

# TechnoScope

by satw 2/17

## Satelliten

Navigation | Vermessung | Beobachtung

Am 10. Februar 2009 gab es den ersten Crash von zwei Satelliten: Der aktive amerikanische Kommunikationssatellit «Iridium 33» kollidierte mit dem ausrangierten russischen Kommunikationssatelliten «Kosmos 2251». Beide waren mit rund 28 000 Stundenkilometern unterwegs. Seither umkreisen die Trümmer mit hoher Geschwindigkeit die Erde.

Im Kino können sie es schon lange, nicht aber in der Wirklichkeit: Aus dem Weltall Nummernschilder von Autos lesen. Das schaffen heute selbst militärische Spionagesatelliten mit einer Auflösung um 10 Zentimeter noch nicht.

Wenn die Nachbarn schon jubeln, bevor der Ball am eigenen Bildschirm ins Tor gegangen ist, dann haben sie Satellitenfernsehen. Der Satellit überträgt das TV-Signal schneller als das Kabel.

### Impressum

SATW TechnoScope 2/17 | Mai 2017  
[www.satw.ch/technoscope](http://www.satw.ch/technoscope)  
Konzept und Redaktion: Beatrice Huber  
Redaktionelle Mitarbeit: Christine D'Anna-Huber | Alexandra Rosakis  
Bilder: NASA (via Wikipedia) | NASA on The Commons (via Flickr) | ESA-P. Carril | NASA Landsat Image Gallery | JAXA/RapidEye AG | Fotolia | SATW  
Titelbild: Van Allen Probes – NASA on The Commons (via Flickr)

### Gratisabonnement und Nachbestellungen

SATW, Gerbergasse 5 | CH-8001 Zürich  
[technoscope@satw.ch](mailto:technoscope@satw.ch) | Tel +41 44 226 50 11  
TechnoScope 3/17 erscheint im September 2017 zum Thema «Bionik/Robotik».

**satw** it's all about  
technology

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

# Ständig im Umlauf – Satelliten

## Geostationary Earth Orbit (GEO)

Geostationärer Orbit in 35 786 km Höhe

«Piep, piep, piep» ... 1957 läutete dieses Zeichen den Beginn der Raumfahrtära ein. Sputnik 1 ging als erster künstlicher Erdsatellit in die Erdumlaufbahn (Orbit) und sendete sein Radiosignal in die ganze Welt.

Seit dieser erfolgreichen Mission der Sowjetunion werden regelmässig Satelliten ins All geschickt. Aktuell umkreisen gut 1400 aktive Satelliten unsere Erde.

### Warum von oben senden?

Verglichen mit Messinstrumenten auf dem Boden sammeln Satelliten viel schneller und viel mehr Daten, da sie grössere Gebiete der Erde gleichzeitig überblicken. Sie fliegen oberhalb von Wolken und Staub der Atmosphäre und haben deshalb auch eine bessere Sicht ins All hinaus. Und sie senden Signale, die sie von der Erde empfangen und die nur geradlinig verlaufen können, mit minimaler Verzögerung an einen anderen Ort auf der Erde weiter. Standard-Smartphones kommunizieren beim Telefonieren und bei der Verwendung von Internet übrigens nicht mit Satelliten.

### Wie weit oben ist oben?

Die Höhe der Umlaufbahn, auf der ein Satellit die Erde umkreist, hängt von seiner Aufgabe ab, genauer von der Sicht, die er auf die Erde haben muss.

Spionage- und Erdbeobachtungssatelliten brauchen ein klares Bild von der Erde und sind deshalb relativ nahe von der Erde im Umlauf, auf dem so genannten Low Earth Orbit.

Um weite Gebiete der Erde überschauen zu können, bewegen sich Satelliten von Navigationssystemen wie GPS, Galileo oder GLONASS auf einer mittleren Erdumlaufbahn, dem so genannten Medium Earth Orbit.

## Medium Earth Orbit (MEO)

Mittlere Erdumlaufbahn in 2000 bis 36 000 km Höhe

## Low Earth Orbit (LEO)

Niedrige Erdumlaufbahn in 200 bis 2000 km Höhe

Satelliten, die ständig über demselben Punkt der Erdoberfläche verharren sollen, nutzen den geostationären Orbit (Geostationary Earth Orbit) mit einer fixen Höhe und genau über dem Äquator. Dort folgen Wetter-Satelliten, Kommunikations-Satelliten und TV-Satelliten der Erddrehung und schweben aus Sicht der Erde immer über dem gleichen Punkt.

### Was braucht ein Satellit?

Satelliten sind je nach Einsatz unterschiedlich aufgebaut. Was aber alle gemeinsam haben, ist eine Energiequelle und eine Antenne. Energie, z.B. für Elektronik und Antriebssysteme, können Satelliten mittels Solarzellen von der Sonne und/oder aus Batterien beziehen. Die Antenne empfängt und sendet Informationen wie Fernsehsignale oder Daten zur Position des Satelliten. Häufig sind Kameras dabei, die hochauflösende Bilder liefern.

### Das steht hinter den Abkürzungen

**ESA:** European Space Agency (Europäische Weltraumorganisation)

**NASA:** National Aeronautics and Space Administration (US-amerikanische Weltraumbehörde)

**ISS:** International Space Station (Internationale Raumstation)



Modell von Sputnik 1, der vor 60 Jahren als erster künstlicher Satellit die Erde umkreiste.

## «Im Orbit gibt es mehr Schrottteilchen als aktive Satelliten»

Nicht nur Satelliten umkreisen die Erde, sondern auch sehr viel Schrott. Am Swiss Space Center der EPFL in Lausanne arbeitet man deswegen an einem «Putzsatelliten». Technoscope hat mit Claude Nicollier gesprochen, dem bislang ersten und einzigen Schweizer Astronauten und Ehrenprofessor an der EPFL.

### Warum ist eine «Weltraumkehrtabfuhr» überhaupt nötig?

Weil es dort oben sehr viel Schrott gibt: Reste von Raketenwerfern und Raketenstufen, ausrangierte Satelliten, Solarzellen... Alle diese Trümmer stellen eine grosse Kollisionsgefahr für neu lancierte Flugkörper dar. Es gibt im Orbit heute mehr Schrottteilchen als aktive Satelliten. Dagegen muss etwas unternommen werden. →

### Weltraumschrott

Über 600 000 Objekte mit einem Durchmesser von mehr als einem Zentimeter sollen es inzwischen sein: Der menschgemachte «Kehricht», der um die Erde kreist, stellt eine wachsende Gefahr für die Raumfahrt dar. Die ISS etwa muss immer wieder Ausweichmanöver fliegen. Gefährdet sind aber auch die etwa 1400 aktiven Satelliten, auf deren Dienste die Wissenschaft ebenso angewiesen ist wie viele Wirtschaftszweige. Sie zu ersetzen würde nach Schätzungen der ESA weit über 100 Milliarden Franken kosten.



### Was wird gegen den Schrott getan?

Jeder neue Flugkörper soll nicht länger als 25 Jahre im Orbit bleiben: Danach muss er seine Flugbahn verlassen und in der Erdatmosphäre verglühen. Ein anderer Ansatz, den die ESA und die NASA aktiv verfolgen, besteht darin, die grossen Trümmerteile gezielt zu entsorgen. Mit ihrem Clean-Space-One-Projekt, an dem sie nun seit fünf Jahren feilt, hat die EPFL in Lausanne gute Chancen, einen ersten Satelliten einzusetzen, an dem eine solche Technologie getestet werden kann.

### Wie gelingt es einem kleinen Land wie der Schweiz, in der Weltraumfahrt eine Rolle zu spielen?

Die Schweiz hat es geschafft, im Bereich der Raumfahrt eine ganze Reihe von Nischen zu besetzen. Zu einem ganz wesentlichen Teil lässt sich das auf ihre grosse Erfahrung in der Uhrentechnologie zurückführen: exakte und zuverlässige Uhren, hochpräzise Mechanismen und elektronische Systeme sind unsere Stärke. Die ESA anerkennt diese Schweizer Kompetenzen. Das führt dazu, dass wir bei ESA-Projekten zwar selten den Lead haben, aber an sehr vielen beteiligt sind. Die Schweiz ist eine Raumfahrtnation.



Lies das ausführliche Interview auf [www.satw.ch/technoscope](http://www.satw.ch/technoscope)

Unser Astronaut Claude Nicollier im Ausseneinsatz zur Reparatur des Hubble-Teleskops (11. Februar 2000, Mission STS-103).



## Navigation – Wo bin ich hier eigentlich?

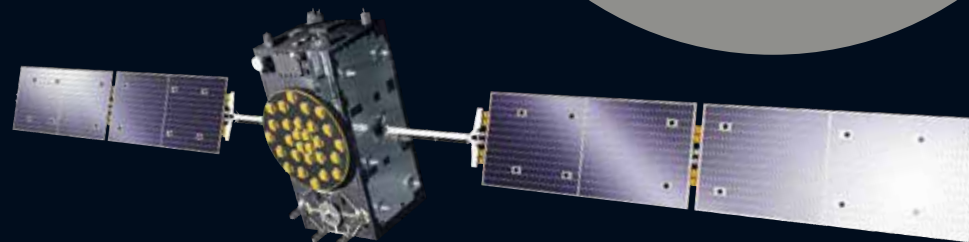
**Smartphone Apps von Google Earth bis Pokemon Go oder das simple Navi-Gerät im Auto – GPS ist aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken. Was verbirgt sich dahinter?**

Der Name sagt eigentlich schon alles: GPS bedeutet «Global Positioning System» und genau das tut das System. Mit ihm können wir die eigene Position überall – auch in den Bergen, in der Wüste oder auf dem Meer – präzise bestimmen. Dank GPS-Ortung bleiben Schiffe und Flugzeuge auf Kurs, lassen sich gestohlene Fahrzeuge wiederfinden und Lastwagenflotten managen.

### Genauigkeit von 10 Metern

GPS wurde in den 1970er-Jahren für das US-Militär entwickelt, später aber auch der Zivilbevölkerung kostenlos zugänglich gemacht – nach wie vor vermindert das amerikanische Verteidigungsministerium aber absichtlich die Genauigkeit der Positionsbestimmung mithilfe von Störsignalen. Immerhin bietet GPS seit Mai 2000 auch im zivilen Bereich eine Genauigkeit von etwa 10 Metern.

GPS gilt als Standard, ist aber nicht das einzige globale Navigationssatellitensystem. Russland betreibt mit Glonass bereits ein operatives System, China mit Beidou und Europa mit Galileo bauen ihre eigenen GPS-Konkurrenten auf, Indien und Japan tüfteln an regionalen Systemen.



### 24 Satelliten

Wer seine Position messen will, braucht Referenzpunkte. Beim GPS sind dies 24 Satelliten. Diese umkreisen die Erde in einer Höhe von 20 200 Kilome-

### Kleiner Exkurs in die Relativitätstheorien

Ohne Einstein und seine Relativitätstheorien würde uns GPS in die Irre führen. Gemäss der speziellen Relativitätstheorie wissen wir, dass die Lichtgeschwindigkeit unabhängig vom Beobachter in allen Bezugssystemen konstant ist. Nichts ist schneller als das Licht. Daraus folgt die so genannte relativistische Zeitdilatation, die besagt, dass eine ruhende Uhr schneller geht als eine bewegte Uhr. Die Satellitenuhr tickt also langsamer als die des GPS-Empfängers. Dazu kommt aber, dass gemäss Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie die Zeit desto langsamer vergeht, je grösser die Schwerkraft ist. Die Uhr im Satelliten, der weiter vom Gravitationsfeld der Erde entfernt ist, geht deshalb schneller als die Uhr auf der Erde. Die beiden relativistischen Abweichungen kompensieren sich also, aber nicht ganz: Zusammengenommen ergibt sich immer noch ein Fehler, der in der Berechnung der tatsächlichen Position berücksichtigt werden muss.

Alles unklar? Dann lass dir doch die Relativitätstheorien von deinem Physiklehrer oder deiner Physiklehrerin erklären.

### Schweizer Minisatellit

Er ist würfelförmig, wiegt nur 1 Kilogramm und weist eine Kantenlänge von gerade mal 10 Zentimetern auf – der komplett in der Schweiz gebaute Minisatellit CubETH wird auf einer Umlaufbahn von nur 400 Kilometern Höhe um die Erde fliegen und dabei fortwährend seine genaue Laufbahn, Position und Ausrichtung im Raum mit Metergenauigkeit bestimmen und zur Erde zurückmelden. Und weil er das mit Elektronikbauteilen ab der Stange tun wird, kostet seine Herstellung auch nicht alle Welt.



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

tern auf insgesamt sechs unterschiedlichen Orbits. Dank einer Geschwindigkeit von 3,9 km pro Sekunde schaffen sie es innerhalb von 12 Stunden einmal rundherum. Permanent übermitteln sie ihre genaue Uhrzeit. Dazu kommen Kontrollstationen auf der Erde, welche die Satellitenbahnen und die Borduhren überwachen und bei Bedarf korrigieren.

Die genaue Position eines GPS-Empfängers, also beispielsweise deines Smartphones, lässt sich dadurch bestimmen, dass seine Entfernung zu mehreren dieser Satelliten ermittelt wird. Dafür wird die exakte Zeitspanne gemessen, die Signale von verschiedenen Satelliten zu deinem GPS-Empfänger brauchen (Entfernung = Geschwindigkeit x Zeit). Ist die Entfernung zu drei Satelliten bekannt, lassen sich durch Triangulation die Positionskoordinaten ausrechnen. Mit den Signalen von vier oder mehr Satelliten kann auch die Höhe über Meer bestimmt werden.

# Unter Beobachtung – Wetter, Klima, Katastrophen



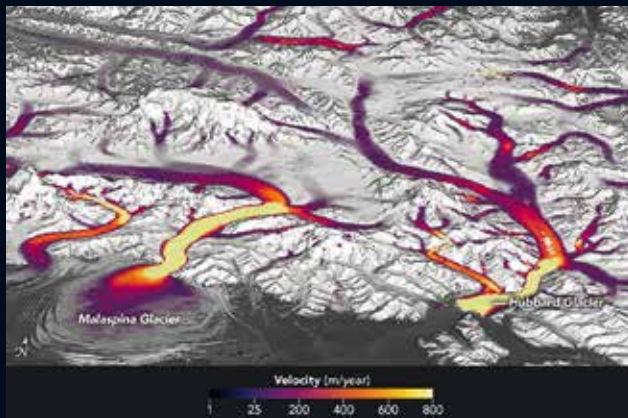
Ein Blick auf die Wetterapp und schon weiss man, ob es ein Wander- oder ein Game-Wochenende wird. Neben Bodenstationen liefern Erdbeobachtungssatelliten eine riesige Menge an Daten, die solche Vorhersagen ermöglichen. Besonders geostationäre Satelliten, die in Zeitintervallen von einigen Minuten Bilder vom selben Ausschnitt der Erde senden, erlauben die kontinuierliche Beobachtung von meteorologischen Veränderungen in der Atmosphäre. Auf den Bildern, die im sichtbaren und im Infrarotbereich aufgenommen werden, lassen sich Wolken, die Windrichtung und sogar die Bewegungen von Saharastaub oder Vulkanasche in der Luft erkennen.

Eine möglichst genaue Wettervorhersage ist nicht nur für den Alltag der meisten Menschen wichtig, die sich gemäss dem Motto «Es gibt kein schlechtes Wetter, sondern nur schlechte Kleidung» auf ihren nächsten Ausflug vorbereiten wollen. Insbesondere die Landwirtschaft und der Flug- und Schiffsverkehr sind auf Wetterdaten angewiesen, um den optimalen Erntezeitpunkt oder die optimale Reiseroute zu bestimmen.



Satellitenbilder können nicht nur über das aktuelle bzw. relativ kurzfristige Wetter Auskunft geben, sondern auch die Beobachtung des Klimas und der Klimaveränderungen über lange Zeitperioden unterstützen. Für jede noch so abgelegene Region der Erde lassen sich Daten zur Bodenfeuchtigkeit, zur Entwaldung, zum Salzgehalt der Meere, zur Eisdicke oder zur Höhe des Meeresspiegels sammeln.

MeteoSchweiz berechnet anhand von Daten, die sie vom europäischen «METEOSAT Second Generation»-Satelliten bezieht, die räumliche und zeitliche Schwankung der Sonneneinstrahlung unter Berücksichtigung des alpinen Geländes und der Reflektion des Schnees. Solche Daten werden herangezogen, um den besten Standort für Solaranlagen zu ermitteln (mehr zu erneuerbaren Energien kannst du im Technoscope 2/16 nachlesen). Bilder, die der NASA-Satellit Landsat 8 liefert, ermöglichen die Berechnung der Fliessgeschwindigkeit von Gletschern, was wiederum eine Annahme über die Auswirkung des Klimawandels auf die Gletscher ermöglicht.



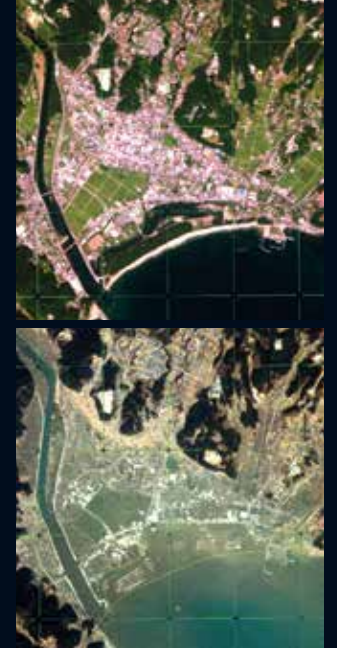
Fast 2000 Kubikkilometer Eis fliessen ins Südpolarmeer pro Jahr. Die gelb markierten Regionen fliessen am schnellsten.



Bilder, welche Satelliten vor und nach einer Natur-, aber auch vom Menschen verursachten Katastrophe aufnehmen, liefern wertvolle Informationen zu Ausmass und Lokalisierung der Schäden und erleichtern so die Planung des Hilfseinsatzes.

In der Raumfahrt sind internationale Kooperationen keine Seltenheit. So schlossen sich 1999 auch mehrere Raumfahrtagenturen zum Verbund «International Charter – Space and Major Disasters» zusammen. Der Auftrag des Verbunds ist, bei Katastrophen Satellitenbilder schnell und kostenlos zur Verfügung zu stellen.

Japanische Küstenstadt vor und nach einem Tsunami.



## Tip

Was fliegt da oben? Ausgehend von deinem Standort gibt dir die kostenlose Android-App «ISS Detektor» genau an, wann die ISS sowie andere Satelliten am Himmel erscheinen.

## Augen am Himmel

Satelliten sehen von oben, was unten vor sich geht. «Das Blindlandesystem, dank dessen Flugzeuge in Zürich auch bei schlechten Sichtverhältnissen oder in der Nacht landen können, beruht auf satellitengestützter Navigation», sagt Vladi Barossa von Skyguide, der Schweizer Luftsicherungsbehörde. Das gleiche «Low Flight Network», das den Piloten bei kritischen Sichtverhältnissen definierte Flugkorridore vorgibt, erlaubt es der Rega seit Kurzem trotz Schnee und Nebel Rettungseinsätze zu fliegen.

### Wer beobachtet was?

Mit hochauflösenden optischen oder Infrarotkameras ausgerüstet umkreisen Beobachtungssatelliten die Erde auf möglichst tiefen Umlaufbahnen. Eingesetzt werden sie für verschiedene Zwecke. So sammelt das Erdbeobachtungsprogramm der ESA

hauptsächlich Bilder und Daten zu Klima und Wetter (siehe nebenan), liefert aber auch Informationen zu Flüchtlingsströmen und Bilder von Kriegs- und Krisenregionen. Beobachtungssatelliten dienen zudem kommerziellen Zwecken. Google beispielsweise hat vor kurzem das Satellitenunternehmen Skybox Imaging gekauft und will mit dessen Hilfe nicht nur seine Online-Karten verbessern, sondern auch Dienstleistungen wie die Überwachung von Erntemaschinen in der Landwirtschaft, Containerschiffen auf dem Meer oder Beständen in Warenlagern anbieten. Militärische Satelliten schliesslich sind meist auf geheimer Mission unterwegs: Sie überwachen andere Nationen und spionieren dazu die Bewegungen feindlicher Armeen aus oder suchen nach Anzeichen, dass die andere Seite aufrüstet.



# TecNight in Wohlen



Neben einer Vielzahl an Referaten von Fachleuten aus Wissenschaft und Industrie gab es an der TecNight zum ersten Mal zwei Fragerunden moderiert durch Schülerinnen und Schülern.

Ort: Kantonsschule Wohlen, Hauptgebäude, Damen-WC. Zwei etwa 18-jährige Mädchen unterhalten sich begeistert: «Und? War es spannend?» «JA! Ich freue mich schon auf die nächsten drei Vorträge!» und verlassen das WC im Laufschrift. Die beiden Schülerinnen haben gerade den TecDay hinter sich und freuen sich auf die dreistündige TecNight. Beide Anlässe werden regelmässig von der SATW in Zusammenarbeit mit der jeweiligen Schule veranstaltet, um das Verständnis und Interesse für Technik und Naturwissenschaft in der Öffentlichkeit und insbesondere bei den Schülerinnen und Schülern zu fördern. Während sich die TecDay nur an letztere richtet und Teil des Unterrichts ist, können die TecNights von allen Interessierten besucht werden.

## Technik à discretion

Heute Abend ist das Programm wie immer umfangreich und vielfältig: Von Nanomedizin über Handstrahlung bis zum Brückenbau werden Themen behandelt, die jede und jeden, ob technikaffin oder nicht, im Alltag betreffen und deshalb auf grosses Interesse stossen. So gleicht die Kantonsschule Wohlen an dem Abend ei-

nem summenden Bienenhaus, in dem erst Ruhe einkehrt, wenn die Vorträge beginnen.

## Eine gelungene Premiere

Neben der grossen Anzahl an Referaten, die von Fachleuten aus Wissenschaft und Industrie gehalten werden, finden zum ersten Mal zwei Frageunden statt, die von Schülerinnen und Schülern moderiert werden. Zwei von der Biologie begeisterte Schülerinnen, Noemi Bodmer und Pernille Meier von der Klasse G4A, befragen Dr. Georg Schächli, Geschäftsleiter des aha! Allergiezentrum Schweiz zum Thema «Zukunftskrankheit Allergie». Den Fragen von Christoph Biegel und Nicolas Pfäffli von der Klasse G4D bzw. G4F, die beide Biologie, Chemie und Physik als Lieblingsfächer angeben, stellt sich der Physiker Dr. Fritz Gassmann, seinerseits Leiter des Schülerlabors am PSI. Für das Thema «Schwarze Löcher und Gravitationswellen» haben sich die beiden Schüler entschieden, weil es im Schulunterricht nicht behandelt wurde und sie die Gelegenheit ergreifen wollten, nun mehr darüber zu erfahren.

Die Mediothek, in der diese zwei «Science Talks» stattfinden, ist bis auf die Treppenstufen und die Empore voll besetzt. Trotz der vorgerück-

ten Stunde folgen die Schülerinnen und Schüler mit Interesse den Ausführungen der Fachleute – nur wenige lassen sich von ihren Smartphones ablenken. Kein Wunder, denn Dr. Schächli und Dr. Gassmann beantworten jede Frage mit Elan und man spürt ihr Bedürfnis, mit dem Publikum ihr Wissen und ihre Erfahrung zu teilen. Nicolas hat dieses Interview mit Dr. Fritz Gassmann grossen Spass bereitet, und er schätzt «die tollen Einblicke in Anwendungsbereiche der Naturwissenschaften und das breite Spektrum an unterschiedlichen Themen», das an der TecNight geboten wurde. Für Christoph war «die Möglichkeit ein Interview zu führen auch ein Pluspunkt, da man so Fragen auf Antworten erhalten konnte, die man sonst nicht findet.»

Auch wenn nach dieser TecNight nicht alle Schülerinnen und Schüler eine naturwissenschaftlich-technische Ausbildung anstreben werden, das Verständnis oder sogar die Begeisterung für Naturwissenschaften und Technik sollte bei vielen geweckt worden sein.



Noch mehr Antworten von Nicolas Pfäffli und Christoph Biegel unter [www.satw.ch/technoscope](http://www.satw.ch/technoscope)

## «Satelliten» erleben

### Verkehrshaus

Der Weltraum - unendliche Weiten. Erlebe mehr zu Luft- und Raumfahrt und komme einem Satelliten ganz nahe. Vom 13. bis 15. Oktober sind zudem die Air & Space Days.

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

## Noch mehr erleben

### SimplyScience

Interessierst du dich für Technik und Naturwissenschaften? Dann besuche die Website SimplyScience. Dort findest du auch Inspiration für deine Berufs- oder Studienwahl.

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

### Schweizer Jugend forscht

Mach mit beim nationalen Wettbewerb oder besuche eine der zahlreichen Wissenschaftswochen.

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

### Science Guide App

Finde aus hunderten von Angeboten in Naturwissenschaften und Technik dein Lieblingsangebot in deiner Nähe. Erhältlich bei **google play** oder **app store**

### Informatiktage Zürich

Am 16. und 17. Juni öffnen IT-Firmen und Organisationen ihre Türen. Gehe hin und entdecke Technologien, Berufsbilder und Alltags-Anwendungen.

[informatiktage.ch](http://informatiktage.ch)

# Studien- und Berufswahl



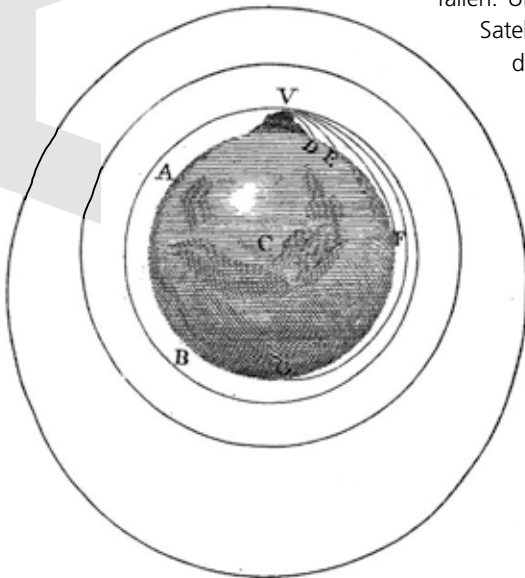
Graziella Dal Maso, Berufs-, Studien- und Laufbahnberatung St.Gallen

## Warum fällt ein Satellit nicht vom Himmel?

«Der Trick des Fliegens besteht darin, dass man lernt, wie man sich auf den Boden schmeisst, aber daneben.» Dieses Zitat von Douglas Adams aus «Per Anhalter durch die Galaxis» bedeutet auf die Satelliten angewandt, dass sich diese ständig im freien Fall befinden – doch immer fallen sie an der Erde vorbei!

Die Erklärung für dieses Phänomen hat bereits Isaac Newton geliefert: Wird eine Kanonenkugel parallel zum Boden abgeschossen, wird sie aufgrund der Schwerkraft bald auf die Erde zurückfallen. Das ist allen bekannt, die schon einen Ball oder einen Stein geworfen haben. Bei einer höheren Abschussgeschwindigkeit wird die Kugel etwas weiter kommen. Den Weg, den die Kugel dabei zurücklegt, kann man als eine Kurve zeichnen, bei der die Kugel dem Erdboden immer näher kommt, bis sie schliesslich darauf aufprallt. Die Erde aber ist nicht flach, sondern rund, d. h. der Boden biegt sich quasi von uns weg. Bei einer bestimmten Geschwindigkeit kommt die Kanonenkugel daher so weit, dass der Boden sich unter ihr bereits weggebogen hat und ein Aufprallen nicht mehr möglich ist. Der Weg, den diese Kugel zurücklegt, entspricht der Krümmung der Erde. Die Kugel bzw. der Satellit ist nun im Orbit!

Und bleibt er dort für immer? Ein erdnaheer Satellit wird von Gasmolekülen der Restatmosphäre in seiner Umlaufbahn abgebremst und sinkt allmählich ab, bis er in der Atmosphäre verglüht oder Teile davon auf die Erde zurückfallen. Um das zu verhindern, muss der Satellit mithilfe eines Triebwerks auf die ursprüngliche Geschwindigkeit beschleunigt werden.



## Liebe Frau Dal Maso

**Ich bin begeistert von Satellitenbildern – was sie alles zeigen können! Was könnte ich studieren, um mit Satelliten zu tun zu haben?** (Gianna, 17)

Liebe Gianna

Satelliten sind für viele Studienrichtungen nützliche Instrumente. Fächer wie Geografie, Physik oder Astronomie stützen sich auf ihre Daten und Bilder, aber auch die Umwelt- und Klimawissenschaften, die Meteorologie und die Geomatik. Ebenso die Kommunikations- und Navigationstechnik – Fachgebiete der Elektrotechnik und Informationstechnologie.

Als Nutzerin befasst du dich vor allem mit der Auswertung und Interpretation des Daten- und Bildmaterials – für die spezifischen Fragestellungen in deinem Fach, beispielsweise zur Beobachtung der Gletscherschmelze. In den technischen Richtungen stehen neben Nutzungsfragen die Methoden der Datengewinnung oder die Weiterentwicklung der Satellitentechnologie im Vordergrund.

Ein Beispiel: Die Siedlungs-, Infrastruktur- und Verkehrsplanung in der Geomatik – klar, dass dafür die Dienste der Satelliten unabdingbar sind. Du kannst dich hier unter anderem in Satellitennavigationssysteme oder die satelliten-

gestützte Erdbeobachtung vertiefen. Die Geomatik ist mit ihren Fragen auch beteiligt an der Entwicklung von Satelliten.

Wenn dich die Konstruktion eines Satelliten, seine Energieversorgung oder die Signaltechnik besonders interessieren, stehen Maschinenbau, Mikrotechnik oder Elektro- und Informationstechnologie im Vordergrund.

Du siehst, Satellitentechnik bedeutet Zusammenarbeit. Forschungsteams sind oft international und interdisziplinär zusammengesetzt. So haben Forschende der ETH Zürich für den Satelliten «LISA Pathfinder» der ESA das Mess- und Steuerungssystem entwickelt, die Universität Zürich lieferte die astrophysikalischen Grundlagen.

Während du Fächer wie Geografie oder Physik an den UNI/ETHs studierst, sind Elektrotechnik oder Geomatik an den ETH oder an Fachhochschulen studierbar. Am besten schaust du dir bei der weiteren Infobeschaffung auch die Vertiefungen im Masterstudium an.

## Infos & Links

Auf [www.berufsberatung.ch](http://www.berufsberatung.ch) findest du nicht nur Beschreibungen zu allen Studiengängen in der Schweiz, sondern auch Beispiele von Berufslaufbahnen nach einem Studium.

**Departements- und Institutsseiten der Hochschulen:** Dort findest du detaillierte Informationen zu den Vertiefungen.

Informationen zum Beispielprojekt «LISA Pathfinder» gibst's auf <http://sci.esa.int/lisa-pathfinder/>