

Wem gehört der Weltraum?



Inhalt

- 3 Wem gehört der Weltraum?**
- 4 Der Weltraum – was ist das? Das Universum begreifen**
- 6 Wichtige „Himmelforscher“
- 8 Kometen, Meteoriten und Katastrophen
- 9 Mensch und Weltraum – Geschichte der Raumfahrt**
- 11 AstronautIn – ein ungewöhnlicher Beruf
- 12 Kleine Einführung ins „Weltraumrecht“
- 13 Weltraumforschung in Österreich**
- 15 Europäische Weltraumpolitik – der europäische Griff nach den Sternen
- 16 Satelliten und Sonden – erforschen, übermitteln und überwachen**
- 18 Weltraummüll
- 19 Zukunft der Raumfahrt**
- 21 Weltraumtourismus
- 22 Science Fiction – Die Zukunft hat schon begonnen
- 24 Impressum**

Wem gehört der Weltraum?

Weltraumpolitik klingt vielleicht nach Science Fiction, ist inzwischen aber ein wichtiges Thema in der Raumfahrt geworden. Wer darf den Weltraum nutzen? Und wofür?

Städte, Bundesländer, Staaten – die Erde ist in viele politische Einheiten unterteilt und hat klare Strukturen. Doch wie sieht das im Weltraum aus? Eigentlich gilt der Kosmos seit dem Weltraumvertrag von 1967 als „hoheitsfreier Raum“, also als ein Ort, der von niemandem besessen oder regiert wird. Aber ist das All wirklich für alle da oder gibt es auch hier verschiedene Nationalitäten und Grenzen? Wer ist für Satelliten verantwortlich und wer entsorgt alten Weltraummüll? Je besser unsere Raumfahrttechnologien entwickelt werden und je weiter wir in den Kosmos vordringen, umso wichtiger werden diese Fragen.



(c) The Hubble Heritage Team, (STScI/AURA), ESA, NASA

Der Weltraum – was ist das?

Das Universum begreifen

Der Weltraum – unendliche Weiten

Als „Weltraum“ bezeichnet man den Bereich im Universum, der zwischen den Planeten, Sternen und Galaxien liegt. Er ist fast vollkommen leer, nur winzige Staubpartikel und sehr dünn verteiltes Gas sind hier zu finden. Außerdem ist er von physikalischen Feldern, z.B. Gravitationsfeldern (Schwerkraftfelder), und Strahlung, wie Röntgen- oder UV-Strahlung, durchsetzt. In dieser Leere kann sich kein Schall ausbreiten, also sind Geräusche im Weltraum nicht hörbar. Auch Licht wird in diesem fast leeren Raum nicht gestreut, deswegen sieht der Weltraum auf Fotografien oder am Nachthimmel intensiv schwarz aus.

Alte Ansichten über das Universum ...

Schon lange, bevor es möglich war, mit großen Fernrohren oder durch Raumfahrt den Weltraum zu erforschen, beschäftigten sich die Menschen mit der Frage, was sich außerhalb der Erde befindet. Bereits vor tausenden von Jahren wurden Sterne zu Sternbildern zusammengefasst, die Stellung der Planeten aufgezeichnet und der regelmäßige Lauf von Sonne und Mond beobachtet. Es entstanden viele Mythen, die die Bewegung und Entstehung der Himmelskörper durch Gottheiten erklärten. Im antiken Griechenland setzte sich bald das geozentrische Weltbild (griech. Ge = Erde) durch. Es stellte die Erde in den Mittelpunkt des Universums und Sonne, Mond, Sterne und Wandelsterne (=Planeten) umkreisen die Erde. Erst zu Beginn der Neuzeit konnte sich in Europa das heliozentrische Weltbild (griech. Helios = Sonne) durchsetzen. In diesem stand nicht mehr die Erde, sondern die Sonne im Mittelpunkt des Universums.

... und neue Erkenntnisse!

Heute weiß man, dass auch die Sonne (= „unsere“ Sonne) nicht der Mittelpunkt des Weltalls ist, sondern nur eine Sonne, ein Stern unter vielen. Wir auf der Erde sind ein Staubkorn in der Wüste des Universums. Wie haben wir uns das vorzustellen?

Die Sonne und ihre Kinder

Unsere Sonne ist ziemlich mittelmäßig unter all den Sonnen, die es gibt. Nach heutiger Zählung umkreisen sie acht Planeten (Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun) sowie Zwergplaneten (z.B. Pluto) und Kleinkörper (Asteroiden, Kometen Meteoroiden). Um viele der größeren Himmelskörper kreisen kleinere – die Monde. Die nächste Sonne – wir nennen ferne Sonnen Sterne – ist weit entfernt, über vier Lichtjahre. Das heißt, das Licht braucht über 4 Jahre von dieser Sonne bis zu uns.

Unsere galaktische Adresse: Milchstraße, Orionarm

Die Heimat unserer Sonne ist die Milchstraße, eine Galaxie. Das ist eine riesige Ansammlung von Sonnen, eine gigantische Spirale aus 100–300 Milliarden Sternen. Sie hat einen Durchmesser von rund 120.000 Lichtjahren.

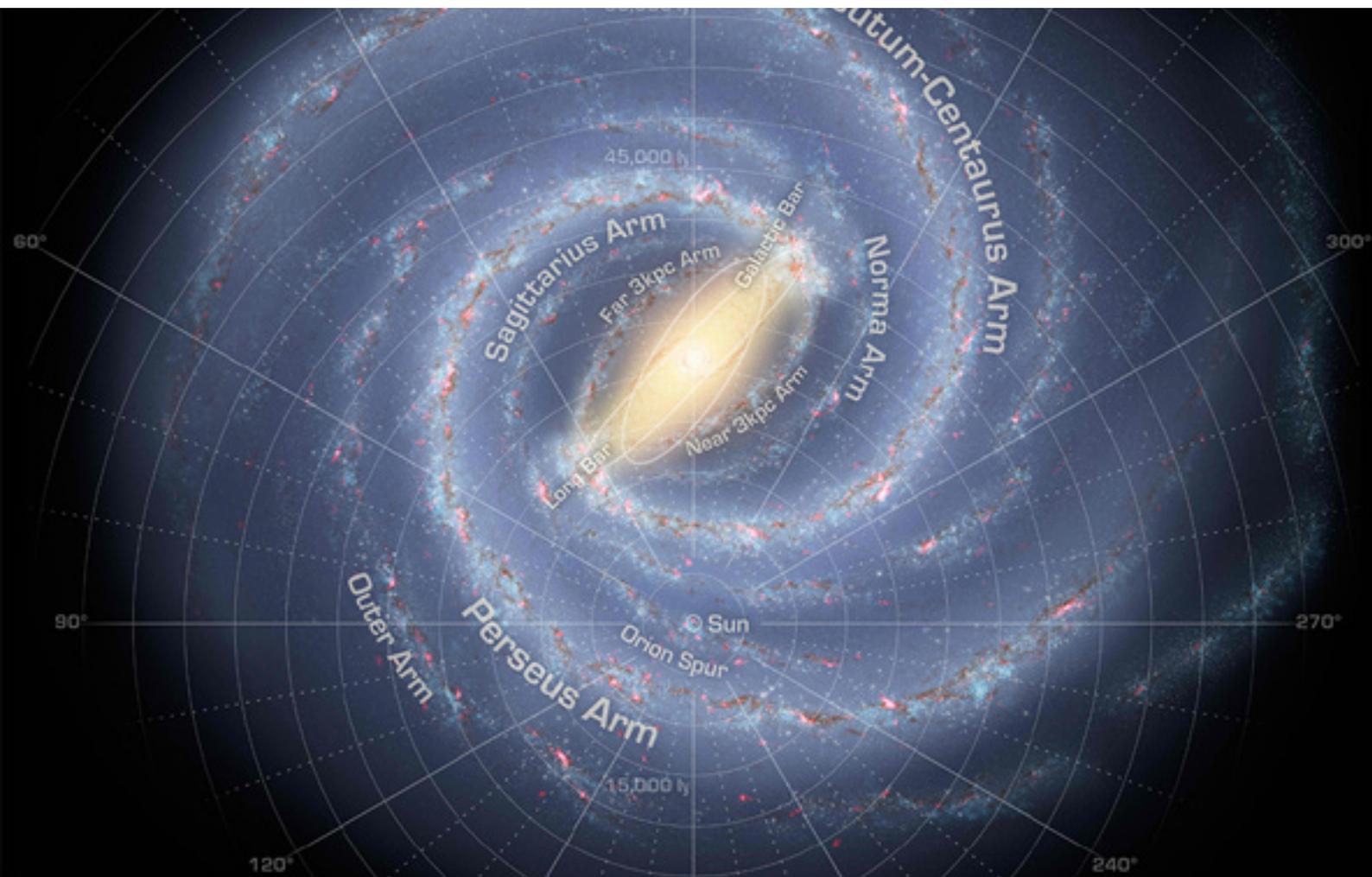
Wir sind nicht alleine...

Auch unsere Galaxie, die Milchstraße, ist nicht alleine. Heute sind ungefähr 100 Milliarden Galaxien bekannt, doch das scheinen bei weitem noch nicht alle zu sein. Sie entfernen sich alle voneinander, das hängt wahrscheinlich mit dem Ursprung des Universums zusammen.

Wie entstand das Universum?

Die heute anerkannteste Theorie zur Entstehung des Universums ist das Standard-Urknallmodell: Vor etwa 14 Milliarden Jahren war alle Materie an einem Punkt versammelt, „explodierte“ dann und raste fast lichtschnell in alle Richtungen davon. Diese Geschwindigkeit verlangsamte sich im Laufe der Zeit und während dieser Reise entstanden Galaxien, Sonnen und Planeten. Auch heute dehnt sich das Universum noch aus.

Ein Lichtjahr (Lj) ist der Weg, den das Licht in einem Jahr zurücklegt. Und das Licht ist wirklich sehr, sehr schnell. Es bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von fast 300.000 Kilometern pro Sekunde. Das heißt, dass das Licht in einer Sekunde über sieben Mal um die Erde fliegen könnte. Von der Sonne bis zur Erde benötigt das Licht ca. 8 Minuten. Der nächste Stern (Sonne) heißt „Proxima Centauri“ und ist 4,25 Lichtjahre entfernt. Er ist aber nur von der südlichen Halbkugel der Erde aus zu sehen. Im Sommer kann man bei uns den bekannten Stern „Sirius“ sehen, er ist acht Lichtjahre entfernt, und der Durchmesser unserer Galaxie (Milchstraße) beträgt rund 120.000 Lichtjahre.



Wichtige „Himmelforscher“

Unter Astronomie versteht man die Wissenschaft von den Gestirnen

Es gab und gibt Menschen, die durch ihre Ideen und Forschungen die Wissenschaft der Astronomie prägten und vorantrieben. Früher konnte das Weltall nur von der Erde aus beobachtet werden, mit Fernrohren, Teleskopen oder einfach mit den Augen. Seit dem Beginn der Raumfahrt in den 1950er Jahren haben wir zusätzlich Satelliten, Sonden und bemannte Flugobjekte zur Verfügung, um das Universum zu erkunden. Viele theoretische Annahmen konnten dadurch bestätigt und erweitert werden.

Für die Entwicklung der heutigen Astronomie waren folgende Himmelforscher besonders wichtig:

Aristarchos von Samos (310 – 230 v. Chr., Griechenland) schuf als erster ein Weltbild mit der Sonne als zentralem Gestirn (heliozentrisches Weltbild), fand aber nur beim Naturforscher Seleukos von Seleukia Zustimmung – die Idee geriet in Vergessenheit.

Ptolemäus (Ptolemaios) von Alexandria (ca. 100–160 n. Chr., Ägypten) entwickelte das geozentrische Weltbild (auch ptolemäisches Weltbild) mit der Erde als Zentrum des Universums.

Nikolaus Kopernikus, Niklas Koppernigk (1473–1543, Deutschland) entdeckte durch Mondbeobachtungen die Fehlerhaftigkeit des geozentrischen Weltbilds und stellte 1543 das heliozentrische Modell vor.

Giordano Bruno (1548–1600, Italien) war Verfechter des heliozentrischen Weltbilds, er geht von der Unendlichkeit des Weltalls mit unendlich vielen Sonnen, Planeten und auch Lebewesen aus. Diese Meinung war gegen die damalige Ansicht der katholischen Kirche gerichtet, die Mensch und Erde im Zentrum sah. Er wurde für seine Ideen verurteilt und auf dem Scheiterhaufen verbrannt.

Johannes Kepler (1571–1630, Deutschland) erkannte in den Bewegungen der Planeten Gesetzmäßigkeiten und festigte damit das heliozentrische Weltbild. Die von ihm entwickelten Keplerschen Gesetze sind Grundsteine der Astronomie.

Galileo Galilei (1564–1642, Italien) entdeckte, indem er ein Fernrohr zur Himmelsbeobachtung benutzte, unter anderem die vier hellsten Jupitermonde sowie Einzelheiten auf der Mondoberfläche. Er vertrat das von der katholischen Kirche als Ketzerei verbotene heliozentrische Weltbild, wurde gefoltert und entging dem Tod, indem er seinen Theorien abschwor. Beim Verlassen des Gerichts soll er jedoch den berühmten Satz „...und sie (die Erde) bewegt sich doch...“ gemurmelt haben.

Isaac Newton (1643–1727, England) konnte durch das von ihm erstellte Gravitationsgesetz (Gravitation = Schwerkraft) die Bewegungen der Planeten erstmals schlüssig erklären.

Henry Norris Russell (1877–1957, USA) stellte einen Zusammenhang von Farbe, Größe und Zustand eines Sterns im berühmten „Herzsprung-Russel Diagramm“ dar. Er konnte damit Entwicklungsreihen von Sonnen, sozusagen von der Jugend bis zum Alter, belegen.

Albert Einstein (1879–1955, Deutschland, USA) veröffentlichte mit seiner „Allgemeinen Relativitätstheorie“ revolutionäre und grundlegende Überlegungen zum „Funktionieren“ des Universums.

Edwin Powell Hubble (1889–1953) maß die Entfernung zu anderen Galaxien und stellte fest, dass sie sich alle voneinander entfernen.

Georges Edouard Lemaître (1894–1966, Belgien) stellte die Idee auf, dass sich das Universum aus einem „Uratom“ (auch „kosmisches Ei“) entwickelt habe und gilt als Begründer der Urknall-Theorie.

Hans Albrecht Bethe (1906–2005, Deutschland, USA) und **Carl Friedrich von Weizsäcker** (1912–2007, Deutschland) konnten die Energie (Licht, Wärme etc.) der Sterne durch Kernreaktion im Inneren dieser Sonnen erklären.



Die Nebra Himmelscheibe cc Dbachmann

Kometen, Meteoriten und Katastrophen

Neben den Planeten und Zwergplaneten gibt es in unserem Sonnensystem auch astronomische Kleinkörper, die um die Sonne kreisen und nicht kugelförmig sind. Hier kann man je nach Größe und Zusammensetzung zwischen Asteroiden, Kometen und Meteoroiden unterscheiden. Kometen sind am Nachthimmel gut erkennbar, da sie einen leuchtenden Schweif haben.

Das Geheimnis der Sternschnuppen

Hast du dich schon einmal gefragt, was Sternschnuppen eigentlich sind? Sie entstehen durch astronomische Kleinkörper (Meteoroiden, ca. 1 mm Durchmesser), die in die Erdatmosphäre eindringen und dort verglühen. Die Leuchterscheinungen, die beim Verglühen entstehen, heißen wissenschaftlich Meteore, in der Umgangssprache Sternschnuppen. Die meisten Körper, die von der Erde angezogen werden, verglühen bereits in der Atmosphäre und gelangen nicht bis zur Erdoberfläche.

Gestein aus dem All

Von den wenigen astronomischen Kleinkörpern, die die Erdoberfläche erreichen, schlagen die meisten als kleine Meteoriten unbemerkt im Meer oder in unbesiedelten Gebieten ein. Selbst in besiedelten Gebieten richten sie aufgrund ihrer geringen Größe nur wenig Schaden an. Da sie aus den ältesten Materialien unseres Sonnensystems bestehen, sind sie wichtige Studienobjekte zur Erforschung der Geschichte des Sonnensystems.

Katastrophen von oben

Treffen größere Asteroiden auf die Erdoberfläche, erzeugen sie je nach Geschwindigkeit und Größe einen Einschlagkrater, verbunden mit einer gewaltigen Explosion. Einschläge von Asteroiden mit einem Durchmesser von mehr als 500 m können (weltweite) Naturkatastrophen auslösen. ESA, NASA und andere Weltraumorganisationen beobachten daher die Bahnen erdnaheer astronomischer Kleinkörper genau, um bevorstehende Kollisionen zu berechnen, vorzuwarnen oder sogar Maßnahmen zu ergreifen. In der Erdgeschichte finden sich mehrere Beweise für Katastrophen, die von Kleinkörpern verursacht wurden. Das Aussterben vieler Tierarten v.a. der Dinosaurier vor 65,5 Millionen Jahren wird durch den Einschlag eines oder mehrerer großer Meteoriten im Meer vor der Halbinsel Yucatan erklärt. Beim Aufprall wurden Staubpartikel und Wasser in die Atmosphäre geschleudert und verdunkelten für mehrere Jahre die Erde. Der Einschlag eines Asteroiden im Nördlinger Ries in Süddeutschland vor etwa 15 Millionen Jahren verwüstete weite Teile Mitteleuropas und hinterließ einen Krater von beinahe 25 km Durchmesser, der bis heute sichtbar ist. Der Barringer-Krater in Arizona, USA, ist mit einer Entstehung vor 50.000 Jahren ein „geologisch junger“ Krater und daher noch gut erhalten. Er weist einen Durchmesser von 1200 m und 180 m Tiefe auf.

Geringe Bedrohung durch Himmelskörper auf der Erde

Rein statistisch ist der Einschlag solch großer Meteoriten nur alle 500.000 Jahre bis 10 Millionen Jahre zu erwarten. Ein so großer Brocken wie der, der zum Aussterben der Dinosaurier führte, kommt nur einmal in rund 100 Millionen Jahren vor.

Mensch und Weltraum – Geschichte der Raumfahrt

Raumstationen sind als selbstständige Forschungslabore mit angeschlossener Unterkunft für die Mannschaft (zum Wohnen, Freizeit etc.) speziell für Arbeit und Leben in Schwerelosigkeit eingerichtet. Sie bestehen generell aus einem Versuchslabor, einem Beobachtungsteil (Kameras, Teleskope etc.), dem Mannschaftsbereich, Lagerbereich, Andockteil (für Raumfahrzeuge), sowie den technischen Bereichen wie Antrieb zur Steuerung und Sonnensegel zur Energiegewinnung.

Die Raketentechnik – ihre Anfänge

Der Traum der Reise zu den Sternen ist uralte, doch die Suche nach technischen Lösungen begann erst vor rund 100 Jahren. Das Prinzip der Raketentechnik war schon im Kaiserreich China bekannt und erreichte Europa zu Beginn der Neuzeit. Bis zum 20. Jahrhundert wurden Raketen zumeist als Waffen verwendet und erst ab 1900 für wissenschaftliche Zwecke interessant.

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts befasste sich die Wissenschaft mit der Entwicklung einer Raketenform, die leistungsstark genug sein sollte, um die Erdatmosphäre verlassen und in den Kosmos reisen zu können.

Zweiter Weltkrieg – militärische Interessen

Während des Zweiten Weltkriegs wurden Raketen wieder für militärische Zwecke interessant. Werner von Braun (1912–1977) arbeitete ab 1933 im nationalsozialistischen Deutschland intensiv an der Entwicklung einer Raketenwaffe. 1942 startete er erfolgreich die A4, die später als V2 („Vergeltungswaffe 2“) bekannt und als Kriegswaffe eingesetzt wurde. Sie erreichte bei den Flugversuchen eine Höhe von 184 km und war damit das erste von Menschen geschaffene Objekt im Weltraum. Nach dem Ende des Zweiten Weltkriegs 1945 arbeitete er für die US-Army und infolge für die NASA.

Der Kalte Krieg – „Wettlauf zum Mond“

Während des so genannten „Kalten Krieges“ (LINK LEXIKON) von 1947 bis 1989 gab es ein militärisches Wettrüsten zwischen den USA und der Sowjetunion (UdSSR). Die Raumfahrttechnologien wurden auf beiden Seiten ausgebaut, um den Weltraum mit Waffen und Überwachungssystemen strategisch für sich nutzen zu können.

Bei der Eroberung des Weltraums entwickelte sich hierbei ein richtiger „Wettlauf zum Mond“ zwischen den beiden Staatsmächten:

- 1957 startete die UdSSR erfolgreich den ersten Satelliten Sputnik 1 und löste damit einen „Sputnik-Schock“ in der westlichen Welt aus: Die UdSSR war nun in der Lage, jedes Land der Erde mit einer Interkontinentalrakete zu erreichen.
- 1957 wurde das erste Lebewesen, die Hündin Laika, von der UdSSR in die Erdumlaufbahn befördert.
- 1958 wurde die NASA als staatliche Weltraumorganisation der USA gegründet
- 1959 gelangte die sowjetische Sonde Lunik 2 als erstes Objekt aus Menschenhand auf den Mond.
- 1961 umrundete Juri Gagarin als erster Mensch im Weltraum die Erde.
- 1969 betrat der US-Amerikaner Neil Armstrong als erster Mensch den Mond im Zuge der Mission „Apollo 11“.
- 1971 startete die UdSSR die erste Raumstation Saljut, um dauerhaft Menschen im All zu stationieren.
- 1971 landet die sowjetische Sonde Mars 3 als erstes Raumfahrzeug auf dem Mars.
- 1981 startete die USA das Space-Shuttle-Programm. Space-Shuttles wurden bis 2011 als wiederverwendbare Transportsysteme zwischen Erde und Weltraum eingesetzt.

Friedliche Tendenzen zur Nutzung des Weltraums

Bereits 1951 wurde die Internationale Astronautische Föderation (IAF) als Nichtregierungsorganisation von Eugen Sänger gegründet. Das Wettrüsten im Kalten Krieg machte deutlich, dass von der Weiterentwicklung der Raumfahrt eine militärische Gefahr ausging, die man verhindern wollte. So kam es 1967 zum Abschluss des Weltraumvertrags (interner LINK zu Weltraumrecht), der eine friedliche Nutzung des Weltraums sicherstellen sollte. Mit dem Ende des Kalten Krieges und der Auflösung der Sowjetunion zeichnete sich ab 1989 auch eine Entmilitarisierung der beiden Supermächte USA und Russland ab. Die russische Raumstation Mir (russ. Frieden) widmete sich wissenschaftlichen Experimenten und war ab 1989 auch für AstronautInnen anderer Nationen geöffnet. Seit 1998 ist die Raumstation ISS (International Space Station) in Betrieb, als gemeinsames Projekt von NASA, ESA und den Raumfahrtagenturen Russlands, Kanadas und Japans. Auch die ISS ist nur für wissenschaftliche Zwecke gedacht. Seit 2003 ist auch die Volksrepublik China mit dem Start des Raumschiffs Shenzhou 5 aktiv an der bemannten Raumfahrt beteiligt. Die erste chinesische Raumstation Tiangong 1 (chin. Himmlischer Palast 1) wurde 2011 in die Erdumlaufbahn gebracht. Zur Zeit der Unterzeichnung des Weltraumvertrags 1967 waren es die USA und die UdSSR, die Raumfahrt betrieben. Heute sind elf Staaten sowie die ESA, aber auch einige Privatunternehmen und Einzelpersonen aktiv in der Raumfahrt tätig.

Technik aus dem All: Viele Dinge, die ursprünglich für die Arbeit und das Leben der RaumfahrerInnen in der Schwerelosigkeit entwickelt wurden, sind heute für uns im täglichen Leben bereits selbstverständlich geworden: Akku-Bohrer/Akku-Schrauber, Handstaubsauger, Mikrowellen-Herd, Teflonbeschichtung von Pfannen, Wegwerfwindeln, Klettverschluss, Infrarot-Ohr-Fieberthermometer, Heizlüfter, und natürlich: die Moonboots

AstronautIn – ein ungewöhnlicher Beruf

Menschen, die sich auf Forschungsreise ins Weltall begeben, nennt man „AstronautInnen“ (lat. SternfahrerIn). Man kann auch „KosmonautInnen“ oder „RaumfahrerInnen“ zu ihnen sagen. Die meisten von ihnen haben zuerst an einer Universität Technik, Physik oder Medizin studiert und zusätzlich eine Pilotenausbildung gemacht. Danach haben sie eine AstronautInnenausbildung bei einer Weltraumorganisation, wie z.B. NASA oder ESA, absolviert. Sie müssen nicht nur umfassendes Fachwissen über die Raumfahrt haben, sondern auch körperlich sehr belastbar sein und fließend Englisch und Russisch sprechen, um sich mit ihren Kollegen unterhalten zu können.

Arbeitsplatz: Weltraum

Auf einer Mission in den Kosmos arbeiten und leben sie oft monatelang zusammen in einem Raumschiff und verlassen es nur für kurze Expeditionen. Manchmal müssen sie auch einen kaputten Satelliten reparieren oder Schäden am eigenen Raumschiff ausbessern. Wenn sie für längere Zeit im Weltraum bleiben wollen, können sie zu einer so genannten Raumstation fliegen und von dort aus das Universum beobachten. Einige AstronautInnen sind sogar schon auf dem Mond gelandet und haben Mondgestein zur Untersuchung auf die Erde mitgenommen.

Da die Erdanziehung im Weltraum nicht mehr wirkt, bewegen sich AstronautInnen hier in der Schwerelosigkeit, also in der Schwebelage. Selbst Gegenstände haften hier nicht, wie auf der Erde, am Boden fest, sondern bewegen sich frei durch den Raum. Für diese Arbeit in der Schwerelosigkeit müssen AstronautInnen im All täglich mehrere Stunden trainieren, um ihren Körper an die Schwebelage zu gewöhnen und weiterhin fit zu bleiben. Selbst im Schlaf schweben sie. Wenn sie das Raumschiff oder die Raumstation verlassen wollen, müssen sie außerdem einen speziellen Raumanzug tragen. Der Raumanzug versorgt sie mit genügend Sauerstoff und schützt sie vor gefährlicher Strahlung, wie z.B. der aggressiven UV-Strahlung der Sonne.

„Boten der Menschheit“

Seit dem Weltraumvertrag von 1967 haben AstronautInnen einen besonderen Status: Sie gelten als „envoys of mankind“ (engl. für „BotInnen der Menschheit“) im Weltraum. Sie genießen besonderen Schutz und müssen im Falle eines Unglücks, egal ob auf der Erde, im Weltraum oder auf anderen Himmelskörpern, sofort Hilfe erhalten. Sie müssen auch, wenn es möglich ist, nach einem Unfall in ihren Ursprungsstaat zurückgebracht werden.

Tiere im Weltall: Die ersten AstronautInnen im All waren keine Menschen, sondern Tiere, die zu Testversuchen eingesetzt wurden. Neben der sowjetischen Hündin Laika (1957) wurden von den USA ein Schwein und mehrere Affen in den Weltraum geschickt, z.B. das Rhesusäffchen Sam (1959) und der Schimpanse Ham (1961), bevor der erste Mensch ins All reiste. Auch heute noch werden Tiere (u.a. Frösche, Vögel und Kaninchen) zu Versuchszwecken in den Weltraum gebracht.

Kleine Einführung ins „Weltraumrecht“

Mit der beginnenden Raumfahrt in den 1950er Jahren wurde es nötig, sich auch für den Weltraum Gesetze und Regeln zu überlegen, um ein friedliches Miteinander zu ermöglichen. Der Übergang zwischen der Erdatmosphäre und dem luftleeren Weltraum ist fließend, also ist es schwierig, eine klare Grenze zu ziehen. Meistens nimmt man die so genannte Kármán-Linie in 100 km Höhe als Grenze; für die NASA beginnt der Weltraum schon ab 80 km.

Der Weltraumvertrag von 1967

Eigentlich gehört der Weltraum uns allen. Laut dem internationalen Weltraumvertrag von 1967 darf der Weltraum von niemandem besessen oder regiert werden und nur zu friedlichen Zwecken genutzt werden.

Die wichtigsten Punkte des Weltraumvertrags lauten:

- Jedem Staat ist eine zivile Raumfahrt und Weltraumforschung gestattet.
- Jeder Staat ist für Schäden, die durch seine Raumfahrtobjekte verursacht werden, verantwortlich.
- Es ist verboten, Atomwaffen im Weltraum zu stationieren.
- Es ist verboten, Himmelskörper zu besetzen.
- Private Aktivitäten im Weltraum, z.B. von Unternehmen, müssen zuvor durch den jeweiligen Staat genehmigt werden.

In Österreich wurde 2011 das Weltraumgesetz beschlossen, das den internationalen Weltraumvertrag auf alle österreichischen Raumfahrtprojekte überträgt. Jede Weltraumaktivität muss zuvor gesetzlich genehmigt werden und wird in einem Register vermerkt.

Neue Herausforderungen für das Weltraumrecht

Durch die voranschreitende Entwicklung der Raumfahrt ergeben sich neue Ansprüche auf den Weltraum, die noch nicht international gesetzlich geregelt sind: Immer mehr Privatpersonen und Unternehmen wollen den Weltraum für sich nutzen, ohne auf staatliche Interessen zu achten, z.B. in Form von Weltraumtourismus oder kommerziellen Satelliten. Es gibt auch Überlegungen zum Kauf von Grundstücken auf anderen Himmelskörpern, z.B. dem Mond, was rechtlich noch nicht möglich ist. Fraglich ist auch, ob Privatpersonen und Unternehmen Rohstoffe aus dem All nutzen dürfen und wofür.

Noch gibt es keinen Vertrag, der diese neuen Herausforderungen regelt. Der erste Versuch, der Mondvertrag von 1979, gilt als gescheitert, da er von zu wenigen Staaten (darunter Österreich) unterzeichnet wurde. Das Ziel eines neuen Vertrags soll auch weiterhin die friedliche Nutzung des Weltalls sein. Alle Staaten, Menschen und Unternehmen sollen darin die gleichen Möglichkeiten erhalten, die Rohstoffe und wissenschaftlichen Möglichkeiten des Weltraums zu nutzen, ohne einen persönlichen Vorteil daraus zu ziehen!

Weltraumforschung in Österreich

Seit der Gründung der Universität Wien 1365 ist Astronomie ein wichtiges Forschungsfeld in den österreichischen Wissenschaftseinrichtungen. Mittlerweile gibt es unzählige öffentliche und private Institute, Vereine und Sternwarten in Österreich, die sich mit dem Aufbau des Universums beschäftigen. Seit den 1950er Jahren, mit der beginnenden Raumfahrt, hat Österreich eigene Forschungsprojekte ins Leben gerufen und ist an internationalen Raumfahrtprojekten beteiligt. Auch das Weltraumbüro der Vereinten Nationen hat seit 1993 seinen Sitz in Wien. Das österreichische Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie unterhält seit 2002 ein Weltraumprogramm, das von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft mit der Agentur für Luft- und Raumfahrt durchgeführt wird. Es fördert damit Unternehmen und Organisationen bei der Forschung und Technologieentwicklung. Konkrete Projekte werden meistens in Zusammenarbeit mit Universitäten, wissenschaftlichen Einrichtungen und privaten Firmen umgesetzt.

Die ersten österreichischen Satelliten im Weltraum: Am 25. Februar 2013 wurden die beiden Satelliten „TUG-SAT-1/BRITE-Austria“ und „UniBRITE“ mit einer indischen Trägerrakete in den Weltraum gebracht. Diese Zwillingssatelliten messen Helligkeitsschwankungen sehr großer Sterne und zeichnen diese auf. Das hilft bei der Suche nach fremden Planeten. Die Entwicklungsarbeit fand in Zusammenarbeit mit der Universität Wien, den Technischen Universitäten Wien und Graz und der Universität Toronto, Kanada statt.



AUSTROMIR: Im Rahmen eines sowjetischen Raumfahrtprogramms flog der erste – und bisher einzige – Österreicher und „Astronaut“ Franz Viehböck vom 4.–10. Oktober 1991 zur Raumstation MIR und führte dort medizinische und physikalische Experimente durch. Weitere Tätigkeiten umfassten die Kommunikation mit dem österreichischen Bundespräsidenten, das Stempeln von Sonderpostmarken und Kopien der Ostarrichi-Urkunde. Gastgeschenke an die russische Besatzung waren Mozartkugeln und eine Musik-Kassette mit dem Donauwalzer.

Immer mehr Raketenstarts und Satelliten mit österreichischer Technik

Seit Jahren sind hochwertige österreichische Technikprodukte und modernstes österreichisches Knowhow nicht mehr aus dem „Weltraumalltag“ wegzudenken. Derzeit sind ca. 50 österreichische Unternehmen in der Luft- und Raumfahrttechnik tätig. Zum Beispiel stammen die Treibstoffleitungen der Trägerrakete Ariane 5 und die Außenhaut der Marssonde Mars Express aus österreichischer Produktion. Bei Flugsicherungen und Kontrollzentren für Satelliten und in Sachen Satellitennetzwerk und Signalüberwachung ist das Wissen von österreichischen Firmen stets gefragt.

Internationale Weltraummissionen mit Beteiligung Österreichs

Das Institut für Weltraumforschung (IWF) wurde 1972 an der Österreichischen Akademie der Wissenschaften gegründet und ist derzeit an 16 internationalen Weltraummissionen beteiligt. Die Arbeitsbereiche der MitarbeiterInnen reichen von Planung und Bau von Instrumenten für Raumfahrzeuge, der wissenschaftlichen Auswertung der Messungen dieser Geräte bis zu den Schlussfolgerungen, die sich daraus ergeben.

Einige Beispiele von Projekten, an denen das IWF arbeitet:

- Venus-Express: ein laufendes Projekt der ESA zur Erforschung der Venus
- Juno: Ziel dieses laufenden NASA-Projekts ist die Erforschung des Jupiter
- BepiColombo: gemeinsames Projekt von ESA und der japanischen Weltraumbehörde zur Erforschung des Merkur, Start 2016
- CHEOPS: Projekt der ESA zur Erforschung von Planeten außerhalb unseres Sonnensystems; hier entwickelt das IWF den Bordcomputer, Start 2017

Europäische Weltraumpolitik – der europäische Griff nach den Sternen

ESA – Die Europäische Weltraumorganisation

Die Europäische Weltraumorganisation (ESA) wurde 1975 gegründet und besteht derzeit aus 20 Mitgliedsstaaten. Der Hauptsitz der ESA ist in Paris, Frankreich, aber es gibt noch weitere Standorte in ganz Europa, wo an unterschiedlichen Projekten gearbeitet wird.

Aufgabe der ESA ist es, das gemeinsame europäische Weltraumprogramm zu erstellen und umzusetzen. Dabei gibt es verschiedene Bereiche, zum Beispiel die Erforschung des Weltalls, die Beobachtung der Erde, die bemannte Raumfahrt und der Einsatz von Satelliten. Die neuen Erkenntnisse und Technologien sollen nicht nur für Europa, sondern für die ganze Welt zur Verfügung stehen. Deswegen arbeitet die ESA auch mit außereuropäischen Weltraumorganisationen zusammen.

Österreich bei der ESA

Österreich ist seit der Gründung der ESA (1975) aktiv an europäischen Programmen beteiligt und ist seit 1987 Vollmitglied der ESA. Die österreichische Agentur für Luft- und Raumfahrt (ALR, auch ASA genannt) vertritt Österreich bei der ESA. Neben wissenschaftlichen Forschungsprojekten ist Österreich auch aktiv an der Weiterentwicklung von Weltraumtechnologien beteiligt.

Wichtige ESA-Projekte mit österreichischer Mitarbeit:

- GMES/Copernicus: Erdbeobachtungsprogramm zur Umwelt- und Sicherheitsüberwachung (seit 1998)
- Envisat: Europäischer Umweltsatellit zur Erdbeobachtung (2002-2012)
- Galileo: Globales Satellitensystem zur Navigation (im Aufbau)
- Ariane 5: Trägerrakete der ESA, die europäische Satelliten in die Erdumlaufbahn befördert (seit 1997 im Einsatz)

Außerdem ist Österreich seit 1994 Mitglied der EUMETSAT, der europäischen Organisation für die Nutzung von Wettersatelliten.

ENVISAT - ökologischer Mahner aus dem Weltraum: Als ungemein wichtig erwies sich die 10jährige Beobachtung der gesamten Umwelt und des Klimas der Erde durch den ESA-Satelliten ENVISAT. Er lieferte Daten zu Klimawandel und Veränderungen auf der Erde, die uns deutlich vor Augen führen, wie unachtsam wir Menschen mit unserem Planeten umgehen.

Satelliten und Sonden – erforschen, übermitteln und überwachen

Satelliten und Sonden sind unbemannte, künstliche Flugkörper, die von der Erde aus in den Weltraum gesandt werden. Flugkörper, die die Erde umkreisen, nennt man Satelliten oder Erdsatelliten. Raumsonden hingegen verlassen die Erdumlaufbahn und begeben sich auf Erkundungsreise durch das All.

Satelliten auf Mission

Satelliten werden durch die Anziehungskraft der Erde auf einer kreisförmigen Umlaufbahn gehalten. Je nachdem, welche Aufgabe sie im All erfüllen, haben sie unterschiedliche Flughöhen. Die niedrigsten Satelliten bewegen sich im so genannten Low Earth Orbit (LEO) zwischen 200 und 2.000 km von der Erdoberfläche entfernt mit einer Geschwindigkeit von ca. 28.000 km/h. Geostationäre Satelliten hingegen bewegen sich rund 35.800 km von der Erdoberfläche entfernt mit einer Geschwindigkeit von 11.000 km/h mit der Erde mit; sie befinden sich deshalb immer über demselben Punkt auf der Erdoberfläche. Tausende von Satelliten wurden bereits mit Trägerraketen oder mit dem Space Shuttle in die Erdumlaufbahn gebracht, um dort verschiedene Aufgaben zu erfüllen: Sie beobachten das Weltall für wissenschaftliche Studien, verfolgen das Wettergeschehen auf der Erde, übermitteln Nachrichten und Fernsehprogramme oder überwachen militärische Aktionen. Der erste Satellit wurde 1957 von der Sowjetunion gestartet und hieß „Sputnik 1“.

Satelliten, die sich zu Forschungszwecken im Weltraum befinden, werden meistens von überstaatlichen Weltraumorganisationen, wie z.B. der ESA, betrieben und senden wissenschaftliche Daten aus dem All zu den Bodenstationen. Sie sind wichtige Instrumente zur Erkundung des Universums oder geben Aufschluss über Klima und räumliche Struktur der Erde. Viele Satelliten werden auch von staatlichen Militärs und Geheimdiensten zur Spionagetätigkeit eingesetzt. Sie dokumentieren die Tätigkeiten anderer Staaten und Organisationen oder hören fremde Kommunikation im Radiobereich ab.

Postkarten an Außerirdische Die Raumsonden Pioneer 10 und 11 führen eine vergoldete Aluminiumtafel als Botschaft der Menschheit bei einem möglichen Kontakt mit Außerirdischen mit: Dargestellt sind wir Menschen (Mann und Frau), im Hintergrund der Umriss der Sonde sowie die Position der Erde in der Milchstraße und im Sonnensystem. Die beiden Voyager-Sonden tragen eine ausführliche Botschaft als abspielbare Datenscheibe aus Metall mit sich.

Satelliten im täglichen Leben

Satelliten erfüllen heute bereits so wichtige Aufgaben, dass der Alltag ohne sie nicht mehr vorstellbar wäre. Rundfunk- und Fernsehsatelliten sind dafür verantwortlich, Radio- und Fernsehprogramme weltweit zu übertragen. Nachrichtensatelliten ermöglichen unter anderem Ferngespräche und digitalen Datentransfer über weite Entfernungen hinweg: Sie empfangen das Signal von einer Position auf der Erdoberfläche und senden es an eine andere Position weiter. Für die Positionsbestimmung im Land-, Luft- und Wasserverkehr sind Navigationssatelliten unerlässliche Hilfsmittel geworden. Meteorologische Satelliten dienen zur Wettervorhersage und können für die Katastrophen-Vorwarnung (z.B. Tsunamis) eingesetzt werden. Satelliten, die für alltägliche Zwecke genutzt werden, werden oft auch von Privatfirmen mitbetrieben.

Sonden – Entdecker ferner Welten

Um das Universum besser erforschen zu können, verlassen Raumsonden im Gegensatz zu Satelliten die Erdumlaufbahn. Sie können sich entweder frei durch das Sonnensystem bewegen, in die Umlaufbahn eines anderen Objekts eintreten (Orbiter), auf einem anderen Himmelskörper landen (Lander) oder unser Sonnensystem sogar verlassen. Sie senden Daten ihrer Mission an die Erde oder kehren mit einer Probe von eingesammelten Partikeln auf die Erde zurück. Bisher sind schon Sonden auf dem Mond, der Venus, dem Mars, dem Saturnmond Titan und dem Asteroiden „433 Eros“ gelandet. Die Raumsonden „Pioneer 10“, „Pioneer 11“, „Voyager 1“ und „Voyager 2“ haben das Sonnensystem bereits verlassen und befinden sich auf Entdeckungsreise durch unsere Galaxie.



Weltraummüll

Was passiert eigentlich mit künstlichen Flugkörpern im Weltraum, wenn sie nicht mehr funktionieren? Seit 1957 wurden über 6.000 Satelliten in die Erdumlaufbahn gebracht, von denen aber nur mehr etwa 800 funktionstüchtig sind. Der Rest kreist als Weltraumschrott um die Erde, zusammen mit kaputten Raketenteilen und anderen Trümmerteilen aus der Raumfahrt. Laut Schätzungen der ESA gibt es derzeit über 600.000 solche Objekte, die größer als ein Zentimeter sind und sich mit rasender Geschwindigkeit in der Erdumlaufbahn bewegen.

Gefährlicher Müll

Da die alten Satellitenteile nicht mehr kontrolliert werden können und sich sehr schnell fortbewegen, stellen sie eine große Gefahr dar: Sie können entweder mit anderen Flugkörpern zusammenstoßen oder wieder in die Erdatmosphäre eintreten. Bei einer Kollision mit anderen Objekten können noch funktionierende Satelliten und Raumstationen beschädigt oder sogar zerstört werden, wodurch wiederum neue Trümmerteile freigesetzt werden und in der Umlaufbahn kreisen. Weltraummüll, der beim Eintreten in die Erdatmosphäre nicht verglüht, kann Flugzeuge oder auch Gegenstände und Lebewesen auf der Erdoberfläche treffen.

Und wer räumt auf?

Bisher gibt es noch keine Weltraum-Müllabfuhr, die kaputte Teile aus dem Kosmos entsorgt. Ca. 8.500 Trümmerstücke, die größer als zehn Zentimeter sind, werden laufend von der ESA überwacht, um Kollisionen zu vermeiden und Ausweichmanöver für aktive Flugkörper einzuleiten. Weltraumorganisationen, wie die ESA und die NASA, suchen bereits nach Lösungen für das wachsende Müllproblem und versuchen neue Satelliten und Sonden so zu bauen, dass sie möglichst wenig Rückstand erzeugen oder nach ihrer Laufzeit verglühen.

Für Schäden im Weltraum und auf der Erde, die von Schrottteilen verursacht werden, gilt das so genannte „Weltraumhaftungsübereinkommen“ von 1972. Demnach sind jene Staaten verantwortlich, die das Flugobjekt gestartet haben. Meistens lässt sich aber nicht mehr feststellen, von welchem Objekt die Trümmer ursprünglich stammen und welchem Staat sie zuzuordnen sind. Für Umweltschutz allgemein, im Weltraum und auf anderen Himmelskörpern (z.B. Verunreinigung durch Raumsonden) gibt es noch keine gesetzlichen Regelungen.

Zukunft der Raumfahrt

Raumfahrt und Weltraumforschung heute und morgen

Raumfahrt und Weltraumforschung sind sehr teuer, je nach Wirtschaftslage erhalten Weltraumorganisationen die finanziellen Mittel, die sie benötigen. Daher werden nun auch vermehrt Privatunternehmen gefördert, eigene Raumfahrtprojekte oder in Zusammenarbeit mit den bestehenden Raumfahrtagenturen durchzuführen.

Ein solch erfolgreiches Unternehmen ist z.B. SpaceX aus den USA. Mit eigenen Raketen und dem Dragon-Raumschiff ist die Firma seit 2012 als Transporteur zur Raumstation ISS unterwegs. Im Versuchsstadium ist momentan eine Rakete, die auch aufrecht wieder landen kann (Grasshopper).

Geplante Projekte und Missionen

Die NASA nahm vor allem aus finanziellen Gründen von einer bemannten Mondstation („Mondbasis“) Abstand. Folgende neue Ziele werden nun genannt:

- ein bemannter Flug zum Mars (Zeitrahmen bis 2035).
- dafür wird ein Multi-Purpose Crew Vehicle (MPCV = Mehrzweckmannschaftsfahrzeug) konstruiert, es befindet sich derzeit in Bau.
- Dafür ist auch das Space Launch System (SLS), eine geplante Trägerraketenfamilie, in Entwicklung. Ein Start ist für 2017 vorgesehen. Die Trägerraketen sollen neben Frachttransport auch Flüge zum Mars und erdnahen Asteroiden ermöglichen.
- Die ISS soll in den nächsten Jahren von den USA weiterhin unterstützt und ausgebaut werden

Im Weiteren wird in den USA die Konstruktion von Weltraumfahrzeugen und Missionen durch Firmen gefördert.

Die ESA richtet ihr Hauptaugenmerk auf die unbemannte Erforschung sowohl der Erde (durch Satelliten und Sonden) wie auch des Sonnensystems. Einige Projekte, die herausstechen:

- Galileo – ein Satellitennavigationssystem der nächsten Generation – besser verfügbar und genauer (in Umsetzung bis 2019).
- Ausbau der ISS Station (Weltraumlabor Columbus)
- Cheops – Weltraumteleskop; Untersuchung der Eigenschaften schon bekannter Exoplaneten (Planeten außerhalb unseres Sonnensystems)

-
- Gemeinsam mit der NASA wird das James-Webb-Weltraumteleskop als Nachfolger des Hubble-Teleskops entwickelt
 - Untersuchungen von Merkur und Sonne
 - Aurora: Langzeitprojekt zur Erforschung unseres Sonnensystems

Die russische Raumfahrtbehörde Roskosmos steht mitten in einer Neuentwicklung ihrer Raumflotte. Moderne Trägerraketen und wiederverwendbare Raumschiffe sind in Planung und Erprobung, als Fernziel wird der Mars angegeben. Für die chinesische Raumfahrt steht das Mondprogramm heute und in Zukunft im Mittelpunkt. Erst vor kurzem – am 14. Dezember 2013 – landete erstmals ein unbemanntes chinesisches Raumschiff auf dem Mond. Im Jahr 2024 soll dann der nächste Mensch den Mond betreten. Auch die eigene Raumstation Tiangong 1 soll weiter ausgebaut werden.

Die Idee einer Weltraumpolizei

Durch die Zunahme der „Akteure“ im Weltraum erscheint auch eine Regelung des Weltraumverkehrs notwendig. Fachleute fordern ein Space-Traffic-Management, das weit über Stoppschilder und Ampeln hinausgehen und dabei u.a. auf die Vermeidung von Weltraumschrott achten und den Funkverkehr regeln soll. Dies kann man sich als eine Art „Weltraumpolizei“ vorstellen, die verantwortlich für eine Verkehrsregelung und generelle Raumordnung im Weltall ist – vergleichbar einem Kontrollturm auf einem irdischen Flughafen.



Weltraumtourismus

Sightseeing und Urlaub im Weltraum

Mit SpaceShipOne erreichte das erste bemannte private Raketenflugzeug 2004 den Weltraum. Damit war für die Herstellerfirma Scaled Composites das Ziel erreicht, einen Prototyp eines Passagierraumflugzeugs für touristische Zwecke zu erzeugen. SpaceShipTwo ist in der Erprobungsphase und SpaceShipThree ist in Planung.

Damit sind die erdnahen Bereiche des Weltraums auch Ziel für den Tourismus geworden: Bereits jetzt kann man einen Flug im Orbit um die Erde buchen! Allerdings noch zu „astronomischen“ Preisen. Auch die ISS ist weiterhin Ziel von schwerreichen Weltraumtouristen: Der vierte zahlende Besucher der Raumstation ist ein japanischer Geschäftsmann, das Ticket kostet 20 Millionen Dollar.

... die geplante Kolonie auf dem Mars

Im Projekt „Mars One“ soll eine Reise zum Mars als gigantisches Medienereignis vermarktet und finanziert werden. Ab 2015 soll die „Show“ anrollen und 2022 (Ankunft 2023) dürfen die ersten AstronautInnen den roten Planeten besuchen. Der Nachteil: Es ist ein One-Way-Ticket, der Rückflug ist nicht möglich!



Science Fiction – Die Zukunft hat schon begonnen

Mit den technischen Erfindungen und der industriellen Revolution im 19. Jahrhundert entwickelte sich ein unerschütterlicher Glaube an die Technik. Mit diesem Hintergrund, dass in Zukunft alles durch Technik und Erfindungsgeist lösbar sei, entstand auch eine neue Art von Geschichten – Science Fiction.

Romane werden Wirklichkeit

Manche der – teilweise vor über 100 Jahren – erdachten Abenteuer sind längst Wirklichkeit geworden! Die Entwicklung der Raumfahrt überholte die kühnsten Gedanken der frühen Science Fiction-AutorInnen: Schon 1865, etwa 100 Jahre vor der ersten Mondlandung, schrieb der französische Autor Jules Verne (1828–1905) die Novelle „Von der Erde zum Mond“. Hans Dominik (1842–1945) beschrieb 1918 in seiner Kurzgeschichte „Eine Expedition in den Weltraum“ Energiegewinnung durch Atomzertrümmerung (= Kernspaltung), um eine Weltraumrakete zu betreiben. George Orwell (1903-1950) schuf 1948 in seinem Roman „1984“ eine bedrückende Welt der totalen Überwachung und Kontrolle. „Big brother is watching you“ – dieses Zitat ist durch den Einsatz von Spionagesatelliten seit den 1950er Jahren bereits Wirklichkeit geworden.

Die Überwindung der Lichtgeschwindigkeit – Reisen durch Raum und Zeit

Seit den 1950er Jahren verlagerte sich die Thematik der Science Fiction-AutorInnen zunehmend aus unserem Sonnensystem in das gesamte Universum. Vielfältiges Leben auf fremden Welten, überlichtschnelle Reisen im Hyperraum oder durch Wurm Löcher wurden und werden beschrieben. Was ist davon realistisch, wo hat die Zukunft die Fantasie der Science Fiction-AutorInnen schon eingeholt?

Der Hyperraum, bekannt durch Science Fiction-Klassiker wie „Star Wars“, „Raumschiff Enterprise/Star Trek“ oder „Battlestar Galactica“, wird dort als Raum beschrieben, in dem unsere physikalischen Gesetze zum Teil nicht gelten und ein Raumschiff schneller als das Licht fliegen kann. Bisher konnte die Existenz eines Hyperraums jedoch noch nicht wissenschaftlich nachgewiesen werden.

Anders ist es mit den Wurmlöchern, die man aus Science Fiction-Serien wie „Deep Space Nine“ oder „Stargate“ kennt: Wurmlöcher gelten als „Abkürzungen“ durch das Universum – durch sie kann man in kurzer Zeit riesige Entfernungen bis hin zu anderen Galaxien zurücklegen. Sie sind als eine der theoretischen Schlussfolgerungen der Relativitätstheorie Albert Einsteins in der Wissenschaft anerkannt und werden in wissenschaftlichen Gedankenmodellen verfolgt.

Leben auf fernen Welten

In der Fernsehserie „Raumschiff Enterprise“ der 1970er Jahre entdeckte die Crew unter Captain James Kirk viele belebte Planeten außerhalb unseres Sonnensystems. Fremdartige Planeten ferner Sonnen und deren Lebewesen sind auch das Szenario vieler Romane und Filmklassiker wie „Star Wars“ oder „Avatar“.

Die moderne Forschung, v.a. Weltraumteleskope wie Hubble, lieferten erstmalig Beweise für die theoretische Annahme, dass viele Sonnen Planeten als Begleiter besitzen. Berechnungen ergaben im Weiteren, dass eine Anzahl davon in der „habitablen Zone“ kreisen, also in einem Abstandsbereich von der Sonne, der irdischen Bedingungen ähnlich ist. Damit ist der Schluss naheliegend, dass sich auf diesen Planeten auch Leben – in welcher Form auch immer – entwickelt haben könnte. Die Österreicherin Lisa Kaltenegger ist eine der führenden WissenschaftlerInnen auf diesem Forschungsgebiet.

Lisa Kaltenegger ist eine österreichische Astrophysikerin, die sich mit der Entdeckung und Erforschung von Planeten außerhalb unseres Sonnensystems beschäftigt. Sie arbeitet am Max-Planck-Institut für Astronomie in Deutschland und an der Harvard-Universität in den USA. Daneben ist sie auch in der Forschung für die NASA tätig. Der Asteroid „7734 Kaltenegger“ wurde nach ihr benannt.



Impressum

Herausgeberin:

Republik Österreich – Parlamentsdirektion – DemokratieWEBstatt (www.demokratiewebstatt.at)

Medieninhaberin:

Republik Österreich – Parlamentsdirektion

Dr. Karl Renner Ring 1-3

1017 Wien

Redaktion, Grafik/Design: [Kinderbüro Universität Wien gGmbH](#)

Technik: [Goldbach Interactive](#)