

SCHUTZ DER KRITISCHEN INFRASTRUKTUR RAUMFAHRT

Grundlage für resiliente technische Basisinfrastrukturen sowie unverzichtbare sozioökonomische Dienstleistungsinfrastrukturen

Dr.-Ing. Dennis Göge,
Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner

Abstract:

Today, nearly all technical basic infrastructures, as well as essential socio-economical service infrastructures, depend on high-tech sector space. Thus, space is a critical infrastructure which should be protected. With the foundation of the German Space Situational Awareness Centre (GSSAC), Germany has established the premise to protect space assets in terms of the overall system of national security. However, the protection of space is not mentioned explicitly in the National Strategy for Critical Infrastructure Protection (CIP Strategy) of the German Federal Ministry of the Interior. In this publication, the dependency of the economy, society, politics and state on space infrastructure will be addressed first. Thereafter, protective measures will be analyzed and assessed on the basis of natural, artificial and intentional risks. Finally, the actual project results of the various DLR institutes will be presented which should ensure an effective and reliable space infrastructure in the future.

Kurzfassung:

In der heutigen Zeit hängt die überwiegende Anzahl der technischen Basisinfrastrukturen sowie auch der unverzichtbaren sozioökonomischen Dienstleistungsinfrastrukturen von der Hochtechnologie Raumfahrt ab bzw. ist unverzichtbar mit ihr verknüpft. Somit ist die Raumfahrt selbst zu einer kritischen Infrastruktur geworden, die es zu schützen gilt. Während Deutschland mit der Gründung des Weltraumlagezentrums (WRLageZ) die Voraussetzung geschaffen hat, den Schutz der Raumfahrt zentral im Sinne einer gesamtstaatlichen Sicherheitsvorsorge wahrnehmen zu können, wird die Thematik in der „Nationalen Strategie zum Schutz kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie)“ des Bundesministerium des Innern (BMI) nicht explizit adressiert. In dieser Veröffentlichung wird zunächst die Abhängigkeit von Gesellschaft, Wirtschaft und Politik bzw. Staat in Bezug auf die Raumfahrtinfrastruktur dargestellt. Anschließend werden Schutzmaßnahmen auf Basis von klassifizierten natürlichen, künstlichen und vorsätzlichen Gefahren analysiert und bewertet. Aktuelle Arbeiten der DLR-Institute und -Einrichtungen zeigen Lösungen auf, die zukünftig eine intakte und vor allem zuverlässige Raumfahrtinfrastruktur gewährleisten sollen.





Abbildung 2: Galileo-Satelliten Kontrollzentrum beim DLR in Oberpfaffenhofen.

© DLR

Einleitung

■ Kritische Infrastrukturen sind Organisationen und Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden, [1]. In [1] werden diese kritischen Infrastrukturen aufgrund ihrer technischen, strukturellen und funktionellen Spezifika in unverzichtbare technische Basisinfrastrukturen und unverzichtbare sozioökonomische Dienstleistungsinfrastrukturen eingeteilt. Zu den technischen Basisinfrastrukturen gehören neben der Energieversorgung und den Informations- und Kommunikationstechnologien der Bereich Transport und Verkehr sowie die (Trink-)Wasserversorgung und Abwasserentsorgung. Das Gesundheitswesen und der Bereich Ernährung sowie das Notfall- und Rettungswesen inkl. Katastrophenschutz gehören neben Parlament, Regierung, öffentliche Verwaltung und Justizeinrichtungen ebenso zu den sozioökonomischen Dienstleistungsinfrastrukturen wie das Finanz- und Versicherungswesen oder die Bereiche Medien und Kulturgüter. Die Hochtechnologie Raumfahrt wird nicht explizit aufgeführt, obwohl bereits heute ein Großteil der technischen Basisinfrastrukturen sowie auch die unverzichtbaren sozioökonomischen Dienstleistungsinfrastrukturen von der Raumfahrt abhängen bzw. unverzichtbar mit ihr verknüpft sind – analog der heute voranschreitenden, durchgreifenden Digitalisierung der technischen Basisinfrastrukturen.

Derzeit befinden sich weltweit ca. 1.400 operationelle Raumfahrtsysteme im Orbit, die unterschiedlichste Aufgaben übernehmen – Kommunikation, Navigation und Erdbeobachtung rangieren in der Nutzung auf den ersten Plätzen. Neben den Raumfahrtsystemen selbst, gehört das Bodensegment, das in erster Linie Kontrollzentren und Bodenstationen umfasst, ebenso zur kritischen Infrastruktur Raumfahrt wie das Trägersystem, welches das Raumfahrtsystem in den Orbit transportiert, siehe Abbildungen 2 und 3. Sowohl das Raumfahrtsystem als auch das Bodensegment und das Trägersystem sind einer Vielzahl von Gefahren ausgesetzt. Das Gefahrenpotenzial für die kritische Infrastruktur Raumfahrt kann und muss in existierende und zukünftige Gefahren unterteilt werden – wobei zukünftige Gefahren teilweise auf Annahmen beruhen und somit die Eintrittswahrscheinlichkeit einer gewissen Unschärfe unterliegt.

Nachfolgend wird zunächst die Abhängigkeit von Gesellschaft, Wirtschaft und Politik bzw. Staat in Bezug auf die kritische Infrastruktur Raumfahrt umrissen. Anschließend wird das existierende und zukünftige Gefahrenpotenzial beschrieben, und auf dieser Basis werden Schutzmaßnahmen abgeleitet, deren Realisierung in der Zukunft auch von aktuellen Forschungsvorhaben abhängt. Neben der Darstellung von ausgewählten Beiträgen des DLR zur Thematik werden Empfehlungen abgegeben, die langfristig den Schutz der kritischen Infrastruktur Raumfahrt verbessern sollen.



Abbildung 3: Start des deutschen Erdbeobachtungssatelliten TanDEM-X an Bord einer russischen Konversionsrakete vom Typ DNEPR am 21. Juni 2010 vom Weltraumbahnhof Baikonur in Kasachstan.

© DLR

Abhängigkeit von der Infrastruktur Raumfahrt

■ Sowohl die Gesellschaft als auch Wirtschaft und Politik bzw. Staat können sich heute auf die Raumfahrt als Infrastruktur und die damit verbundenen Produkte und Dienstleistungen verlassen. Während auf globalen Navigations-satellitensystemen (GNSS) basierende Dienste den Alltag des Individuums erleichtern – die Nutzung des Navigationsgeräts im Auto auf dem täglichen Weg zur Arbeit unter Berücksichtigung von Verkehrsstaus ist nur ein Beispiel –, hängen andererseits eine Vielzahl von technischen Basisinfrastrukturen von diesen ab, siehe auch [2]. In der Energiewirtschaft werden GNSS-Dienste zur Synchronisation der Stromnetze und Generatoren oder auch zur Fehlerlokalisierung in Stromnetzen eingesetzt, wohingegen die Bereiche Transport und Verkehr durchgreifend von ihnen abhängen. Dies betrifft neben der See- und Binnenschifffahrt (u. a. Automatisches Identifikationssystem AIS), dem Straßen- und Schienenverkehr (u. a. Toll Collect Service oder Tracking von Fracht in der Logistikbranche) auch den Luftverkehr (u. a. Automatische bordabhängige Überwachung ADS). Und die Abhängigkeit der zuvor beschriebenen technischen Basisinfrastrukturen von der kritischen Infrastruktur Raumfahrt wird weiter zunehmen. Eine zukünftige Einführung von unbemannten Luftfahrzeugen in den zivilen Luftraum – ob zur Durchführung von hoheitlichen Aufgaben oder im Bereich des Luftfrachtverkehrs – hängt maßgeblich von der Bereitstellung der Ressource Satellitenkommunikation ab, [3]. Darüber hinaus wird die Einführung und Inbetriebnahme des hochpräzisen europäischen Satellitennavigations-systems Galileo dazu führen, dass eine Vielzahl von sicherheitskritischen Anwendungen entwickelt und eingeführt wird, die bisher nicht realisiert werden konnte – ein System zur Kollisionsvermeidung für den Schienenverkehr ist nur ein Beispiel, [4] und [5].

Aber auch die Abhängigkeit von sozioökonomischen Dienstleistungsinfrastrukturen in Bezug auf die Hochtechnologie Raumfahrt ist enorm. Bei elektronischen Buchungen im Finanzwesen liefert GPS die Zeit- und Ortsstempel, und an den Börsen dieser Welt ist Echtzeit-Handel nur mittels zeitsynchronisierten Netzwerken möglich – ebenfalls realisiert über GNSS-Dienste, [6]. Selbst der Bereich der Medien, der seine Dienste zunehmend über das Internet verbreitet, hängt von der Raumfahrt ab: GPS-Satelliten werden auch zur Synchronisation von Relaisstationen und Knotenpunkten des Internets genutzt. Ohne diese orbitalen Zeitgeber wären Hunderte von Basisstationen ohne Bezugsgröße.

Neben den zuvor erwähnten Abhängigkeiten sind sowohl die Innere als auch die Äußere Sicherheit Deutschlands eng mit einer intakten Infrastruktur Raumfahrt verknüpft, [7]. Im Bereich des Katastrophenschutzes bildet das bundeseigene Satellitengestützte Warnsystem (SatWaS), siehe [8], die Grundlage für die Warnung der Bevölkerung in

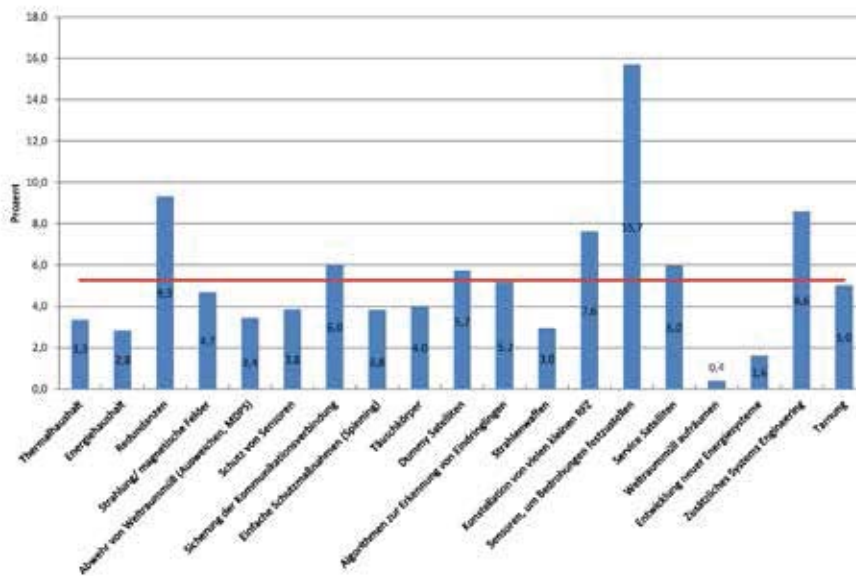


Abbildung 4:
Aus DLR-Bewertungs-
matrix generiertes
Effizienzschaubild von
Schutzmaßnahmen für
Raumfahrtsysteme auf
Basis der Bedrohungsla-
ge im Jahr 2011 und den
Gewichtungen des Teams
der Studie [12].
© DLR

Deutschland vor Katastrophen oder Anschlägen. Darüber hinaus sind Erdbeobachtungssatelliten mittlerweile fester Bestandteil des Krisen- und Katastrophenmanagements: Im Januar 2013 hat das Zentrum für Satellitengestützte Kriseninformation (ZKI) des DLR den durch das Bundesministerium des Innern (BMI) finanzierten Regelbetrieb aufgenommen, um hochaktuelle Satellitenbildkarten bei Natur- und Umweltkatastrophen, für humanitäre Hilfsaktivitäten und für die zivile Sicherheit weltweit zur Verfügung zu stellen, [9] und [10]. Zahlreiche aktuelle und zukünftige polizeiliche Anwendungen hängen selbstverständlich ebenfalls von der Hochtechnologie Raumfahrt ab, [28]. Raumfahrtsysteme gewinnen aber nicht nur zivil sondern auch militärisch an Bedeutung und leisten somit einen unverzichtbaren Beitrag zur Äußeren Sicherheit Deutschlands, [11]. Die Bundeswehr konnte so existierende Fähigkeitslücken in der Aufklärung, Kommunikation und Navigation systematisch durch den Einsatz von zwei Satellitensystemen schließen – Aufklärungssystem SAR-Lupe und Kommunikationssystem SATComBw Stufe 2.

Beschreibung des Gefahrenpotenzials

■ Die Beschreibung existierender und zukünftiger Gefahren, die die kritische Infrastruktur Raumfahrt schädigen oder sogar komplett zerstören können, ist Grundvoraussetzung für die Definition benötigter und geeigneter Schutzmaßnahmen. Nachfolgend werden existierende und potenzielle Gefahren für Raumfahrtsysteme aufgeführt. Die Verletzbarkeit des Bodensegments – z. B. durch „Computer Hacking“ oder andere terroristische Anschläge – wird hier

nicht näher erörtert, da die Möglichkeit der Verbesserung von Schutzmaßnahmen dort immer gegeben ist. Gleiches gilt für das Trägersystem, für das immer noch die Zuverlässigkeit im Sinne der Betriebssicherheit den dominierenden Faktor bzgl. der Verletzbarkeit darstellt – eine Risikominimierung gegenüber Angriffen kann darüber hinaus u. a. durch die Auswahl des Startplatzes erreicht werden.

■ Auf ihren Umlaufbahnen sind Raumfahrtsysteme einer Reihe von Gefahren ausgesetzt. Diese wurden in einer Studie des DLR klassifiziert, [12]:

1 | Natürliche Gefahren. Hierzu zählen Gefahren, die aus der Weltraumumgebung selbst resultieren, etwa durch im Weltraum fliegende Festkörper kosmischen Ursprungs (Meteoriten), hochenergetische Teilchenstrahlung, magnetische Stürme (Sonnenstürme) und starke Temperaturschwankungen.

2 | Künstliche Gefahren. Bedrohung durch Raumfahrtrückstände wie ausgediente Satelliten und Raketensufen und deren Teile (Weltraummüll) oder andere künstliche Raumflugkörper. Aber auch Konstruktions-/Entwicklungsfehler werden der Kategorie künstliche Gefahren zugeordnet.

3 | Vorsätzliche Gefahren. Gefährdung durch Möglichkeiten eines Angreifers, ein Satellitensystem gezielt zu stören („Jamming“) oder in dieses einzudringen und zu manipulieren („Hacking“) – wobei die Verfälschung („Spoofing“) von GPS-Signalen ebenfalls eine vorsätzliche Gefahr darstellt, [13] – oder mit Antisatellitenwaffen (ASAT-Waffen)



Abbildung 5: Schematische Darstellung des Einschlags von Weltraummüll in einen Satelliten. © DLR

zu zerstören. Aber auch der Einsatz von Mikrowellen- und Hochfrequenzwaffen sowie „Killersatelliten“ werden der Kategorie vorsätzliche Gefahren zugeordnet.

■ In [12] wurden darüber hinaus Gefährungsklassen und Gefährdungspotenziale eingeführt, um die tatsächliche Gefahrenlage abschätzen zu können. Die Gefährungsklassen decken das Spektrum von 0 (voller operationeller Betrieb) bis IV (Zerstörung des Systems) ab. Das Gefährdungspotenzial einer Bedrohung leitet sich aus der Wahrscheinlichkeit des Eintritts einer Gefahr ab; hier reicht die Skala von 1 (kein Vorkommen) bis 4 (sehr hohe Wahrscheinlichkeit).

Nachfolgend wird das existierende und zukünftige Gefährdungspotenzial exemplarisch für jeweils eine der drei Gefahrenkategorien aufgeführt:

1 | Sonnenstürme. Sonnenstürme gefährden mit ihrem Partikel- und Energiestrom Satelliten enorm und können insbesondere in den geostationären Umlaufbahnen (36.000 km; u. a. Kommunikationssatelliten) zu Totalausfällen der Raumfahrtsysteme führen. Satelliten auf niedrigeren Umlaufbahnen (200 bis < 36.000 km; u. a. Erdbeobachtungs- und Navigationssatelliten) unterliegen dank des Erdmagnetfeldes einem natürlichen Schutz (Gefährungsklasse II). Da Sonnenstürme jederzeit vorkommen können, stellen sie eine existierende und zukünftige Gefahr für Raumfahrtsysteme dar. Für Satelliten in den geostationären Umlaufbahnen bedeutet dies eine hohe Wahrscheinlichkeit (Gefährdungspotenzial 3), siehe auch [2].

2 | Weltraummüll. Insgesamt befinden sich derzeit ca. 750.000 missionskritische Objekte mit einer Größe > 1 cm im Erdbit, die durch Oberstufen, Nutzlasten, Kollisionen und Explosionen oder durch andere Ursachen entstanden sind – Tendenz steigend: Die Wachstumsrate beträgt ca. 5 Prozent pro Jahr unter Vernachlässigung von Kollisionen, die bereits in der Vergangenheit stattgefunden haben. Da selbst kleinste Schrottteilchen dazu führen können, dass ein Totalverlust des Raumfahrtsystems eintritt, wird die Gefährungsklasse mit IV angegeben, siehe auch Abbildung 5. Weltraummüll stellt bereits heute eine große Gefahr für Satellitensysteme dar. Mit einer abgeschätzten Wachstumsrate von ca. 5 Prozent pro Jahr erhöht sich die Kollisionswahrscheinlichkeit stetig (Gefährdungspotenzial 4), siehe auch [14], [15] und [16].

3 | „Jamming“. „Jamming“ ist ohne größeren technischen und finanziellen Aufwand zu realisieren. Bei einem „Jammer“ handelt es sich um einen Störsender, der den Empfang eines elektromagnetischen Signals erschwert oder unmöglich macht. Das primäre Ziel dabei ist es, ein Nutzsignal mit einem Störsignal zu überlagern, um eine Kommunikationsverbindung zu stören oder die Aufnahme eines Erdbeobachtungssatelliten zu verhindern, [17]. Da „Jammer“ nicht in der Lage sind, Empfangssysteme zu stören, sondern lediglich deren Nutzung stark einzuschränken, wird die Gefährungsklasse mit 0 bis II angegeben. Da die Technologie allerdings vorhanden und der Zugriff auf diese sehr einfach ist, wird das Gefährdungspotenzial mit 4 angegeben.

Schutz der Infrastruktur Raumfahrt

■ In [1] wird erläutert, dass es sich bei kritischen Infrastrukturen oftmals nicht um staatliche Einrichtungen handelt, sondern die Mehrheit dieser Infrastrukturen von privaten – zum Teil erst kürzlich privatisierten – Unternehmen betrieben und gesteuert wird. Dies trifft auch für die kritische Infrastruktur Raumfahrt zu – das französische Unternehmen European Telecommunications Satellite Organization (Eutelsat) ist beispielsweise der drittgrößte Satellitenbetreiber der Welt, [18]. In Deutschland ist die Bundeswehr der derzeit größte staatliche Satellitenbetreiber. Hinsichtlich der hoheitlich zu erfüllenden Aufgaben hat Deutschland mit der Gründung des Weltraumlagezentrums (WRLageZ) im Jahr 2009, siehe [19], die Voraussetzung geschaffen, wesentliche Funktionen, wie Lagefeststellung, Lagebeurteilung und Distribution von Kollisions- und Wiedereintrittswarnungen, zentral wahrzunehmen. Das DLR unterstützt mit Forschung und Personal die Arbeit des Weltraumlagezentrums und leistet somit einen Beitrag zur gesamtstaatlichen Sicherheitsvorsorge im Sinne von [7]. Nachfolgend werden aktuelle Beiträge des DLR-Forschungszentrums dargestellt, die einen unmittelbaren Einfluss auf den Schutz der kritischen Infrastruktur Raumfahrt haben.

Analyse von Schutzmaßnahmen

■ Der Schutz der kritischen Infrastruktur Raumfahrt umfasst neben weltraumrechtlichen Aspekten und der Wahrung bzw. Sicherung nationaler, hoheitlicher Interessen auch den Aspekt des Dialogs zwischen der Versicherungswirtschaft nicht nur mit u. a. den Satellitenbetreibern und Raumtransport-Dienstleistern, sondern zukünftig wohl auch mit der Wissenschaft, siehe [16]. Eine intakte Raumfahrtinfrastruktur wird langfristig auch von Technologien abhängen, die noch beforscht und entwickelt werden müssen. Eine der Hauptaufgaben der DLR-Sicherheitsforschung ist die Bereitstellung von unabhängiger Analyse- und Bewertungskompetenz für beispielsweise das Bundesministerium der Verteidigung (BMVg) und seine nachgeordneten Bereiche. In diesem Kontext hat das DLR ein Tool auf Basis einer Bewertungsmatrix entwickelt, welches eine Identifikation sinnvoller Schutzmaßnahmen für Raumfahrtsysteme auf Grundlage aktueller Bedrohungslagen ermöglicht – wirtschaftliche Aspekte können mit berücksichtigt werden.

In Abbildung 4 ist ein Effizienzschaubild von Schutzmaßnahmen für Raumfahrtsysteme auf Basis der im vorherigen Kapitel aufgeführten Bedrohungen dargestellt (Jahr 2011), das mit Hilfe der DLR-Bewertungsmatrix generiert wurde. Diese zeigt, dass gleich mehrere Schutzmaßnahmen im Bereich > 5 Prozent bezüglich der Gesamtsystembewertung im Sinne eines effizienten Schutzes liegen – die Wichtung in Prozent wurde lediglich eingeführt, um die

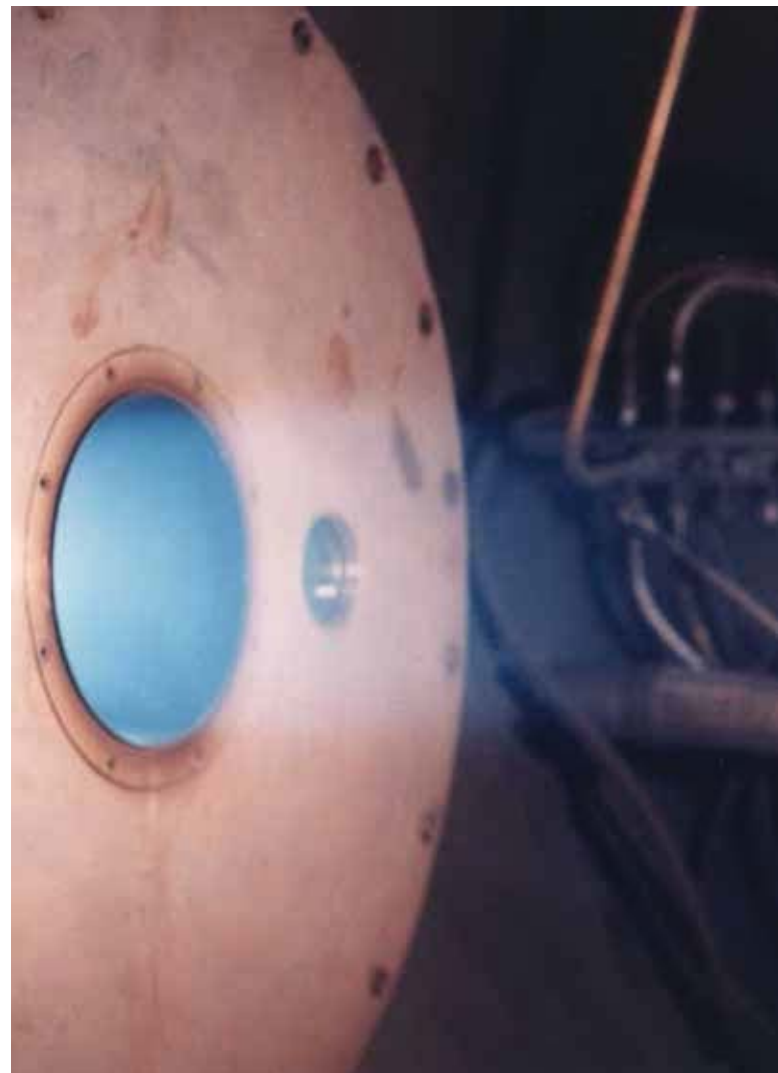




Abbildung 6: Schematische Darstellung des unkontrollierten Eintritts eines Satelliten in die Erdatmosphäre.

© DLR



Abbildung 7: Materialprobe während eines Wiedereintrittstests im lichtbogenbeheizten Windkanal L2K des DLR.

© DLR

einzelnen Maßnahmen untereinander vergleichen zu können. Insofern gibt die Bewertungsmatrix an, wie mit geringem Aufwand sehr schnell ein möglichst kostengünstiger Schutz für das Raumfahrtssystem erzielt werden kann. Exponentiell anwachsende Gefahren (z. B. Weltraummüll) sowie Schutzmaßnahmen, die eine sehr langfristige zeitliche und monetäre Investition in Forschung und Entwicklung erfordern (z. B. Hochleistungslaser), führen somit zu geringen Prozentwerten.

Unter den in [12] vorgegebenen Gewichtungen und im Jahr 2011 bekannten bzw. berücksichtigten Bedrohungslagen, erweisen sich die Schutzmaßnahmen Sensoren, um Bedrohungen festzustellen, Redundanzen und zusätzliches System Engineering sowie Konstellation von vielen kleinen Raumfahrzeugen als sehr effizient.

Aktuelle Arbeiten des DLR

■ Das DLR beschäftigt sich mit seinen Instituten und Einrichtungen, u. a. im Rahmen des HGF-Querschnittsthemas Sicherheitsforschung, das langfristig den Aufbau eines zentralen Wissenschaftssicherheitsforums mit dem Schwerpunkt „Schutz kritischer Infrastrukturen“ verfolgt, siehe [20], auch gemeinsam mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie mit Ansätzen, die die kritische Infrastruktur Raumfahrt zukünftig sicherer machen sollen (Auszug aus dem Gesamtportfolio):

1 | Bahnverfolgung und Katalogisierung von Weltraummüll. Das DLR-Institut für Raumflugbetrieb befasst sich auf der Grundlage der Satellitenkontrolle seit langem auch mit Bahnbestimmung und Bahnkontrolle von Satelliten und der Verfolgung von Weltraummüll auf der Grundlage von relationalen Datenbanken. Die Forscher entwickelten das Collision Avoidance System (COLA) und arbeiten darüber hinaus gemeinsam mit der Universität Bern an einem optischen Netzwerk (SMARTnet) zur Detektion und Verfolgung von Weltraummüll in der geostationären Umlaufbahn. Gemeinsam mit Wissenschaftlern vom DLR-Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme entwickeln sie ein Multikanal-Radar zur Detektion und Verfolgung von Weltraummüll in der niedrigen Erdumlaufbahn (LEO). Das DLR-Institut für Technische Physik arbeitet an der laserbasierten Detektion und der Bahnverfolgung von Weltraummüll in der niedrigen Erdumlaufbahn mittels Scheibenlaser-Technologie, in der das DLR weltweit führend ist, Abbildung 1. In Kooperation mit der Satellite Laser Ranging-Station (SLR) in Graz wurde Anfang 2012 dieses Konzept bestätigt, [21].

2 | Entfernung von Weltraummüll. Es wird mittel- bis langfristig erforderlich sein, vorhandenen Weltraummüll aus den wichtigsten Erdumlaufbahnen zu entfernen. Bei großen Trümmerteilen ist dies nur durch robotische Maßnahmen möglich. Das DLR entwickelt hier unter anderem mit

dem Industriepartner Airbus Defence & Space die Deutsche Orbitale Servicing Mission (DEOS), [22]. Ziel ist dabei ein operationelles, ein sogenanntes On-Orbit-Servicing-System. Neben der Inspektion und Wartung (Missionsverlängerung) könnte ein solches System dazu beitragen, Weltraummüll zu beseitigen beziehungsweise ihn nicht entstehen zu lassen, indem Satelliten am Ende ihrer Lebensdauer kontrolliert entsorgt werden. Für kleine Trümmer hat das DLR-Institut für Technische Physik eine Projektidee entwickelt, die darauf abzielt, diese Weltraummüllteile durch einen Hochleistungslaser in ihrer Bahn abzusenken und so in der Erdatmosphäre verglühen zu lassen, [23].

3 | Wiedereintritt von Objekten. Beim unkontrollierten Eintritt von Raumfahrtssystemen in die Erdatmosphäre, wie beispielsweise dem Röntgensatellit ROSAT [24], besteht immer die Gefahr, dass nicht alle Komponenten komplett verglühen und somit die Erdoberfläche erreichen, Abbildung 6 – dies ist auch bei der zuvor erwähnten kontrollierten Entsorgung von z. B. Satelliten mittels robotischen Maßnahmen möglich. Wissenschaftler der DLR-Einrichtung für Über- und Hyperschalltechnologien führen aufwendige Simulationen und Tests durch, um die Komplexität des Wiedereintrittsvorgangs mit Effekten wie Schmelzen, Fragmentation, Mehrkörperaerodynamik und schwierig abzuschätzenden Flugbahnen zu verstehen und zukünftig vorherzusagen, siehe Abbildung 7. In Kooperation mit dem Unternehmen Hyperschall Technologie Göttingen (HTG) wurde das Wiedereintrittsverhalten der Komponenten des ROSAT Satelliten untersucht. Die Ergebnisse der in diesem Zusammenhang durchgeführten Experimente im lichtbogenbeheizten Windkanal wurden anschließend zur Validierung des Space Craft Atmospheric Re-entry and Aero-thermal Break up (SCARAB) Analysesystems verwendet – SCARAB ist das innerhalb der Europäischen Raumfahrtagentur ESA akzeptierte Analysesystem zum Nachweis des Bodenrisikos von abstürzenden Satelliten und Raumfahrzeugen, [25].

Langfristig werden sich Wissenschaftler des DLR nicht nur mit speziellen Materialien allein beschäftigen, sondern vielmehr werden die aus den Tests und Simulationen gewonnen Erkenntnisse vermutlich dazu führen, dass zukünftige Raumfahrtssysteme derart konstruiert und ausgelegt werden, dass sie ihre Mission im Sinne einer bereitzustellenden Fähigkeit erfüllen und darüber hinaus auch ein komplettes Verglühen beim Eintritt in die Erdatmosphäre garantiert ist. Bereits heute ist das DLR eine der tragenden Organisationen des „European Code of Conduct for Space Debris Mitigation“, [30], der Regeln für Raumfahrt-Missionen zur Vermeidung von Weltraummüll vorschreibt.

4 | Weltraumwetter. Die Wetterverhältnisse im Weltraum sind sowohl für den sicheren Betrieb von Weltraumsystemen als auch für den Luftverkehr und eine Vielzahl bodengebundener Infrastrukturen von großer Bedeutung

(GNSS-Dienste). Das DLR-Institut für Kommunikation und Navigation nimmt bereits heute eine führende Rolle in der diesbezüglichen Forschung ein, siehe [26] und [27]. Es gibt Vorhersagen heraus und arbeitet auf Augenhöhe mit US-Behörden zusammen.

4 | Near Earth Objects. Asteroiden auf Kollisionskurs mit der Erde stellen seit jeher eine latente Gefahr dar; Einschläge großer Asteroide haben in der Erdgeschichte wiederholt stattgefunden und zu dramatischen Veränderungen der Lebensbedingungen geführt. Im Projekt NEOSshield, [29], das von der Europäischen Union (EU) gefördert wird, bringt das DLR-Institut für Planetenforschung seine Kenntnisse über die Zusammensetzung, Struktur und die Oberflächenbeschaffenheit von Asteroiden und Kometen ein und analysiert zudem Beobachtungsdaten der vergangenen zwei Jahrzehnte.

Fazit und Ausblick

■ Im Rahmen dieser Publikation wurde zunächst die Abhängigkeit der Gesellschaft, Wirtschaft sowie Politik bzw. Staat von der Hochtechnologie Raumfahrt dargestellt. Es wurde vermittelt, dass sämtliche der in [1] klassifizierten unverzichtbaren technischen Basisinfrastrukturen und unverzichtbaren sozioökonomischen Dienstleistungsinfrastrukturen von einer funktionierenden Infrastruktur Raumfahrt abhängen – die Raumfahrt ist somit selbst eine kritische Infrastruktur. Aus der Beschreibung des Gefahrenpotenzials und der anschließenden Analyse und Bewertung von Schutzmaßnahmen konnte abgeleitet werden, dass nicht nur die Gefahren einem ständigen Wandel unterliegen sondern auch, dass eine langfristige Sicherstellung einer intakten Infrastruktur Raumfahrt neben Investitionen in vorhandene Lösungen insbesondere auch ein Investment in die Forschung voraussetzt – Beispiel: Weltraummüll.

Zukünftig wird es darauf ankommen, das Bewusstsein bei Gesellschaft, Wirtschaft sowie Politik bzw. Staat für die in dieser Publikation umrissene Thematik weiter zu schärfen, schon alleine deshalb, weil immer mehr Anwendungen auf der Erde – auch sicherheitskritische – von der Hochtechnologie Raumfahrt abhängen werden. Deutschland hat mit der Gründung des WRLageZ die Voraussetzung geschaffen, den Schutz der kritischen Infrastruktur Raumfahrt zentral im Sinne einer gesamtstaatlichen Sicherheitsvorsorge wahrnehmen zu können. Auch wenn kosmische Energiestürme, Meteoriten und Kometen als Gefahren für kritische Infrastrukturen in [1] definiert wurden, so erscheint die explizite Verankerung der Hochtechnologie Raumfahrt als kritische Infrastruktur mit Querschnittscharakter in dieser Strategie als unerlässlich, auch, um die in [1] definierten strategischen Ziele hinsichtlich Prävention, Reaktion und Nachhaltigkeit im Sinne einer resilienten Ausrichtung der Infrastrukturen umfassend gewährleisten zu können.

Literatur:

- [1] Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie). Bundesministerium des Innern, Berlin, 2009
- [2] Jakowski, N.: Space Weather Impact on Satellite Navigation and Positioning. In: Proceedings of the International Emergency Management Society (TIEMS), Oslo Conference, Space Weather Challenges for Modern Society, ISSN 978-9490297-07-7, Oslo, Norway, 2012
- [3] URL: <http://artes-apps.esa.int/projects/desire>
- [4] Strang, T., Meyer zu Hörste, M. und Gu, X.: Sicherer Schienenverkehr mit GALILEO. 2. Verkehrstechnischer Tag des DLR: Mobil sein - mobil bleiben, 2005-09-28, ISSN 1861-552X, Berlin, Germany, 2005
- [5] URL: www.collision-avoidance.org
- [6] Application Note from Spectracom: Time Synchronization's Role in Real-Time Trading. AN02-101 (C), Spectracom, 2011
- [7] Für eine zukunftsfähige deutsche Raumfahrt – Die Raumfahrtstrategie der Bundesregierung. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Berlin, 2012
- [8] URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/SatWaS>
- [9] URL: <http://www.zki.dlr.de/de>
- [10] URL: <https://www.disasterscharter.org>
- [11] Konzeption der Bundeswehr. Bundesministerium der Verteidigung, Berlin, 2013
- [12] Süß, H. und Neff, T.: Schutz von weltraumgestützten Systemen. Studie des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) und der Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH (IABG), Verschlussache – Nur für den Dienstgebrauch (VS-NfD), 2011
- [13] Günther, C.: A Survey of Spoofing and Counter-Measures. Journal of Navigation, to appear, 2014
- [14] Wiedemann, C.: Die Modellierung der Weltraummüllumgebung. Vortrag im Rahmen des 4. Forum Weltraum der Deutschen Gesellschaft für Wehrtechnik mbH (DWT), Bonn, 2014
- [15] Space Risks: A new generation of challenges. Allianz Global Corporate & Specialty AG, Munich, Germany, 2012
- [16] Space debris: On collision course for insurers? Swiss Reinsurance Company Ltd, Zurich, Switzerland, 2011
- [17] URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Radio_jamming
- [18] URL: <http://www.eutelsat.com>
- [19] Borst, H., Noeske, A. und Hellmann, M.: Militärische Weltraumnutzung. Das Weltraumlagezentrum. In: Strategie und Technik, November 2010
- [20] URL: http://www.helmholtz.de/presse/presseinformationen/artikel/artikeldetail/helmholtz_gemeinschaft_baut_wissenschaftliches_sicherheitsforum_auf
- [21] Kirchner, G. et al.: Laser Measurements to Space Debris from Graz SLR Station. Advances in Space Research, 51 (1), Seiten 21-24. DOI: 10.1016/j.asr.2012.08.009. ISSN 0273-1177, 2013
- [22] URL: <http://www.research-in-germany.de/dachportal/en/Research-Areas-A-Z/Space-Technology/Research-Projects/DEOS.html>
- [23] Esmiller, B. et al.: Space Debris Removal by Ground Based Laser – Main Conclusions of the European Project CLEANSPACE. Applied Optics Feature Issue: Laser Interaction with Materials, accepted for publication 31. August 2014
- [24] URL: <http://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10424/>
- [25] Koppenwallner, G. et al.: SCARAB – a Multi-Disciplinary Code for Destruction Analysis of Space-Craft during Re-Entry. Proceedings of the Fifth European Symposium on Aerothermodynamics for Space Vehicles (ESA SP-563), Cologne, Germany, 2004
- [26] Minkwitz, D. et al.: Application of SWACI Products as Ionospheric Correction for Single-Point Positioning: a Comparative Study. Journal of Geodesy, 88 (5), Seiten 463-478. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/s00190-014-0698-8. ISSN 0949-7714, 2014
- [27] URL: <http://swaciweb.dlr.de>
- [28] Göge, D.: Polizeiliche Sicherheitsforschung – Chancen und Perspektiven. Polizei, Verkehr und Technik (pvt), 3/14, Media & Consulting Wehrstedt (MCW) e.K., Falkenstein/Harz, 2014
- [29] URL: <http://www.neoshield.net>
- [30] URL: <http://www.oosa.unvienna.org/pdf/spacelaw/sd/2004-B5-10.pdf>

DLR-SICHERHEITSFORSCHUNG

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) ist das Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Darüber hinaus ist das DLR im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zudem sind im DLR zwei Projektträger zur Forschungsförderung angesiedelt. Sein Portfolio reicht dabei von der Grundlagenforschung bis zur Entwicklung von Produkten für morgen.

In der Sicherheitsforschung des DLR werden die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten mit verteidigungs- und sicherheitsrelevantem Bezug in Abstimmung mit den Partnern in Staat, Wissenschaft und Industrie geplant und gesteuert. Der Querschnittsbereich Sicherheitsforschung verknüpft die Kernkompetenzen aus den etablierten DLR-Programmen der Luftfahrt, Raumfahrt, Energie und des Verkehrs. Mehr als 20 DLR-Institute und -Einrichtungen liefern

im Rahmen ihrer sicherheitsrelevanten Arbeiten Beiträge zur Entwicklung, Erprobung und Bewertung von Technologien, Systemen und Konzepten sowie zur Analyse- und Bewertungsfähigkeit hinsichtlich sicherheitsrelevanter Anwendungen. Dabei verfügt das DLR über eine umfassende „End-to-End“ Systemkompetenz für weltraum- und luftgestützte Plattformen sowie über Kompetenzen in wesentlichen Teil-Systembereichen wie zum Beispiel Sensorik, Erdbeobachtung oder Kommunikation. Mit den verfügbaren Satelliten und den für den Betrieb entsprechend benötigten Einrichtungen und Datenempfangsinfrastrukturen sowie zahlreichen Forschungsflugzeugen, den verschiedenen Aufnahme- und Auswerteverfahren und speziellen Simulationsumgebungen ist das DLR in der Lage, zum Schutz und zur Überwachung kritischer Infrastrukturen, zum Krisen- und Katastrophenmanagement, zur Grenzsicherheit und zum Schutz vor Terrorismus und organisiertem Verbrechen beizutragen. Erfahrungen aus dem Bereich „Dual-Use“ runden darüber hinaus das Profil der Kernkompetenzen des DLR ab.

www.dlr.de



DR.-ING. DENNIS GÖGE wurde 1974 in Korbach geboren. Seit dem 1. Mai 2010 ist er Programmkoordinator Sicherheitsforschung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR), berufen durch den Senat des DLR.

Nach seinem Studium des Bauingenieurwesens an der Gesamthochschule Kassel, das er im Jahr 1998 mit dem Diplom I und im Jahr 2000 mit dem Diplom II abschloss, arbeitete Göge beim DLR als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Aeroelastik. Im Jahr 2004 promovierte Göge an der Gesamthochschule Kassel auf dem Gebiet der nichtlinearen Strukturmechanik von großen Luft- und Raumfahrtstrukturen, ehe er in 2005 die Funktionen eines stellvertretenden Abteilungsleiters sowie Gruppenleiters übernahm. Im Jahr 2007 wechselte Göge als Executive Officer zur Research and Technology Agency (RTA) der NATO nach Neuilly-sur-Seine, Frankreich, ehe er auf seine heutige Position ins DLR zurückkehrte.

Göge ist Mitglied in verschiedenen nationalen und internationalen Gremien und Beiräten. Aktuell ist er Chairman des Applied Vehicle Technology (AVT) Panels der NATO Science and Technology Organization (STO). Im Jahr 2014 wurde er darüber hinaus in den Vorstand der NATO Science and Technology Organization (STO) berufen. Außerdem ist er Mitglied des Forschung und Technologie Beirates des Bundesministeriums der Verteidigung (BMVg) sowie Mitglied des Beratungsgremium „Sichere Wirtschaft“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Aktuell fungiert Göge als Sprecher für das Querschnittsthema Sicherheitsforschung in der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF).



PROF. DR.-ING. JOHANN-DIETRICH WÖRNER wurde 1954 in Kassel geboren. Seit dem 1. März 2007 ist er Vorsitzender des Vorstandes des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR).

Nach seinem Studium des Bauingenieurwesens an der Technischen Universität Berlin und der Technischen Hochschule Darmstadt, wo er im Jahr 1985 promovierte, arbeitete Wörner bis 1990 im Ingenieurbüro König und Heunisch. 1982 ging er für einen Forschungsaufenthalt zum Thema „Erdbebensicherheit“ für zwei Jahre nach Japan. 1990 wurde Wörner an die Technische Hochschule Darmstadt berufen und übernahm die Leitung der Prüf- und Versuchsanstalt. Bevor Wörner 1995 zum Präsidenten der Technischen Universität Darmstadt gewählt wurde und diese in die Autonomie führte, war er Dekan des Fachbereichs Bauingenieurwesen.

Wörner wurde mit einer Reihe von Preisen und Auszeichnungen, wie z. B. dem Preis der Vereinigung von Freunden der Technischen Hochschule Darmstadt für „Hervorragende wissenschaftliche Leistungen“, geehrt. Außerdem wurde er in die Berlin Brandenburgische Akademie der Wissenschaften berufen und ist Mitglied der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina und des Konvents für Technikwissenschaften acatech. Des Weiteren erhielt Wörner die Ehrendoktorwürde der State University New York (USA), der Technischen Universitäten Moldawien, Bukarest (Rumänien) und Ulan Bator (Mongolei) sowie der Universität St. Petersburg für Wirtschaft und Finanzen (Russland) und der École Centrale de Lyon (Frankreich). Er ist Ritter der französischen Ehrenlegion und Träger des Hessischen Verdienstordens.

Wörner ist außerdem Mitglied in verschiedenen nationalen und internationalen Aufsichtsratsgremien, Beiräten und Kuratorien. Er war Mitglied des Hochschulrates der École Centrale de Paris und der École Centrale de Lyon. Aktuell ist er Mitglied des Kuratoriums der Technischen Universität Berlin und Vorsitzender des Hochschulrates der Hochschule für Musik und Darstellende Kunst in Frankfurt und des Beirats der Bilfinger Berger AG. Außerdem war er von der Bundesregierung in die „Projektgruppe Energiepolitisches Programm“ (PEPP) berufen worden.