

20 000 Unternehmen und 400 000 Menschen waren an der Apollo 11-Mission beteiligt.

195 Stunden 18 Minuten und 35 Sekunden dauerte die Mission vom Raketenabschuss bis zur Wasserlandung der Kapsel.

1 764 401 km legte Apollo 11 zurück.

4 dehydrierte Käsesandwiches wurden auf die Mission mitgenommen.

2,1 Millionen kg Treibstoff wurden innerhalb 2,8 Minuten in der ersten Phase des Saturn V-Starts verbraucht.

Neil Armstrong und Buzz Aldrin tranken auf dem Mond den NescaféGold aus der Schweiz.

Der Raumfahrtanzug wurde von der Industrieabteilung der Firma Playtex entwickelt, die BHs herstellte. Ihre Erfahrung mit speziellen Stoffen und Nähten kam ihnen zugute.

#### Impressum

SATW Technoscope 2/19 | Mai 2019  
www.satw.ch/technoscope  
Konzept: Béatrice Miller | Beatrice Huber  
Redaktion: Günseli Ünlü  
Redaktionelle Mitarbeit: Christine D'Anna-Huber | Alexandra Rosakis  
Wissenschaftliche Beratung: Lukas Viglietti  
Grafik: Andy Braun  
Bilder: NASA | focusTerra | Flickr | Fotolia  
Titelbild: NASA  
Lektorat: Ars Linguae  
Druck: Egger AG

#### Gratisabonnement und Nachbestellungen

SATW | St. Annagasse 18 | CH-8001 Zürich  
technoscope@satw.ch | Tel +41 44 226 50 11  
Technoscope 3/19 erscheint im September 2019 zum Thema «Digitale Welt und Klimawandel».

**satw** it's all about technology

# TechnoScope

by satw 2/19



TeCHnik  
auf dem Mond

[www.satw.ch/technoscope](http://www.satw.ch/technoscope)

# Faszination Mond

Der Wettlauf ins All, der in den 1950er Jahren zwischen den USA und der Sowjetunion entbrannte, fand seinen Höhepunkt in der Apollo 11-Mission: Zum ersten Mal machten Menschen Schritte auf dem Mond und kehrten auf die Erde zurück. Bis diesem Zeitpunkt hatten bereits über 70 meist nicht erfolgreiche Missionen zum Mond stattgefunden, weitere über 30 sollten folgen. Trotzdem ist das Thema Mond noch nicht abgeschlossen; sowohl die USA als auch China und weitere Länder planen weitere Missionen.

Ca. **30 Milliarden** US-Dollar war das Budget für das gesamte Apollo-Programm.

Das entspricht heutigen **150 Milliarden** US-Dollar.

## Wer war der erste?

Die erste harte Landung auf dem Mond gelang 1959 der Sowjetunion mit der Sonde Lunik 2. Die sowjetische Sonde Luna 9 vollbrachte 1966 die erste weiche Landung auf dem Mond. Mit der US-amerikanischen Apollo 8-Mission umkreisten zum ersten Mal Menschen den Mond und sahen mit eigenen Augen die Rückseite des Erdtrabanten. Apollo 11 brachte die ersten Menschen auf den Mond und überschattete als perfekt inszeniertes globales Medienereignis alle anderen Missionen im Bewusstsein der Allgemeinheit.

## Wozu auf den Mond?

Abgesehen von den wohl hauptsächlich politischen Motiven, die den Mond ins Visier der zwei grossen Nationen rückten, wurden die Missionen natürlich auch zu Forschungszwecken durchgeführt. Wie der Mond aufgebaut ist, wie er entstanden ist, ob Leben darauf besteht und weitere Fragen beschäftigten die Wissenschaftler. So wurden auf den verschiedenen Missionen Gesteinsproben gesammelt, das Magnetfeld erforscht, die Existenz des Sonnenwindes bestätigt, Mond-Beben induziert und die Strahlung auf der Mondoberfläche gemessen.

## To infinity and beyond?

Der Spruch von Buzz Lightyear in «Toy Story» ist vielleicht etwas hoch gegriffen. Aber der Mensch möchte tatsächlich noch weit hinaus. Die USA und Russland planen, eine Raumstation im Orbit des Mondes zu errichten, die ESA spricht von einem Mond-Dorf und auch China und private Unternehmen planen bemannte Missionen zum Mond. Das langfristige Ziel ist, vom Mond aus tiefer in den Weltraum einzudringen und z.B. auf den Mars zu fliegen. Ebenso im Visier steht der Abbau von Rohstoffen.



**66 Sekunden** nach Start erreichte die Mondflugrakete Saturn V Mach 1 (Schallgeschwindigkeit).

Am 16. Juli 1969 um 0:32 Uhr Ortszeit hebt die Saturn-V-Rakete im Kennedy Space Center in Florida ab. Unter ohrenbetäubendem Getöse schleudert die gewaltigste Trägerrakete, die die USA je gebaut haben, die Apollo-Mission von der Erde weg.

Um die Schwerkraft zu überwinden und nicht auf die Erde zurückzufallen, muss Saturn-V eine Geschwindigkeit von rund 28 000 Stundenkilometern erreichen. Damit das klappt, besteht die Trägerrakete zum grössten Teil aus drei wuchtigen Triebwerken und den dazu gehörenden Treibstofftanks. Eine nach der anderen werden diese Stufen gezündet und abgeworfen, sobald sie ausgebrannt sind. Das eigentliche Apollo-Raumerschiff sitzt ganz vorne auf der Spitze der Rakete.

12 Minuten nach dem Start erreicht Apollo 11 den Orbit und kreist eineinhalbmal um die Erde. Auf dieser sogenannten «Parkumlaufbahn» kontrolliert die Spacecrew noch einmal alle Systeme, dann kommt vom Kontrollturm die Weisung: «Go!». Jetzt zündet das Triebwerk der dritten Raketenstufe und schießt Apollo mit einer Geschwindigkeit von 40 000 km/h aus der Erdumlaufbahn heraus auf Kurs zum Mond. Jetzt fliegt Apollo 11 auf einer «freien Rückkehrbahn»: Selbst wenn die Triebwerke ausfallen sollten, würde das Raumschiff nach einer Schleife um den Mond von der Erdschwerkraft wieder angezogen und zu unserem Planeten zurückfinden.

# Der Adler ist gelandet ...

Doch der 76 Stunden lange und rund 380 000 Kilometer weite Flug zum Mond verläuft problemlos. Die Astronauten entschlossen sich zur Landung und zünden die Bremsrakete. Das Raumschiff verliert an Geschwindigkeit und schwenkt, vom Schwerefeld des Mondes eingefangen, auf eine Mondumlaufbahn ein. Das Landemodul trennt sich vom Apollo-Mutterschiff und sinkt auf die Mondoberfläche hinab.

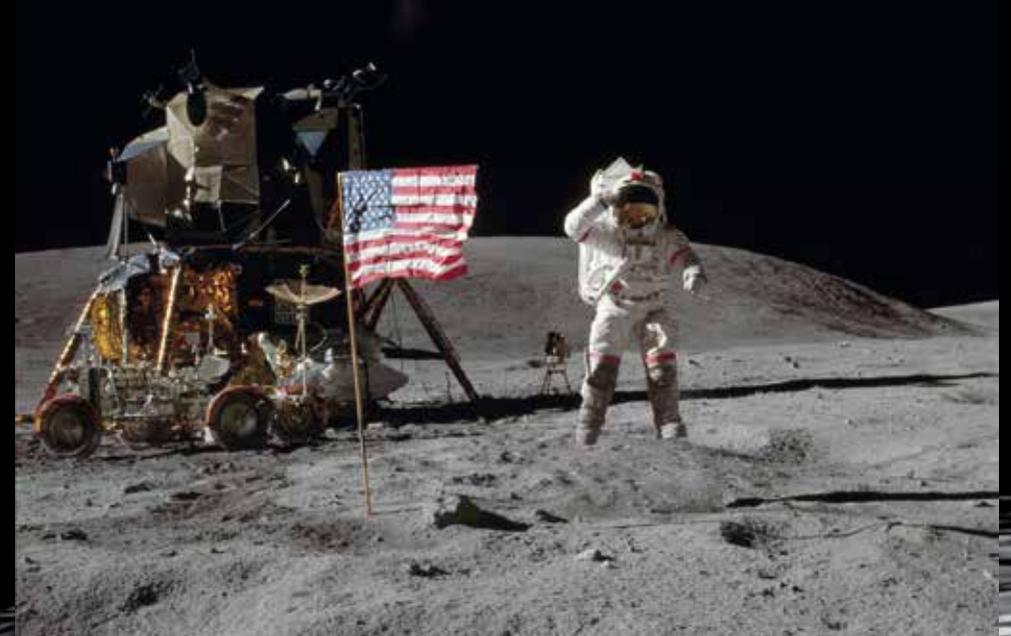


**528 Millionen** Menschen verfolgten die Mondlandung am TV

Und bald flimmern auf der Erde die ersten Bilder der Mondlandung über die Fernsehschirme. Sie sind so sensationell, dass manche bis heute nicht glauben können, was sie da gesehen haben.



Noch bevor sie die US-Flagge hissten, bauten Armstrong und Aldrin auf dem Mond übrigens das Berner Sonnenwindsegel auf. Was wenig spektakulär aussieht, war ein vielbeachtetes Experiment – das einzige nicht-US-amerikanische auf diesem Mondflug – bei dem es darum ging, auf einer beschichteten Haushaltsfolie aus Aluminium die elektrisch geladenen Teilchen einzufangen, die ständig von der Sonne ins All geschleudert werden. Gerade weil es so einfach zu handhaben war, nur ein paar hundert Gramm wog und kaum Platz beanspruchte, war die Nasa bereit, das Experiment der Universität Bern mit auf den Mond zu nehmen. Sie willigte sogar ein, das Sonnenwindsegel als Allererstes in den Mondboden zu stecken, um so viel Sonnenmaterie wie möglich zu sammeln und zur Analyse auf die Erde zurückbringen zu können. Denn in diesen Teilchen – es sind die gleichen, die beim Eintritt ins Magnetfeld der Erde Nordlichter tanzen lassen – schlummert eine Riesensmenge von Erkenntnissen über das ganze Sonnensystem.



**Warum zum Beispiel springen die Astronauten, wie der hier abgebildete John Young, Kommandant der Apollo-16-Mission, nicht viel höher?**

Noch höher? Weil der Mond eine deutlich kleinere Masse als die Erde hat, also «leichter» ist, ist auch seine Anziehungskraft etwa sechsmal geringer. Und genau das beweist das Bild: Den guten halben Meter, den der selber vermutlich etwa 80 Kilo schwere Astronaut im klobigen Raumanzug und mit 80 Kilo Raumausrüstung auf dem Buckel da in die Höhe hüpft, könnte er auf der Erde nie schaffen.

**Warum flattert die amerikanische Fahne, wo doch der Mond praktisch keine Atmosphäre besitzt, es dort also keine Luft und damit auch keinen Wind gibt?**

Sie flattert überhaupt nicht. Der Stoff ist oben an einer aufklappbaren Querstange befestigt, weil er sonst im luftleeren Raum nur schlaff herabhängen würde. Und weil diese Querstange klemmte und sich nicht auf ihre ganze Länge ausziehen liess, ist der Stoff, wie ihr sehen könnt, in Falten gelegt, bewegt sich aber nicht.

**2 Stunden und 31 Minuten** verbrachten Neil Armstrong und Buzz Aldrin auf der Mondoberfläche



**Nicht vom Winde verweht**

Genau so wie auf diesem Bild dürfte dieser Fussabdruck von Buzz Aldrin, dem zweiten Mann auf dem Mond, unverändert bis in alle Ewigkeit bestehen bleiben. Oder doch zumindest für ein paar Millionen Jahre. Denn der Mond kann seiner geringen Grösse wegen keine Atmosphäre an sich binden. Dafür ist seine Anziehungskraft zu schwach. Und deshalb gibt es auf seiner Oberfläche weder Wind noch Wetter. Nichts also könnte diese Fussspur im Mondstaub wieder verwischen – da müsste schon ein Meteorit an genau dieser Stelle einschlagen.

Nur ca. **3 km** lagen zwischen der angepeilten und der tatsächlichen Stelle der Wasserlandung der Kommandokapsel.

Nach 2 Stunden und 31 Minuten, mit einem vollen Sonnenwindsegel und 23 Kilo Mondgestein, beenden Armstrong und Aldrin ihren Mondspaziergang. Ein Teil der Mondfähre dient ihnen als Startrampe und bleibt auf dem Mond zurück, der Rest dockt im Mondorbit wieder an das Kommandomodul an. Nur die Kommandokapsel an dessen Spitze fliegt zurück Richtung Erde, alle übrigen Teile lässt die Apollo-Mission im All zurück. Kurz vor dem Wiedereintritt in die Erdatmosphäre wird die Kapsel um 180 Grad gedreht. Ihre stumpfe Seite dient nun als Hitzeschild gegen die ungeheure Reibungswärme des Luftwiderstandes. Genau berechnet werden muss auch der Eintrittswinkel. Ist er zu flach, dann könnte das Raumfahrzeug an der Atmosphäre abprallen, ist er zu steil, würde es verglühen.



Nach dem Eintritt in die Atmosphäre sorgen eine ganze Reihe von Bremsfallschirmen dafür, dass die Kapsel weiter entschleunigt.



Am 24. Juli nach rund 1,5 Millionen Kilometer Flug wassert die Kapsel im Pazifik. Bevor die Astronauten per Helikopter an Bord des Flugzeugträgers U.S.S. Hornet gebracht werden, müssen sie Schutzanzüge überstreifen. 17 Tage stehen die drei Weltraumhelden dann unter Quarantäne. Denn niemand weiss, ob sie vom Mond nicht vielleicht irgendwelche unbekannteren Krankheitserreger auf die Erde gebracht haben. In Honolulu schliesslich betreten sie wieder amerikanischen Boden. In der Zollerklärung, die er ausfüllen muss, schreibt Buzz Aldrin, er führe in seinem Gepäck «Mondgestein und Mondstaub» mit sich.

# Mond-Expeditionen: Was haben sie der Menschheit gebracht?

Die Auswirkungen der Mond-Expeditionen für die Menschheit sind vielfältig und beschränken sich nicht nur auf technische Domänen.

## Logistik

Ein Projekt von diesem Ausmass zu organisieren und durchzuführen bedeutete eine enorme logistische Herausforderung. Hunderttausende von Mitarbeitenden führten unzählige verschiedene Aufgaben aus, die geplant, koordiniert und begleitet werden mussten. Dazu bedurfte es mehr als einer einfachen «To-do»-Liste. Das Apollo-Projekt brachte das Projektmanagement in neue Dimensionen.

**Earthrise** wurde 1968 aufgenommen (William Anders, Apollo 8).

**Blue Marble** stammt von 1972 (Harrison Schmitt, Apollo 17).



## Ein neues Bewusstsein

Obwohl bereits Satellitenfotos des Erdballs existierten, erlangten vor allem zwei später von Astronauten gemachte Aufnahmen sehr hohe Popularität. Das Bild der Erde aus dem All, in ihrer vollen Pracht und Zerbrechlichkeit, veränderte die Wahrnehmung der Menschen für ihr Zuhause. Die beiden Aufnahmen wurden mehrfach als Symbolbilder von Umweltschutzbewegungen verwendet und beeinflussten vielleicht sogar das ökologische Bewusstsein.



## Inspiration für die Nachwelt

Natürlich war die Mondlandung für die USA als Nation ein gewaltiges Erfolgserlebnis. Aber die Apollo-Mission hat nicht nur den Nationalstolz der Amerikaner gestärkt. Sie zeigte, dass grosse und gewagte Projekte machbar sind und spornte nachfolgende Generationen von Forschern und Unternehmern zu weiteren ambitionierten Entwicklungen an, die bis zu den technischen Errungenschaften und High-Tech-Unternehmungen des 21. Jahrhunderts reichen. Zu diesem grossen Erfolg haben ebenfalls Europäer und vor allem Schweizer einen grossen Beitrag geleistet.

## Ein Stück Raumfahrt im Alltag

Die NASA listet auf ihrer Website eine unüberschaubare Anzahl an Patenten und Spin-Offs für Technologien, die im Zuge der Weltraumforschung laufend entwickelt werden. Ein Stück Raumfahrt scheint es in sämtlichen Bereichen des Alltags zu geben. Speziell aus dem Apollo-Programm weiterentwickelte Erfindungen schliessen Sportschuhe, Atmungsapparate, Dialysemethoden, bildgebende Verfahren wie Computertomografie (CT) und Magnetresonanztomografie (MRI) oder kabellose Operationsinstrumente ein.

# Events in der Schweiz



## Bern feiert 50 Jahre Mondlandung

Anlässlich des 50-jährigen Jubiläums feiert Bern vom 27. bis 30. Juni 2019 ein Wissenschaftsfest. Denn die Universität Bern war bei der ersten bemannten Mondlandung 1969 mit ihrem berühmten Sonnenwindsegel dabei. Aufgrund dieser engen Verbindung ist dieses Jubiläum von besonderer Bedeutung für die Bundesstadt. Zahlreiche Aktivitäten zu den Themen Raumfahrt und Weltraumforschung sind zu erwarten.

<https://www.bern.com/de/aktuelles-events/veranstaltungen/detail/50-jahre-mondlandung>



## Starmus-Wissenschafts-Festival in Zürich

Am Starmus-Wissenschafts-Festival vom 24. bis 29. Juni 2019 werden 3000 Forscherinnen und Forscher aus aller Welt erwartet. Ein hochkarätiges Programm bietet sechs Tage lang eine Plattform für Diskussionen und Austausch zwischen Astronauten, Nobelpreisträgern und Künstlern. Als Hauptredner wird nebst sieben weiteren Besatzungsmitgliedern verschiedener Apollo-Missionen Astronaut Michael Collins nach Zürich kommen. Des Weiteren die Wissenschaftslegende Bill Nye, sowie die Rockstars Brian May und Rick Wakeman.

<https://www.starmus.com/>

## Ausstellung im Naturmuseum St. Gallen

Vom 22. Juni bis 11. August 2019 findet im Naturmuseum St. Gallen eine Ausstellung anlässlich des Jubiläums «First Men on the Moon – 50 Jahre bemannte Mondlandung» statt. Die Jubiläumsintervention von Men J. Schmidt, SpaceScience, zeigt mit ausgewählten Modellen und Objekten die Geschichte der ersten Mondlandung. Präsentiert werden originalgetreue Nachbildungen der Trägerraketen und Raumschiffe, ein Mondanzug und Astronautennahrung, Filmsequenzen des Starts und der Landung sowie grossformatige Fotos der Apollo 11-Mission. Im Rahmenprogramm bietet die Ausstellung Vorträge zur Geschichte der Raumfahrt in Ost und West, zur Mondlandung und zur Zukunft der Weltraumfahrt.

<http://www.space-science.ch/ausstellungen/ausstellungen-besuchen/>



© focusTerra; Illustration: Studio Nippoldt; Bilder: NASA, F. Neyer (modif.)

## Sonderausstellung «Expedition Sonnensystem»

focusTerra, das erdwissenschaftliche Forschungs- und Informationszentrum der ETH Zürich, lädt noch bis zum 16. Juni 2019 zu einer Entdeckungsreise ins All ein. focusTerra ist Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der ETH und der Universität Zürich gefolgt und erzählt in unterhaltsamen Comics, wie und warum sie im All unterwegs sind, was sie fasziniert, wie sie in die Frühzeit unseres Sonnensystems hineinsehen und Signalen vom Anbeginn der Zeit lauschen. Spannende Experimente, Animationen, eine Augmented-Reality-Schnitzeljagd auf der Suche nach einem Marsmännchen, Führungen und Workshops runden die Raumfahrt ab.

<http://www.focusterra.ethz.ch/sonderausstellungen/aktuell.html>

## Ausstellung «Liftoff to Space» 2019 in Dübendorf

Die vom Verein «Swiss Space Museum» geplante Raumfahrt-Ausstellung «Liftoff to Space» findet ab Frühling 2019 im Air Force Center Dübendorf statt. Während sechs Monaten wird eine faszinierende Ausstellung über Raumfahrt und Weltraumforschung gezeigt. Es ist ein Erlebnis für alle, die das Abenteuer Weltraum dank originaler Ausstellungsobjekte und Virtual Reality hautnah erleben möchten.

<https://www.liftofftospace.ch/>

## Noch mehr erleben

### educamint.ch

Finden Sie spannende Aktivitäten für Kinder, Jugendliche und Erwachsene! Bereichern und beleben Sie Ihren Unterricht in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT)! Die Tipps, der Newsletter und das Angebotsverzeichnis von educamint helfen Ihnen dabei.

[www.educamint.ch](http://www.educamint.ch)



### SimplyScience

Immer noch nicht genug? Dann besuche die Website SimplyScience. Dort findest du auch Inspiration für deine Berufs- oder Studienwahl.

[www.simplyscience.ch](http://www.simplyscience.ch)

### Science Guide App

Erlebe Wissenschaft in der Schweiz. Erhältlich bei [google play](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.educamint.scienceguide) oder [app store](https://apps.apple.com/ch/app/science-guide/id1444444444)

# Die Schweiz in der Weltraumforschung

Was fällt dir ein, wenn du an Bern denkst? Bundeshaus, Bären, Zibemärit ... aber vermutlich nicht Weltraumforschung. Und doch waren es Wissenschaftler der Universität Bern, die das einzige nicht-amerikanische Experiment der Apollo 11-Mission lieferten: Das Sonnenwindsegel, das sogar vor der amerikanischen Flagge aufgestellt wurde, fing von der Sonne ins Weltall strömende Teilchen ein, die später im Labor untersucht wurden und Informationen über die Zusammensetzung des Sonnenwinds lieferten.

Aber nicht nur die Berner waren an Bord vertreten. Die Firma Kern aus Aarau, die optische Präzisionsinstrumente herstellte, lieferte speziell für die besonderen Anforderungen der Raumfahrt angefertigte Objektive für die 16 mm DAC-Filmkamera, die im Apollo-Raumfahrtprogramm benutzt wurde. Ausserdem lieferte Kern die Theodoliten, mit deren Hilfe die Saturn V-Rakete für den Start präzise positioniert wurde. Auch das genaue Zusammenführen der einzelnen Stufen der Rakete wurde mithilfe dieser Theodoliten abgestimmt.

Ebenfalls von einem Schweizer Unternehmen, dem Uhrenhersteller Omega in Biel, stammten die Armbanduhren, die jeglichen Stresstest bestanden und von den Astronauten am Handgelenk getragen wurden. Als Backup, falls andere Instrumente versagten.

Eine weitere Bieler Firma, RMB, lieferte die Kugellager für das tragbare Lebenserhaltungssystem, das die Astronauten als Rucksack auf dem Rücken trugen und das sie unter anderem mit Sauerstoff versorgte.

Auch Araldit, ein weiteres Schweizer Produkt, schaffte es auf den Mond. Im Hitzeschild der Landekapsel, der diese vor der entstehenden Hitze beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre schützte, dienten die Epoxidharze von Ciba in Basel als Bau- und Füllstoffe.

Diese spacige Schweizer Erfindung verwendest du bestimmt auch selbst: Klettverschlüsse waren und sind ein beliebtes Mittel, um Gegenstände in der Raumkapsel zu befestigen und sie vom Herumschweben abzuhalten. Der Klettverschluss wurde vom Schweizer Ingenieur Georges de Mestral erfunden. Die raumfahrttaugliche Version wurde in den USA produziert.

# Studien- und Berufswahl

Liebe Frau Sieber

**Das Weltall fasziniert mich, seit ich ganz klein bin. Mein Traumberuf ist Astronautin. Mit welchem Studium habe ich die grössten Chancen, dass dieser Wunsch in Erfüllung geht?**

(Leonie, 17)

Liebe Leonie

Wenn man rein vom Studium ausgeht, dann hast du für die Bewerbung als Astronautin ideale Voraussetzungen mit einem Studium in Physik, Chemie, Mathematik, Biologie, Medizin oder Ingenieurwissenschaften. Wichtig dabei ist, dass du das studierst, was am besten zu dir passt. Du solltest nämlich nicht nur gut, sondern sehr gut in deinem Fach sein.

Konkret gibt es an der ETH in Lausanne (EPFL) die Möglichkeit, einen Minor in Space Technology zu absolvieren und zwar im Rahmen eines Masterstudiums in Ingenieurwissenschaften oder Physik. Das gibt dir die Möglichkeit, dich bereits im Studium mit dem Weltall zu befassen. Die International Space University in Strassburg bietet zudem einen Master of Space Studies an und in Deutschland kannst du Luft- und Raumfahrttechnik studieren. Das Swiss Space Center bietet ab dem letzten Bachelorstudienjahr Summer Camps an. Diese geben dir ebenfalls einen guten Einblick.

## Infos & Links

Auf der Homepage der European Space Agency ESA <https://www.esa.int/ESA> erhältst du Informationen rund um Karrieremöglichkeiten bei der ESA.

Claude Nicollier, der einzige Schweizer Astronaut, unterrichtet an der EPFL <https://people.epfl.ch/claude.nicollier>. Vielleicht kannst du mit ihm in Kontakt treten?

Beschriebe der Studienrichtungen und Berufsfelder findest du unter [www.berufsberatung.ch](http://www.berufsberatung.ch)



Prisca Sieber, Berufs-, Studien- und Laufbahnberatung Graubünden

Die Erfüllung deines Traumberufes hängt aber nicht nur vom Studium ab. Englisch musst du perfekt beherrschen. Wenn du auch noch Chinesisch und/oder Russisch kannst, erhöhen sich deine Chancen. Und auch dein Körper spielt eine wichtige Rolle: Du solltest bei bester Gesundheit sein – sowohl psychisch als auch physisch. Trainiere frühzeitig, in heiklen Situationen einen ruhigen Kopf zu bewahren und achte gut auf deine Gesundheit.

Es ist gut, wenn du dir deinen Traumberuf als Ziel vor Augen hältst. Sei dir aber bewusst, dass es nur sehr wenige Astronauten braucht. Die European Space Agency (ESA) beschäftigt zurzeit um die 15 Astronauten. Es ist deshalb wichtig, dass für dich auch andere Berufe in Frage kommen, die du mit deinem Studium ausüben kannst. In der Schweiz gibt es verschiedene Institutionen und Hochschulen, die im Bereich Weltraum forschen. Dabei reichen die Themen von Kosmochemie und Astrophysik über Weltraumbiologie bis zu Softwareentwicklung für die Datenauswertung von Weltraumdaten. Auch wenn du dann keine Astronautin bist, kannst du dich trotzdem mit dem Weltall beschäftigen.

