

Weltraumfahrt

[\[Die Zeit-Kapsel\]](#) [\[Kreisbahngeschwindigkeit\]](#) [\[Gravitationskraft\]](#)
[\[Flieh - oder Zentrifugalkraft\]](#) [\[Rosetta\]](#)[\[NASA-Jet\]](#)[\[Internationale Raumstation ISS.\]](#)[\[Mini-Jet\]](#)



Unter Weltraumfahrt (Raumfahrt, Astronautik) versteht man die Bewegung jedes bemannten oder unbemannten künstlichen Flugkörpers (Raumflugkörper, Raumfahrzeug), dessen Bahn weit über die Lufthülle der Erde hinausreicht. Die Flugkörper werden mit mehrstufigen Raketen, oder durch so genannte Raumtransporter (mit Raketenantrieb) auf eine Bahn gebracht, die von der Geschwindigkeit und der Lage der Rakete im Brennschlusspunkt und von den Gravitationskräften der Himmelskörper abhängt (Trägheitsbahn). Die vom Raketentriebwerk erzeugte Antriebsenergie dient zur Überwindung des Gravitationsfeldes der Erde und des Luftwiderstandes. Flugkörper, die sich auf kreis - oder ellipsenförmigen Bahnen um die Erde bewegen, werden Satelliten genannt. Körper, die das Gravitationsfeld der Erde verlassen, bezeichnet man als Raumsonden.

Auf einem die Erde (Masse M) im Abstand r (vom Gravitationszentrum Z aus gemessen) umkreisenden Satelliten von der Masse m wirkt die Massenanziehung- oder **Gravitationskraft**

$$G = \frac{\gamma \cdot M_{\text{Erde}} \cdot m_{\text{Sat}}}{r^2}$$

wobei γ die allgemeine Gravitationskonstante ist.

Damit der Flugkörper nicht auf die Erde herabfällt, muss auf ihn eine gleich große, aber entgegengesetzt gerichtete Kraft wirken, die durch die Bewegung auf der gekrümmten Bahn entsteht **Flieh - oder Zentrifugalkraft** Sie wird nach der Formel

$$F = \frac{m \cdot V^2}{r}$$

berechnet ($v =$ Bahngeschwindigkeit). Durch Gleichsetzen beider Kräfte ($G = F$) erhält man (V), die **Kreisbahngeschwindigkeit**

$$V = \sqrt{\frac{\gamma \cdot M_{\text{Erde}}}{r}}$$

die einen Flugkörper erteilt werden muss, wenn er sich auf einer Kreisbahn um die Erde bewegen soll. Die Zeit die bei einem einmaligen Durchlaufen der Flugbahn verstreicht, heißt **Umlaufbahn**. Für einen in **200 Km** Höhe über der Erdoberfläche umlaufenden Satelliten beträgt die Kreisbahngeschwindigkeit **7,8 Km/s**, die Umlaufzeit **88 min**. Ein Satellit, der in **35 900 Km** Höhe über dem Äquator in Richtung der Erddrehung mit einer Geschwindigkeit von **3,1Km/s** in **24 h** umläuft, erscheint von der Erde aus als stillstehend und wird als **geostationärer Satellit** bezeichnet.

Weicht die Geschwindigkeit, über die der Flugkörper im **Brennschlusspunkt** der Rakete verfügt, von der Kreisbahngeschwindigkeit ab, so ergeben sich folgende Flugbahnen.

1. Ist die Geschwindigkeit **kleiner** als die Kreisbahngeschwindigkeit, so kehrt der Flugkörper auf einem Ellipsenbogen zur Erde zurück.
2. Ist die Geschwindigkeit **größer**, so ergibt sich als Flugbahn eine Ellipse. Nach dem Flächensatz ist die Geschwindigkeit im erdnahen Punkt größer als im erdfernen.
3. Wenn die Geschwindigkeit gleich dem **2fachen** der Kreisbahngeschwindigkeit ist, verlässt der Körper das Gravitationsfeld der Erde und wird zur **Raumsonde**. Die Geschwindigkeit heißt **Fluchtgeschwindigkeit**, die Flugbahn ist ein Stück einer Parabel.
4. Bei noch größerer Geschwindigkeit hat die Flugbahn Hyperbelform.

Mit einer Geschwindigkeit von mindestens **16,6 Km/s** beim Start in Richtung der Erdbewegung kann ein Flugkörper das **Gravitationsfeld der Sonne** verlassen. **Interplanetar**. Weltraumfahrten müssen auf Bahnen durchgeführt werden, die möglichst **geringen** Energieaufwand erfordern (**Berührungselipsen**). Der Startzeitpunkt eines solchen Fluges muss so gewählt sein, dass der Zielplanet beim Zeitpunkt des Eintreffens der Raumsonde auch im Berührungs - bzw. **Schnittpunkt** der Flugbahnen steht.

Bei der Rückkehr eines Raumflugkörpers muss seine **gesamte kinetische** Energie **vernichtet** werden. Die Bremsung kann **aerodynamisch**, (Ausnutzung des Luftwiderstandes) oder durch **Bremstriebwerke** erfolgen; die Landung in den dichten Schichten der Lufthülle lässt sich mit **Fallschirmsystemen** bewerkstelligen. **Die Erhitzung** der Außenhaut des Flugkörpers durch Reibungswärme beim Eintauchen in der Lufthülle kann durch **flache Einfallswinkel** und durch **Schutzkegel** (Verbrauch der Reibungswärme zum Abschmelzen eines geeigneten Stoffes) **gedämpft werden**.

Die zahlreichen Starts von Satelliten und Raumsonden dienen der Erforschung des erdnahen Weltraumes und der Erde selbst (z.B. Erderkundungs- und Wettersatelliten), der Sonne (**Sonnensonden**), des Mondes (z.B. die **Apollo**-Raumflüge), der Planeten (z.B. die **Raumsonden** Voyager und Pioneer), der astronomischen Forschung (**Astronomiesatelliten**), ferner der Nachrichtenübermittlung (**Nachrichten- und Fernsatelliten**), der Navigation (**Navigationsatelliten**) u.a. sowie militärische Zwecke (**Aufklärungsatelliten**)

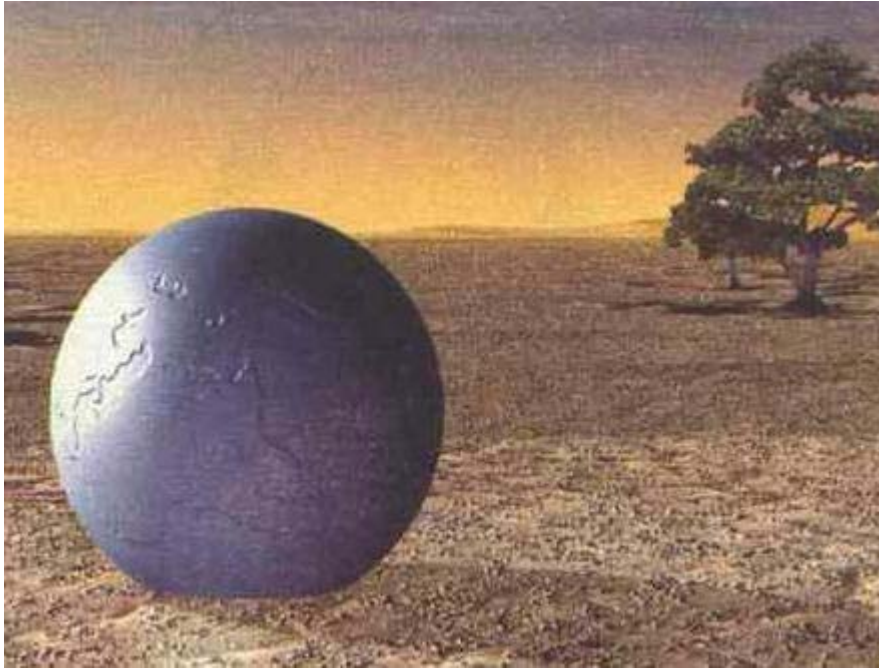
Damit ein Raumkörper zum Mond oder zu einen Planeten gelangt, muss er von der Erde aus in eine geeignete Flugbahn eingeschossen werden. Hierbei werden Größe und Richtung so gewählt, dass der Raumflugkörper in eine elliptische Bahn gelangt, die die Bahn des anzufliegenden Planeten schneidet. Dazu ist die Startzeit (**Startfenster**) so zu wählen, dass der Planet und die Raumsonde **gleichzeitig** am Schnittpunkt ihrer Bahnen eintreffen. Die geringste Antriebsenergie ist erforderlich, wenn sich die Raumsonde auf einer elliptischen Bahn bewegt, deren Perihel - und Aphelabstände gleich den Bahnradien der Erde und des betreffenden Planeten sind. Für diese ausgezeichneten Bahnen hat sich die Bezeichnung **Hohmannsche Übergangsbahn** eingebürgert. Für den Flug zur **Venus** auf einer Hohmannbahn benötigt man etwa **145 Tage**, für einen Flug zum **Mars 260 Tage**. Eine Verkürzung der Reisezeiten ist mit einem enormen Anwachsen des **Energieverbrauches** verbunden, was sich umgekehrt auf die Startmasse auswirkt.

Der **Zeitfaktor** ist nicht die entscheidende Größe bei interplanetaren Flügen. Das ist auch der Grund, weshalb sie für eine maximale **Nutzlast** optimiert werden. Um einen Satelliten auf eine kreisförmige Bahn von 500 Km Höhe zu bringen mit einer Umlaufzeit von 94,6 min, ist eine Energie von **30 Millionen Joule pro Kilogramm** erforderlich. In **500 Km** Höhe beträgt die Bahngeschwindigkeit **7,61 Km/s**.

Ein weiterer **Impuls** muss der Raumsonde erteilt werden, soll sie in eine Bahn um einen Planeten **eingelenkt** werden. Der Impuls wird normalerweise durch einen Raketenmotor erzeugt, könnte aber auch durch die **gravitative** Wechselwirkung mit einem **planetaren** Mond (sofern einer vorhanden ist) erfolgen. Diese Methode ist recht nützlich, wenn man etwa an künstliche Jupiter - oder Saturnsatelliten denkt, da diese Planeten von relativ massereichen Monden umkreist werden. Die Bahn eines Raumflugkörpers kann durch eine gravitative Wechselwirkung mit einem massereichen Körper grundlegend geändert werden, selbst dann, wenn es zu keiner Berührung mit der Oberfläche kommt. Die gravitative Wechselwirkung mit den großen Planeten wurde ausgenutzt, um Raumsonden vom Jupiter in Richtung Saturn und noch weiter oder in einem anderen Falle an der Venus vorbei zum Merkur zu bringen. In gleicher Weise werden die Bahnen von Kometen bei nahen Vorübergängen an Jupiter verändert.

Die von dem Raumflugkörper aufgenommene **Energie** wird dem **Bahndrehmoment** des betreffenden Planeten **entzogen**, das sich um einen **infinitesimalen Betrag** ändert. Diese Methode der **Gravitationsbeschleunigung** ist die **Grundlage** für die Erforschung des Sonnensystems unter Einsatz recht **bescheidener** Trägerraketen. So ist es beispielsweise auch möglich, durch einen nahen Vorüberflug an Jupiter den Raumflugkörper auf eine solche Bahn umzulenken, dass er zur Sonne fliegt oder zumindest auf eine Bahn gerät, die ihn auf einige Sonnenradien Abstand von ihr bringt. Durch einen **direkten** Anflug wäre dieses Ziel **kaum** zu erreichen, da zunächst einmal die Bahngeschwindigkeit der Erde von immerhin 30 Km/s "**ausgeschaltet**", also gleichsam vernichtet werden müsste. **Gegenwärtig** sind direkte Raumflüge nur zu den Planeten Venus, Mars und Jupiter technisch **realisierbar**. Das beschriebene **himmelsmechanische Billardspiel** lässt sich aber anwenden, um von **einem** Planeten zum **anderen** zu gelangen. Naturgemäß sind die Startfenster sehr begrenzt. [nach oben](#)

Die Zeit-Kapsel Dieser Satellit reist in unsere Zukunft. Zu den Bewohnern der Erde in 50 000 Jahren. Er bringt ihnen die Botschaften und Gedanken der Menschen von Heute. KEOs Erfinder Jean-Marc Philippe will mit seinen ungewöhnlichen Projekt auch herausfinden, wie das Weltbild der Menschen zu Beginn des 21. Jahrhunderts aussieht.



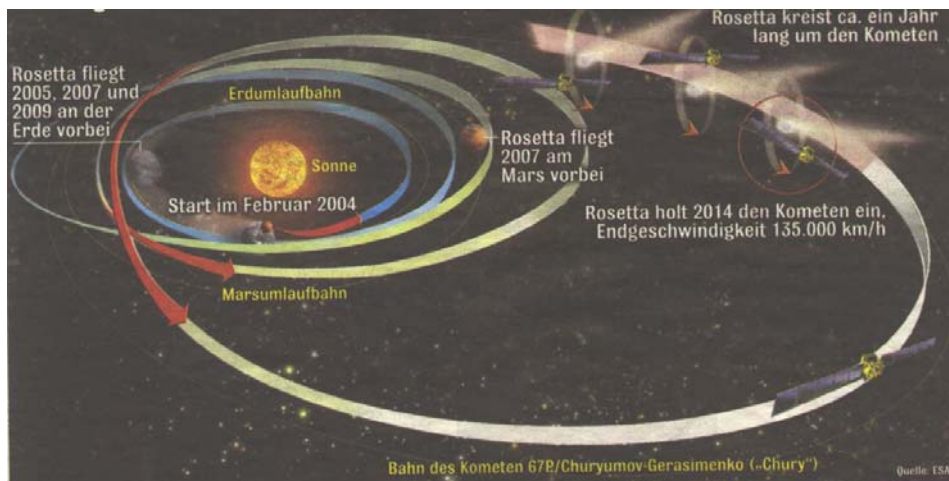
In knapp drei Jahren wird eine Ariane-Trägerrakete der Europäischen Weltraumorganisation ESA einen kugelförmigen, knapp 100 Kilo schweren Satelliten mit einem Durchmesser von 80 Zentimeter in eine Umlaufbahn in einem Winkel von 57 Grad um die Erde in etwa 1 800 Kilometer Höhe bringen. 50 000 Jahre später wird der Trabant von alleine mit einem spektakulären nordlichtartigen Landeanflug als Botschafter aus einer fernen Vergangenheit zur Erde zurückkehren. Ein im wahrsten Sinne des Wortes "phantastisches" Projekt hat der französische Künstler Jean-Marc Philippe mit KEO erdacht und wurde damit nicht nur von der UNESCO mit einer Ehrung ausgezeichnet, sondern bekam auch bei der Ars Electronica in Linz einen Preis für die beste Verbindung von Kunst und Internet. Denn KEO soll eine Art orbitale Flaschenpost, ein archäologisches Schatzkästchen für unsere fernen Nachkommen oder Nachfolger auf der Erde in 50 000 Jahren sein.

Im Herzen des Satelliten befindet sich eine moderne unzerstörbare Daten-Bibliothek, die alles Wissenswerte enthält, das den Menschen, seine Technik, seine Geschichte, seine Kunst und die Welt in der er lebt, betrifft. Ebenfalls an Bord: ein Fotomosaik mit menschlichen Porträts aus den verschiedenen ethnischen Gruppen. Eine Sternenuhr, mit der sich genau bestimmen lässt, wann der kugelförmige Botschafter aus der Vergangenheit losgeschickt wurde. Ein künstlicher Diamant, in dem die Elemente Erde, Luft und Wasser sowie ein menschlicher Blutstropfen in einer goldenen Hülle eingeschlossen sind. Und ein Archiv mit Nachrichten, Botschaften, Ideen und Gedanken unzähliger Menschen des 21. Jahrhunderts.

Der Clou: Jeder Erdenbürger hat die Möglichkeit, circa vier DIN-A4 Seiten mit Text (6 000 Anschläge) an Bord des Satelliten KEO zu bringen und in eine ferne Zukunft einer Erde zu schicken, die wir uns nicht einmal in unseren kühnsten Träumen ausmalen können. Denn wir wissen nicht einmal, ob es Menschen sein werden, die diese Botschaft erhalten. Die Texte die in jeder beliebigen Sprache verfasst sein können (ohne Bilder und Zeichnungen) werden unverändert und unzensuriert mit den persönlichen Daten des Autors in ein Archiv mit speziellen hitze- und strahlungsbeständigen DVDs eingeschickt.

Während seiner Reise durch die Zeit, auf der KEO mit einem guten Fernrohr am Nachthimmel zu beobachten sein wird, sind der Satellit und seine kostbare Fracht durch mehrere Schutzschichten aus Titan, Wolfram, Aluminium und Kohlenstoff vor Einschlägen, Strahlung und Hitze geschützt. Ein Metallschaum-Mantel verhindert beim Aufschlag der Kugel auf die Erde in 50 000 Jahren außerdem, dass ihr Inhalt dabei beschädigt wird.

Jenseits der Fantasie Erst ein Prozent der Zeit, seit der Menschenaffe begann, auf zwei Beinen zu gehen, sind wir in der Lage, unser Leben "intelligent" zu gestalten. In dieser erst 1 300 Generationen umfassenden Zeit fand der Fortschritt in kleinst-Schritten statt. Noch zur Französischen Revolution verfügte die Menschheit des Volkes gerade über so viel Wissen, wie wir es heute täglich auf einer Seite einer Wirtschaftszeitung finden. Die Zeit kleinster Fortschritte ist vorbei: unser Wissen erweitert sich mit jeder Generation exponentiell. Theoretisch kann sich heute jeder in Form von Informationen auf einigen CDs abspeichern lassen: Ob wir uns nach dem Tod einfrieren lassen oder verfügen, dass einige Körperzellen zwecks späterer Rekonstruktion zu speichern sind: Biologisch ist die Möglichkeit ewigen Lebens keine Utopie mehr. 50 000 Jahre sind eine lange Zeit. Wenn man bedenkt, dass sich der Fortschritt so sehr beschleunigt, dass jede Generation ein vielfaches des Wissens aufhäuft, das jene davor besaß, ist eine Vorausschau, wie diese ferne Zukunft aussehen wird, selbst für gute Science-Fiction-Autoren unmöglich. Was wir aber unseren Nachkommen besser hinterlassen können, ist das, was Archäologen heute von unseren Urahnen mühselig ausgraben und mit Fantasie erklären müssen: Was die Menschen wollten und hofften, aber auch, wie wir miteinander in einer Gesellschaft mit dem Auftrag, die eigene Geschichte zu gestalten, umgegangen sind und uns dafür eingesetzt haben, dass diese Weltgemeinschaft dieses Jahr 52 006 auch erreicht.



Rosetta

Flugbahn des Kometenjähgers Rosetta

Heute um 8.36 Uhr Donnerstag 25. 02. 2004 soll die wohl spektakulärste All - Mission Europas starten. Die Sonde "Rosetta" sucht mit filmreichen Tricks nach dem Ur - Stoff der Erde.

Aus der Sicht von "Chury", dem kleinen Eiskometen, der seit Milliarden Jahren friedlich seine Bahn durch den Weltraum zieht, muss der wohl spektakulärste Plan, den die Europäische Weltraumagentur je ausgeheckt hat, ziemlich bösartig wirken: Der nur vier Kilometer große Chury rast um 27 000 Km/h schneller als die Erde durch unser Sonnensystem. Normalerweise ist er schon dadurch unerreichbar für irdische Raketen. Trotzdem hetzen ihm die ESA-Wissenschaftler nun mit einem astronomischen Taschenspieler-Trick den Kometen-Jagdhund "Rosetta" Auf die Fersen, der nach zehn Jahren Flugzeit - kosmisch gesehen ein Wimperschlag - mit 135 000 Km/h in Chury's Windschatten hängen wird. Dann feuert Rosetta auch noch ein mit Harpunen und Bohrhaken bewehrtes Minilabor auf den Kometen ab. "Philae" verbeißt sich in den eisigen Boden, um von der geringen Schwerkraft nicht zurück in das Weltall geschleudert zu werden, und beginnt mit allerlei Gerät zu graben und zu schaben. Aus ist's mit der kometenhaften Ruhe.

Aber ESAs Wissenschaftler haben sehr ehrenhafte Motive für diese noch nie da gewesene Science-Fiction-artige Kometenjagd, die, wenn alles gut geht, heute, Donnerstag um 8.36 Uhr vom Weltraumbahnhof Kourou (Südamerika) mit einer Ariane-Rakete gestartet wird. "Rosettes" Kometenjagd hat begonnen.

Beim dritten Versuch ist die Trägerrakete Ariane 5 mit der europäischen Sonde an Bord Dienstagfrüh vom Weltraumbahnhof Kourou ins All gestartet. Die Reise von "Rosetta" zum Kometen "Tschurjumow-Gerssimenko" wird 10 Jahre dauern. Dort soll die Sonde ein Landegerät aussetzen. Von den Proben erwartet man Aufschlüsse über die Entstehung unseres Sonnensystems.

Paulo Ferri, der für die Rosetta-Mission zuständige Flugkontroll-Manager sagt: " wir wollen herausfinden, wie die Erde entstanden ist und woraus. Ist das so lebenswichtige Wasser mit dem Eis einschlagender Kometen auf unseren Planeten gekommen? Chury ist ein Himmelskörper, der seit vielen hundert Millionen Jahren fast unverändert durchs All rast. Er enthält noch den Ur-Staub von damals. Er kann uns Antwort geben. Für die Forscher ist er ein Fenster in die Kindesstube der Erde".

Kosmisches Billard mit 100 000 Km/h

Mit an Bord von Sonde und Landeroboter sind fünf Gräte, die österreichische Forscher und High-Tech-Firmen wie "Austrian Aerospace" mitentwickelt und gebaut haben. . Eines davon heißt " Midas" und ist größtenteils "Made in Austria": ein **Spezial-Mikroskop**, das Staubkörner mit einer Genauigkeit von nur einem Hunderttausendstel Millimeter mit einer Spezialnadel abtasten und untersuchen kann.

Österreich liefert wichtige Technik

Dr. Klaus Torkar, stellvertretender Projektleiter von Midas am Grazer Institut für Weltraumforschung: " Schwierig war es auch, dieses hoche sensible Gerät zu bauen, dass es die extremen Vibrationen beim Start der Ariane-Rakete überlebt". Eindrucksvoll ist jener Trick, mit dem sich Rosetta an Chury (der mit bürgerlichem Namen eigentlich "67P/ Churyumov-Gerasimenko" heißt) heranpirscht: Der Komet ist im Jahre 2014 zwar nur 480 Millionen Kilometer von der Erde entfernt. Rosetta legt aber fast sieben Milliarden Kilometer zurück, um bis in zehn Jahren von 108 000 Km/h (Erdgeschwindigkeit) auf 135 000 Km/h zu beschleunigen (siehe Graphik). Die abenteuerliche Flugbahn führt dabei dreimal an der Erde 2005, 2007, und 2009, und einmal an den Mars vorbei und nützt die Anziehungskraft der Planeten aus, um Tempo zu machen.

Ein ungeheuer präzises kosmisches Billard-Manöver der ESA-Mathematiker, das 2 014 hoffentlich zur Punktlandung auf dem Weltraumbrösel Chury führen wird. Der Roboter **Philae** wird sich am rasenden Kometen festkrallen (siehe unten).-



NASA-Jet flog fast mit 11 000 Km/h. Einen Geschwindigkeitsrekord stellte die US-Raumfahrtsbehörde NASA mit einem neuartigem Flugzeug auf. Der unbekannte Jet X-43A blieb mit einem Tempo von 9,6 Mach knapp unter der zehnfachen Schallgeschwindigkeit. Bereits im März 2004, also vor 8 Monaten hatte das futuristische Flugzeug siebenfache Schallgeschwindigkeit erreicht. Die 3,6 m lange Maschine erreichte über dem Pazifik vor der Küste von Los Angeles eine Spitzengeschwindigkeit von 10 630 Km/h . Mit dem Tempo könnte der Jet die Strecke Berlin - New York in einer halben Stunde zurücklegen. Ein umgebauter B-52 hatte den **Mini-Jet** im Huckepackverfahren in die Luft gebracht. Eine Pegasus-Rakete katapultierte X-43A in 30 Km Höhe. Nach dem Rekord stürzte das "Einweg-Flugzeug" kontrolliert ins Meer. Die NASA verspricht sich von diesem Projekt eine Alternative zum bisherigen Raketenantrieb von Flugzeugen. Denn der neue Typ verbraucht Sauerstoff aus der Atmosphäre und nicht aus einem mitgeführten Tank. Das Triebwerk könnte in Kampfflugzeuge eingebaut werden, damit diese innerhalb von zwei Stunden von den USA aus jeden Punkt der Erde erreichen können.



Internationale Raumstation ISS. Starke Magnetstürme ließen ISS pro Tag um 300 Meter sinken. Durch erhöhte Sonnenaktivität ausgelöste starke Magnetstürme haben die Internationale Raumstation ISS zuletzt um 300 Meter pro Tag sinken lassen. Seit der letzten Positionskorrektur kam die Station der Erde schon um sieben Km näher. Mit Hilfe ihrer Triebwerke soll die ISS mit ihren beiden Insassen auf eine höhere Umlaufbahn gehoben werden. (November 2004) [nach oben](#)