

# Die Schweiz im Weltall

Spitzenforschung  
und Hightech – auch  
für den Alltag



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Confederation



# Inhalt

---

## Einleitung

Was bedeutet die Raumfahrt für die Schweizer Wissenschaft, Technologie und Industrie?	4
«Raumfahrt hilft uns, die Welt besser zu verstehen.»	5
Die schweizerische Weltraumpolitik	6
Abenteuer Weltraum – ausgewählte historische Beiträge der Schweiz	8

---

## Nutzen für den Alltag

Verlässliche Wetterprognosen und Klimadaten dank Satelliten	10
Sicherer landen dank Satellitennavigationssystem EGNOS	12
Dank Satellitendaten und Schweizer Knowhow höhere Erträge und weniger Risiko beim Reisanbau	14
Naturgefahren früh erkennen dank Satellitenradar	16

---

## Industrie

Raumfahrt ist Alltag und Wirtschaftsmotor für den Werkplatz Schweiz	18
Kein Ariane-Start ohne Schweizer Hightech	20
Schweizer Atomuhren machen unser «Navi» genauer	22

---

## Europäische Weltraumorganisation

Die Europäische Weltraumorganisation ESA	24
ESA-Vorsitz: Europäische Verantwortung für die Schweiz	26
Ein Blick hinter die Kulissen der ESA	28

---

## Forschung und Erkundung

Die Schweiz mit an Bord der Internationalen Raumstation ISS	30
ROSINA – die Schweizer Rosine auf Rosetta	32
Ein kleiner Satellit, aber eine einmalige Chance für die Schweiz	34
Ein Observatorium für kosmische Strahlen	36
Schweizer Forschung liefert Erkenntnisse über Weltraumschrott	38
Der Blick des Astronauten	40

# Was bedeutet die Raumfahrt für die Schweizer Wissenschaft, Technologie und Industrie?



Die Schweiz war von allem Anfang an eine vollwertige und aktive Partnerin in der europäischen Raumfahrt. Es war stets das Ziel unserer hochqualifizierten Forschenden und Unternehmen, modernste Wissenschaft in die Tat umzusetzen und die daraus resultierenden Anwendungen zum Wohle der Gesellschaft in die Wirtschaft zu transferieren. Wir sind stolz, zu den Gründungsmitgliedern der Europäischen Weltraumorganisation ESA zu gehören, und haben uns deshalb während unserer Co-Präsidentschaft des ESA-Ministerrats zusammen mit Luxemburg in den Jahren 2012 bis 2016 mit Entschlossenheit für eine noch stärkere Weiterentwicklung der europäischen Raumfahrt eingesetzt. Ein Höhepunkt dieser Jahre war sicher die Entscheidung zur Entwicklung der Ariane 6, die den autonomen Zugang Europas zum Weltall zu wettbewerbsfähigen Bedingungen auch weiterhin garantieren wird. Unser Engagement hat nicht nur in Europa, sondern auch in unserem Land zu einem grösseren politischen Interesse daran geführt, was die Schweiz im Weltraumbereich leistet.

Die Raumfahrt ist ein globales Geschäftsfeld. Durch Zusammenarbeit können die europäischen Länder in diesem Bereich viel mehr erreichen als für sich alleine, und sie tun dies auch. Deshalb konzentriert unser Land den Grossteil seiner Raumfahrtaktivitäten auf die ESA. Dank der Exzellenz und dem Engagement unserer eigenen «space community» hat die ESA der Schweiz ermöglicht, wichtige Rollen in wissenschaftlichen Missionen und Industriekonsortien zu übernehmen. Auf den folgenden Seiten können Sie viele schweizerische und europäische Erfolgsgeschichten aus dem All aus der Sicht derjenigen (wieder-)entdecken, die hier auf der Erde und natürlich auch im Weltraum Geschichte geschrieben haben. Zudem erfahren Sie mehr über den wichtigen Beitrag, den Wissenschaft und Raumfahrtstechnologien zum Leben der Menschen leisten. Operationelle Anwendungen, die sich auf Daten von Telekommunikations-, Navigations- und Erdbeobachtungssatelliten stützen, tragen zu einem besseren Verständnis unseres Planeten bei, fördern ein effizienteres Verkehrsmanagement zu Lande, zur See und in der Luft oder helfen mit, die digitale Kluft zu überbrücken, um nur einige Beispiele zu nennen. Zu den wesentlichen Treibern der Beteiligung der Schweiz an internationalen Weltraumaktivitäten gehört der wissenschaftliche und technologische

Fortschritt: Er ermöglicht es unserem Land, sich als kompetenter und zuverlässiger Partner in spezifischen Nischen zu positionieren, und trägt zur Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Weltraumindustrie als Ganzes bei. Eines der besten Beispiele dafür sind die Nutzlastverkleidungen für die europäischen Ariane- und Vega-Trägerraketen.

Es kann nicht genug betont werden, welch' harte und unwirtliche Bedingungen im Weltall herrschen. Die Erkundung und Nutzung des Alls zwingt unsere Forschenden ebenso wie unsere Unternehmen dazu, ihre eigenen Grenzen auszuloten. Es ist ein anregender und herausfordernder Bereich, in dem die Aussichten zu Beginn unsicher sein können und eine Kombination von Kompetenzen und Erfahrung über den Erfolg entscheidet. Weil Raumfahrtsysteme über viele Jahre zuverlässig funktionieren müssen, werden die bestmöglichen Technologien dafür entwickelt – Technologien, die sich auch in Märkte ausserhalb der Raumfahrtindustrie transferieren lassen. Der Schlüssel für eine nachhaltige Entwicklung in diesem Bereich liegt wie in anderen auch in der Förderung der Technologie und der Innovationskapazität der Industrie. Ebenso unterliegen Weltraumprojekte vom Programmmanagement bis hin zur Qualitätskontrolle in jeder Hinsicht äusserst strengen Anforderungen. Deshalb schafft die Raumfahrtindustrie Arbeitsplätze und Wachstum, die weit über diesen Sektor hinausgehen.

*M. Schneider*

Johann N. Schneider-Ammann  
Bundespräsident 2016  
Vorsteher des Eidgenössischen Departements für  
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF

# «Raumfahrt hilft uns, die Welt besser zu verstehen.»



Die Raumfahrt ist heute ein unverzichtbarer Bestandteil unserer modernen Gesellschaft. Die Wissenschaft nutzt sie, um das Universum und das Sonnensystem oder unseren Planeten zu erforschen. Via satellitengestützte Kommunikation, Meteorologie, Navigation, Kartographie und Erdbeobachtung hat die Raumfahrt Einzug gehalten in unseren Alltag. Wir verdanken ihr zuverlässige Wetterprognosen, sichere Landungen mit dem Flugzeug, funktionierende Mobiltelefone und «Navis», Fernsehprogramme aus aller Welt oder die digitale Revolution in der Fotografie. Satelliten liefern uns Daten zum Klima und helfen uns, die Risiken von Naturgefahren zu verkleinern. Sie überwachen instabile Berghänge und gefährdete Infrastrukturen oder tragen dazu bei, Ernteerträge zu erhöhen.

Die Raumfahrt spielt aber auch in der Politik der Schweiz eine wichtige Rolle. Sie ist auch Industrie- und Infrastrukturpolitik und auf internationaler Ebene gezielte Zusammenarbeitspolitik zum Wohle und Nutzen der Schweiz. Die Schweiz ist Gründungsmitglied der Europäischen Weltraumorganisation ESA. Seit 40 Jahren ist unser Land vorne mit dabei bei der Entwicklung von Raketen und Forschungsprogrammen. Wir beteiligen uns am Aufbau eines wettbewerbsfähigen und souveränen Europas im Weltraum, das sich in den Dienst der Gesellschaft und ihrer Bedürfnisse stellt. Beispiel dafür ist das europäische Satellitennavigationssystem Galileo.

Unsere Weltraumpolitik sichert Wissenschaft und Wirtschaft den Zugang zum Weltraum und sorgt dafür, dass die Daten uns allen zur Verfügung stehen dank einer ganzen Reihe von völkerrechtlichen Verträgen und Übereinkommen. Sie ist Teil unserer engagierten und solidarischen Aussenpolitik. In diesem Rahmen setzt sich die Schweiz für eine friedliche, sichere und nachhaltige Nutzung des Weltraums ein und unterstützt international das Erarbeiten von Richtlinien, damit der zunehmende Weltraumschrott weder die Raumfahrt selbst noch uns auf der Erde gefährdet. Die Weltraumtechnologien helfen uns bei der Analyse globaler Probleme und der Suche nach Lösungen in Bereichen wie Klimawandel, Umweltschutz, Ernährungssicherheit sowie bei der Prävention von Naturereignissen und technologischen Katastrophen.

Für die Schweiz ist die Raumfahrt nicht nur gleichbedeutend mit Innovation, Spitzentechnologie, Präzision und wissenschaftlichen Höchstleistungen, sondern sie steht auch für «Wertschöpfung» dank europäischer und globaler Zusammenarbeit. Die Broschüre will die Schweizer Raumfahrt einem breiteren Publikum näherbringen und aufzeigen, wie wir alle auch im Alltag davon profitieren. Ich wünsche Ihnen eine spannende Lektüre.

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'D' followed by a long horizontal line.

Didier Burkhalter  
Bundesrat

Vorsteher des Eidgenössischen Departements für  
auswärtige Angelegenheiten EDA

# Die schweizerische Weltraumpolitik

Die Raumfahrt nimmt heute einen wichtigen Platz in unserer Gesellschaft ein. Neben ihrem wissenschaftlichen Beitrag zur Erkundung des Planeten Erde und des Universums hat sie auch Einzug ins tägliche Leben gehalten: Satellitenkommunikation, Navigationshilfen für Strassen-, Wasser- und Luftverkehr oder auch Erdbeobachtung aus dem All für die Wettervorhersage oder ein besseres Verständnis des Klimawandels sind aus unserer Welt nicht mehr wegzudenken.

Die Schweiz ist seit den Anfängen der Raumfahrt in diesem faszinierenden und anspruchsvollen Bereich tätig. Sie hat ihren Platz in der europäischen Raumfahrtgemeinschaft gefunden, und kann dadurch ihre Interessen auch im globalen Umfeld wahrnehmen. Die Schweiz will dabei eine ernst zu nehmende, wettbewerbsfähige und zuverlässige Partnerin sein. Ihre starke Stellung hat sie ihren traditionellen Stärken wie Innovationskraft und Präzision zu verdanken.

Die Raumfahrt stellt den Erfindergeist in Forschung und Industrie täglich vor neue Herausforderungen. Die Raumfahrt leistet einen unverzichtbaren Beitrag zum Wohlstand unseres Landes. Sie umfasst Tätigkeiten mit hoher Wertschöpfung, die zum Nutzen der nächsten Generationen erbracht werden.

## Grundsätze der Schweizer Weltraumpolitik

Die Schweiz ist in der Raumfahrt aktiv. Dabei konzentriert sie sich auf:

- Entwicklung und Einsatz von Weltraumanwendungen mit dem Ziel, die Lebensqualität ihrer Bürgerinnen und Bürger zu verbessern;
- langfristige Sicherung ihres Engagements in der Erforschung des Weltraums zugunsten von Innovation und Wissensgesellschaft;
- Bereitstellung bedeutender wissenschaftlicher, technologischer und industrieller Beiträge, wodurch sie sich als wettbewerbsfähige, verlässliche und unumgängliche Partnerin positionieren kann.

## Umsetzung

Ihre nationalen Interessen wahrt die Schweiz durch eine gezielte internationale Zusammenarbeit, namentlich durch die selektive Teilnahme an Programmen der Europäischen Weltraumorganisation ESA und an weiteren europäischen und internationalen Weltraumaktivitäten. Daneben erlauben es ergänzende nationale Aktivitäten, den hier ansässigen Forschungseinrichtungen und der Industrie eine gute Ausgangslage im Hinblick auf künftige Ausschreibungen für institutionelle europäische Programme zu schaffen. Gleichzeitig erlauben sie, damit einen Beitrag zur Stärkung der wissenschaftlichen und technologischen Kompetenzen in etablierten und neuen Wissenschafts- und Technologiebereichen zu leisten.

Der Bundesrat entscheidet über die Schweizer Weltraumpolitik. Er stützt sich dabei auf Empfehlungen der Eidgenössischen Kommission für Weltraumfragen. Zuständig für die Vorbereitung und Umsetzung der Weltraumpolitik ist die Abteilung Raumfahrt im Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation SBFI. Sie tut dies in enger Zusammenarbeit und Koordination mit den Departementen und Bundesämtern, die ebenfalls welt-raumbezogene Aufgaben wahrnehmen.

Der Bund schafft die Rahmenbedingungen, damit die Schweizer Akteure aus Wissenschaft und Forschung, Technologie und Industrie im europäischen und globalen Umfeld erfolgreich agieren können. Letztlich sind es aber die Forschungsinstitutionen und Firmen mit ihren Mitarbeitenden, die für Schweizer Erfolge im Weltraum sorgen.

# Kontext und wichtigste Akteure für Schweizer Raumfahrtaktivitäten



**Thomas Hurter**, Nationalrat

Präsident der Eidgenössischen Kommission für Weltraumfragen

«Die Raumfahrt ist aus unserem Leben nicht mehr wegzudenken. Vieles für den täglichen Gebrauch wurde nur dank der Raumfahrt entwickelt. Die Beteiligung der Schweiz an der Raumfahrt gibt unserem kleinen, aber äusserst innovativen Land die Möglichkeit, an vorderster Front Wissenschaft und Technik voranzutreiben. Dies ist umso wichtiger, weil die Bedeutung der Raumfahrt weiter zunehmen wird, namentlich in den Bereichen Energie, Umwelt, Verkehr, Transport und Sicherheit.»

# Abenteuer Weltraum – ausgewählte historische Beiträge der Schweiz

1960



Der Beginn der europäischen Zusammenarbeit in der Raumfahrt: Meyrin, Schweiz – Delegierte treffen sich zur internationalen Konferenz über Weltraumforschung. Die Schweiz gehört zu den Gründerstaaten der ESRO (European Space Research Organisation), einer der Organisationen, die Europa den Weg in den Weltraum ebnet. © ESA

1986



Vorstoss in die Tiefen des Weltraums: Die Sonde Giotto, die erste Mission der ESA in die Tiefen des Weltraums, fliegt 1986 so nahe wie nur möglich am Kometen Halley vorbei. An Bord hat sie ein Spektrometer der Universität Bern. Es misst erstmals vor Ort Kometenstaub und -gase. © ESA

1990



Der Griff nach der Sonne: Start der Ulysses-Mission der ESA/NASA im Jahr 1990. Während der 18-jährigen Beobachtung von Sonne und Heliosphäre liefert Ulysses Daten für die Grundlagenforschung zum Verständnis der Sonne und unserer interstellaren Umgebung. Bei dieser Mission – der längsten in der Geschichte der ESA – ist auch das SWICS (Solar Wind Ion Composition Spectrometer) aus der Schweiz im Einsatz. © ESA

1995



Jenseits unseres Sonnensystems: Michel Mayor und Didier Queloz von der Universität Genf entdecken den ersten Planeten ausserhalb unseres Sonnensystems, der den nahen Stern 51 Pegasi umkreist. © ESA

2008



An Bord von Columbus: SOVIM, ein Instrument zur präzisen, stabilen und genauen Beobachtung und Messung der Sonneneinstrahlung, gehört zu den ersten Experimenten an Bord des europäischen Forschungslabors COLUMBUS. Das Physikalisch-Meteorologische Observatorium Davos entwickelte das Instrument. COLUMBUS ist an der internationalen Raumstation ISS angedockt. © ESA

2009–2010



Praktische Ausbildung: In enger Zusammenarbeit entwickeln rund 200 Studierende der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne EPFL und mehrerer Fachhochschulen den «Swisscube». Der CubeSat wird vollständig in der Schweiz hergestellt und 2009 ins All gebracht, um das Nachthimmelsleuchten (airglow) zu beobachten. Ein Jahr später schickt ein Team der Tessiner Fachhochschule SUPSI den Mikrosatelliten Tisat-1 in den Weltraum. © EPFL

2012



Schutz für eine weitere europäische Trägerrakete: Die Trägerrakete Vega startet ebenfalls mit einer Nutzlastverkleidung der RUAG zu ihrem Jungfernflug. Bis heute produziert RUAG Space Nutzlastverkleidungen für europäische und US-amerikanische Trägerraketen. © ESA



1969



Von Bern zum Mond und wieder zurück: Bei der ersten Mondlandung führen die Astronauten ein Experiment durch, um den Sonnenwind zu untersuchen – den kontinuierlichen Strom geladener Teilchen, der von der Sonne ausgeht. Johannes Geiss, Professor an der Universität Bern, entwickelte das Experiment und trägt damit dazu bei, konkurrierende Theorien über den Ursprung des Sonnensystems, die Atmosphäre von Planeten und die Dynamik des Sonnenwinds zu klären. © NASA

1975



Die Raumfahrt unter einem Dach: Zehn Staaten, darunter die Schweiz, gründen die Europäische Weltraumorganisation ESA. Sie entsteht aus der Fusion zwischen ESRO und ELDO (European Launcher Development Organisation). Dadurch vergrössert sich der Aufgabenbereich und umfasst jetzt auch operationelle Anwendungssysteme wie Telekommunikationssatelliten. © ESA

1978



Auswahl europäischer Astronauten: Der Schweizer Claude Nicollier wird für die erste ESA-Astronautengruppe ausgewählt, die mit dem US-amerikanischen Space Shuttle ins All fliegen soll. Nicollier gehört viermal zur Space Shuttle-Crew (1992, 1993, 1996 und 1999) und verbringt insgesamt über 1000 Stunden im All. Dazu gehört auch ein Weltraumspaziergang um neue Instrumente am Teleskop Hubble zu installieren. © ESA

1979



Nutzlastverkleidung einer Trägerrakete – Made in Switzerland: Die europäische Ariane-1-Trägerrakete startet zu ihrem Jungfernflug mit einer Schweizer Nutzlastverkleidung der RUAG. Ariane-1 wurde vor allem entwickelt, um zwei Satelliten gleichzeitig ins All zu transportieren und so Kosten zu sparen. Als die Satelliten immer grösser werden, wird die Ariane-1 durch leistungsfähigere Raketen abgelöst. Die RUAG-Nutzlastverkleidungen beweisen bis heute ihre Zuverlässigkeit. © ESA

2002



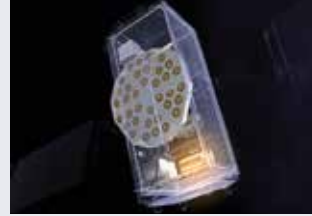
Start des fortschrittlichsten Gammastrahlen-Observatoriums INTEGRAL: Das **INTERNATIONAL Gamma-Ray Astrophysics Laboratory** der ESA untersucht eine der energiereichsten Strahlungsarten im Universum. Innerhalb von Sekunden sendet es wissenschaftliche Daten an das INTEGRAL Science Data Center (ISDC) der Universität Genf. Das ISDC stellt der weltweiten Wissenschaftsgemeinschaft entsprechende Alarm-Meldungen, verarbeitete Daten und Analyse-Software zur Verfügung. © ESA

2004



Rendezvous mit einem Kometen: Rosetta ist die erste Raumsonde überhaupt, die einen Kometen aufsucht, in seine Umlaufbahn eintritt und auf ihm landet. Sie untersucht den Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko mit einer Kombination aus Fernerkundungs- und In-situ-Messverfahren. Unter den wissenschaftlichen Instrumenten an Bord ist auch das Spektrometer ROSINA (Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis) der Universität Bern. © ESA

2008



Schweizer Präzision im Weltall: Als Vorbereitung auf das Galileo-System lanciert die ESA in den 1990er-Jahren die Entwicklung von zwei Technologien für Borduhren: Rubidium-Uhren (Rubidium Atomic Frequency Standard, RAFS) und Wasserstoffuhren (Passive Hydrogen Maser, PHM). Beim ersten Galileo-Testsatelliten 2005 kommen RAFS-Uhren zum Einsatz; an Bord des zweiten Testsatelliten GIOVE-B wird die erste PHM-Uhr getestet. © ESA

2012–2016



Erster Vorsitz: Die Schweiz wird zusammen mit Luxemburg formell zur Co-Präsidentin des ESA-Ministerrats gewählt. © ESA

2013



Start des 4. ATV-Raumfrachters, Albert Einstein: Der Frachter ist auf Vorschlag der Schweiz nach dem berühmten Physiker benannt. ATV-4 ist eines von fünf ESA-Raumschiffen, die wesentlich zur Versorgung der ISS beitragen. Wichtige Bestandteile der ATVs stammen aus der Schweiz. Dazu gehören die Struktur des Raumschiffs (RUAG Space), der Mikrometeoritenschutzschild (APCO Technologies) sowie elektronische Komponenten (Syderal). © ESA

2013



CHEOPS (CHAracterising ExOPlanet Satellite) wird als erste S-Klasse-Mission im Rahmen des ESA-Wissenschaftsprogramms ausgewählt. Ein Konsortium aus 11 Ländern beteiligt sich an der Mission unter Leitung von Willy Benz, Professor an der Universität Bern. Der Start des Satelliten ist für 2018 geplant. © ESA

# Verlässliche Wetterprognosen und Klimadaten dank Satelliten

**Alex Rubli**  
MeteoSchiweiz

Die Begeisterung muss gross gewesen sein, als 1960 der Satellit TIROS 1 die ersten Wetterbilder lieferte. Ein halbes Jahrhundert lang hatten die Meteorologen die Theorie der Wetterfronten entwickelt und nun sahen die Forschenden zum ersten Mal die Wolkenbänder und Tiefdruckwirbel, die ihre Theorien bestätigten. Heute sind Satelliten aus der modernen Meteorologie und der Klimaforschung nicht mehr wegzudenken.

In der Schweiz werden Wettersatelliten seit 1977 systematisch genutzt, als die Europäische Weltraumorganisation ESA ihren Satelliten Meteosat 1 in die Umlaufbahn schickte. 1986 gehörte die Schweiz zu den Gründungsmitgliedern der EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites), einer zwischenstaatlichen Organisation für die Nutzung meteorologischer Satelliten. Diese sorgt seither in Zusammenarbeit mit der ESA für den Betrieb der europäischen Wettersatelliten. Die Schweiz ist auch Depositarstaat der EUMETSAT-Konvention.

## Satelliten machen unser Leben sicherer

Heutzutage treffen die Satellitenbilder in den Wetterzentralen im Fünfzehnminutentakt ein. Sie ermöglichen den Meteorologinnen und Meteorologen einen genauen Überblick über die Wetterlage. Besonders bei Wetterprognosen und kurzfristigen Wetterwarnungen sind sie ein unentbehrliches Hilfsmittel. Mit Satellitenbildern lässt sich die genaue Position von Wetterfronten bestimmen. Die Daten geben Auskunft über die Struktur der Wolkendecke und verraten eingelagerte Gewitter. Dank Satellitendaten kennen die Meteorologen Temperatur und Obergrenze der Wolken und können zum Beispiel Piloten warnen, wenn den Flugzeugen Gefahr durch Vereisung droht. Bildet sich Nebel oder löst er sich auf? Bilden sich Lücken in der Wolkendecke und werden unter dem klaren Winterhimmel die Strassen rutschig? Auch zur Beantwortung dieser Fragen nutzen die Meteorologen die Satellitendaten.

Die Wettersatelliten werden immer leistungsfähiger und parallel dazu werden numerische Wettermodelle weiter entwickelt. Letztere sind heute die wichtigste Grundlage für die Wettervorhersage. Täglich werden diese Wettermodelle mit Millionen von Satellitendaten gefüttert. Die Wettersatelliten sind also mit ein Grund dafür, dass die Prognosen

immer genauer und verlässlicher werden – nicht nur kurzfristig, sondern auch für mehrere Tage oder sogar Wochen im Voraus.

## Satelliten helfen, den Klimawandel zu verstehen

Satelliten leisten auch einen wichtigen Beitrag an die Klimabeobachtung. Die Messungen, die Satelliten seit 40 Jahren regelmässig übermitteln, helfen uns, den Klimawandel besser zu verstehen. So beobachten Satelliten eine Vielzahl von verschiedenen klimarelevanten Variablen. Sie messen beispielsweise sehr genau die Zusammensetzung der Atmosphäre, die Struktur der Wolken, die Schneebedeckung, die Ausdehnung der Gletscher, die Bodenfeuchte oder die Höhe des Meeresspiegels.

Satellitendaten sind Teil des globalen Klimabeobachtungssystem GCOS (Global Climate Observing System). Verschiedene internationale Initiativen arbeiten mit Beteiligung von Schweizer Institutionen daran, aus Satellitendaten umfassende Datensätze zu entwickeln. MeteoSchweiz leitet beispielsweise für die Klimabeobachtungsinitiative von EUMETSAT lange Zeitreihen der Sonnenstrahlung her. Im Auftrag der Climate Change Initiative der ESA werten EMPA, ETH und Universität Zürich Daten zu Treibhausgasen, Wolken und Gletschern aus.

Satellitendaten ermöglichen aber auch Dienstleistungen, die allen direkt zu Gute kommen. Dazu gehört der interaktive Solaratlas der Schweiz, den MeteoSchweiz zusammen mit swisstopo, dem Bundesamt für Energie BFE und Meteotest umsetzte. Auf [www.sonnendach.ch](http://www.sonnendach.ch) können alle Interessierten nicht nur nachfragen, ob sich das eigene Hausdach für die Nutzung von Solarenergie eignet, sondern auch wieviel Strom und Wärme produziert werden könnten.



MSG Satellitenbild der Nordhalbkugel mit Wettersystemen © EUMETSAT

### Wirtschaftlicher und sozialer Nutzen

Satellitendaten machen Wettervorhersagen deutlich verlässlicher gegenüber Prognosen, die «nur» mit herkömmlichen Beobachtungen erstellt werden. Allein die EPS-SG (EUMETSAT Polar Systems – Second Generation)-Satelliten werden in Europa Einsparungen von bis zu 63 Milliarden Euro generieren. Die gemeinsam von ESA und EUMETSAT entwickelten Satelliten werden zwischen 2021 und 2042 Wetterdaten aus einer polaren Umlaufbahn liefern. Dank der Daten können die Meteorologen zum Beispiel die Bevölkerung und die Landwirtschaft früher vor Unwettern warnen. So können die Betroffenen Vorkehrungen treffen, um allfällige Schäden an Häusern und Kulturen sowie Ernteauffälle zu vermindern oder es können gar Menschenleben gerettet werden. Aber auch die Wirtschaft profitiert von verlässlicheren Wetterprognosen. In der Luftfahrt beispielsweise werden dank der Prognosen grosse Einsparungen erzielt, beispielsweise durch weniger Verspätungen oder Treibstoffverbrauch.

Ausschnitt aus dem Solaratlas  
(Quelle: <http://www.bfe-gis.admin.ch/sonnendach>)  
© BFE, swisstopo, MeteoSchweiz


## Europaplatz 1 6003 Luzern

Beleuchtung: sehr gut

Entweder Solarstrom im Wert von bis zu 25'500  
Franken...

...oder Solarwärme für 2 % weniger Heizkosten.

Suchen Sie Ihre Adresse...



# Sicherer landen dank des Satellitennavigationssystem EGNOS

## skyguide

Die Satellitennavigation beeinflusst bereits heute die Flugverfahren und wird dies in den nächsten Jahren noch stärker tun. Das Potenzial neuer Navigationstechnologien wie EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) liegt vor allem in der höheren Positionsgenauigkeit. Damit lassen sich Flugzeuge und Helikopter sicherer landen und der Flugverkehr effizienter abwickeln. Der Kerosinverbrauch, Schadstoffausstoss und die Lärmemissionen verringern sich und nicht zuletzt auch die Kosten der Flughafensbetreiber.

Das europäische Satellitennavigationssystem EGNOS ergänzt die Navigationssignale des amerikanischen GPS-Systems. Die Navigation wird damit genauer und zuverlässiger, so dass Flugzeuge und Helikopter speziell beim Landeanflug mit schlechter Sicht nicht mehr auf das Instrumentenlandesystem angewiesen sind. Die Leistungsfähigkeit des Satellitensystems und die entsprechende Ausrüstung erlauben es den Piloten, bei der Landung von Beginn des Sinkflugs bis zum Aufsetzen auf dem Rollfeld einem dreidimensionalen Pfad zu folgen.

## Schrittweise Einführung

EGNOS wird auf allen Flughäfen in der Schweiz und den Helikopterbasen der Schweizerischen Rettungsflugwacht Rega schrittweise eingeführt. Jedes neue Verfahren ist individuell auf die Bedürfnisse der einzelnen Flugplätze und jeweiligen Luftraumbenutzer zugeschnitten. Dadurch können die Betreiber nicht nur Sicherheit und Kapazität erhöhen, sondern auch die Kosten für die technische Infrastruktur für die Landeanflüge am Boden reduzieren.

«Das System EGNOS ist für uns ein gewaltiger Fortschritt», sagt Heinz Leibundgut, Chefpilot der Rega. «Dank EGNOS können wir in schwierigem Gelände auch bei schlechter Sicht oder Nachteinsätzen deutlich besser navigieren. Gerade in der Schweiz ist dies ein unschätzbare Vorteil. EGNOS erlaubt es der Rega, öfters auch bei schwierigem Wetter auszurücken - mit erhöhter Sicherheit für Piloten und Passagiere und zum Nutzen der somit rascher Geretteten.»

## Wie funktioniert EGNOS?

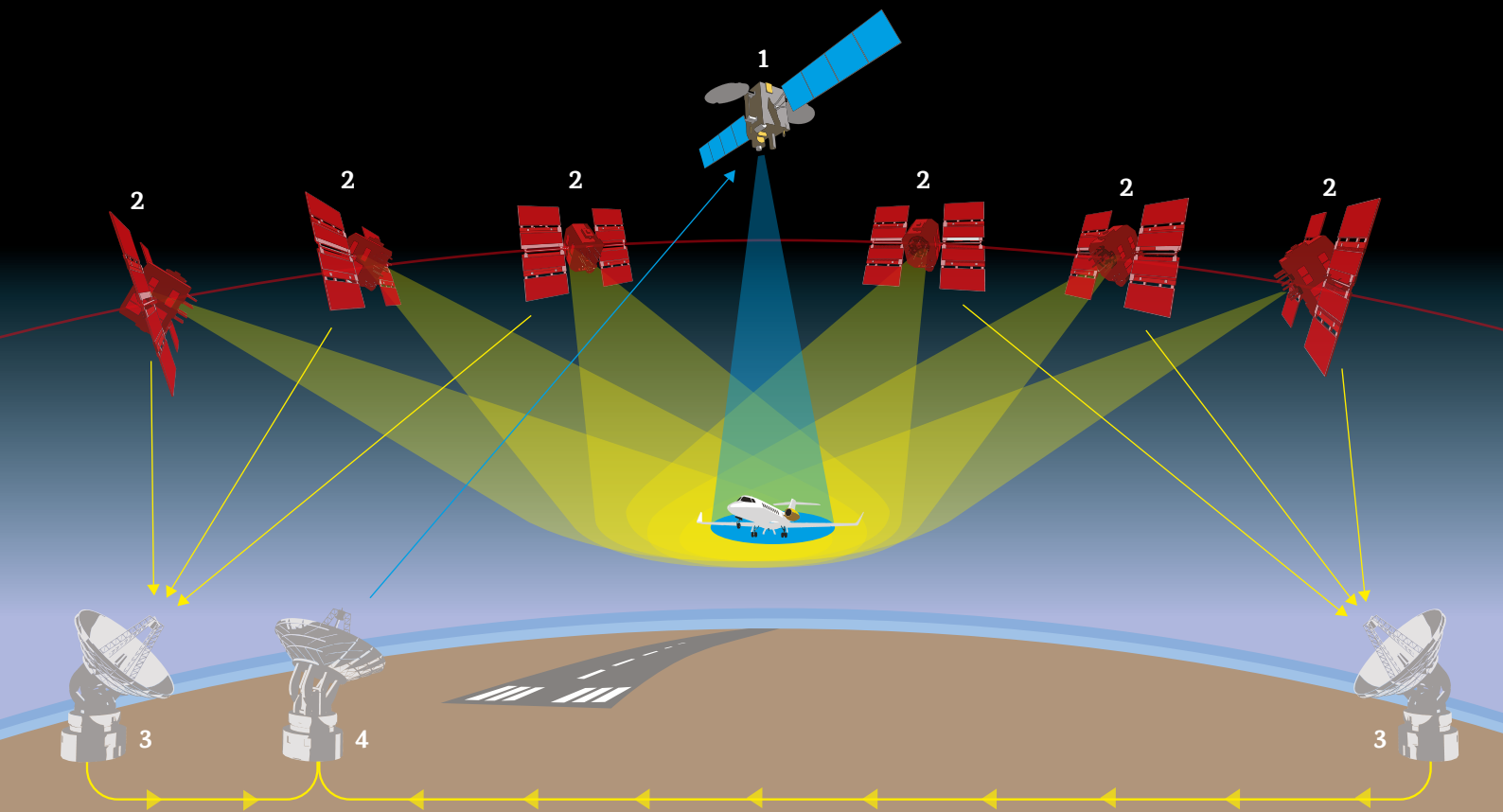
EGNOS setzt sich zusammen aus drei geostationären Satelliten, die „fest“ über einem Punkt des Äquators stehen und immer in die gleiche Region Signale ausstrahlen, sowie einem Netzwerk aus Bodenstationen. Das System korrigiert laufend die GPS-Signale und übermittelt die Korrekturen sofort an die EGNOS-Empfänger. EGNOS erhöht also die Genauigkeit des GPS-Signals, so dass Flugzeuge und Helikopter auch in engen Tälern und beim Landen exakt gesteuert werden können.

EGNOS ist ein gemeinsames Projekt von ESA, EU und der europäischen Flugsicherung Eurocontrol, die gemeinsam als European Tripartite Group (ETP) das Projekt vorbereitet. Es gilt als Einstieg Europas in die Satellitennavigation und als Vorläufer und zukünftige Ergänzung des europäischen Satellitennavigationssystems Galileo. Dieses soll ab 2020 in Vollbetrieb sein und mit 30 Satelliten den gesamten Globus abdecken. Die Firma European Satellite Service Provider SAS (ESSP) mit Sitz in Toulouse (F) betreibt und vermarktet EGNOS im Auftrag der EU.

Eine nationale Plattform koordiniert die Projekte seit 2008 und schafft die Rahmenbedingungen für ihre Umsetzung. Neben skyguide gehören zu dieser Plattform unter anderem das Bundesamt für Zivilluftfahrt BAZL, die Schweizer Luftwaffe, die internationalen Flughäfen Zürich und Genf, Regionalflugplätze, die Rega und die Fluggesellschaften Swiss und Easyjet.



Dank EGNOS konnte die Rega den ersten Präzisionsanflug für Helikopter in Europa realisieren. © Rega



Verfahren basierend auf GPS und EGNOS

- 1 European Geostationary Navigation Overlay Service EGNOS
- 2 Global Positioning System GPS
- 3 Referenzstationen
- 4 Master-Kontrollstationen

© skyguide

## Die Rolle von skyguide

Skyguide ist seit Anbeginn Mitglied der EGNOS-Betreiber und -Infrastruktur-Gruppe (EGNOS Operations and Infrastructure Group, EOIG). Die Gruppe versorgte die ESA und deren Mitgliedstaaten mit dem nötigen spezifischen Fachwissen und beriet sie in technischen und operationellen Fragen der Flugsicherheit, damit sie ein Satellitensystem entwickeln konnten, das höchsten Ansprüchen für einen sicheren und effizienten Flugbetrieb genügt. Zusammen mit den nationalen Flugsicherheitsbehörden in Deutschland, Frankreich, Grossbritannien, Italien, Portugal und Spanien ist skyguide Teilhaberin der ESSP.

Skyguide ist die schweizerische Flugsicherungsbehörde. Sie ist zuständig für die sichere, flüssige und wirtschaftliche Abwicklung des zivilen und militärischen Flugverkehrs im schweizerischen und in Teilen des angrenzenden Luftraums, die an skyguide delegiert sind. Neben den Überflügen kontrolliert skyguide auch den Flugverkehr der beiden grossen internationalen Flughäfen Genf und Zürich sowie der 12 regionalen Flughäfen in der Schweiz.

# Dank Satellitendaten und Schweizer Knowhow höhere Erträge und weniger Risiko beim Reisanbau

**Michael Anthony**  
sarmap SA

Asien ist die Reisschale der Welt: 90 Prozent des Reises der Welt wird auf dem asiatischen Kontinent angebaut, wo das Grundnahrungsmittel auch zwei bis drei Mal täglich auf den Tisch kommt. Zu oft aber bleibt die Reisschüssel leer; regelmässig beeinträchtigen Dürre oder Überschwemmungen die Reisernte. Seit 2015 helfen Satelliten dabei, die Gefahr frühzeitig zu erkennen und sie messen das Ausmass von Überschwemmungen. Damit tragen sie wesentlich zur Ernährungssicherheit bei und helfen gleichzeitig mit, dass die Reisbauern bei Ernteaufällen rascher entschädigt werden können.

## Das Projekt RIICE

Die Satelliten erfassen die Reisanbaufläche in Asien und machen es möglich, mit einer Genauigkeit von bis zu 90 Prozent den Ertrag im Voraus zu schätzen. Die verarbeiteten Satellitendaten fliessen dafür in ein Modell für das Reispflanzenwachstum – entwickelt vom philippinischen Reisforschungsunternehmen (International Rice Research Institute, IRRI). Der Sentinel-1A-Satellit der Europäischen Weltraumorganisation ESA schickt alle 12 Tage Aufnahmen der Reisfelder zur Erde. Anhand der Daten lässt sich einerseits das Pflanzenwachstum genau verfolgen und andererseits lassen sich auch Unwetterschäden ermitteln.

Das technische Knowhow stammt aus der Schweiz, wo auch alle Satellitendaten verarbeitet werden, bevor regierungsnahе Forschungsinstitute der Partnerländer die Auswertung nach und nach selber übernehmen – im Rahmen des Projekts RIICE (Remote Sensing-based Information and Insurance for Crops in Emerging Economies). In diesem Pro-

jekt, einer Public Private Partnership, arbeiten seit 2013 Privatwirtschaft, Forschung und Regierungsstellen über die Landesgrenzen hinweg eng zusammen. Sie nutzen die Fernerkundung via Satelliten dazu, Ernteprognosen zu erstellen und Informationen für die Ernteaufschlagversicherung zur Verfügung zu stellen. An RIICE beteiligt sind aus der Schweiz die Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit DEZA und das Tessiner Technologieunternehmen sarmap. Dazu kommen das IRRI, der deutsche Versicherungskonzern Allianz und die deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit GIZ. Ziel ist, alle Reisanbauflächen in Asien zu kartographieren und die erwartete sowie tatsächliche Ernte zu bestimmen.

## Satelliten erhöhen Ernährungssicherheit und ermöglichen rasche Hilfe vor Ort

Die Satellitendaten tragen ganz direkt zu Ernährungssicherheit und Armutsbekämpfung bei. RIICE kann dank der Daten nicht nur Ernteaufschläge verkleinern oder gar verhindern, sondern auch ganz konkret mithelfen, dass Hilfe nach Naturereignissen rascher vor Ort ist und betroffene Reisbauern rascher Entschädigungen erhalten. Die Radarsensoren der Sentinel-Satelliten können Schäden jederzeit und unmittelbar feststellen. Sie sind nicht wetterabhängig und durchdringen auch jede Wolkendecke. Welchen Nutzen die Satellitendaten bringen, zeigte sich zum Beispiel im November 2015, als ein Taifun weite Teile im südindischen Bundesstaat Tamil Nadu verwüstete. Dank der Satellitenbilder konnten sich die Behörden rasch ein Bild über das Ausmass der Verwüstungen machen und Hilfsgüter in die betroffene Gegend schicken.

Nicht nur bei der Nothilfe kommt die Satellitentechnologie zum Einsatz. Sie schafft auch Grundlagen für landwirtschaftliche Versicherungen, um Ernteaufschlag und erlittenen Schaden rasch und effizient zu berechnen. Davon profitieren die Bauern, die so ihre Entschädigungen frühzeitig erhalten und wieder in neues Saatgut investieren können – ohne einen neuen Kredit aufnehmen und sich neu verschulden zu müssen.

## Sentinel-1A

Der 2,3 Tonnen schwere Satellit Sentinel-1A verfügt über ein Radarauge, das unabhängig von Wetter und Wolken jederzeit, rund um die Uhr, Bilder der Erdoberfläche mit einer Auflösung von fünf mal fünf Metern liefern kann. Er umrundet die Erde in 693 Kilometer Höhe mit einer Geschwindigkeit von rund sieben Kilometern pro Sekunde (also rund 25'000 Kilometer pro Stunde). Seit Oktober 2014 sendet Sentinel-1A Bilder zur Erde. Er wurde von der ESA entwickelt und wird im Rahmen des Copernicus-Programms von der EU betrieben.



Der ESA-Satellit Sentinel-1A © ESA



- 17-SEP-2015\_26-SEP-2015
- 27-SEP-2015\_06-OCT-2015
- 07-OCT-2015\_16-OCT-2015
- 17-OCT-2015\_26-OCT-2015
- 27-OCT-2015\_05-NOV-2015
- 06-NOV-2015\_15-NOV-2015
- 16-NOV-2015\_25-NOV-2015
- 26-NOV-2015\_05-DEC-2015
- 06-DEC-2015\_15-DEC-2015

Die Aufnahme markiert den Beginn der Reissaison im November 2015 in Kambodscha und zeigt gemäss der beigefügten Tabelle, zu welchem Zeitpunkt die Reisfelder bestellt wurden.

© Copernicus data (2015)

Hintergrundkarte ©OpenStreetMap contributors



Dieses Bild, das sich aus verschiedenen Aufnahmen von Kambodscha während der Erntesaison 2015 zusammensetzt, gibt - farblich kodiert - die Unterschiede der Erdoberfläche wieder: Dunkelblau steht für Gewässer, Weiss für Siedlungen und Infrastruktur, Grünschattierungen sind Waldflächen unterschiedlicher Art und Dichte und hellblau bis violett zeigt Agrarland während unterschiedlicher Anbauphasen.

© Copernicus data (2015)

Hintergrundkarte ©OpenStreetMap contributors

### Copernicus: Globale Beobachtung für Umwelt und Sicherheit

Copernicus ist das Erdbeobachtungsprogramm der EU. Basierend auf boden-, luft- und satellitengestützten Beobachtungen stellt es Geoinformationssdienste für Umweltbeobachtung und Sicherheit zur Verfügung. Die Beobachtungen aus dem Weltraum erfolgen vor allem mit den spezifisch für Copernicus entwickelten Sentinel-Satelliten. Hauptsächlich Nutzerinnen und Nutzer der Informationsdienste sind europäische, nationale und regionale Behörden, aber auch Wirtschaft und Forschung. Die Copernicus-Dienste unterstützen eine breite Palette von Anwendungen in den Bereichen Landnutzung, Meeresumwelt, Atmosphäre, Katastrophen- und Krisenmanagement, Klimawandel und Sicherheit.

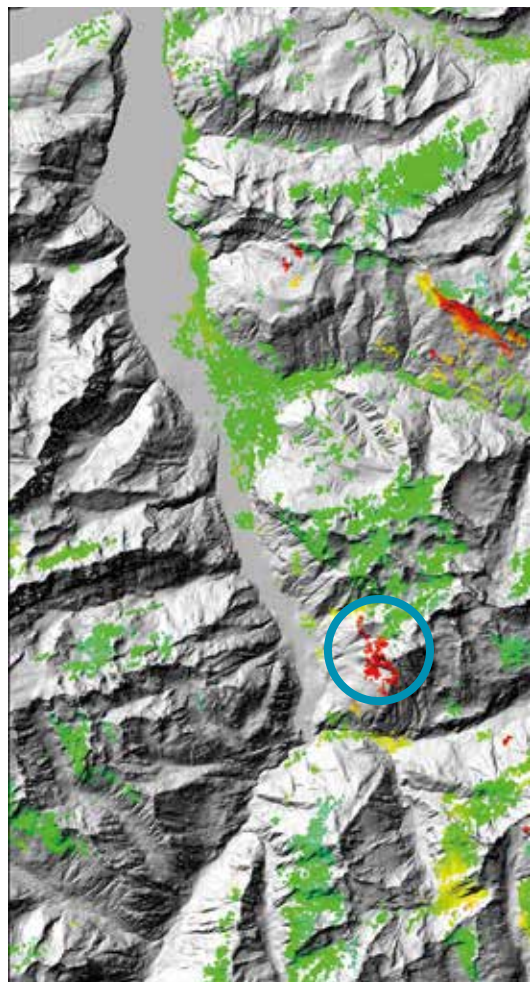
Die Initiative zu Copernicus wurde 1998 gemeinsam von der EU und der ESA lanciert. Die Schweiz hat sich seither im Rahmen von diversen EU- und ESA-Programmen an der Entwicklung der Satelliten und der Informationsdienste beteiligt. 2014 startete die EU das operationelle Betriebsprogramm, wobei wesentliche Teile der Durchführung an bestehende Organisationen delegiert wurden, an denen die Schweiz beteiligt ist wie ESA, EUMETSAT, Europäische Umweltagentur oder FRONTEX.

# Naturgefahren früh erkennen dank Satellitenradar

**Urs Wegmüller**  
Gamma Remote  
Sensing AG

Satelliten überwachen seit über 20 Jahren Gletscher, Hänge und Felswände, aber auch die Infrastruktur (Bahnlinien, Dämme, Gebäude) im Alpenraum mittels Satellitenradarinterferometrie. Die Methode ermöglicht es, Naturgefahren früh zu erkennen, das Gefahrenpotenzial auf dem neusten Stand zu halten sowie ein Inventar der drohenden Gefahren zu erstellen und laufend zu aktualisieren.

Die Radarinterferometrie eröffnete ganz neue Möglichkeiten für das Erstellen von Gefahren- und Bewegungskarten bei Naturereignissen wie Vulkanausbrüchen, Erdbeben, Hangrutschen, instabilen Felsen, Veränderungen des Permafrosts und Gletscherabbrüchen, oder von Geländebewegungen, die von Menschen verursacht werden. Dazu gehören zum Beispiel Geländeänderungen im Bergbau bei der Erdöl- und Erdgasgewinnung, bei der Entnahme von Grundwasser oder beim Bauen.



-5mm/year 0 +5mm/year

Mittlere Verschiebungsrate für das Urner Reusstal zwischen 2003 und 2010 – erstellt aufgrund von ENVISAT-Daten. Beobachtet werden signifikante Bewegungen insbesondere im Gebiet der Windgällen (blauer Kreis), oberhalb von Silenen. ENVISAT data copyright ESA, SAR/InSAR Processing Gamma Remote Sensing AG

## Zuverlässige Daten im Millimeterbereich

Mit den Radarwellen lassen sich Topographie und Geländebewegungen zuverlässig bestimmen. Das Satellitenradarsystem erfasst in regelmässigem Abstand Daten des überwachten Gebiets – bei fast jedem Wetter und in guter Qualität. Dabei lassen sich bereits minimale Verschiebungen von einigen Millimetern oder Zentimetern erkennen. Von 2002 bis 2012 nutzte die Schweiz den ESA-Umweltsatelliten ENVISAT; 2014 nahm der Sentinel-1A-Satellit seinen Betrieb auf.

Mit geringem Aufwand lassen sich frühere Geländebewegungen genau rekonstruieren: Man vergleicht mehrere zu verschiedenen Zeitpunkten aufgenommene Radarbilder miteinander. Die neue Satellitengeneration erfasst sogar Echtzeit-Bewegungen. So ermöglichen die über Jahre gesammelten Daten eine Bestandesaufnahme der Gefahrenmöglichkeiten; mit den aktuellen Daten wird das Gefahrenpotential aktualisiert. Für eine zeitnahe lokale Überwachung kommen auch bodengestützte Interferometrie-Sensoren zum Einsatz. Sie können Messungen im Minutentakt durchführen, so dass sie auch als Teil eines Frühwarnsystems dienen können.

## Einsatz im Gebiet der Chli Windgällen

In einem Pilotversuch führten wir im Urner Reusstal zwischen Sisikon und Wassen satellitengestützte Verschiebungsmessungen insbesondere im Gebiet der Chli Windgällen durch. Dank umfangreichem Datenmaterial aus einer 20-jährigen Messreihe von zwei ERS- und ENVISAT-Satelliten war es möglich retrospektive Messdaten zu generieren und geologisch zu interpretieren. So konnten, ohne vorgängig Messpunkte zu setzen, die Geländebewegungen mit einer Messgenauigkeit für lineare Bewegungen von etwa 1 mm/Jahr und einer räumlichen Auflösung von rund 20 m erfasst werden. Auftraggeberin waren die SBB, die die Ergebnisse für ihr Überwachungskonzept auf der Nord-Süd-Achse nutzt.

In der Schweiz wird die Methode zudem im alpinen Raum für die Kartierung von Hangrutschungen und Felsinstabilitäten eingesetzt. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU werteten wir grossflächig die Daten verschiedener Radarsatelliten aus. Das BAFU nutzte die Daten anschliessend, um Gefahrenkarten mit verschiedenen Gefahrenstufen zu erstellen.





Der Umweltsatellit ENVISAT der ESA.  
In Betrieb von 2002 bis 2012 © ESA

#### **Satellitenradarinterferometrie**

Bei dieser Methode senden Satelliten Radarwellen zur Erdoberfläche, die dort reflektiert werden. Dies erlaubt sehr präzise Distanzmessungen zwischen Satellit und Erdoberfläche. Befindet sich ein Hang in Bewegung, so verändert sich die Distanz zwischen Satellit und Erdoberfläche von einer Messperiode zur nächsten. Die interferometrische Auswertmethode erfasst solche Distanzunterschiede mit hoher Genauigkeit und erstellt eine Karte davon.

Die Methode bietet neue Überwachungsmöglichkeiten in unbewohnten Gegenden, wo keine anderen Messnetze bestehen. Die Radarinterferometrie ist deshalb unter anderem gut geeignet für Hänge, die bisher durch Permafrost stabilisiert wurden, durch den Klimawandel nun aber auftauen und in Bewegung geraten.

# Raumfahrt ist Alltag und Wirtschaftsmotor für den Werkplatz Schweiz

**Peter Guggenbach**  
Präsident der Schweizer  
Raumfahrt Industrie  
(SSIG)

**Raoul Keller**  
Geschäftsführer der  
Schweizer Raumfahrt  
Industrie (SSIG)

Schweizer Unternehmen sind in der Raumfahrt ganz vorne mit dabei. Ohne Spitzentechnologie aus der Schweiz kommt kaum eine Weltraummission aus. Davon profitiert neben dem Forschungs- und Bildungsstandort auch der Werkplatz Schweiz. Die Raumfahrt schafft hochwertige und nachhaltige Arbeitsplätze in der Schweiz, sichert den Transfer von Knowhow und fördert Entwicklungen und Anwendungen in anderen Industriebereichen.

Die Weltraumindustrie der Schweiz ist eine strategisch wichtige Wachstumsbranche. Sie erhält hochwertige Aufträge und entwickelt zum Beispiel Nutzlastverkleidungen für Trägerraketen, Strukturen für Satelliten, Präzisionsmechanismen, Bordelektronik, Weltraumtransponder, Triebwerkskomponenten, neue Werkstoffe, Messtechnik oder wissenschaftliche und medizinische Instrumente. Häufig lassen sich dafür auch profitable Anwendungen für den Alltag auf der Erde finden. Die Aktivitäten im Weltraum prägen auch unsere Kommunikation, Infrastruktur und Mobilität auf der Erde.

PulsEar - der Ohrhörer, der den Puls misst © CSEM



## Raumfahrt für den Alltag

Die Raumfahrt ist Bestandteil unseres Lebens, ohne dass wir es richtig bemerken: Ob wir fernsehen, telefonieren, E-Mails senden oder mit GPS Auto fahren, immer nutzen wir Entwicklungen der Raumfahrt. In den letzten zwei Jahren waren es über 270 Anwendungen, die – entwickelt im Rahmen von Programmen der Europäischen Weltraumorganisation ESA – den Weg in andere Bereiche fanden. So helfen Erdbeobachtungssatelliten dabei, die komplexen Zusammenhänge der Ökosysteme im globalen Massstab zu verstehen, unsere Umwelt zu überwachen und natürliche Ressourcen effizienter einzusetzen (siehe Seite 14). Präzise Wettervorhersagen sind ohne Satellitendaten undenkbar (siehe Seite 10).

Und nicht zuletzt ist die Raumfahrt auch wirtschaftlich rentabel. Die Schweiz steuerte zum Beispiel 3 Prozent bei an die Kosten der ESA/EUMETSAT-Wettersatellitenprogramme. Damit erwarb sie das Recht, alle Funktionen der teilweise in der Schweiz gebauten Satelliten zu nutzen. Der Gesamtnutzen in den nächsten 20 Jahren wird auf das 15- bis 60-fache der 3 Milliarden Euro geschätzt, die in das Satellitenprogramm investiert werden. Die Schweiz nutzt die Satellitendaten insbesondere, um Bevölkerung und Infrastruktur vor Erdbeben und wetterbedingten Gefahren zu schützen (siehe Seite 16).

Das Copernicus-Programm der Europäischen Kommission stellt Satellitendaten für den Schutz der Umwelt und die zivile Sicherheit weltweit zur Verfügung. Die Schweiz produziert nicht nur wichtige Teile für die Satelliten, sondern nutzt auch deren Daten, beispielsweise für Forschungen auf dem Gebiet des Klimawandels (siehe Seite 15).

Das «PulsEar» des Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique CSEM zur Messung der Herzfrequenz ist ein weiteres Beispiel. Der Sensor ist in einem handelsüblichen Kopfhörer integriert und der Puls wird in Echtzeit auf einem iPhone angezeigt. Die «PulsEar»-Technologie wurde ursprünglich für die ESA entwickelt, um menschliches Verhalten während Langzeitmissionen im Weltraum zu beobachten.



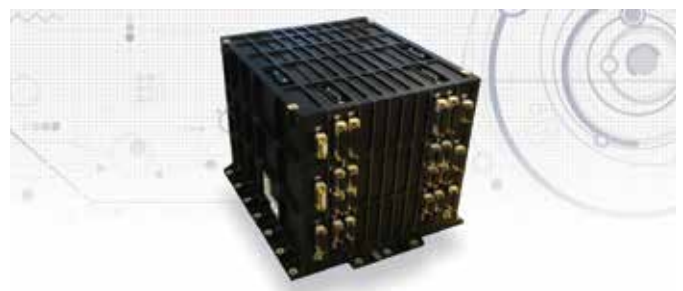
Die von RUAG Space gebaute Struktur des europäischen Raumfahrzeugs IXV (Intermediate eXperimental Vehicle) auf dem mechanischen Bodensystem von ADCO Technologies © ESA

## Hochspezialisierte Arbeitsplätze

Die Raumfahrtprogramme der ESA schaffen in der Schweiz Arbeitsplätze für hoch qualifizierte Mitarbeitende. Gleichzeitig fördern sie den Wissensaustausch und die Zusammenarbeit zwischen Forschung und Industrie. Neben Hochschulabsolventinnen und -absolventen beschäftigt die Raumfahrtindustrie Fachleute aus den unterschiedlichsten Bereichen. Sie bringen Fachwissen mit aus Elektronik, Optik, Präzisionsmechanik, Aero- und Thermodynamik, Computerwissenschaften, Materialwissenschaften oder 3D-Druckverfahren.

Insgesamt beschäftigen die 21 Unternehmen der Swiss Space Industries Group SSIG gut 900 Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer, die direkt mit Raumfahrttechnologie zu tun haben. Der Jahresumsatz liegt bei 270 Millionen CHF. Indirekt arbeiten in der Schweiz mehrere tausend Personen im Dienste der Raumfahrt – beispielsweise Mitarbeitende von Firmen der Maschinen-, Elektro- und Metallindustrie, die wichtige Komponenten für die Raumfahrtindustrie liefern.

Schweizer Bordelektronik: Massenspeicher und Formatierungseinheit von Syderal SA für die ESA-Mission EarthCARE © Syderal



# Kein Ariane-Start ohne Schweizer Hightech

**Hendrik Thielemann**  
RUAG

Auf jedem Flug einer europäischen Träger- rakete ist die Schweiz mit dabei: Unter anderem mit einer Nutzlastverkleidung. Sie schützt die Nutzlast an der Spitze der Rakete und stellt sicher, dass die Satelliten die Erdatmosphäre sicher durchqueren. Die Hülle dämpft den Startlärm, schützt vor Hitze und hält Schmutz fern.

Nur etwa dreieinhalb Minuten dauert der Flug einer Ariane-Rakete, bis sie die Erdatmosphäre in rund 120 Kilometern Höhe verlässt. Aber in diesen dreieinhalb Minuten muss die Rakete einiges aushalten: Der Lärm der Triebwerke ist so laut, dass ein Mensch in unmittelbarer Nähe ihn nicht überleben könnte. Die hohe Fluggeschwindigkeit verursacht enorme aerodynamische Lasten und die Aussenhaut der Rakete heizt sich auf bis zu 700 Grad auf. Das alles wäre viel zu viel für die empfindlichen Satelliten, die an der Spitze der Rakete ins Weltall reisen – wäre da nicht ein spezieller Schutz aus der Schweiz: Die Nutzlastverkleidung, eine aerodynamisch geformte 17 Meter grosse Haube, die ganz vorne auf der Rakete die unter ihr eingekapselten Satelliten zuverlässig schützt.

Das Schweizer Raumfahrtunternehmen RUAG Space ist Weltmarktführer, wenn es darum geht, die ersten drei Minuten nach dem Start an der Raketenspitze zuverlässig zu bewältigen. RUAG Space liefert die Nutzlastverkleidungen für die europäischen Trägerraketen Ariane und Vega und leistet damit einen massgeblichen Beitrag zum Raketenprogramm, das Europa einen eigenen, unabhängigen Zugang zum Weltraum sichert. Auch kommerziell ist die Ariane-Rakete, nicht zu-

letzt dank der Schweizer Technologie sehr erfolgreich: Die Ariane bringt weltweit etwa die Hälfte der grossen kommerziellen Telekommunikations- satelliten ins All.

## Partnerin der ersten Stunde

Die Schweiz ist Partnerin der ersten Stunde im Ariane-Programm. Schon beim ersten Start am 24. Dezember 1979 schützte eine Nutzlastverkleidung der heutigen RUAG Space den Satelliten. Seit 2012 verfügt Europa neben der Ariane über eine zweite Trägerrakete, die Vega, die ebenfalls mit einer Schweizer Nutzlastverkleidung ausgerüstet ist. Während die knapp 60 Meter hohe Ariane 5 als «Schwertransporter» zwei grosse Telekommunikationssatelliten mit einem Gesamtgewicht von zehn Tonnen und mehr in eine geostationäre Umlaufbahn befördern kann, bringt die rund 30 Meter hohe Vega kleine bis mittelgrosse Nutzlasten in erdnahe Umlaufbahnen. Damit ist sie besonders geeignet, Satelliten für Erdbeobachtung, Meteorologie und Wissenschaft zu transportieren.

Inzwischen können die Ingenieure von RUAG Space auf mehr als 250 erfolgreiche Flüge zurückblicken. Diese Zuverlässigkeit ist in der weltweit führenden Raumfahrtnation USA ebenfalls gefragt. Auch dort setzt man inzwischen auf die Schweizer Technologie. Die derzeit wichtigste amerikanische Rakete für den Transport grosser Satelliten ins All, die Atlas-V, fliegt seit 2003 mit einer Schweizer Kohle- faser-Haube. Derzeit entwickelt man bei RUAG Space bereits die Nutzlastverkleidungen für die nächste Raketengenerationen Ariane 6 in Europa und Vulcan in den USA.

Start einer Ariane-5- Rakete am 18. Juni 2016 auf dem europäischen Weltraumbahnhof in Französisch-Guayana mit zwei Satelliten an Bord. Die Spitze schützt eine Nutzlastverkleidung der RUAG © ESA





Die Nutzlastverkleidung für eine Vega-Rakete wird bei RUAG Space in Zürich für den Transport verpackt © RUAG

### **Das Ariane-Programm**

Das Programm zur Entwicklung und zum Bau von europäischen Träger- raketen wurde 1973 ins Leben gerufen. Hauptziel war, Europa einen unab- hängigen Zugang zum Weltraum zu verschaffen und damit die Abhängigkeit von anderen Raumfahrtationen zu verringern. Seither hat die Europäische Weltraumorganisation ESA fünf Generationen der Ariane-Rakete entwickelt - mit der sechsten wurde 2014 begonnen - und den Bau des europäischen Weltraumbahnhofs in Kourou (Französisch-Guayana) unterstützt.

Dank der stets verbesserten Leistungsfähigkeit und der hohen Zuverlässigkeit werden heute die meisten kommerziellen Satelliten mit Ariane-Raketen gestartet. Für die Versorgung der Internationalen Raumstation ISS spielte die Ariane ebenfalls eine wichtige Rolle: Die Rakete schickte die fünf ESA-Raum- transporter ATV (Automated Transfer Vehicle) ins All, die zwischen 2008 und 2014 Vorräte und Experimente zur ISS brachten (siehe Seite 30).

# Schweizer Atomuhren machen unser «Navi» genauer

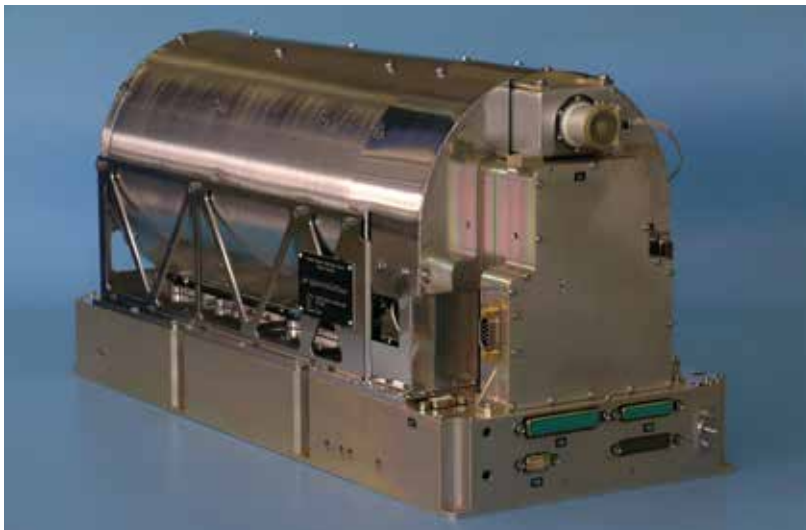
**Pascal Rochat**  
Spectratime

Das «Navi» (Navigationsgerät) ist aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Ob beim Wandern oder Autofahren, in der Landesvermessung oder in der Landwirtschaft, bei der Verkehrsführung zu Wasser, zu Lande oder in der Luft: Satellitenbasierte Navigationssysteme sind das A und O für die Positionsbestimmung und Navigation. Wir erwarten dabei ganz selbstverständlich eine Genauigkeit von wenigen Metern oder sogar Zentimetern.

Für so genaue Daten brauchen Satelliten-Navigationssysteme exakt synchronisierte, stabile und hochpräzise Atomuhren. Das Signal der Navigationssatelliten wird zusammen mit einem «Zeitstempel» der Atomuhren zur genauen Positionsbestimmung genutzt. Weil sich die von den Satelliten ausgestrahlten Signale mit Lichtgeschwindigkeit (300'000 km/sec) ausbreiten, wirken sich bereits kleinste Zeitfehler auf die Positionsgenauigkeit aus. Wenn eine Atomuhr in einem Satelliten nur um eine Nanosekunde (1 Milliardstel Sekunde) «falsch» geht, macht das eine Abweichung von 30 cm aus.

Die Uhren müssen auch etwas aushalten können: Beim Raketenstart und im Moment, wo sich die Satelliten von der Rakete lösen, werden sie durchgeschüttelt. Und auf ihrem Weg ins und durchs All sind die Atomuhren hohen Temperaturschwankungen ausgesetzt. Einmal im All können sie nicht mehr gewartet werden.

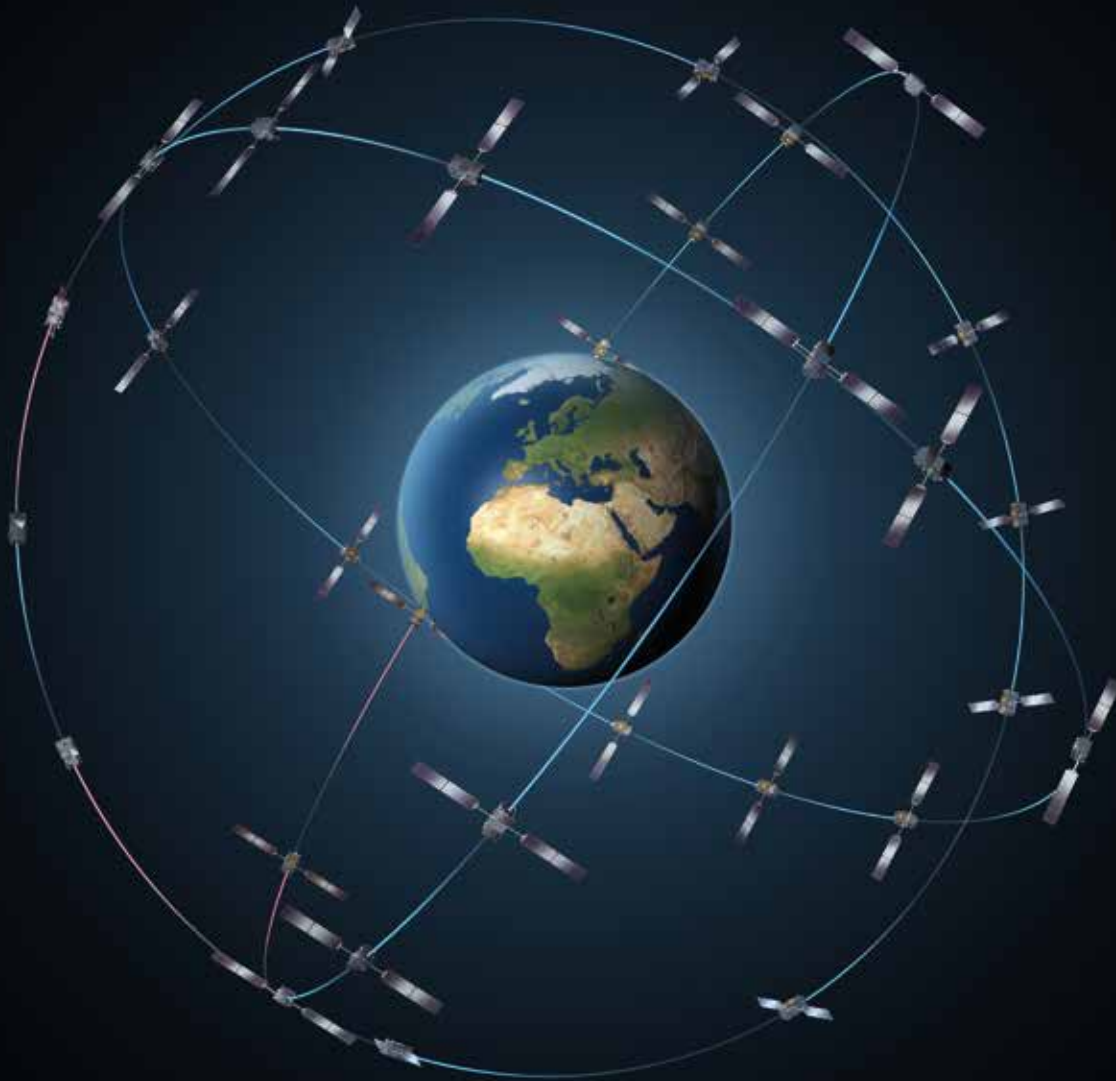
Atomuhr der Neuenburger Firma Spectratime mit einem Innengehäuse der Aargauer Firma Argotec.  
© Spectratime



## Atomuhren «Made in Switzerland».

Die Atomuhren entsprechen kaum unserer Vorstellung einer herkömmlichen Uhr mit Zifferblatt und Zeiger. Auch sie benötigen zwar einen Taktgeber, aber es handelt sich nicht um ein Pendel, sondern um die Veränderung des Energiezustands eines Atoms. Für das europäische Satellitennavigationssystem Galileo entwickelte die Firma Spectratime in Neuenburg zwei verschiedene Uhrentypen. Sie basieren auf Rubidium- beziehungsweise Wasserstoffatomen. Letztere gelten als präziseste Atomuhren im Weltall und gehen in drei Millionen Jahren nur eine Sekunde vor- oder nach. Sollte eine der Uhren ausfallen, steht als Back-up in jedem Satelliten ein zweites Exemplar zur Verfügung. Die Satelliten funken die «Zeit» zusammen mit ihrer Position zur Erde. Ein entsprechender Empfänger kann dann aus der Laufzeit des Signals seinen Standort genau berechnen. Das Prinzip beruht auf der Signalübertragung von mindestens vier Satelliten, die auf einen Milliardstel einer Sekunde genau miteinander synchronisiert werden.

Neben der Navigation sind Atomuhren im Weltraum auch im Einsatz für Telekommunikation, Radioastronomie oder für die Messung physikalischer Effekte an der Grenze der Messbarkeit. Doch auch viele alltägliche Anwendungen auf der Erde brauchen hochpräzise Zeitsignale aus dem Weltraum, wie sie uns Atomuhren dank ihrer Genauigkeit rund um den Globus liefern. Dies beginnt bereits beim Festlegen der koordinierten Weltzeit (Universal Time Coordinated, UTC). Ohne solche Taktgeber können Kommunikationsnetzwerke nicht synchronisiert werden, was dazu führen kann, dass Stromnetze in Spitzenzeiten zusammenbrechen oder die Kommunikation per Mobiltelefon und Internet unzuverlässiger und langsamer wird. Auch das Bezahlen mit Karte beim täglichen Einkauf oder der elektronische Handel von Wertpapieren sind ohne Atomuhren und Satellitensignale aus dem Weltraum nicht mehr denkbar.



Die vollständige Galileo-Konstellation mit je 8 Satelliten in drei verschiedenen Umlaufbahnen (plus je 2 Reservesatelliten).

© ESA

#### Die europäischen Satellitennavigationssysteme Galileo und EGNOS

Galileo beendet die faktische Abhängigkeit der europäischen Benutzer und Benutzerinnen vom US-amerikanischen GPS. Im Endausbau – gemäss Planung ab 2020 – besteht Galileo aus einer Konstellation von 24 Satelliten in 3 verschiedenen Umlaufbahnen. Zudem stehen in jeder Umlaufbahn zwei Reservesatelliten bereit. Damit wird sichergestellt, dass von jedem beliebigen Punkt der Erde zu jeder Zeit mindestens vier Satelliten sichtbar sind, um die genaue Ortsbestimmung zu ermöglichen. Mit Galileo soll die Abweichung unter einem Meter liegen.

Bereits seit März 2011 ist EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), ein regionales Navigationssystem, in Betrieb. Es verbessert die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der GPS-Signale und kann über Europa und Nordafrika empfangen werden. Nach der erfolgreichen Entwicklung im ESA-Rahmen wurde EGNOS 2009 für die Betriebsphase an die EU übergeben. Es erleichtert insbesondere den Landeanflug von Flugzeugen und Helikoptern unter schlechten Wetterbedingungen (siehe Seite 12).

Die Schweiz beteiligt sich an Aufbau und Betrieb beider Systeme. Die Schweiz und die EU unterzeichneten im Dezember 2013 ein entsprechendes Kooperationsabkommen. Seit dem 1. Januar 2014 wird es vorläufig angewandt. Die Schweiz ratifizierte das Abkommen 2015, in der EU ist der Ratifizierungsprozess im Gang.

# Die Europäische Weltraumorganisation ESA

Seit dem Beginn des Weltraumzeitalters ist Europa in der Raumfahrt aktiv. War es anfänglich vor allem die wissenschaftliche Neugier, so ist es heute ein breites Spektrum von Interessen, das zu Europas vielfältigen Raumfahrtaktivitäten führt: Die Raumfahrt bringt Technologien und Dienstleistungen hervor, die für eine moderne Gesellschaft unverzichtbar sind: Sie erweitert unser Wissen über das Universum und unseren eigenen Planeten. Sie stellt Informationen bereit, um auf globale Herausforderungen reagieren zu können. Sie schafft hochwertige Arbeitsplätze und stärkt die Wettbewerbsfähigkeit und Innovationskraft der europäischen Industrie.

Schon früh erkannten die europäischen Staaten, dass der Aufbruch ins All nur gemeinsam gemeistert werden kann. Bereits seit den frühen 1960-er Jahren arbeiteten europäische Staaten zusammen an der Entwicklung von Trägerraketen und Wissenschaftssatelliten. Mit der Gründung der Europäischen Weltraumorganisation ESA im Jahre 1975 wurden diese Aktivitäten unter einer Dachorganisation gebündelt. Zu den 10 Gründungsmitgliedern zählte auch die Schweiz.

Heute besteht die ESA aus 22 Mitgliedstaaten. Kanada als assoziiertes Mitglied ist an zahlreichen Programmen beteiligt. Slowenien hat 2016 ein Assoziierungsabkommen abgeschlossen. Die übrigen EU-Mitgliedstaaten, die nicht der ESA angehören, sind mit dieser durch verschiedene Kooperationsabkommen verbunden. Die ESA ist eine unabhängige, zwischenstaatliche Organisation. Sie unterhält enge Kontakte mit der Europäischen Union und ist mit dieser durch ein Rahmenabkommen verbunden.

Die Aktivitäten der ESA umfassen heute praktisch alle Bereiche der Raumfahrt, namentlich

- » Trägerraketen
- » Weltraumwissenschaften
- » Bemannte und robotische Exploration
- » Erdbeobachtung
- » Navigation
- » Technologie und Telekommunikation
- » Weltraumlage

Neben den eigenen, von den Mitgliedstaaten beschlossenen und finanzierten Programmen führt die ESA auch Programme für Dritte durch, so für die Entwicklung von künftigen Wettersatelliten für EUMETSAT oder zum Aufbau der Satellitenkonstellationen für die EU-Programme Galileo (Navigation) und Copernicus (Umweltbeobachtung). Des Weiteren geht die ESA im Bereich der Satellitenkommunikation mit zahlreichen kommerziellen Anbietern von Kommunikationsdiensten Public Private Partnerships ein und ist ebenso verantwortlich für die Entwicklung der Trägerraketen Ariane und Vega, die von der Firma Arianespace für kommerzielle Startdienste angeboten werden.

Das jährliche Budget beträgt 5.3 Milliarden Euro (2016). Davon fließt der allergrösste Teil in Form von Forschungs- und Entwicklungsaufträgen wieder in die Mitgliedstaaten zurück. Die dabei von den beteiligten Firmen entwickelten Kompetenzen und Produkte erzeugen einen volkswirtschaftlichen Nutzen der um ein Vielfaches höher ist als die Beiträge der Mitgliedstaaten. Die ESA, mit Hauptsitz in Paris, beschäftigt rund 2200 Mitarbeitende aus allen Mitgliedsstaaten, verteilt über die diversen technischen Zentren in Europa.





Mitgliedstaaten der ESA  
(dunkelgrau), assoziierte  
und kooperierende Staaten  
(hellgrau) © ESA



Johann-Dietrich Wörner,  
ESA-Generaldirektor © ESA

«Die Raumfahrt ist für eine moderne Gesellschaft unabdingbar. Sie trägt zur industriellen Wettbewerbsfähigkeit bei und schafft damit Arbeitsplätze und Wachstum. In der Raumfahrt geht es um Zusammenarbeit als Weg zum Erfolg. Die Raumfahrt spornt Menschen an, sich weiterzubilden und faszinierende, erfüllende Berufswege einzuschlagen.

Die ESA als Weltraumorganisation Europas steht bereit, für ihre Mitgliedstaaten spezifische Massnahmen zu ergreifen. Wir betrachten die Vielfalt unserer Mitgliedstaaten als entscheidenden Vorteil; jeder bringt seine besonderen Kompetenzen ein. Die Schweiz beispielsweise stellt nicht nur Schlüsseltechnologien und -produkte für europäische Weltraumprogramme zur Verfügung, sie leistet auch einen wesentlichen Beitrag zur Koordination der Raumfahrttätigkeiten in Europa.

Die Schweiz war Gastgeberin der ESA-Ministerratstagung am 1. und 2. Dezember 2016 in Luzern. Dies war eine Gelegenheit, der Bevölkerung unserer Mitgliedstaaten zu zeigen, dass die Raumfahrt für uns alle von Bedeutung ist, zu Wirtschaftswachstum sowie zu unserer allgemeinen Wettbewerbsfähigkeit beiträgt und unser tägliches Leben durch Innovation, Information, Interaktion und Inspiration bereichert und verbessert.»

# ESA-Vorsitz: Europäische Verantwortung für die Schweiz

## Balz Abplanalp

Diplomatischer Berater  
ESA Co-Präsidentschaft,  
EDA

Die Europäische Weltraumorganisation ESA sichert der Schweiz seit über 40 Jahren den Zugang zum Weltraum. Von 2012 bis 2016 präsidierte die Schweiz erstmals den Ministerrat der ESA. Sie übte diesen Vorsitz in einer Co-Präsidentschaft zusammen mit Luxemburg aus. Die beiden Länder einigten sich von Beginn weg auf eine einfache Arbeitsteilung: Als EU-Mitglied war Luxemburg für das Verhältnis ESA-EU zuständig, während die Schweiz für alle ESA-Programme verantwortlich zeichnete. Co-Präsidenten waren der luxemburgische Vize-Premierminister Etienne Schneider (ab Ende 2013) sowie Mauro Dell'Ambrogio, Staatssekretär für Bildung, Forschung und Innovation auf Schweizer Seite.

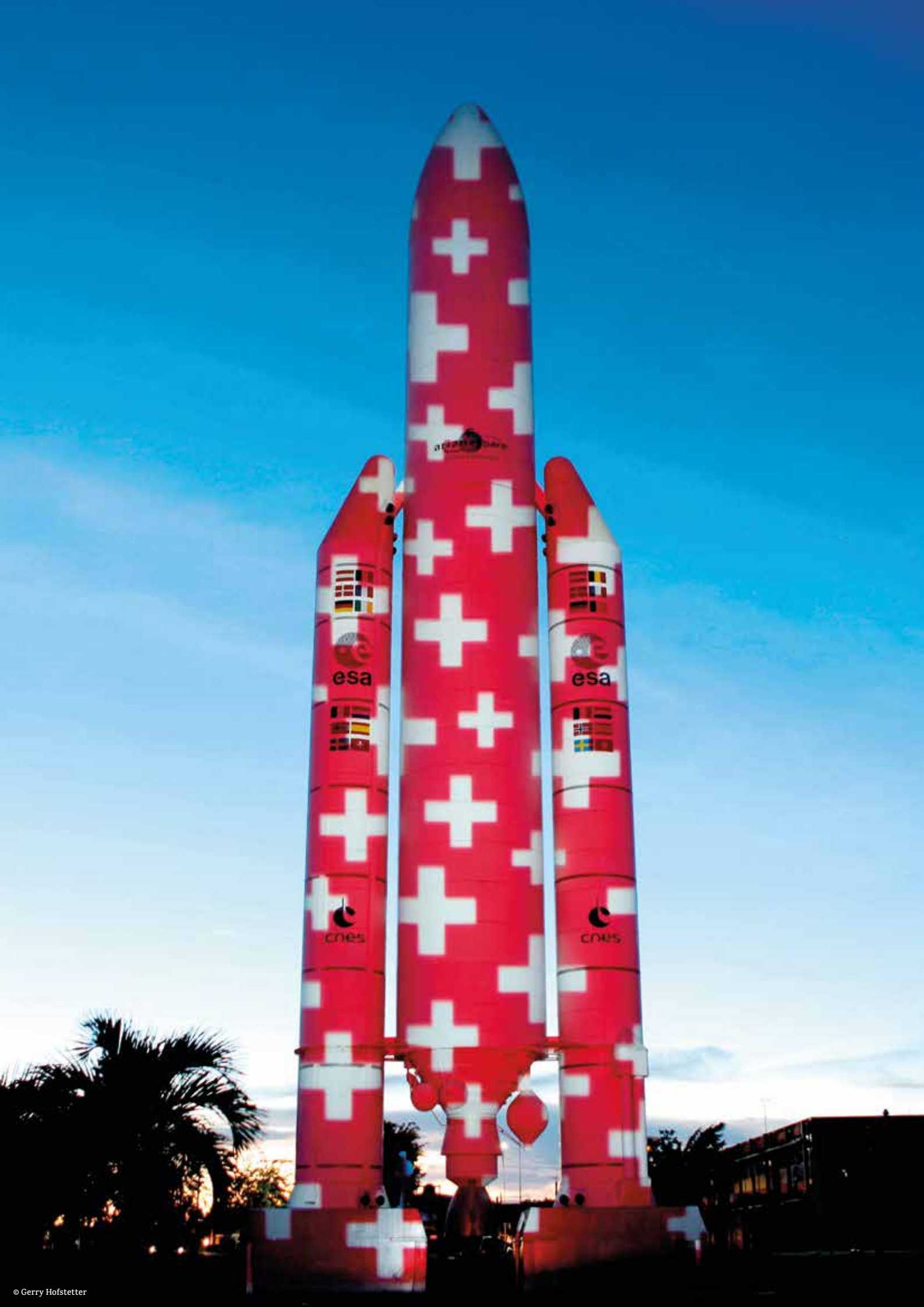
Die Co-Präsidentschaft leitete die Ministerräte der ESA, an denen die aktuell 22 Mitgliedstaaten die strategischen, programmatischen und finanziellen Weichen der Organisation für die nächsten Jahre stellen. Zusammen mit dem ESA-Generaldirektor hatte die Co-Präsidentschaft die Aufgabe, ein Paket von Raumfahrtprogrammen zu schnüren, das die Wünsche aller Mitgliedstaaten berücksichtigt. Gelingt das Unterfangen, sprechen die Minister genügend Gelder für die langfristig angelegten Programme, die alle paar Jahre neue Finanzmittel benötigen. Im Rahmen des Wissenschaftsprogramms wurde so zum Beispiel die 12 Jahre dauernde ESA-Mission «Rosetta» verabschiedet, mit der am 12. November 2014 erstmals eine Landung auf einem Kometen gelang.

An den letzten beiden Ministerräten in Neapel (2012) und Luxemburg (2014) sprachen die Minister trotz der Wirtschaftskrise Gelder für Programme in der Höhe von insgesamt über 15 Mrd. Euro. Das grosse finanzielle Engagement der Minister widerspiegelt ihre Überzeugung, dass die in Forschung und Weltrauminfrastruktur investierten Mittel via Innovationen dem Wirtschaftswachstum in Europa wichtige Impulse verleihen. Dieser Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit Europas ist auch ein Erfolg für die schweizerische Co-Präsidentschaft, die hinter den Kulissen zentrale Entscheidungen herbeiführen konnte. So leitete sie etwa die langwierigen Verhandlungen für die Entwicklung der neuen Trägerrakete Ariane 6 und vermittelte er-

folgreich zwischen den Mitgliedstaaten der ESA und der Industrie. Die Entwicklung der Ariane 6 wird in den nächsten Jahren auch in der Schweiz, die sich aktiv an diesem Programm beteiligt, hochqualifizierte Arbeitsplätze schaffen und somit mit-helfen, unseren Forschungs- und Industriestandort zu stärken.

Dank der politischen Resolutionen zur Weiterentwicklung der ESA, die die Ministerräte in Neapel und Luxemburg verabschiedeten, kann die ESA ihren Status als zwischenstaatliche Organisation auch in Zukunft behalten. Dieses Bekenntnis stärkt die ESA als Institution, so dass sie gegenüber der EU weiter als unabhängige und unumgängliche Zusammenarbeitspartnerin auftreten kann. Dies ist auch im Interesse der Schweiz.

Die schweizerische ESA-Co-Präsidentschaft erreichte damit ihre politischen Zielsetzungen und leistete ihren Beitrag zur Stärkung der Netzwerke unserer Raumfahrtakteure in Wissenschaft und Industrie. Den Abschluss der schweizerischen Co-Präsidentschaft bildete die Organisation des ESA-Ministerrats vom 1./2. Dezember 2016 in Luzern.



# Ein Blick hinter die Kulissen der ESA

Das Interview führte  
**Kamlesh Brocard**,  
wissenschaftliche  
Beraterin Raumfahrt,  
Staatssekretariat für  
Bildung, Forschung und  
Innovation SBFI

Interview mit Maurice Borgeaud, Leiter der Abteilung «Wissenschaft, Anwendungen und Zukunftstechnologien» der ESA-Programmdirektion für Erdbeobachtung

## Sie arbeiten heute bei der ESA. Was bewog Sie einen «Weltraum- Werdegang» einzuschlagen?

Bereits während meines Studiums war ich fasziniert vom Weltraum und von Satelliten. So konzentrierte ich mich auf die Spezialgebiete Mikrowellen, digitale Signalverarbeitung, Radar und Antennen. Ich wollte mehr über den Weltraum wissen, um die Erde und ihre Umgebung besser zu verstehen. Meine Doktorarbeit befasste sich mit Entwicklungsmodellen, um Voraussagen über die Wechselwirkung von Radarwellen und unterschiedlichen Erdoberflächen wie Vegetation, Eis oder Schnee machen zu können. Schon früh entdeckte ich überdies eine Vorliebe für die Arbeit in einem internationalen Umfeld.

## Welche Aufgaben hat Ihre Abteilung innerhalb der ESA?

Als internationale Agentur muss die ESA präsent sein und ihren 22 Mitgliedstaaten zuhören, auf ihre nationalen Strategien reagieren. Die ESA hat auch die Aufgabe, die europäische Industrie, Forschung und Entwicklung zu unterstützen, damit sie wettbewerbsfähig bleiben und in der Weltraumtechnologie und -entwicklung an der Spitze mithalten können.

Dafür arbeiten wir auch mit anderen Agenturen – etwa der amerikanischen, der russischen, der japanischen oder der chinesischen Weltraumbehörde – zusammen, und loten potenzielle Kooperationen mit ihnen aus oder koordinieren gemeinsame Aktivitäten. Ich vertrate die ESA auch in der Internationalen Charta für Weltraum und Naturkatastrophen. Sie stellt im Katastrophenfall den Hilfskräften kostenlos weltraumgestützte Satellitendaten und -informationen zur Verfügung.

## Wie sieht für Sie ein typischer Tag aus?

Jeder Tag bringt neue, andere Herausforderungen mit sich: Mein Aufgabengebiet ist vielfältig und anspruchsvoll und dadurch auch attraktiv. Es erstreckt sich von den Geowissenschaften über die Vorberei-

tung von Erdbeobachtungsmissionen und entsprechender Technologie bis hin zur Entwicklung neuer Anwendungen, zum Beispiel für das Copernicus-Programm der EU.

Wir wollen sicherstellen, dass unsere Satellitendaten nicht nur der Wissenschaft dienen, sondern auch der nachgelagerten Industrie ermöglichen, neue Dienste und Produkte zu entwickeln und auf den Markt zu bringen. Die Daten sollen auch für die Überwachung des Klimawandels und die globale nachhaltige Entwicklung genutzt werden können – zum Beispiel in den Bereichen Ernährungssicherheit, Wassermanagement oder städtebauliche Entwicklung.

Da meine Abteilung auf drei ESA-Standorte verteilt ist, Frascati in Italien, Noordwijk in der Niederlande und Harwell in England, bin ich zudem oft unterwegs.

## Wo sehen Sie die grössten Herausforderungen für die Zukunft?

Eines unserer grossen Anliegen ist, die Daten der Erdbeobachtung der breiten Bevölkerung zugänglich zu machen. Nehmen Sie zum Beispiel die Wetterprognosen: Sie basieren hier in Europa auf unseren ESA-Satellitendaten von EUMETSAT. Wir müssen sicherstellen, dass diese Daten sowohl von der Forschung als auch von der Wirtschaft für Innovationen genutzt werden können. Und nicht zuletzt: Die Daten sind wichtig für die Entscheidungsträger in allen Bereichen, um die nachhaltige Entwicklung unseres Planeten zu sichern.

Die wachsende Zahl von Partnern in Europa und weltweit eröffnet für die ESA neue Möglichkeiten der Zusammenarbeit. Sie stellt sie aber auch vor neue Herausforderungen. So etwa müssen Rolle und Verantwortlichkeiten der ESA besser definiert werden. Die ESA muss gestärkt werden als Forschungs- und Entwicklungsagentur und als Weltraumarchitektin für künftige Missionen und Vertragsagentur für alle europäischen Weltraumprogramme.

## Was raten Sie Jugendlichen, die eine «Weltraumkarriere» einschlagen wollen?

Als Dozent an der Eidgenössischen Technischen Hochschule EPFL hatte ich pro Jahr zwischen 40 und 50 Studierende, die Vorlesungen zu Ferner-



Maurice Borgeaud, Leiter der Abteilung «Wissenschaft, Anwendungen und Zukunftstechnologien» der ESA-Programmdirektion für Erdbeobachtung © ESA

kundung und den Weltraum allgemein belegten. Trotz Begeisterung arbeiten danach allerdings die wenigsten in diesem Bereich. Es scheiterte häufig an der fehlenden Mobilität oder daran, dass sie sich davor scheuten, ins Ausland zu gehen. Aus eigener Erfahrung kann ich jedoch mit Überzeugung sagen, dass sich ein Auslandsaufenthalt auf jeden Fall lohnt.

Bei der ESA haben wir verschiedene Programme zur Nachwuchsförderung, so ein Young Graduate Trainee (YGT) für junge Hochschulabsolventinnen und -absolventen mit Masterabschluss oder ein Programm für wissenschaftliche Mitarbeitende und Ingenieure nach der Promotion. Zusätzliche Möglichkeiten bieten National Trainee Programme (NTP). Junge Leute anzustellen, ist für uns strategisch wichtig, weil bei der ESA in den nächsten Jahren eine grosse Zahl von Mitarbeitenden das Pensionsalter erreicht.

Die ESA bemüht sich darum, dass die Anzahl Staatsangehöriger, die bei der ESA arbeiten, proportional ist zum Mitgliederbeitrag eines Staates. Dieses Verhältnis ist nicht immer einfach zu erreichen – insbesondere für die Schweiz. Darum hier mein Appell: Bewerben Sie sich bei der ESA!

Lassen Sie mich zum Schluss noch zwei Zitate anfügen. Antoine de Saint-Exupéry sagte: «Wir erben die Erde nicht von unseren Eltern, sondern wir haben sie nur von unseren Kindern ausgeliehen.» Und die

Europäische Kommission schreibt: «Der Weltraum ist nicht nur ein Abenteuer, er ist auch eine Chance. Europa kann sich nicht erlauben, sie zu verpassen.» Gerade durch die Entwicklung neuer Satelliten möchten wir zum besseren Verständnis der Erde und ihrer Umwelt beitragen.

- 1977–1982 Studium der Elektrotechnik an der EPFL
- 1982–1987 Master und Promotion am MIT (Massachusetts Institute of Technology, USA)
- 1988–1989 DLR, Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum der Luft- und Raumfahrt in Oberpfaffenhofen bei München
- 1989–2002 Europäisches Weltraumforschungs- und Technologiezentrum der ESA
- 1994 «Sabbatical» bei der NASA/JPL in Kalifornien
- 2002–2004 Nationales Weltraumprogramm der Schweiz (SSO)
- 2004–2010 EPFL, Direktor des «Space Center»
- Seit 2011 ESA, Leiter Abteilung «Wissenschaft, Anwendungen und Zukunftstechnologien» der Programmdirektion für Erdbeobachtung ESRIN, Frascati, Italien

# Die Schweiz mit an Bord der Internationalen Raumstation ISS

## Oliver Botta

Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation SBF

Die Internationale Raumstation ISS ist eines der grössten Projekte, das die Menschheit je verwirklicht hat. Die Schweiz ist aktiv daran beteiligt und eröffnet so ihrer Raumfahrtindustrie und den Forschenden an den wissenschaftlichen Instituten den Zugang zu dieser einzigartigen Infrastruktur in der Erdumlaufbahn.

Die ISS ist ein Symbol für die friedliche internationale Zusammenarbeit im Weltraum. Angeführt von der NASA (USA) als ISS-Projektmanagerin sind die Weltraumagenturen aus Kanada, Japan und Russland sowie die Europäische Weltraumorganisation ESA daran beteiligt. Die ISS integriert alle Beiträge der Partner in einer gemeinsamen Weltraum-Infrastruktur, die für die Forschung und Technologieentwicklung sowie zur Vorbereitung künftiger gemeinsamer Erkundungsmissionen genutzt wird.

## Unsere Forschungsstation im All

Seit 2011 ist die ISS in Betrieb, aber bereits während der Bauphase (1998–2011) wurde sie für Forschungsprojekte genutzt. Die erste Crew ging am 2. November 2000 an Bord. Geplant ist, die ISS bis mindestens ins Jahr 2024 zu betreiben. Damit wären mehr als 20 Jahre lang ununterbrochen Menschen in der Erdumlaufbahn präsent. Die an Bord der ISS durchgeführten Experimente stammen aus einer breiten Palette wissenschaftlicher Disziplinen – aus Biologie, Humanmedizin, Materialwissenschaften, Astrophysik und physikalischer Grundlagenforschung (zum Beispiel mit Bezug zur Relativitätstheorie) sowie der Erdbeobachtung. Diese Forschung ist nicht einfach Mittel zum Zweck, sondern führt direkt zu

Anwendungen auf der Erde. Zum Beispiel führten Forschungsergebnisse von der ISS zu innovativen Behandlungsmethoden für Osteoporose bei älteren Menschen. Flugzeugbauer setzen für leisere und effizientere Triebwerke auf neuartige Legierungen, die unter anderem auf der ISS entwickelt, getestet und charakterisiert wurden.

Die europäischen Beiträge an die ISS bestehen aus dem Labormodul Columbus, den Transportraumschiffen ATV (Automated Transfer Vehicle), dem Cupola-Modul, dem Roboterarm ERA und dem ESA Astronautencorps. Columbus wurde 2008 an der ISS angedockt und dient seither als Infrastruktur für wissenschaftliche Experimente. Die fünf Flüge der ATV-Raumschiffe dagegen gehören bereits der Vergangenheit an. Sie transportierten Experimentierausrüstung, Versorgungsgüter und Treibstoff zur ISS. Die ESA-Beteiligung erlaubt unter anderem Langzeitmissionen europäischer Astronauten. Diese bleiben bis zu sechs Monate an Bord der ISS und führen umfangreiche Forschungsprogramme durch.

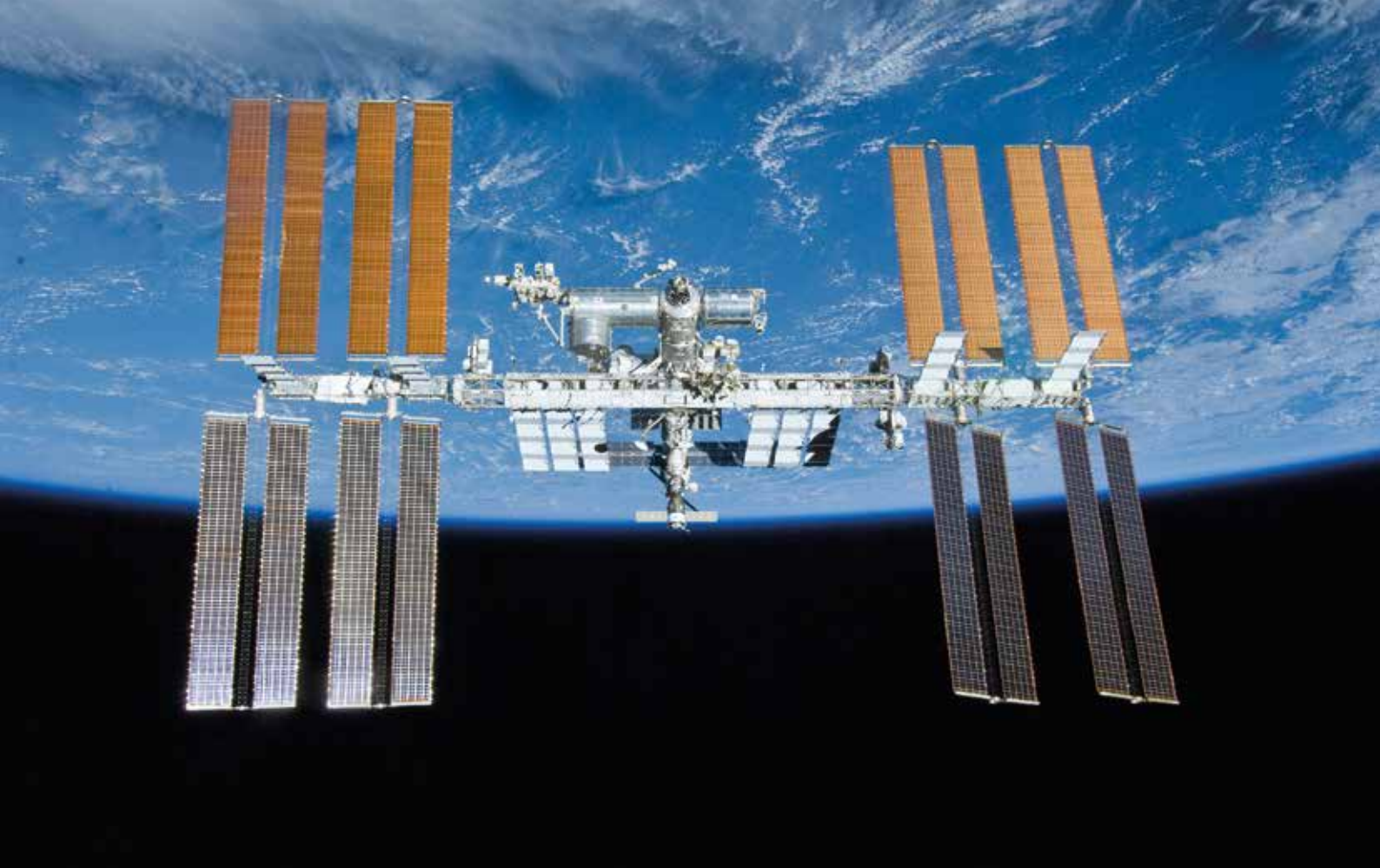
## Unterstützung für Forschende

Neben der Wissenschaft ist auch die Schweizer Industrie an der ISS beteiligt. Sie lieferte diverse Beiträge für die Entwicklung des Raumlabors Columbus, des Beobachtungsturms Cupola und des ATV. Zum Beispiel stammte die Hauptstruktur des ATV von der RUAG. Die Schweiz ist aber vor allem daran interessiert, der wissenschaftlichen Gemeinschaft die Nutzung der ISS als Forschungsplatz zu ermöglichen. Dazu betreibt die ESA in Hergiswil im Kanton Nidwalden ein Nutzer-Unterstützungszentrum (User Support and Operations Center, USOC). Es erbringt speziell im Bereich Weltraumbiologie wertvolle Dienstleistungen für Planung, Entwicklung, Validieren und Durchführen von wissenschaftlichen Experimenten.

Ohne die Unterstützung des USOC könnten Forschende ihre Projekte nicht erfolgreich umsetzen. Das Kompetenzzentrum für biomedizinische Weltraumforschung und Technik, das zur Hochschule Luzern gehört und eng mit dem USOC verbunden ist, entwickelte und flog bereits mehrere Experimente auf der ISS. Als nächstes Experiment mit Schweizer Beteiligung soll im Rahmen des Experiments ACES (Atomic Clock Ensemble in Space) eine hochpräzise Atomuhr aus Neuenburg zur ISS geschickt werden (siehe Seite 22).

Die ESA Astronautin Samantha Cristoforetti bei der Vorbereitung der BIOLAB-Forschungsanlage für das Experiment Triplelux-B an Bord des Columbus-Moduls der ISS. Die Triplelux-Experimente der Universitäten Zürich und Berlin untersuchen die Veränderungen des Immunsystems in Muskelzellen. Die Umsetzung an Bord der ISS wurde vom USOC geplant und unterstützt. © ESA





Die Internationale Raumstation in der Erdumlaufbahn, fotografiert aus einem Space Shuttle nach dem Abdocken im Mai 2010. Erkennbar sind die Druckmodule in der Mitte sowie die grosse Querverstrebung, an der die grossen Flügel mit den Solarzellen montiert sind. Am Andock-Stutzen ist ein Sojus-Raumschiff zu erkennen. Das Europäische Forschungsmodul Columbus sieht man vorne links. © NASA

#### KENNZAHLEN

**Masse der ISS:** ca. 420 Tonnen

**Grösse:**

- » Länge: 72.8 m
- » Breite: 108.5 m
- » Höhe: 20 m
- » Druckvolumen: 916 m<sup>3</sup> (entspricht etwa dem Volumen einer Boeing 747).

**Höhe der Umlaufbahn:** variierend zwischen 409 und 416 km

**Bahnneigung:** 51.65° zum Äquator

**Geschwindigkeit:** 7.66 km/s

**Besatzung:** nominal 6 (Minimum 3 bei Crew-Austausch)

**Kosten:**

- » Entwicklungs- und Betriebskosten (über 30 Jahre gerechnet): 100 Milliarden Dollar
- » ESA Anteil: 8 Milliarden Euro
- » Schweizer Anteil: ca. 2.5% des ESA-Anteils

**Versorgungsraumschiffe:**

- » Bemannt: Sojus (Russland) (1998-2011: Space Shuttle, USA)
- » Unbemannt: Progress (Russland), HTV (Japan), Dragon, Cygnus (beide USA) (2008-2014: ATV, ESA)

**Wissenschaftliche Experimente:**

- » Wissenschaftliche Experimente können sowohl im Innern der ISS wie auch auf der Aussenhülle oder der Gitterstruktur angebracht werden.
- » Statistiken: (Stand September 2015)
  - Gesamte Anzahl Experimente, die bisher an Bord der ISS durchgeführt wurden: ca. 2060.
  - davon ESA Experimente: 295.
  - davon mit Schweizer Beteiligung: 18

# ROSINA – die Schweizer Rosine auf Rosetta

## Kathrin Altwegg

Astrophysikerin und Professorin für Weltraumforschung und Planetologie an der Universität Bern, ROSINA-Projektleiterin

Am 30. September 2016 mittags vermeldet die Europäische Weltraumorganisation ESA das erfolgreiche Ende der Rosetta-Mission. Die Raumsonde prallte wie geplant kontrolliert auf dem Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko auf – und mit ihr auch das Schweizer Massenspektrometer ROSINA (Rosetta Orbiter Sensor for Ion and Neutral Analysis) der Universität Bern. Damit ging die bisher wohl verrückteste ESA-Mission zu Ende.

Rosetta war insgesamt 12 Jahre lang im All, unterwegs zum Kometen legte sie mehr als sechs Milliarden Kilometer zurück. Während mehr als zwei Jahren umkreiste sie den Kometen, einen kohlenrabenschwarzen Brocken in den Weiten des Alls. Sie schickte uns Daten und Bilder von diesem kleinen, unscheinbaren und doch höchst spannenden Kometen – unter anderem Messdaten von ROSINA. Das hochempfindliche und hochpräzise Massenspektrometer verfügte über Fähigkeiten, die weit über das bisher Dagewesene hinausgehen.

ROSINA wurde an der Universität Bern entwickelt und anschliessend hauptsächlich von der Schweizer Industrie gebaut. Viele Herausforderungen waren zu meistern und brachten alle Beteiligten an ihre Grenzen. Acht Doktorarbeiten wurden darüber geschrieben, mehrere Master-Studierende trugen ihren Teil dazu bei. Im Gegenzug konnten sie von hochentwickelter Technologie und internationaler Zusammenarbeit profitieren. Heute dürfen wir stolz sagen: es hat sich gelohnt!

Rosinas Doppel-Fokus-Massenspektrometer DFMS

© ESA/Rosetta/Rosina



## Antworten auf Fragen nach dem «Woher» und «Wohin»

Die Erforschung von Kometen lässt Rückschlüsse auf die Entstehung unseres Sonnensystems, der Sonne und der Planeten zu. Es sind tiefgefrorene Zeugen unserer Vergangenheit. Dank der Kometenforschung können wir sagen, woher das irdische Wasser kommt, wie Leben möglicherweise entstanden ist und vielleicht auch anderswo im Universum entsteht. Damit versuchen wir eine der grundsätzlichen Fragen der Menschen nach dem «Woher» und «Wohin» mit naturwissenschaftlichen Methoden zu beantworten. Dabei spielt ROSINA eine zentrale Rolle, ist das Massenspektrometer doch imstande, das Gas des Kometen hochpräzise chemisch zu analysieren.

Die Daten, die uns ROSINA kontinuierlich während zwei Jahren zurückschickte, sind denn auch einzigartig. Noch nie ist ein annähernd so präzises und empfindliches Massenspektrometer im All eingesetzt worden. Die Erkenntnisse, die wir daraus ableiten, ändern unser Verständnis von den Ursprüngen des Sonnensystems. Wir wissen jetzt, dass irdisches Wasser zwar nicht von Kometen stammt, dass Kometen aber möglicherweise die irdische Atmosphäre geprägt haben.

Die Entdeckung einer reichhaltigen Palette von organischem Material von Kohlenwasserstoff-Ketten bis hin zu Aminosäure gibt der Theorie Auftrieb, dass Kometeneinschläge die Entstehung von Leben auf der Erde ausgelöst haben könnten. Und was auf der Erde passiert ist, könnte auch an andern Orten, wo ähnliche Voraussetzungen wie bei uns herrschen, ebenfalls passiert sein. Auch wenn wir wahrscheinlich nie mit Ausserirdischen kommunizieren können, würde es doch heissen: wir sind nicht allein!

## Nach 30 Jahren am Ziel

Erste Ideen für die Rosetta-Mission wurden bereits 1985 entwickelt. Nach fast zehn Jahren Planung folgte eine neunjährige Bauphase, bevor die Sonde mit zehn Instrumenten und der Landeeinheit am 2. März 2004 in Richtung 67P/Churyumov-Gerasimenko abhob. Ab August 2014 befand sie sich in der nahen Umgebung des Kometen, in den letzten Tagen der Mission so nah wie nie zuvor. Am 12. November 2014 setzte Rosetta die kleine Landeeinheit Philae präzise auf der Oberfläche des Kometen ab, was ihr weltweit so grosse Aufmerksamkeit bescherte wie kaum einer Weltraummission in den Jahren zuvor.





Künstlerische Impression von Rosetta und Philae beim Kometen Churyumov-Gerasimenko .

© ESA/ATG medialab; Comet image: ESA/Rosetta/NavCam

**Mission:** Rosetta

**Start:** 2. März 2004, Ariane 5, Franz. Guyana

**3 Erdvorbeiflüge:** 2005, 2007, 2009

**1 Vorbeiflug bei Mars:** 2007

**Vorbeiflug an Asteroid Štein:** September 2008

**Vorbeiflug an Asteroid Lutetia:** 2010

**Winterschlaf:** Juni 2011 – 20. Januar 2014

**Ankunft beim Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko:** August 2014

**Landung von Philae:** 12 November 2014

**Perihel Durchgang:** 13 August 2015

**Ende der Mission (Landung von Rosetta auf dem Kometen):**

30 September 2016

**ROSINA: (Rosetta Orbiter Sensor for Ion and Neutral Analysis)**

- » Double Focusing Mass Spectrometer DFMS, 16 kg, ca. 10 Mio. Massenspektren
- » Reflectron time of flight mass spectrometer RTOF: 15 kg, ca. 10 Mio. Massenspektren
- » Comet pressure sensor COPS: 1.5 kg, kontinuierliche Messung der Gasdichten von Juli 2014-Ende Mission
- » Data processing unit DPU: redundante 386er Prozessoren mit 3 Mbyte Programmspeicher

**Wissenschaftliche Höhepunkte von ROSINA**

- » Deuterium im kometären Wasser widerlegt die These, dass Kometen das irdische Wasser gebracht haben.
- » Stickstoff- Moleküle geben eine Temperatur von -250 °C für die Bildung des Kometen.
- » Edelgas Argon in der Erdatmosphäre stammt möglicherweise von Kometen.
- » Aminosäure Glyzin und eine Menge organischer Moleküle stützen die These, dass Kometen zur Entstehung des irdischen Lebens beigetragen haben.
- » Anzahl ROSINA Publikationen 2014–2016: 42

# Ein kleiner Satellit, aber eine einmalige Chance für die Schweiz

## Willy Benz

Professor und  
Leiter Nationaler  
Forschungsschwerpunkt  
PlanetS, Principal  
Investigator  
(Hauptverantwortlicher)  
der CHEOPS Mission

Ein kleiner «Schweizer» Satellit mit einem Teleskop soll herausfinden, wie Planeten ausserhalb unseres Sonnensystems beschaffen sind. Die Schweiz ist zusammen mit der Europäischen Weltraumorganisation ESA verantwortlich für die Weltraummission mit dem Namen CHEOPS (CHaracterising ExOPlanets Satellite).

Nicht nur die wissenschaftlichen Ziele unterscheiden CHEOPS von anderen Raumfahrtmissionen: CHEOPS ist die erste Sonde in einer möglichen Reihe so genannter S-Klasse-Missionen der ESA, die innert vergleichsweise kurzer Zeit und mit einem kleinen Budget gestartet werden sollen. Gleichzeitig ist CHEOPS die erste Raumfahrtmission, bei der sich die Schweiz die Leitung mit der ESA teilt. Die Gesamtverantwortung trägt die Universität Bern. Unter ihrer Leitung beteiligen sich daran die Universität Genf (Leitung des Bodenteils) sowie Institute aus zehn anderen ESA-Mitgliedstaaten.

Neben der Wissenschaft ist auch die Schweizer Industrie sehr stark in das CHEOPS-Projekt miteinbezogen als Lieferantin und Testerin von Bauteilen (Hardware) oder Computerprogrammen (Software). Auf nationaler Ebene spielt der Nationale Forschungsschwerpunkt PlanetS eine wichtige Rolle bei Koordinierung und Ausführung der wissenschaftlichen Auswertung der Mission.

Das CHEOPS-Struktur-  
Qualifizierungsmodell  
(SQM) wird im RUAG-  
Space-Center in Zürich  
Vibrationstests unterzogen.  
© RUAG



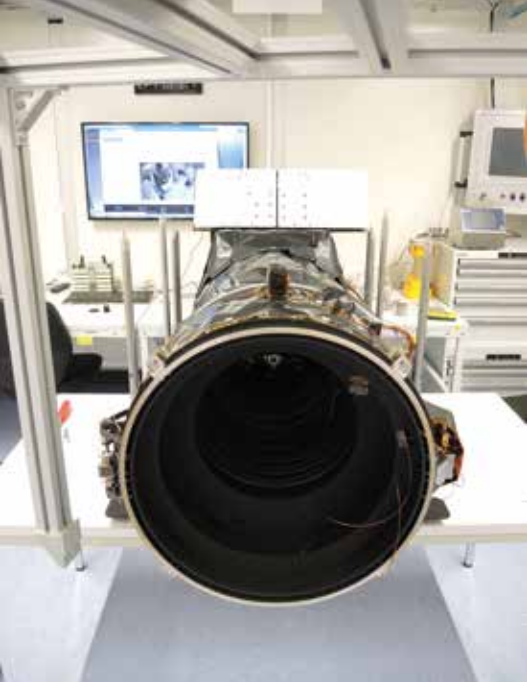
## Ziele der CHEOPS-Mission

Um mehr über bereits bekannte Planeten zu erfahren, entschied sich die ESA 2012 als erstes die Mission CHEOPS zu starten, ein kleines, aber hochpräzises, optisches Teleskop. Es wird so genannte Transits von Planeten ausserhalb unseres Sonnensystems (Exo-Planeten) beobachten. Transit heisst, der Planet zieht an seinem zentralen Stern vorbei, wobei er ihn teilweise verdeckt. Das Teleskop verfolgt den Helligkeitsverlauf des Sterns. Es misst die Abnahme die von der Verdeckung verursacht wurde und dadurch den Radius des Planeten. Dank dieser Methode kann das Teleskop hochpräzise Informationen über Grösse des Planeten und die mögliche Präsenz einer Atmosphäre liefern. Zusammen mit der Masse ist es möglich zu bestimmen, ob der Planet gebirgig ist wie die Erde, von grossen Mengen Eis bedeckt wie Neptun oder gasförmig wie Jupiter? Die CHEOPS-Mission ist damit eine wichtige Etappe, um mehr über die Natur eines Planeten zu erfahren.

## Schweiz gehört zu den Weltraumpionieren

Auf der Suche nach neuen Planeten und Anzeichen von Leben ausserhalb unseres Sonnensystems spielte die Schweiz bereits in den Anfängen eine führende Rolle. 1995 entdeckten zwei Schweizer Astronomen erstmals einen Planeten, der einen sonnenähnlichen Stern umkreist. Diese Entdeckung löste in der Astronomie eine eigentliche Revolution aus. 20 Jahre später sind einige tausend solcher Himmelskörper bekannt – einige kleiner als die Erde, andere um einiges grösser als Jupiter. Heute sind Planeten gewöhnliche, alltägliche Objekte des Universums. Das wissenschaftliche Interesse konzentriert sich auf das Erforschen ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften.

Die Schweiz entwickelte wichtige Bodeninstrumente für die Entdeckung dieser Planeten. Jetzt schickt sie sich an, die Planeten selbst im Weltraum zu erforschen. Sie übernimmt Verantwortung für das Planen, Entwickeln und Ausführen von Weltraummissionen und damit eine neue Führungsrolle in der europäischen Raumfahrt. So setzt sie ihre bedeutende und historische Rolle in dieser Wissenschaft und in der Weltraumforschung fort.



Das CHEOPS-Struktur- und -Wärmemodell (STM) im Labor an der Universität Bern. Links die Ansicht von vorne mit dem Schutzschirm und oben die Radiatoren die die Wärme der Elektronik abstrahlen und damit für eine konstante Temperatur sorgen. Rechts wird das Teleskop in den thermischen Vakuumbehälter geschoben für Umwelttests. © CHEOPS Team / Universität Bern

CHEOPS ist ein kleiner Satellit von rund 280 kg. Die Nutzlast besteht aus einem einzelnen Teleskop mit einem Spiegel von 32 cm Durchmesser mit einem grossen externen Schutzschirm, um Streulicht möglichst zu vermeiden. Teleskop und Schutzschirm haben zusammen ungefähr eine Länge von 1.5 m und wiegen gegen 60 kg. Der Satellit soll in einer Höhe von 700 km auf einer sonnensynchronen Umlaufbahn um die Erde kreisen. Dabei braucht er für eine Erdumkreisung vom Nord- bis zum Südpol und zurück an den Nordpol rund 90 Minuten. Mit der Sonne im Rücken wird CHEOPS die Sterne auf der jeweiligen Nachtseite der Erde beobachten. Alle Bestandteile wurden so optimiert, dass CHEOPS die Helligkeit des Sternenlichts über mehrere Stunden hinweg mit einer Präzision von 0,002 Prozent messen kann.

Der Satellit soll während dreieinhalb Jahren Daten über rund 1000 nahe Sterne mit Planeten liefern, woraus sich Grösse und Eigenschaften der Atmosphären bestimmen lassen. Der Start ist für 2018 geplant – nach einer minimalen Vorbereitungszeit von rund 5 Jahren.

# Ein Observatorium für kosmische Strahlen

## Martin Pohl

Institut für Kern- und Teilchenphysik (DPNC), Zentrum für Astroteilchenphysik (CAP) der Universität Genf

Woher kommen die kosmischen Strahlen und wie beeinflussen sie das Leben auf der Erde? Antworten darauf sucht die Wissenschaft mit Hilfe eines Teilchendetektors, dem Alpha-Magnet-Spektrometer, auf der Internationalen Raumstation ISS. Die Schweiz ist seit Anbeginn an diesem Experiment beteiligt.

Kosmische Strahlen sind Teil unserer Umwelt, denn die Erde ist ständig ionisierender Strahlung aus dem Weltall ausgesetzt. Atomkerne, Elektronen und andere Teilchen werden in der Milchstrasse freigesetzt und zu hohen Geschwindigkeiten beschleunigt. Sie tragen elektrische Ladung und ionisieren die Materie, die sie durchdringen. Grundlagenforschung auf der ISS untersucht die Eigenschaften dieser Teilchen.

## Einfluss auf unser Leben und unseren Alltag

Die ionisierenden Teilchen beeinflussen unser Leben und unseren Alltag. Wir können uns ihnen nicht entziehen. Die Partikel können den Funkverkehr stören, die Wolkenbildung und die Zusammensetzung der Luft beeinflussen. Sie sind für Veränderungen des Erbguts mitverantwortlich, also ein Motor der Evolution.

Auf der Erde schützen uns die Atmosphäre, deren Abschirmung einer meterdicken Betonwand entspricht, und das Magnetfeld, das geladene Teilchen von der Erde weglenkt. Im Weltraum gibt es keinen solchen Schutz und die kosmischen Strahlen gefährden die Gesundheit. Bei einer drei-

Das Alpha-Magnet-Spektrometer 2011 nach dem Transport zur Internationalen Raumstation ISS. Im Hintergrund die Raumfähre Endeavour.  
© NASA



jährigen Mission zum Mars steigt das Risiko einer lebensbedrohlichen Krebserkrankung um bis zu 19%. Und die Strahlen stehen sogar im Verdacht die Alzheimer-Krankheit zu fördern.

## Das Observatorium für kosmische Strahlen

Das Alpha-Magnet-Spektrometer (AMS) ist seit Mai 2011 auf der Internationalen Raumstation ISS in Betrieb. Es ist ein moderner Teilchendetektor mit einer Technologie wie sie auch in den Teilchenbeschleunigern des Genfer Forschungszentrums CERN eingesetzt wird. Das AMS misst die Energie der kosmischen Strahlung und zwar äusserst präzise. Uns interessieren vor allem Teilchen, die von der Milchstrasse stammen. Über hundert Jahre nach ihrer Entdeckung wissen wir noch immer nicht sicher, woher sie stammen, wie sie beschleunigt werden und zu uns gelangen.

Sie könnten vom kurzzeitigen hellen Aufleuchten von Sternen stammen, die am Ende ihrer Lebenszeit durch eine Explosion vernichtet werden. Solche Phänomene (Supernovae) können grosse Mengen Kernmaterie freisetzen und mit Schockwellen beschleunigen. Aber auch die so genannte Dunkle Materie könnte Teilchen erzeugen. Die Dunkle Materie ist eine unbekannter Masse, die für zusätzlichen Zusammenhalt unter den Himmelskörpern sorgt – ohne Licht auszusenden, zu absorbieren oder zu reflektieren.

## Die Schweiz seit Anfang an mit dabei

Das Institut für Kern- und Teilchenphysik (DPNC) der Universität Genf hat jahrzehntelange Erfahrung in Entwicklung und Einsatz von Detektortechnologie. Eine DPNC-Forschungsgruppe beteiligt sich seit dem Start 1994 am AMS-Experiment, gemeinsam mit mehreren hundert anderen Wissenschaftlern, Ingenieuren und Studierenden aus 16 Ländern. Nach 18 Jahren Planung, Bau und Tests transportierte die Raumfähre Endeavour das AMS auf ihrem letzten Flug zur ISS. Seither sammelt das Spektrometer pausenlos Informationen, so dass wir bereits heute über die grösste Datensammlung aller Zeiten zur kosmischen Strahlung verfügen. Erste Auswertungen lassen auf bisher unbekannte Teilchenquellen schliessen. Es ist geplant, das Experiment über die gesamte Lebensdauer der ISS weiterzuführen – also mindestens bis 2024 (siehe Seite 30).



Das Alpha-Magnet-Spektrometer installiert auf der Traverse der Internationalen Raumstation ISS © NASA

### Alpha-Magnet-Spektrometer AMS-02

#### Zusammenarbeit:

- » Universitäten und Forschungseinrichtungen aus China, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Italien, Mexiko, Portugal, Rumänien, Russland, Schweiz, Spanien, Südkorea, Taiwan, Türkei, USA

#### Hauptforschende:

- » Samuel C.C. Ting, MIT, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA
- » Manuel Aguilar-Benitez, CIEMAT, Madrid, Spanien
- » Sylvie Rosier-Lees, Ph.D., LAPP und Université de Savoie, Annecy-Le-Vieux, Frankreich
- » Roberto Battiston, INFN di Trento und Università di Trento, Trento, Italien
- » Shih-Chang Lee, Academia Sinica, Taipei, Taiwan
- » Stefan Schael, RWTH Aachen, Deutschland
- » Martin Pohl, DPNC, Universität Genf, Schweiz

#### Installation:

- » Start mit Mission STS-134, 16. Mai 2011 zur ISS
- » Erste Daten am 19. Mai 2011
- » Umlaufbahn: Höhe 400 km, Inklination 52°, Periode 93 Minuten

#### Datenerfassung:

- » 18 Milliarden kosmische Teilchen pro Jahr
- » Dauer bis mindestens 2024

#### Forschungsziele:

- » Eigenschaften kosmischer Strahlen
- » Konventionelle Quellen (Supernovae, Pulsare etc.)
- » Unkonventionelle Quellen (z.B. Dunkle Materie)
- » Residuale Antimaterie

# Schweizer Forschung liefert Erkenntnisse über Weltraumschrott

**Thomas Schildknecht**  
Professor,  
Astronomisches  
Institut der Universität  
Bern, Direktor des  
Observatoriums  
Zimmerwald

Am Nachmittag des 10. Februars 2009 stiess über Sibirien in einer Höhe von rund 800 Kilometern der aktive Telefoniesatellit Iridium 33 mit dem ausgedienten Kommunikationssatelliten Kosmos 2251 zusammen. Der Aufprall erfolgte mit einer Geschwindigkeit von 11,7 Kilometern pro Sekunde und erzeugte eine Trümmerwolke aus über 2000 Bruchstücken grösser als 10 Zentimeter. Innerhalb weniger Monate breiteten sich diese Trümmer weiträumig aus und drohen seither mit aktiven Satelliten zusammenzustossen.

Dieses Ereignis war ein Weckruf für sämtliche Satellitenbetreiber, aber auch für die Politik. Die Problematik von so genanntem Weltraumschrott (engl. «space debris») – ausgedienten künstlichen Objekten im Weltraum – erhielt eine neue Dimension. Mit der Problematik befassen sich Experten und Weltraumagenturen bereits seit bald 50 Jahren. Schweizer Forschung liefert die wissenschaftlichen und empirischen Grundlagen für Modelle und Mass-

nahmen, um die Anzahl der Objekte zu stabilisieren, damit auch in Zukunft eine sichere und nachhaltige Nutzung des Weltraums möglich ist.

## Erkenntnisse dank hochkomplexer Messungen der Universität Bern

Um die aktuelle Population von Weltraumschrott besser zu verstehen, sind aufwändige Beobachtungen mit bodengestützten Radaranlagen und optischen Teleskopen nötig. Mit solchen Messungen können grössere Objekte regelmässig verfolgt und ihre Bahnen bestimmt werden. Heute kennen wir die Bahnen von etwa 20'000 Objekten in Höhen von 300 bis 40'000 Kilometern. Für Teile kleiner als etwa 10 Zentimeter sind nur statistische Angaben möglich. Die Messungen deuten auf eine Gesamtzahl von ca. 700'000 Raumschrottoobjekten der Grösse zwischen 1 bis 10 Zentimeter hin. Die Teilchen mögen klein sein, sie sind aber keineswegs ungefährlich: Bei einer Kollision mit einem Teilchen von einem Zentimeter Durchmesser wird die Energie einer explodierenden Handgranate freigesetzt.

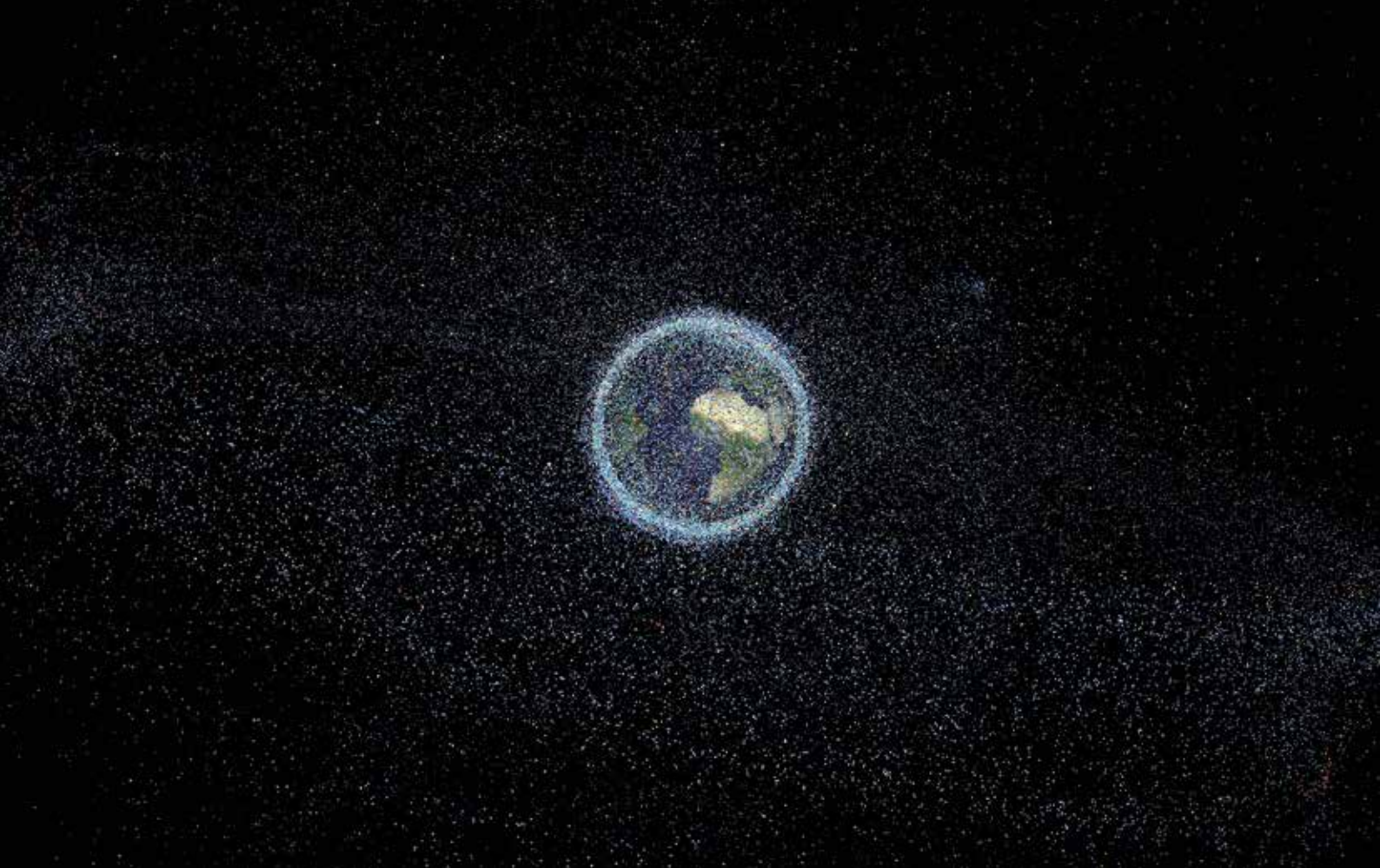
Vermessung der Bahnen von Raumschrottteilen mit dem Laserstrahl des 1-Meter Laser und Astrometrie-Teleskops am Swiss Optical Ground Station and Geodynamics Observatory in Zimmerwald bei Bern.

© P. Schlatter



Forschende des Astronomischen Instituts der Universität Bern suchen mit Teleskopen am «Swiss Optical Ground Station and Geodynamics Observatory» in Zimmerwald bei Bern sowie mit einem Teleskop der Europäischen Weltraumorganisation ESA im spanischen Teneriffa nach solchen kleinen Raumschrottteilen in hohen Erdumlaufbahnen. Neben den Bahnregionen der Navigationsatelliten (ca. 20'000 km Höhe) wird die Region des so genannten geostationären Rings auf 36'000 Kilometer Höhe genauer untersucht. Dort stehen Satelliten «fest» über einem Punkt des Äquators und beobachten immer den gleichen Ausschnitt der Erdoberfläche (Wettersatelliten) oder sie strahlen immer in die gleiche Region Signale aus (Kommunikationssatelliten). Die Bahn wird sehr stark genutzt, der Platz ist aber auch beschränkt, was zu Spannungen zwischen Satellitenbetreibern oder sogar Staaten führen kann.

In den letzten 20 Jahren entdeckten die Forschenden mit Hilfe dieser Messungen unzählige Schrottoobjekte, darunter eine neue, unerwartete Population von sehr leichten Objekten. Genauere Untersuchungen von Einzelobjekten dieser neuen Population deuten darauf hin, dass es sich um Bruchstücke von Folien handelt, wie sie zur thermischen Isolation von Satelliten verwendet werden.



Graphische Darstellung der Raumschrottteile grösser als ein Zentimeter gesehen aus einem Abstand von 3 Erdradien (ILR IRAS)

## Umweltverschmutzung im All nimmt zu

Diese Resultate leisten einen wesentlichen Beitrag zu den Modellen, die die heutige Raumschrottpopulation beschreiben und die als Ausgangspunkt zur Berechnung von Zukunftsszenarien dienen. Die Modelle deuten alle auf eine starke Zunahme der Raumschrottpopulation in den nächsten Jahrzehnten hin. Um diese Zunahme zu begrenzen, werden zahlreiche Massnahmen notwendig sein wie z.B. das Vermeiden von Kollisionen, das Entfernen der Objekte aus den kritischen Regionen am Ende ihrer Mission (z.B. durch Verglühen lassen in der Erdatmosphäre) und möglicherweise das aktive Beseitigen alter, ausgedienter Satelliten und Raketen-Oberstufen mit Hilfe eines «Räumroboters».

### Weltraumschrott beschäftigt auch UNO-Weltraumausschuss

Der Weltraumschrott ist auch Thema im ständigen UNO-Ausschuss für die friedliche Nutzung des Weltraums (UN Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, UNCOPUOS). UNCOPUOS ist das einzige globale, zwischenstaatliche Gremium, das sich Weltraumfragen widmet.

Der Ausschuss befasst sich mit wissenschaftlichen und technischen sowie juristischen Aspekten der Aktivitäten im Weltraum. Er erarbeitet rechtliche Normen und Leitlinien zur sicheren und langfristigen friedlichen Nutzung des Weltraums. Dabei geht es zum Beispiel auch darum zu klären, wer die Verantwortung beim Absturz einer Rakete oder beim Zusammenstoss zweier Satelliten trägt. Der zwischenstaatliche Dialog selber trägt bereits zu Sicherheit und Stabilität im Weltraum bei.

Gleichzeitig fördert UNCOPUOS die internationale Zusammenarbeit zum Beispiel beim Einsatz von Technologien im Rahmen der nachhaltigen Entwicklung in den Bereichen Wasser, globale Gesundheit, Katastrophenmanagement oder Klimawandel.

2018 feiert UNCOPUOS das 50-Jahr-Jubiläum der ersten UNO-Konferenz zur Erforschung und friedlichen Nutzung des Weltraums. Die Schweiz ist seit 2008 Mitglied des Ausschusses. Zwischen 1969 und 1978 ratifizierte sie vier der fünf UNO-Weltraumverträge.

# Der Blick des Astronauten

Claude Nicollier

Ich hatte das grosse Glück, im Rahmen der Zusammenarbeit ESA-NASA im Bereich der bemannten Raumfahrt viermal als Astronaut an Bord einer Raumfähre ins All zu reisen. Es war harte Arbeit, ja, aber für mich selber auch eine einzigartige Erfahrung. Es eröffnete mir die Möglichkeit, im Dienste von Forschung und Erkundung des Weltraums den Interessen aller beteiligten Staaten sowie ihrer Bürgerinnen und Bürger zu dienen.

Ich denke da vor allem an die beiden Missionen zur Wartung und Reparatur des Weltraumteleskops Hubble, an denen ich teilnehmen durfte. Ich war an den Arbeiten beteiligt, die dazu beitrugen, dass das einzigartige Teleskop – übrigens von ESA und NASA gemeinsam entwickelt – auch weiterhin Informationen über das All zur Erde senden kann, die von ausserordentlichem Wert für die Wissenschaft sind.

Der Weltraum eröffnet uns aussergewöhnliche Möglichkeiten, die wir auch im Alltag nutzen können zum Wohle aller – insbesondere in der Telekommunikation, in der Navigation (zu Wasser, Land und in der Luft) oder in der Beobachtung unseres Planeten und seiner Atmosphäre. Gleichzeitig ist der Weltraum ein schier unerschöpfliches Laboratorium für die Astro- und Sonnenphysik und die Erforschung der erdnahen Umgebung, die einem permanenten Strom von Teilchen und Strahlung ausgesetzt ist. Die Auswirkungen von Mikrogravitation (annähernder Schwerelosigkeit)

auf feste Körper und Flüssigkeiten sowie auf biologische Prozesse und die menschliche Physiologie sind ein weiteres faszinierendes Feld der Weltraumforschung.

---

«Man hat endlich lernen können, was Langfristigkeit in der bemannten Raumfahrt bedeutet...»

---

Bei den bemannten Missionen ist die Internationale Raumstation ISS, ein Gemeinschaftsprojekt von 15 Nationen, zuerst einmal ein Beweis dafür, dass wir fähig sind, die Kräfte zu bündeln und im Weltraum gemeinsam mit menschlichen Fähigkeiten und Robotertechnik grosse Plattformen aufzubauen. Heute steht die Wartung der ISS im Zentrum, damit sie auch in Zukunft als Weltraumlabor funktionieren kann. Von den hier gemachten Erfahrungen werden alle Betreiber von Weltraumstationen profitieren können. Gewiss: Die ISS dient der Forschung. Wie man jedoch sieht, bringt die Raumstation auch ganz andere wichtige und nützliche Erkenntnisse, die über das rein wissenschaftliche Programm hinausgehen: Man hat endlich lernen können, was Langfristigkeit in der bemannten Raumfahrt bedeutet.

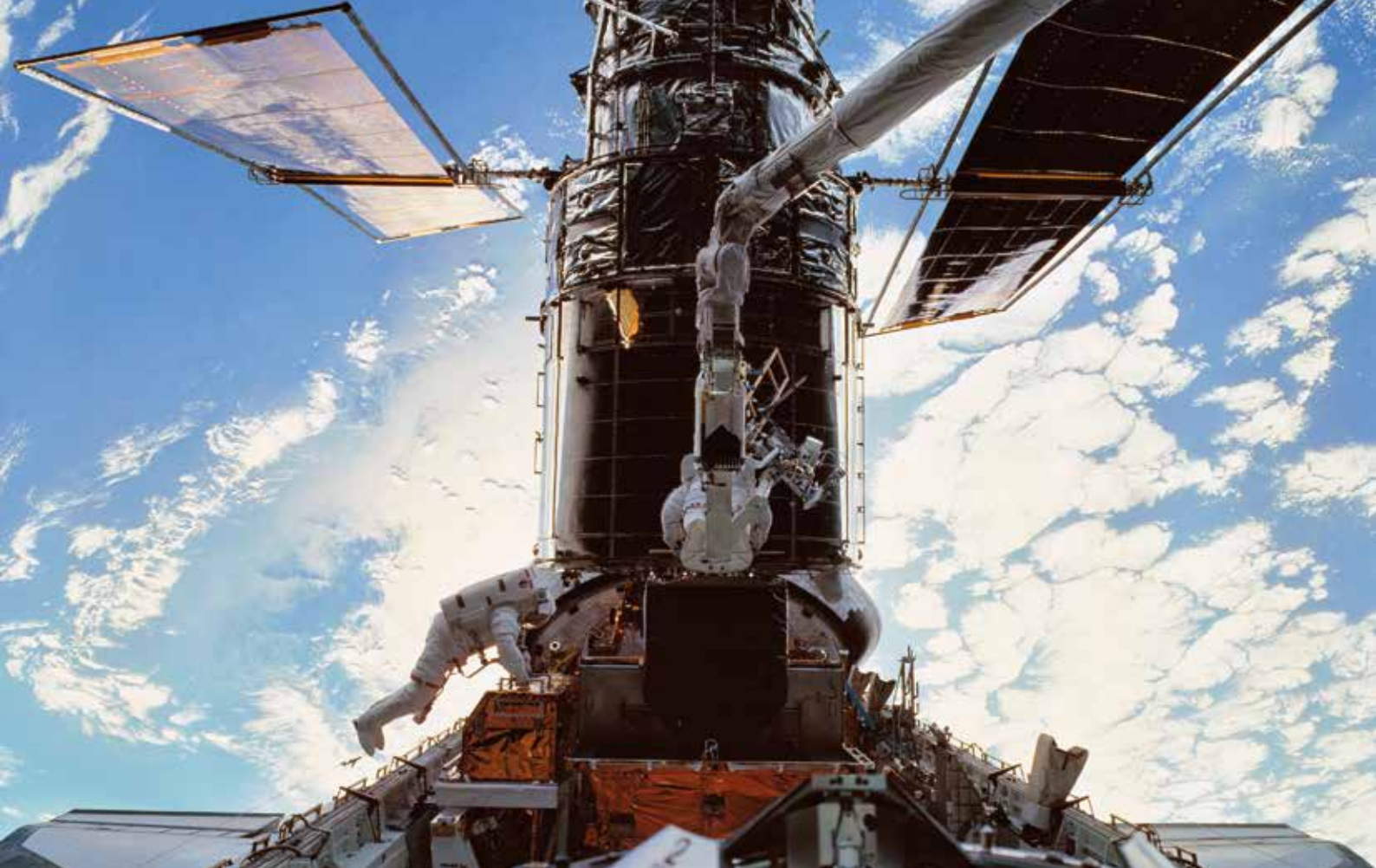
Die Zukunft und das Interesse der bemannten Raumfahrt beschränken sich nicht auf die erdnahen Umlaufbahnen, sondern wenden sich ganz klar den weiter entfernten Planeten in unserem Sonnensystem zu, ohne allerdings unseren nächsten Nachbarn, den Mond, zu vergessen. Es wird darum gehen, die menschlichen Fähigkeiten und Kompetenzen für die weitere Erforschung des Weltraums einzusetzen und zu sehen, wie sein Potenzial an Rohstoffen genutzt werden kann.

Es geht letztlich also darum, herauszufinden, ob die Menschen nicht eines Tages doch zu anderen Planeten unseres Sonnensystems reisen und sich dort dauerhaft niederlassen könnten. Die Frage ist: Bleibt das menschliche Leben auf unsere Erde beschränkt oder brechen wir auf zu neuen Ufern in unserem Sonnensystem? Die Zukunft wird es weisen und die nächsten Etappen der bemannten Raumfahrt sollten uns Gewissheit darüber bringen. Im Moment fehlt uns diese Gewissheit, aber auf jeden Fall ist klar: Das Projekt, das diese Frage beantwortet, wird äusserst faszinierend und spannend sein.

Claude Nicollier im Weltraum auf dem Weg zur Reparatur des Hubble-Teleskops am 23. Dezember 1999. © NASA







Claude Nicollier (von hinten in der Mitte auf dem Roboterarm) installiert am 23. Dezember 1999 einen Feinsteuerungssensor (Fine Guidance Sensor #2) am Weltraumteleskop Hubble 600 km von der Erde entfernt über Australien. Links im Bild sein Astronautenkollege Mike Foale. © NASA

Claude Nicollier (geboren am 22. September 1944 in Vevey, VD) ist bis heute der einzige Schweizer Astronaut. Er ist auch der einzige Europäer mit vier Raumflügen. Der Asteroid (14826) Nicollier ist nach ihm benannt.

Nach dem Studium der Astrophysik und der Ausbildung zum Linienpiloten arbeitete Nicollier ab 1976 als Wissenschaftler bei der Europäischen Weltraumorganisation ESA in Noordwijk, NL. Er bewarb sich als Raumfahrer und wurde im Dezember 1977 für die erste ESA-Astronautengruppe ausgewählt.

Im Rahmen des Kooperationsprogramms mit der NASA flog Nicollier zwischen 1992 und 1999 mit vier verschiedenen Raumfähren viermal ins All. Während der vierten und letzten Mission unternahm er seinen ersten Aussenbordeinsatz. Er installierte neue Instrumente und Ersatzteile am Hubble-Weltraumteleskop.

Seit 2007 lehrt Nicollier als ordentlicher Professor an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Lausanne EPFL. Seit 2009 ist er zudem Leiter der Flugversuche des Solarflugzeugs Solar Impulse.

## Impressum

### Herausgeber

Eidgenössisches Departement für auswärtige Angelegenheiten EDA  
Politische Direktion  
3003 Bern  
[www.eda.admin.ch](http://www.eda.admin.ch)

in Zusammenarbeit mit dem für die Schweizer Weltraumpolitik  
verantwortlichen Fachdepartement

Eidgenössisches Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF  
Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation SBFI  
3003 Bern  
[www.sbf.admin.ch](http://www.sbf.admin.ch)

### Gestaltung

Visuelle Kommunikation EDA

### Titelbild

ESA

### Bestellungen

Information EDA  
[www.eda.admin.ch/publikationen](http://www.eda.admin.ch/publikationen)  
E-Mail: [publikationen@eda.admin.ch](mailto:publikationen@eda.admin.ch)

Information SBFI  
E-Mail: [space@sbfi.admin.ch](mailto:space@sbfi.admin.ch)

### Fachkontakt

WBF, Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation SBFI  
Abteilung Raumfahrt  
Tel.: +41 (0)58 464 10 74  
E-Mail: [space@sbfi.admin.ch](mailto:space@sbfi.admin.ch)

EDA, Abteilung Sektorielle Aussenpolitiken  
Sektion Bildung, Wissenschaft und Raumfahrt  
Tel.: +41 (0)58 462 30 19  
E-Mail: [pd-asa-science@eda.admin.ch](mailto:pd-asa-science@eda.admin.ch)

Diese Publikation ist auch auf Französisch, Italienisch und Englisch  
erhältlich und kann unter [www.eda.admin.ch/publikationen](http://www.eda.admin.ch/publikationen) und  
[www.sbf.admin.ch/raumfahrt-pub](http://www.sbf.admin.ch/raumfahrt-pub) heruntergeladen werden.

© Bern, 2016 / EDA



