



Erfassung und Beseitigung von Weltraumschrott

Forscher am Institut für Technische Physik des DLR arbeiten an einer hochgenauen lasergestützten Beobachtungsmethode zur Positionsbestimmung von Weltraumschrott. Aktive Satelliten können mit den daraus berechneten Bahndaten gezielte Ausweichmanöver durchführen. Eine Weiterentwicklung des Verfahrens soll langfristig auch die Entfernung von Trümmerteilen aus dem Orbit ermöglichen.

Die Menge an Weltraumschrott nimmt jährlich um etwa fünf Prozent zu und ist auf den für die Erdbeobachtung meistgenutzten Satellitenbahnen in einer Höhe von rund 800 Kilometer besonders hoch. Insgesamt befinden sich derzeit 750.000 missionskritische Objekte mit einer Größe von über einem Zentimeter im Orbit. Lediglich ein kleiner Teil der Objekte, ab einer Größe von zehn Zentimetern, ist in der Datenbank des US Space Surveillance Network katalogisiert. Darüber hinaus sind die Bahnen dieser Objekte nur mit unzureichender Genauigkeit bekannt.

Ein lasergestütztes Messverfahren zur Positionsbestimmung von Weltraumschrott wird vom Institut für Technische Physik an dessen Forschungsobservatorium auf der Stuttgarter Uhlandshöhe entwickelt und erprobt. Ziel ist die Gewinnung von Bahndaten von Schrottteilchen mit einer Genauigkeit der Ortung von nur wenigen Metern in rund 1000 Kilometer Entfernung, so dass Satelliten gezielt ausweichen können.

Parallel hierzu wird an der Leistungskalierung gepulster Laserquellen auf Scheibenlaserbasis gearbeitet. Das Ziel ist die Bereitstellung von Systemen mit Pulsdauern von wenigen Nanosekunden, hoher Repetitionsrate und Pulsenergien im Joule-Bereich zur Entfernungsmessung von Objekten mit nur wenigen Zentimetern Durchmesser im niedrigen Erdborbit.

Monitoring and removal of space debris

Scientists at the DLR Institute of Technical Physics work on a laser-based monitoring system to determine the position of space debris with high accuracy. On the basis of the orbital data, active satellites can perform avoidance manoeuvres to prevent collisions with space debris. The development of this technology will allow, in the long term, the removal of debris from the orbit.

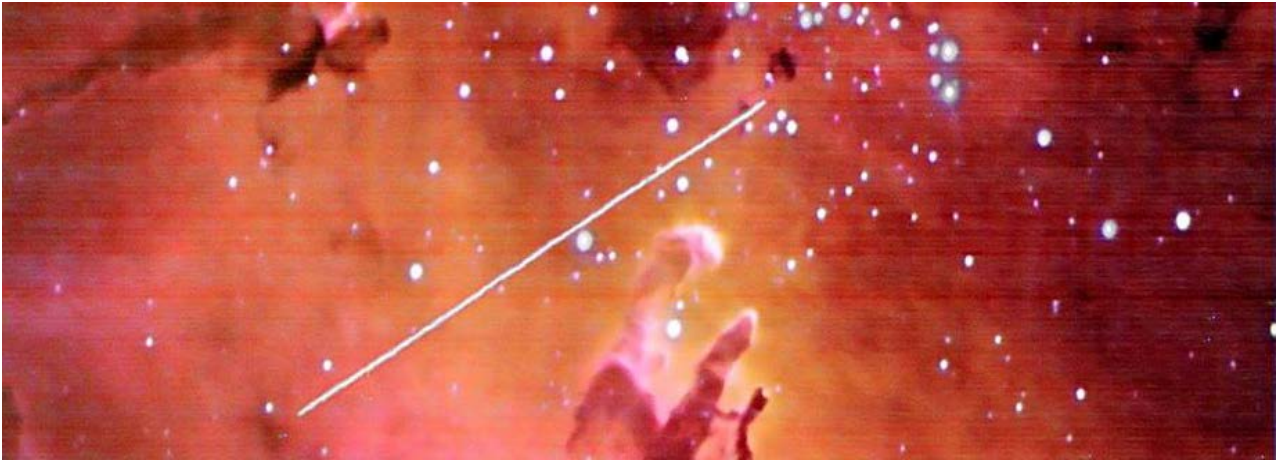
The amount of space debris increases by about five percent per year and clusters especially around altitudes of about 800 kilometres, which are used for many earth observation missions. The total number of mission-critical debris objects larger than one centimetre is currently estimated to about 750,000. Only a small fraction of this population, with a size larger than ten centimetres, are catalogued in the US Space Surveillance Network's database. However, the trajectories of the objects are known with insufficient accuracy.

The laser based monitoring technique to determine the position of orbital objects is currently being developed and tested at the space debris research observatory of the Institute of Technical Physics. The system is expected to achieve a precision of a few metres for object distances around 1000 kilometres. These positions are used subsequently to calculate the object's trajectory and to conduct determined manoeuvres with satellites.

In parallel, high-power pulsed laser sources are developed based on thin-disk laser technology. These systems are aiming at pulse durations of a few nanoseconds, high repetition rates and pulse energies of several Joules. These lasers can be used for laser-ranging of orbital objects as small as a few centimetres in low earth orbit.



Weltraumschrott-Observatorium
Stuttgart-Uhlandshöhe
Space debris research observatory
Stuttgart Uhlandshöhe



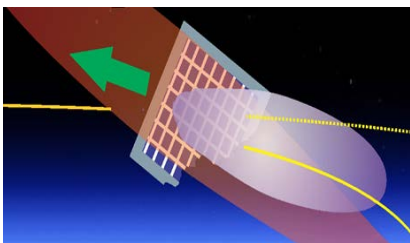
Leuchtspur eines Objekts im niedrigen
Erdorbit vor einer Galaxie

*Trace of an object in low earth orbit in front
of a galaxy*



Gefährdung von Satelliten durch Kollisionen
mit Weltraumschrott

*Close encounter of a satellite with space
debris*



Bahnänderung von Weltraumschrott durch
Rückstoß mittels laserinduzierter Ablation

*Laser induced ablation of debris material
induces a recoil momentum*

Neben der Ortung und Bahnbestimmung ist ein weiterer Schritt die Entfernung von Weltraumschrottoobjekten mit Hilfe von Lasern. Die lasergestützte Beseitigung von Weltraumschrott nutzt den bei der laserinduzierten Ablation entstehenden Impulsübertrag, um die Objekte abzu-
bremsen, so dass sie zeitnah in der Erdatmosphäre verglühen. Mit Hilfe eines gepulsten Lasers wird Material von der Oberfläche der Weltraumschrottobjekte verdampft. Dadurch entsteht ein Rückstoß, der die Bahn des Weltraummülls ändert. Simulationen erlauben die Analyse der zum Erreichen der Ablationsschwelle notwendigen Energiedichte sowie die durch die Bestrahlung erreichbaren Bahnänderungen.

Zur Beeinflussung der Bahnen von Weltraumschrott werden Laserquellen mit sehr hohen Pulsenergien benötigt. Das angestrebte Konzept sieht die kohärente Kopplung einer großen Anzahl von Einzellaserquellen vor, die alle als mehrstufige Oszillator-Verstärkersysteme realisiert werden sollen. Das Prinzip wurde bereits an kohärent gekoppelten Faserlasersystemen erfolgreich nachgewiesen.

Im Vorfeld einer Inbetriebnahme eines Systems zur Entfernung von Weltraumschrott müssen alle Voraussetzungen zum sicheren Einsatz einer solchen Anlage validiert werden. Neben der Berücksichtigung des Luftverkehrs sind auch die internationalen Regularien im Hinblick auf die Gefährdung von aktiven Satelliten zu schaffen.

The next step beyond the mere monitoring of objects is their removal. Using high power lasers, smaller objects shall be decelerated, hence, burning up in the atmosphere. The deceleration is achieved by an impulse transfer generated by laser-induced ablation. A pulsed laser is used to ablate and heat some surface material of the object. The resulting plasma jet generates a recoil which modifies the object's trajectory. Simulations are used to analyse the required energy density for ablation and the achievable changes in trajectory by laser irradiation.

To modify the orbits of space debris, laser sources with high pulse energies are required. This can be achieved by coherent coupling of a large number of laser sources, each of which contains multiple oscillator-amplifier stages. The concept has already been successfully demonstrated on coherently coupled fibre laser systems.

In preparation of a laser-based debris removal system the requirements for safe operation of such a facility must be defined. Apart from air-traffic safety issues, international regulations concerning protection of active satellites have to be established.

Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.

Institut für Technische Physik
Pfaffenwaldring 38-40
D-70569 Stuttgart

Kontakt: Wolfgang Riede
Telefon: +49 711 6862-515
Fax: +49 711 6862-788
E-Mail: Wolfgang.Riede@dlr.de
DLR.de/tp