

# Weltraummüll

## Die verkannte Gefahr in Science und Fiction

SFGH-Treffen 26.05.2018

### Science: Fact

#### **Geschichtliche Betrachtung**

Die Geschichte der Raumfahrt geht zurück auf Anfang des letzten Jahrhunderts mit der Entwicklung der Raketengleichung durch Konstantin Ziolkowski, doch die praktische Realisierung begann Jahrzehnte später im Unrechtsregime Nazideutschlands, wo beim Bestreben „Wunderwaffen“ für den deutschen Angriffskrieg zu entwickeln, erstmals die Mittel zur Verfügung standen, um den Traum zu realisieren.

1944 gelang es den Ingenieuren in Pennemünde, erstmals eine A4-Rakete über die magische Grenze von 100 Km Höhe zu bringen, was nach allgemeiner Definition die Grenze zum Weltall darstellt. Glücklicherweise verlor Deutschland den Krieg, und so kamen die beiden Siegermächte USA und Sowjetunion in den Besitz der entwickelten Raketentechnik, was in den darauf folgenden Jahrzehnten zum berühmten **Wettrennen ins All** führte:

1957 gelang es der Sowjetunion erstmals, mit Sputnik 1 einen Satelliten in die Erdumlaufbahn zu schicken. Zwar verglühte Sputnik 1 nach 92 Tagen in der Erdatmosphäre, doch die nachfolgenden Jahrzehnte entwickelte sich die Raumfahrt immer schneller und es wurden immer mehr Raumfahrttechnik in die Erdumlaufbahn geschickt. Hier ein paar Meilensteine:

1961 wurde erstmals mit **Juri Gagarin** ein Mensch in den Orbit geschossen, 1963 folgte mit **Walentina Tereschkova** die erste Frau (beide Sowjetunion). 1969 setzte Nils Armstrong für die USA seinen Fuß auf unseren Erdtrabanten, und als dieses Wettrennen entschieden war, begann der Wettlauf um die Eroberung und Nutzung des erdnahen Weltalls.

Die Sowjetunion brachte 1971 mit **Saljut 1** die erste Raumstation in den Orbit, die Amerikaner folgten nach Ende des Apollo-Mondprogramms 1972 mit der **Skylab-Mission** auf Grundlage noch vorhandener Saturn-5-Raketenteile. Es wurde klar, dass die beiden Antagonisten des Kalten Krieges den erdnahen Raum als Ressource nutzen wollten, sowohl militärisch wie auch zu ziviler industrieller Forschung.

1979 startete die erste gemeinsame Europäische Trägerrakete **Arianne 1**, die als Nutzlast kommerzielle und wissenschaftliche Satelliten in den Orbit brachte.

1981 folgte der Erstflug des amerikanischen **Space Shuttles Columbia**, womit man sich ursprünglich eine Kostensenkung für Raketenstarts erhoffte. Leider blieb dieses aus, so dass nur die gewaltige Nutzlast von fast 30 Tonnen als Vorteil blieb, was sich später beim Bau der ISS bezahlt machte.

1986 errichtete die Sowjetunion den ersten ständig bemannten Orbitalkomplex namens **MIR**, die dabei gemachten Erfahrungen flossen dann in die Entwicklung und den Aufbau der Internationalen Raumstation ISS ab 1998 ein.

2003 wurde der erste chinesische Astronaut in den Orbit geschossen.

2008 wurde mit der indischen Raumsonde Chandrayaan 1 die erste Mondmission eines Entwicklungslandes auf den Weg gebracht.

2011 wurde dann die chinesische Raumstation Tiangong 1 in den Orbit gebracht.

Man sieht, dass inzwischen die Nutzung des Weltraums nicht nur von den ursprünglichen Supermächten USA und Russland (früher Sowjetunion) vorangetrieben wird, sondern weltweit von allen Industrie- und Schwellenländern, gar nicht zu sprechen von multinationalen Konzernen, die den Erdborbit kommerziell nutzen.

Schon vor der Mondlandung wurde 1965 der erste kommerzielle **Nachrichtensatellit** Intelsat 1, auch „Early Bird“ genannt, in den Orbit geschossen. Damit begann die kommerzielle Nutzung des Weltalls, was in den letzten Jahrzehnten zu einer Verlagerung der interkontinentalen Nachrichteninfrastruktur in den Orbit geführt hat. **Wettersatelliten** warnen uns vor Unwetterlagen, und ermöglichen ziemlich genaue Vorhersagen, wenn auch nur für wenige Tage, was wichtig für die Landwirtschaft und Tourismus ist. **Navigationsatelliten** versorgen uns mit exakten Standortinformationen und ermöglichen es uns, digital gelenkt mit unseren Autos durch die Republik zu fahren (und dem Militär, ihre Marschflugkörper exakt in jedes beliebige Ziel zu lenken, wofür diese Technik ursprünglich entwickelt wurde). Diese Technik ist zudem Voraussetzung für zukünftige autonom fahrende Autos bzw. sonstige automatisiert gelenkte Verkehrsmittel.

Die Bedeutung des Erdnahen Weltraums für die Industrie- und Entwicklungsländer dieses Planeten ist also nicht hoch genug einzuschätzen. Insofern ist es umso erstaunlicher, dass erst in den letzten 10 Jahren ein Bewusstsein dafür entstand, wie sorglos wir mit dieser Ressource umgegangen sind, und das, obwohl schon 1978 der amerikanische Astronom **Donald J. Kessler** vor dieser Gefahr warnte. Er hatte Fragmentationsprozesse im Asteroidengürtel statistisch modelliert und übertrug dies als NASA-Mitarbeiter auf die Objekte in Erdnähe. **1978** warnte er, dass die Raumfahrt für kommende Generationen riskanter werde. Kollisionen zwischen kleinen Objekten sind sehr unwahrscheinlich, weil diese sich meist verfehlen. Kollisionen zwischen den vergleichsweise wenigen großen Objekten sind ebenfalls unwahrscheinlich. Die Zahl der kleinen Objekte nimmt also hauptsächlich durch Kollisionen mit großen Objekten zu. Dabei kann die Sprengkraft aus der kinetischen Energie des Impaktors das größere Objekt fragmentieren. Kessler empfahl, möglichst bald von der damals gängigen Praxis abzukommen, große Objekte wie Nutzlastverkleidungen, ausgebrannte Oberstufen und ausgediente Satelliten einfach im Orbit zu belassen. Das würde die gefährliche Entwicklung verlangsamen, aber nicht verhindern. Im zu Ehren wurde diese kaskadierende Zunahme kleiner Objekte des Weltraummülls **Kessler-Syndrom** oder auch **Kessler-Effekt** genannt.

Wirklichkeit wurde diese düstere Vorhersage im Jahre 2009: Am 10. Februar 2009 ereignete sich die erste **Satellitenkollision** in der Erdumlaufbahn. Es handelte sich um die Kommunikationssatelliten Iridium 33 und Kosmos 2251 der Systeme Iridium bzw. Strela. Beide operierten in knapp 800 Kilometer Höhe. Durch die Kollision mit der enormen

Relativgeschwindigkeit von 11,6 km/s entstanden über 100.000 Bruchstücke, die groß genug sind, um über Jahrzehnte im Orbit zu bleiben und im Falle eines Treffers schweren Schaden anzurichten. 2201 größere Bruchstücke dieses Weltraummülls (Radar-Grenzgröße 5 bis 10 cm) sind katalogisiert, 380 davon bisher durch Luftreibung abgestürzt (Stand Januar 2013). Mehrfach schon flog die Internationale Raumstation (ISS) Ausweichmanöver, wenn eines dieser Teile auf die Bahnhöhe der Station abgesunken war und ein Impact nicht sicher ausgeschlossen werden konnte.

Doch schon 2007 erfolgte eine **bewusste Satellitenkollision** als Machtdemonstration:

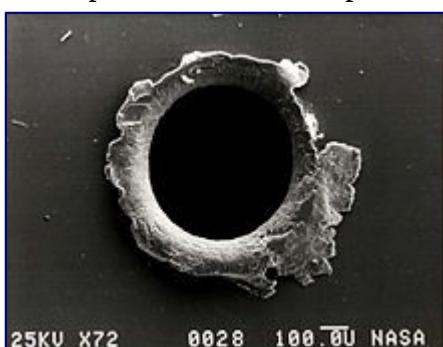
Fengyun-1C (FY-1C; [chinesisch](#) Wind und Wolken) war ein [chinesischer Wettersatellit](#) der [Fengyun](#)-Reihe, der am 10. Mai 1999 in eine etwa 849 bis 868 km hohe polare Umlaufbahn ([Bahnneigung](#) 98,6°) gestartet wurde. Seine aufsehenerregende Zerstörung am 11. Januar 2007 durch eine bodengestützte [Mittelstreckenrakete](#) brachte den ausgedienten Satelliten weltweit in die Schlagzeilen. Es handelte sich dabei um den ersten direkten Abschuss eines Weltraumfahrzeugs von der Erdoberfläche aus. Die [Antisatellitenrakete](#) wurde vom chinesischen [Weltraumbahnhof Xichang](#) gestartet und kollidierte mit dem Zielobjekt, das völlig zerstört wurde. Fengyun-1C zerbrach dabei in über 40.000 Trümmerteile von über einem Zentimeter Durchmesser und viele Millionen kleinerer Stücke, schätzten US-amerikanische Experten. Diese wurden auf sehr viele verschiedene Bahnen geschleudert – auch solche, die große Höhen erreichen. Besorgniserregend sei deshalb die Gefahr, die für andere Raumfahrtunternehmen von derartigem [Weltraummüll](#) stets ausgehe.

## Aktuelle Lage:

**Weltraummüll**, auch **Weltraumschrott**, besteht aus künstlichen Objekten ohne Gebrauchswert, welche sich in einer [Umlaufbahn](#) um die Erde befinden und eine Gefahr für die [Raumfahrt](#) darstellen.

Laut Modellen, wie zum Beispiel MASTER-2005 (Meteoroid and Space Debris Terrestrial Environment Reference) von der [ESA](#), befinden sich über 600.000 Objekte mit einem Durchmesser größer als 1 cm in Umlaufbahnen um die Erde. Etwa 13.000 Objekte ab 5 cm werden mithilfe des US-amerikanischen [Space Surveillance Systems](#) kontinuierlich beobachtet. Das *Joint Space Operations Center* des [United States Strategic Command](#) wusste 2009 von über 18.500 vom Menschen hergestellten Himmelskörpern.

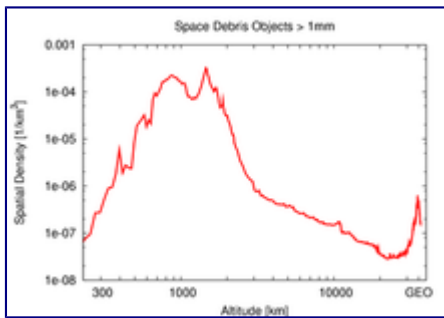
Im Rahmen von Messkampagnen werden mit [Radaranlagen](#) und [Teleskopen](#) sporadische Messungen durchgeführt, um kleinere Objekte wenigstens statistisch zu erfassen und Weltraummüllmodelle wie MASTER zu validieren. Das gelingt per [bistatischem Radar](#) mit dem [Goldstone-Radioteleskop](#) bis zu 2 mm Durchmesser für Objekte im [erdnahen Orbit](#) (LEO). Für den [geostationären Orbit](#) (GEO) haben optische Teleskope die geringere Grenzgröße: 10 cm erreicht das ESA Space Debris Telescope am [Teide-Observatorium](#) auf Teneriffa.



Einschlag in den Solarzellenflügel des [SMM](#)-Satelliten. Das Loch hat 0,5 mm Durchmesser, der Impaktor deutlich weniger

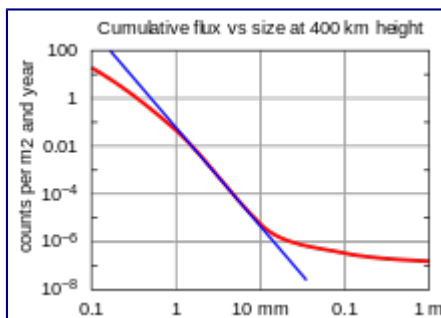
Eine weitere Quelle für Informationen über die Verteilung von Weltraummüll sind zurückgeführte Satellitenoberflächen. Dazu zählen unter anderem die Solarzellen des [Hubble-Weltraumteleskops](#). Auf letzteren wurde eine Vielzahl an Einschlagkratern erfasst und ausgewertet. [Spektroskopische](#) Analysen ermöglichten Rückschlüsse auf die Zusammensetzung und somit mögliche Quellen der eingeschlagenen Objekte.

## Verteilung



Höhenabhängigkeit der [Anzahldichte](#) von Teilchen größer als 1 mm. Daten von 2001

Die Teilchenzahl variiert mit der Höhe. Unterhalb 400 km verglühen sie innerhalb weniger Jahre. In den von Satelliten bevorzugt genutzten Umlaufbahnen von 600 km bis 1500 km ([sonnensynchroner Orbit](#)) und 36.000 km (geostationärer Orbit) reichern sie sich an.



Anzahl pro m<sup>2</sup> und Jahr in Abhängigkeit von der Teilchengröße

Der Teilchenfluss (Anzahl von Teilchen, die eine Fläche von einem Quadratmeter pro Jahr passieren) variiert mit der Größe. Über mehrere Größenordnungen folgt die gemessene Verteilung (rote Kurve im Diagramm) einem [Potenzgesetz](#) mit Exponent 4 (blaue Gerade). Diese Teilchen sind [Meteoroide](#) natürlichen Ursprungs. Die Abweichung für Teilchen kleiner als 0,1 mm

verursacht der Sonnenwind. Oberhalb von 10 mm dominiert der Weltraummüll.

## Risiken

Die Relativgeschwindigkeit zwischen Weltraummüll und einem erdnahen Satellit mit hoher Inklination der Bahn beträgt größenordnungsmäßig zehn Kilometer pro Sekunde. Aufgrund der hohen Geschwindigkeit besitzt ein Teilchen mit 1 g Masse eine Energie von 50 kJ, was der Sprengkraft von etwa 12 g [TNT](#) entspricht, sodass sowohl das Teilchen als auch das unmittelbar getroffene Material explodieren.

Die bemannten Module der [Internationalen Raumstation](#) (ISS) sind mit doppelwandigen Meteoroidenschutzschilden ([Whipple-Schild](#)) ausgestattet und können aufgrund der durch den Einschlag in die erste Wand erzeugten Streuwirkung Einschlägen von Weltraummüll von mehreren Zentimeter Durchmesser widerstehen.

Bereits jetzt ist auf einigen Umlaufbahnen die durch Einschläge von Weltraummüll hervorgerufene Ausfallwahrscheinlichkeit operationeller Satelliten nicht mehr vernachlässigbar. Selbst Einschläge

kleinerer Partikel bis in den Submillimeterbereich können empfindliche Nutzlasten beschädigen oder Raumanzüge perforieren.

Viele Raumfahrzeuge, wie die früheren [Space Shuttles](#) oder die Internationale Raumstation, aber auch Satelliten wie der Erdbeobachtungssatellit [Envisat](#) sind in der Lage, notfalls Ausweichmanöver durchzuführen, um eine als nicht unwahrscheinlich (Wahrscheinlichkeit  $p = 1/10.000$ ) eingestufte Kollision mit einem der etwa 13.000 Objekte, deren Bahnen kontinuierlich verfolgt werden, zu vermeiden. Im Jahr 2004 musste Envisat bereits zwei solcher Manöver durchführen. [Raumfahren](#) wie zum Beispiel die [Discovery](#) mussten insgesamt sechs Ausweichmanöver fliegen. Die ISS hat bis 2009 acht Ausweichmanöver erfolgreich durchgeführt.

Die direkte Kollision zweier größerer Stücke wie Satelliten oder alter Raketenstufen wird aktuell mit einem Ereignis alle 10 Jahre eingeschätzt.

## Mengen

Bis zum Frühjahr 2010 erfolgten in 50 Jahren Raumfahrt etwa 4700 Raketenstarts mit gut 6100 Satelliten. Davon verblieben 15.000 Bruchteile von Raketen und Satelliten, bis zu kompletten Oberstufen. Nach dem USA-Katalog sind das 15.000 Objekte von mindestens zehn Zentimeter Größe, vermutlich kommen noch 7000 geheimgehaltene Objekte hinzu. Wird die Mindestgröße auf einen Zentimeter gesenkt, werden 600.000 Objekte geschätzt, zu denen noch etwa eine Million kleinere Teilchen hinzukommen. Daraus ergibt sich die Gesamtmasse an Weltraummüll von etwa 6300 Tonnen, wovon 73 % der Objekte sich im erdnahen Orbit (LEO) befinden, allerdings sind dies von der Gesamtmasse nur 40 %, also etwa 2700 Tonnen. Besonders betroffen ist die Höhe von 800 Kilometern, die bevorzugte Flugbahn der Aufklärungssatelliten. Die ISS fliegt zwischen 350 und 400 Kilometern; sie musste bislang mehrmals Objekten ausweichen, die größer als ein Zentimeter sind. Im geostationären Orbit (GEO) in 36.000 Kilometer Höhe um die Erde befinden sich zwar nur 8 % der Bruchstücke, aber hier kreisen die großen tonnenschweren Telekommunikationssatelliten mit einem geschätzten Gesamtgewicht von 33 %, also etwa 2000 Tonnen. Die restlichen 19 % der Objekte mit 27 % der Masse befinden sich auf anderen Bahnen.

„Selbst wenn man heute mit der Raumfahrt aufhörte, würde die derzeitige Trümmermasse im Orbit ausreichen, [auf Grund des Kaskadeneffektes ...] um immer neue Trümmer entstehen zu lassen. [...] Die Zunahme des Weltraummülls kann langfristig dazu führen, dass bestimmte Orbits für die Raumfahrt sonst nicht mehr genutzt werden können.“ Heiner Klinkrad (Leiter des Space Debris Office der ESA in Darmstadt.)

2009 erfolgten 80 Raketenstarts mit Satelliten, Shuttles und Weltraumsonden. In den kommenden Jahren sind alleine für Navigationssysteme 100 neue Satelliten für den Orbit in 21.000 bis 26.000 Kilometer Höhe vorgesehen.

## **Gegenmassnahmen**

Um **zukünftigen Schrott** zu verhindern, wurden Regeln aufgestellt, die leider nicht verbindlich sind, sondern nur Empfehlungen darstellen:

### **Abfall vermeiden**

Raumfahrzeuge sollen während ihrer Missionen möglichst wenig Abfall abwerfen. Zum Beispiel werden Abdeckklappen, Adapter und Sprengbolzen nicht mehr einfach abgetrennt.

### **Explosionen vermeiden**

Während und nach Ende ihrer Mission sollten Raumfahrzeuge nicht explodieren - weder planmäßig noch versehentlich. Treibstofftanks und Batterien vollständig zu leeren, verringert das Risiko.

### **Verglühen in geringer Höhe**

Falls Selbstzerstörungs-Mechanismen getestet oder Satelliten absichtlich zerschossen werden, geschieht dies auf einer geringen Höhe, so dass die Bruchstücke schnell in der Atmosphäre verglühen.

### **Friedhofsbahn**

Haben Satelliten ausgedient, werden sie auf eine "Friedhofsbahn" gebracht, wo sie für andere Raumfahrzeuge keine Gefahr darstellen.

### **Zum Verglühen absenken**

Alternativ werden Satelliten und Raketenoberstufen so weit abgesenkt, dass sie entweder gleich oder innerhalb von 25 Jahren in der Atmosphäre verglühen.

### **Daten verfügbar machen**

Zusammenstöße können vermieden werden, wenn die dafür notwendigen Daten etwa zu Flugbahnen verfügbar sind.

Was aber kann man gegen den schon **vorhandenen Schrott** unternehmen?

## **Laser**

Im Zuge der Entwicklung eines Systems, das Weltraumschrott erfassen und vermessen kann, wurde am Anfang des Jahres 2012 vom DLR, in Zusammenarbeit mit der Laserstation Graz des Instituts für Weltraumforschung (IWF) der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW), ein Hochleistungslaser erfolgreich getestet. Er sendet Pulse aus und erfasst dadurch auch Objekte, die nur wenige Zentimeter groß sind. Beim Test im All vermaß er insgesamt 20 Raketenteile, die eine Gesamtgröße von mehreren Metern hatten, und nahm deren Entfernung zur Erde auf.

Prof. Adolf Giesen, Leiter des DLR-Instituts für Technische Physik, sieht seine Ideen damit bestätigt. Geplant ist die Erstellung eines Katalogs, der vor allem kleine Schrottteile enthält.

Danach könnte ein weiterer Laser die Schrottteilchen vernichten. Wenn er auf ein Weltraumschrottteil trifft, bringt er das Material an der Oberfläche zum Verdampfen. Dadurch wird das Teilchen langsamer. Innerhalb weniger Jahre würde es absinken und durch die Reibung mit den zahlreicher werdenden Atmosphärenteilchen verglühen.

## **Metallwolke**

Um die größeren Weltraumschrottteilchen aus dem All zu entfernen, haben Gurudas Ganguli und seine Kollegen vom „US Naval Research Laboratory“ 2011 die Methode der **Metallwolke** entwickelt. Raketen sollen circa 20 Tonnen Staub des Schwermetalls Wolfram in den Weltraum in eine Höhe von 900 – 1.100 km befördern und dort freisetzen. Die Staubpartikel, die nur 30 Millionstel Meter, groß sind, würden sich gleichmäßig im Orbit verteilen und an die Schrottteile heften. Diese würden dadurch schwerer werden und innerhalb einiger Jahre deutlich an Höhe verlieren, bis sie schließlich in der Atmosphäre verglühen. Auf aktive Satelliten im LEO hat die Staubwolke, laut Ganguli, keinen Einfluss. Die Dichte der Staubpartikel sei für die „Räumarbeiten“ hoch genug, doch Satelliten würden nicht gestört werden. Es ist allerdings noch nicht geklärt, inwieweit die Staubwolke erdgestützten Teleskopen den Blick ins All erschweren würde. Insofern ist die Metallwolke noch nicht einsatzfähig.

## **Fangnetz und Harpune**

Mit [RemoveDEBRIS](#) forscht die britische University of Surrey bereits seit mehreren Jahren an einer wie sie es selbst nennt: „aktiven Bruchstücke-Beseitigungstechnologie“. Diese soll nun mit einem Prototypen von der [Größe eines Backofens](#) erprobt werden, der im Laufe des Jahres 2018 auf der ISS zusammengebaut und für einen Testlauf ins All entlassen werden soll. Dabei werden zunächst zwei kleine CubeSat-Satelliten als Weltraumschrott erhalten. Der erste soll mit einem Netz eingefangen werden, das aus einer Klappe abgeschossen wird. Der zweite Mini-Satellit dient hingegen, um die Erfassungs- und Navigationssysteme zu erproben.

In einem weiteren Test wird über einen Teleskoparm eine Platte ausgefahren, die mit einer Harpune durchbohrt werden soll. Abschließend soll das Gerät ein Segel entfalten, durch dessen Bremswirkung beim Wiedereintritt in die Atmosphäre sichergestellt wird, dass der 100 Kilogramm schwere Kubus restlos verglüht.

Durch den Testlauf soll gezeigt werden, wie akkurat die beiden Fangsysteme funktionieren und ob sie praktikabel für einen langfristigen Einsatz sind. Denn das von *Airbus Defence and Space* in Deutschland mitkonzipierte Netz wäre eine vergleichsweise sichere aber auch teure Lösung. Wohingegen die Harpune eine recht günstige Fangmethode darstellt, die aber ein höheres Risiko birgt. Denn die Schrottteile könnten sich beim Durchbohren in kleinere Fragmente aufspalten.

Zudem soll auch die Effizienz des neuartigen Bremssegels geprüft werden. Das könnte nämlich zum Standard für größere Satelliten und anderen Konstruktionen werden — zum Beispiel für Raumstationen wie der erst [kürzlich abgestürzten Tiangong 1](#). Ein solcher Fallschirm würde die Gefahr minimieren, dass beim einem Wiedereintritt Bruchstücke nicht ganz verglühen und dann auf die Erdoberfläche stürzen.

# Fiction: Film und Anime

## **Gravity (Film)**

Der altgediente [Astronaut](#) Matt Kowalski und [Missionsspezialistin](#) Dr. Ryan Stone sind gemeinsam mit drei anderen Astronauten in einem [Space Shuttle](#) namens „Explorer“ mit der Missionsnummer [STS-157](#) im [Weltall](#). Es ist Matt Kowalskis letzter Einsatz vor seinem Ruhestand. Für die Biomedizinerin Dr. Ryan Stone hingegen ist es der erste Flug im Space Shuttle und erster Außeneinsatz im All. Die beiden Astronauten führen mit einem dritten Kollegen Reparaturarbeiten durch. Sie erfahren, dass ein russischer Satellit zerstört wurde und die [Trümmerteile](#) im Orbit treiben. Da diese sich aber auf einer anderen Umlaufbahn als die Astronauten befinden und laut Houston keine Gefahr besteht, setzen die Astronauten ihre Arbeit zunächst fort.

Nach kurzer Zeit geht von Houston ein Funkspruch ein, dass die Trümmerteile des russischen Satelliten andere Satelliten getroffen haben, sich das Trümmerfeld dadurch erheblich vergrößert hat und nun Teile auf derselben Umlaufbahn auf die Astronauten zurasen. Weil nun doch Gefahr besteht, soll der Außeneinsatz abgebrochen werden. Kowalski und Stone versuchen in das Shuttle zu gelangen. Doch die Trümmerteile schlagen kurz darauf ein und verletzen den dritten Astronauten tödlich. Durch die Einschläge werden die „Explorer“ und das Hubble-Teleskop zerstört. Der Funkkontakt zur Bodenstation reißt ab, Kowalski und Stone werden vom Schiff weggeschleudert. Stone wird hinaus ins Weltall gestoßen und dreht sich um ihre eigene Achse. Trotzdem kann sie Funkkontakt mit Kowalski aufnehmen, der sie zu beruhigen versucht, da die Sauerstoffvorräte ihres Raumanzuges einen kritisch niedrigen Wert erreicht haben. Er kann sie von ihrer Panik befreien, und kurz danach bewegt er sich mittels der Schubdüsen seines [Düsenrucksacks](#) zu ihrer Position. Zurück am Shuttle angelangt, finden sie die leblosen Körper der restlichen Crew vor, da die Satellitentrümmer die Außenhülle des Space Shuttles und seine Lebenserhaltungssysteme zerstört haben. Kowalski gibt als neues Ziel die [Internationale Raumstation](#) ISS vor, damit sie dort eine der vorhandenen Rettungskapseln für den Wiedereintritt in die Erdatmosphäre nutzen können. Sie machen sich mit Hilfe der Schubdüsen von Kowalskis Raumanzug auf den Weg dorthin.

Als die ISS in Sichtweite gerät, müssen sie feststellen, dass auch diese von den Trümmern beschädigt wurde und dass bei der nach erfolgter Notfalleвакуierung verbliebenen [Sojus](#)-Raumkapsel der Bremsschirm ausgelöst wurde. Zudem ist der Treibstoff für Kowalskis Raumanzug aufgebraucht, und so werden die beiden Astronauten gegen die Außenhülle der ISS geschleudert und drohen wieder ins All zurückgeworfen zu werden. Der Bremsfallschirm der Rettungskapsel verhindert dies zunächst, da sich Stone in den Fallschirmleinen verfängt. Jedoch droht sich dieser Halt zu lösen, und Kowalski fasst den Entschluss, die Gurtverbindung mit Stone zu lösen, damit sich wenigstens Stone retten kann. Obwohl Stone dagegen protestiert, klinkt Kowalski sich aus und treibt unerreichbar für Stone in die Umlaufbahn der Erde. Stone rettet sich auf letzte Weisung von Kowalski in das Innere der ISS. Sie gelangt in eine Druckschleuse, in der sie die Sauerstoffzufuhr aktiviert und sich ihres Raumanzuges entledigt.

Sie kann sich in eine Raumkapsel retten und diese mit Hilfe der Steuerrüden auf die nahe gelegene chinesische Raumstation [Tiangong](#) ausrichten. Da das Haupttriebwerk der Kapsel jedoch nicht



zündet, bleibt die Station unerreichbar. Stone treibt nun mit der Kapsel im Orbit und verzweifelt an ihrer Situation. Durch ständige Funkversuche schafft sie es zwar, mit einem Menschen in Kontakt zu kommen, aber dieser stellt sich als [grönländisch](#) sprechender Fischer<sup>[4]</sup> heraus.

Stone will sich das Leben nehmen, als Kowalski in seinem Raumanzug an die Außenhülle der Kapsel klopft und in das Innere gelangt. Dieser geht nicht darauf ein, wie er zurück zu Stone gelangen konnte, und schlägt vor, mit Hilfe der Bremsraketen der Kapsel zur chinesischen Raumstation *Tiangong* zu gelangen. Er versucht, Stone Mut zu diesem Unterfangen zu machen, und hält sie so von der Selbsttötung ab. Die Erscheinung Kowalskis stellt sich als Halluzination heraus und Stone wird klar, dass sie sich sein Auftauchen und die Unterhaltung zwischen ihnen beiden halluziniert hat. Dennoch fasst sie dadurch neuen Mut und macht sich nun mit Hilfe der russischen Bedienungsanleitung daran, die Kapsel auszuklinken und die Bremsraketen zu aktivieren, damit sie der entstehende Schub zur chinesischen Raumstation bringt. Dort angelangt, kann sie aus der russischen Kapsel aussteigen und sich mit Hilfe des Rückstoßes eines Feuerlöschers, den sie von der ISS mitnehmen konnte, zur Eintrittsluke der chinesischen [Shenzhou](#)-Rettungskapsel an der Raumstation manövrieren. Die Raumstation wurde jedoch ebenfalls beschädigt und befindet sich im unkontrollierten Wiedereintritt in die Erdatmosphäre. Stone gelingt es die chinesische Rettungskapsel von der Raumstation zu lösen und landet in einem See auf der Erde.

Am Ufer des Sees angelangt, ist sie überwältigt von dem Gefühl, erstmals wieder *sicheren Boden* unter sich zu haben. Sie kann nur mit Mühe aufrecht stehen und gehen. Amerikanische Funksprüche in der chinesischen Kapsel kündigten zuvor während der letzten Flugphase der Kapsel an, dass der Wiedereintritt Stones bemerkt wurde und sich Hilfe auf dem Weg befindet.

## Planetes (Anime)

**Planetes** ([jap.](#) [プラネテス](#)) ist ein [Manga](#) (Comic) von [Makoto Yukimura](#), der auch als [Anime](#) umgesetzt wurde. *Planetes* ([ΠΛΑΝΗΤΕΣ](#)) ist das [griechische](#) Wort für Wanderer, von dem sich auch das Wort [Planet](#) ableitet. Der Manga ist im Genre [Science Fiction](#) anzusiedeln.

Handlung: Im Jahr 2075 gehört die bemannte [Raumfahrt](#) zum täglichen Leben. Allerdings hat dadurch die Verschmutzung des [Erdorbits](#) durch [Weltraummüll](#) ein derartiges Ausmaß angenommen, dass sie eine große Bedrohung für Raumschiffe und Raumstationen darstellt. Die Trümmerräumungsabteilung der Technora Corporation gilt als Sammelbecken für die inkompetentesten Mitarbeiter der Firma. In Wirklichkeit aber ist es ein hochspezialisiertes Team von Piloten und Astronauten, die ihr Bestes geben, das Weltall von Schrott zu befreien und zu einem sichereren Ort zu machen. Unter ihnen sind Ai Tanabe, das jüngste Mitglied der Truppe, und Hachirota „Hachimaki“ Hoshino.

*Planetes* erschien von 2000 bis 2004 im [Seinen](#)-Magazin [Morning](#) bei [Kodansha](#) und wurde in vier Bände zusammengefasst. Auf Deutsch erschien der Manga komplett bei [Planet Manga](#). Der vierte Band wurde in Deutschland, wie in den USA, wo der Manga bei [Tokyopop](#) erschien, wegen der großen Seitenzahl in zwei Bände aufgeteilt.

## **UFO (Fernsehserie)**

GB 1970–1973

Staffel 1, Folge 6

### **6. Falle im Weltraum (Conflict)**

Staffel 1, Folge 6 (47 Min.)

Straker versucht General Henderson, den Vorstehenden der astrophysischen Kommission, davon zu überzeugen, den erdnahen Weltraum von Weltallschrott zu befreien, damit die UFOs diesen nicht als Deckung benutzen können. Doch dem General sind die Kosten dafür zu hoch. Kurz darauf löst sich aus dem Schutz des Weltraumschrotts eine außerirdische Sonde und heftet sich an eine Luna-Fähre von S.H.A.D.O ... . (Text: Family TV)

Deutsche Erstaussstrahlung: Di 20.07.1971 ZDF

Original-Erstaussstrahlung: Mi 07.10.1970 itv

Zusammengestellt von Fred Körper

unter Nutzung folgender Quellen:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Weltraumschrott>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Friedhofsorbit>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Kessler-Syndrom>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Raumschiff-Friedhof>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Satellitenkollision> am 10. Februar 2009

<https://de.wikipedia.org/wiki/Fengyun-1C>

<https://www.br.de/themen/wissen/weltraumschrott-satelliten-bruchstuecke-100.html>

<https://www.golem.de/news/raumfahrt-mit-lasern-gegen-weltraumschrott-1312-103647.html>

<https://www.golem.de/news/raumfahrt-weltraummuell-raeumkommando-mit-laserkanonen-1801-132220.html>

[http://www.dlr.de/schoollab/Portaldata/24/Resources/dokumente/op/seminar\\_lab/w-seminare/2013/Katharina\\_Rieke\\_-\\_Weltraumschrott.pdf](http://www.dlr.de/schoollab/Portaldata/24/Resources/dokumente/op/seminar_lab/w-seminare/2013/Katharina_Rieke_-_Weltraumschrott.pdf)