahn.

Beim Servicemodul handelt es sich um die erste Kooperation von ESA und NASA an einem bemannten Transportschiff. Es werden Technologien zum Einsatz kommen, die vom ATV abgeleitet sind. Europa stellt damit einmal mehr seine Zuverlässigkeit als Partner in einem internationalen Raumfahrtprogramm unter Beweis. Im Rahmen des Projekts werden hochqualifizierte Arbeitsplätze in einem innovativen Sektor entstehen und das Projekt wird darüber hinaus künftigen Weltraummissionen den Weg ebnen.



- Servicemodul der ESA
- Raumschiff Orion der NASA



CONTACT

ESA/ESTEC

Communication office

+31 71 565 3009

hsocom@esa.int