VDI Technologiezentrum

Weltraum: Sicherheit und Infrastruktur

Wir gestalten Zukunft

VDI Research

Bild: © Getty Images/gorodenkoff

Juni 2026 | Nr. 33 | vditz.de

Weltraum: Sicherheit und Infrastruktur

Strategische Herausforderungen, globale Governance und die Rolle Deutschlands

Abstract

Weltraumgebundene Infrastrukturen sind zu einem unverzichtbaren Fundament moderner Gesellschaften geworden – von der satellitengestützten Navigation über globale Kommunikationsnetzwerke bis hin zu Erdbeobachtungssystemen. Mit der fortschreitenden Kommerzialisierung und geopolitischen Instrumentalisierung des Weltraums wächst jedoch die Verwundbarkeit dieser kritischen Infrastrukturen. Das vorliegende Paper analysiert die globale Bedrohungslandschaft, den regulatorischen Rahmen sowie technische Schutzstrategien und beleuchtet das Potenzial Deutschlands als europäischen Space-Security-Standort. Auf Basis aktueller Quellen (2024–2026) werden strategische Optionen für Politik, Wissenschaft und Industrie skizziert.

Einleitung

Der Weltraum ist längst kein Terrain wissenschaftlicher Exploration mehr allein – er ist zur strategischen Infrastrukturdomäne des 21. Jahrhunderts avanciert (EC 2024). Satellitensysteme ermöglichen globale Kommunikation, präzise Navigation, Klimaüberwachung, schaffen Nutzen für die Landwirtschaft und militärische Aufklärung (ESA 2025). Die globale Weltraumwirtschaft erreichte 2024 ein Volumen von 613 Milliarden US Dollar, es wird bis 2035 auf rund 1,8 Billionen Euro prognostiziert (Space Foundation 2025). Mit über 11.500 aktiven Satelliten – davon rund 80 % kommerziell betrieben – hat die Abhängigkeit der Gesellschaft von weltraumgestützten Diensten einen neuen Höchststand erreicht und wächst weiter (ESA 2025; Space Foundation 2025).

Diese Abhängigkeit geht mit einer diversen Vulnerabilität einher: Cyberangriffe auf Satellitensysteme nahmen 2025 gegenüber dem Vorjahr signifikant zu (WEF 2025). Staatliche Akteure wie Russland, China und Nordkorea entwickeln zunehmend Fähigkeiten zur Störung und Zerstörung satellitärer Systeme (SWF 2026). Der Angriff auf das Viasat-KA-SAT-Netzwerk zu Beginn des Ukraine-Krieges (Februar 2022) verdeutlichte mit dem Ausfall von über 40.000 Terminals die reale Eskalationsdynamik (ENISA 2024). Hinzu kommen physische Bedrohungen durch Weltraumschrott und Anti-Satellitenwaffen (ASAT) sowie Risiken durch Weltraumwetter, also beispielsweise Sonnenstürme (NASA 2024–2025; ESA 2025).

Vor diesem Hintergrund ist Weltraumsicherheit zu einer Querschnittsaufgabe von Technologie-, Sicherheits-, Rechts- und Wirtschaftspolitik geworden (BMVG 2025).

Kritische weltraumgebundene Infrastruktur: Systeme und Abhängigkeiten

Weltraumgebundene Infrastruktur lässt sich in drei Kernkategorien unterteilen (EC 2024).

Kommunikationssatelliten bilden das Rückgrat der globalen Datenkommunikation (Space Foundation 2025). Mega-Konstellationen wie Starlink (über 9.000 aktive Satelliten) oder das europäische IRIS²-Programm (290 Satelliten bis 2028–2030) erweitern die Kapazitäten erheblich, vergrößern aber gleichzeitig die Angriffsfläche (Statista 2025; EC 2024). Die Bundeswehr investiert im Rahmen des Programms SATCOM Stage 4 in dedizierte militärische Satellitenkommunikation mit über 100 geplanten Satelliten bis 2030 (BMVGb 2025). Ergänzend dazu beauftragte das Bundesamt für Ausrüstung, Informationstechnik und Nutzung der Bundeswehr (BAAINBw) im Dezember 2025 das Joint Venture Rheinmetall ICEYE Space Solutions mit SPOCK 1 (SAR Space System for Persistent Operational Tracking Stage 1) (Rheinmetall AG 2025): einer Konstellation von rund 40 Synthetic-Aperture-Radar (SAR)-Aufklärungssatelliten zur wetter- und tageszeitunabhängigen Überwachung (BMVGb, 2025;).

Navigationssysteme (GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou) sind de facto unsichtbare Infrastruktur für Logistik, Finanzwesen, Energieversorgung

und militärische Operationen (CSIS 2025). Ihre Störung durch Jamming oder Spoofing[1] – wie im Baltikum und im ukrainischen Konfliktgebiet intensiv praktiziert – hat unmittelbare Konsequenzen für zivile und militärische Akteure gleichermaßen (SWF 2026; RAND 2026).

Erdbeobachtungssysteme wie das EU-Copernicus-Programm liefern essenzielle Daten für Klimamonitoring, Katastrophenmanagement und Verteidigung (ESA 2025). Das Programm „European Resilience from Space" (ERS) strebt Echtzeit-Monitoring in 30-Minuten-Intervallen an (EC 2024).

Die gesellschaftliche Durchdringung weltraumgestützter Dienste betrifft nahezu alle kritischen Sektoren (CSIS 2025): Stromnetze nutzen GPS-basiertes Zeitsynchronisierungs-Timing, Finanzsysteme verlassen sich auf satellitengestützte Zeitstempel, und die moderne Logistik wäre ohne präzise Navigation nicht funktionsfähig (ENISA 2024). Ein großflächiger Satellitenausfall hätte kaskadierende Effekte, die weit über den unmittelbaren Telekommunikationsbereich hinausgehen (WEF 2025).

Die globale Bedrohungslandschaft

Kinetische Bedrohungen: ASAT-Tests (ASAT= Antisatellitenwaffe, englisch für anti satellite activities) und Weltraumschrott

Vier Nationen haben ASAT-Tests durchgeführt: China (2007, etwa 3.500+ Trümmerteile), die USA (2008), Indien (2019) und Russland (2021, 1.500+ Debris-Fragmente[2] mit unmittelbarer ISS-Gefährdung) (SWF 2026; Carnegie Endowment 2022). Das Kessler-Syndrom – eine kaskadierende Kollisionsdynamik in bestimmten Orbits – stellt ein existenzielles Risiko für die langfristige Nutzbarkeit des Weltraums dar (NASA, 2024–2025; Nature Scientific Reports 2021). Aktuell werden mindestens 27.000 solcher Objekte durch das US Space Surveillance Network getrackt (NASA, 2024–2025); die European Space Agency (ESA) schätzt die Gesamtzahl relevanter Debris-Objekte (> 1 cm) auf 1,2 Mio (ESA, 2025). Geheimdienstberichte aus dem Jahr 2024 deuten zudem auf die russische Entwicklung weltraumgestützter nuklearer ASAT-Waffen hin, die durch elektromagnetische Pulse (EMP) großflächige Systemausfälle erzeugen könnten (Arms Control Association 2024; CSIS 2025). Hier sind technologische Konzepte zur Abwehr gefragt.

Cyber-Bedrohungen: Die unsichtbare Front

Der Viasat-Angriff (AcidRain-Malware) ist paradigmatisch für eine neue Klasse hybrider Kriegsführung (ENISA 2024). Satellitensysteme weisen strukturelle Cyberverwundbarkeiten auf: kommerzielle Off-the-Shelf-Komponenten (COTS), Legacy-Systeme, exponierte Bodenstationen und – kritisch – die Schwierigkeit, Satelliten nach dem Deployment zu patchen (ENISA 2024; WEF 2025). Immer mehr Raumfahrtorganisationen sind von Ransomware betroffen (WEF 2025), z.B. richten sich Phishing-Kampagnen nordkoreanischer und iranischer Akteure gezielt gegen Raumfahrtunternehmen (CSIS 2025).

Elektronische Kriegsführung: GPS-Jamming und Spoofing

Russlands systematisches GPS-Jamming in der Ukraine und im Baltikum hat die Anfälligkeit ziviler Luftfahrt, maritimer Navigation und militärischer Operationen gegenüber Low-Cost-Jammern demonstriert (RAND 2026; SWF 2026). Gegenmaßnahmen umfassen Software-Updates (wie von SpaceX bei Starlink implementiert), alternative Navigationssensoren und zelluläre Backup-Systeme (CSIS 2025).

Rechtliche und regulatorische Rahmenbedingungen

Das internationale Weltraumrecht basiert auf dem Outer Space Treaty (OST) von 1967 (inzwischen 118 Vertragsstaaten), der Massenvernichtungswaffen im Orbit verbietet und staatliche Verantwortung auch für private Akteure festschreibt (UN COPUOS 2024). Ergänzend wirken das Rescue Agreement (1968), die Liability Convention (1972) und die Regis-

[1] Jamming bezeichnet die absichtliche Störung von Funksignalen durch das Aussenden von Störsignalen auf der gleichen Frequenz, um Kommunikation oder Navigation (z. B. GPS) zu blockieren. Spoofing bezeichnet das Aussenden gefälschter Signale, die echten Satelliten- oder Funksignalen täuschend ähnlich sind, um Empfänger zu einer falschen Positions-, Zeit- oder Richtungsbestimmung zu verleiten.

[2] Debris-Fragmente (auch: Space Debris oder Orbital Debris) sind von Menschen verursachte Objekte im Erdorbit, die keine nützliche Funktion mehr erfüllen.

tration Convention (1975) (UN COPUOS 2024). Das UN Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (COPUOS) ist das zentrale Forum für Weltraumrechtsentwicklung (UN COPUOS 2024).

Die strukturellen Schwächen des bestehenden Regelwerks sind offensichtlich: unpräzise Formulierungen zu Dual-Use-Technologien, fehlende bindende Regeln für Space-Traffic-Management (STM) (UN COPUOS 2024) und die Unfähigkeit, konsensuale Waffenverbote durchzusetzen – Russland blockierte entsprechende UN-Resolutionen 2024 (SWF 2026; CSIS 2025).

Der EU Space Act (legislativer Vorschlag 2025) markiert einen Paradigmenwechsel hin zu harmonisierten europäischen Sicherheits- und Nachhaltigkeitsstandards (EC 2024). **Deutschland** hat im November 2025 eine eigene Weltraumsicherheitsstrategie mit einem Investitionsrahmen von 35 Milliarden Euro bis 2030 verabschiedet, inklusive der Entwicklung von „Bodyguard"-Satelliten mit nicht destruktiven Gegenmaßnahmen (Laser, Jamming) und dem Commitment, keine debris-erzeugenden ASAT-Tests durchzuführen (BMVGa 2025).

Die USA haben Weltraumsysteme offiziell als kritische Infrastruktur klassifiziert und mit Space Force und United States Space Command (USSPACECOM) dediziert militärische Strukturen geschaffen (CSIS 2025). **China** und **Russland** entwickeln parallel kontinuierlich Counterspace-Fähigkeiten, darunter co-orbitale „Inspector"-Satelliten (SWF 2026; Arms Control Association 2024).

Technische Schutzmaßnahmen und Zukunftstechnologien

Space Situational Awareness (SSA) und Debris Mitigation

Space Domain Awareness (SDA) ist die technologische Grundlage effektiver Weltraumsicherheit (CSIS 2025). Neben dem US-amerikanischen und dem europaweiten SST-Netzwerk (SST = Space Surveillance and Tracking) der ESA entwickelt Japan mit dem SAKURA-System eigene Debris-Orbit-Analyse-Kapazitäten (ESA 2025). Technologisch kommen Data Fusion, Big Data Analytics und Deep Learning zur Objekterkennung zum Einsatz (WEF 2025).

Active Debris Removal (ADR) ist ein wachsendes Marktsegment: Die ESA-Mission ClearSpace-1 (2025) stellt mit einem Volumen von 86 Millionen Euro die erste kommerzielle ADR-Mission dar (ESA, 2025). Astroscale demonstrierte 2024 mit ADRAS-J magnetische Capture-Technologie (ESA, 2025). Der ADR-Markt wird auf über 1 Milliarde Euro jährlich ab den 2030er Jahren prognostiziert (Statista 2024–2025).

Quantenkommunikation und Künstliche Intelligenz

Neben dem Schutz vor physischen Bedrohungen gewinnt die Absicherung der Kommunikationskanäle zunehmend strategische Bedeutung. Quantenkryptographie (QKD) überwindet klassische Verschlüsselungslimits durch informationstheoretisch sichere Schlüsselverteilung (Wilson Center, 2020). Nach Chinas Micius-Satellit (2016) plant die ESA den Start von EAGLE-1 (2026–2027) (Tesat-Spacecom GmbH 2025). Die Integration mit Post-Quantum Cryptography (PQC) und Non-Terrestrial Networks (NTN) wird die Kommunikationssicherheit der nächsten Generation definieren (WEF 2025).

Einen komplementären Ansatz verfolgt Künstliche Intelligenz (KI), die Satellitenbetrieb und -sicherheit auf breiter Ebene verändert: Starlink nutzt KI-basierte autonome Kollisionsvermeidung (Nature Scientific Reports 2021); ESA_Lab@DFKI (gegründet 2021) forscht an KI für Satellitenautonomie (DFKI 2021; UNIBW 2021). Trusted Autonomous Satellite Operations (TASO) und Onboard Data Processing ermöglichen Echtzeit-Entscheidungen im Orbit, werfen aber gleichzeitig neue Governance-Fragen auf (WEF 2025; UN COPUOS 2024).

Deutschland als Raumfahrt-Sicherheitsstandort

Deutschland hat mit der Weltraumsicherheitsstrategie (November 2025) und einem Investitionsrahmen von 35 Milliarden Euro bis 2030 einen **klaren Gestaltungsanspruch** in der europäischen Weltraumsicherheitsarchitektur formuliert (BMVGb 2025). Das 2021 gegründete German Space Command innerhalb der Luftwaffe sowie die laufenden Planungen für „Bodyguard"-Satelliten mit nicht destruktiven Abwehrkapazitäten unterstreichen den

Whole-of-Government-Ansatz (BMVGa 2025). Deutschland bekennt sich dabei explizit zum internationalen Recht und verzichtet auf Debris-erzeugende ASAT-Tests – eine Position, die im globalen Kontext zunehmend Signalwirkung entfaltet (BMVGa 2025; CSIS 2025).

Die Stärke des deutschen Raumfahrtstandorts manifestiert sich nicht zuletzt in einer ausgeprägten **regionalen Clusterstruktur.** Fünf Bundesländer stechen dabei als besonders leistungsfähige Raumfahrtregionen hervor (BDLI 2024):

Bayern – Luft- und Raumfahrt-Hub Süddeutschland
Der Großraum München/Ottobrunn ist das industrielle Herzstück der deutschen Luft- und Raumfahrt. Der Ludwig Bölkow Campus (Ottobrunn/Taufkirchen) bündelt als Innovationscampus die Zusammenarbeit von Airbus, Siemens, IABG, der Technischen Universität München und der Universität der Bundeswehr München in den Bereichen Aerospace und Sicherheit (Ludwig Bölkow Campus 2024). Als angeschlossener ESA-Business-Incubation-Centre-Standort vernetzt er Forschung, Industrie und Start-up-Ökosystem (AZO 2024). Das ESA BIC Bavaria – betrieben seit 2004 durch die Anwendungszentrum GmbH Oberpfaffenhofen (AZO) – hat bislang über 250 Raumfahrt-Start-ups inkubiert und zählt damit zu den erfolgreichsten Inkubationsprogrammen Europas (AZO, 2024). Auf der Ebene aufstrebender New-Space-Unternehmen ist Isar Aerospace (Ottobrunn) zu nennen, das mit seinem Trägerraketenprogramm „Spectrum“ eine europäische Schlüsselrolle im kommerziellen Trägermarkt anstrebt und eine 40.000 m² große Produktionsstätte für bis zu 40 Raketen jährlich aufbaut (Isar Aerospace, 2024). Die Rocket Factory Augsburg (RFA), Teil der OHB-Gruppe, entwickelt im Rahmen des Microlauncher-Programms eine eigenständige Kleinsatelliten-Trägerrakete (RFA 2024; OHB 2024). MT Aerospace (Augsburg, OHB-Tochter) ist als Systemzulieferer für Ariane-Trägerraketen, Satellitenantennen und Strukturkomponenten integraler Bestandteil der europäischen Launcher-Wertschöpfungskette (MT Aerospace, 2024). Die bayerische Cluster-Offensive fördert darüber hinaus 17 landesweite Clusterplattformen, darunter den Aerospace-Cluster bavAIRia, der die regionale Vernetzung koordiniert (Stmwi Bayern 2024).

Bremen – „City of Space“ an der Weser
Bremen weist mit rund 12.000 Beschäftigten in über 140 Unternehmen und 20 Forschungseinrichtungen die höchste Luft- und Raumfahrtbeschäftigungsdichte aller deutschen Bundesländer auf und erwirtschaftet einen Branchenumsatz von über 4 Milliarden Euro jährlich (AVIASPACE Bremen 2024; BDLI 2024). Airbus unterhält in Bremen mit mehr als 3.100 Beschäftigten den zweitgrößten deutschen Produktions- und Entwicklungsstandort innerhalb des europäischen Airbus-Verbunds; hier werden die Hochauftriebssysteme aller Airbus-Flugzeuge sowie die Oberstufe der Ariane-6-Rakete gefertigt (BDLI 2024; AVIASPACE Bremen 2024). OHB SE ist mit Sitz in Bremen eines der führenden europäischen Raumfahrtunternehmen: Die ersten 14 Galileo-FOC-Satelliten entstammen den Reinräumen am Universitätsstandort (OHB 2024). Die Gründung des Joint Ventures von OHB und dem KI-Rüstungsspezialisten Helsing im Mai 2026 – mit dem Ziel, gemeinsam mit Hensoldt und Kongsberg das Bundeswehr-Programm **Spock 2** zu gewinnen – verdeutlicht exemplarisch die strategische Neuausrichtung etablierter Raumfahrtunternehmen hin zu KI-integrierten, zivil-militärischen Aufklärungssystemen (Handelsblatt, 2026). Das Zentrum für angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation (ZARM) der Universität Bremen ist mit seinem 146 Meter hohen Fallturm ein international renommiertes Grundlagenforschungsinstitut, das eng mit Airbus, OHB und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) zusammenarbeitet (ZARM 2024). Das Clustermanagement AVIASPACE Bremen koordiniert die regionale Vernetzung der Branche (AVIASPACE Bremen 2024).

Baden-Württemberg – Weltraumkommunikation und Systemtechnik
Baden-Württemberg beherbergt mit Tesat-Spacecom (Backnang) einen globalen Technologieführer: Das Unternehmen ist Weltmarktführer bei nachrichtentechnischen Nutzlasten für Satellitenkommunikation und – als einziger Anbieter weltweit mit im Orbit verifizierten Systemen – Technologieführer im Bereich optischer Laserkommunikationsterminals (Tesat-Space-

com 2024). Mehr als die Hälfte aller kommerziellen Telekommunikationssatelliten im Orbit tragen Tesat-Geräte; rund 1.100 Mitarbeitende entwickeln und fertigen die hochzuverlässigen Subsysteme auf über 63.000 m² Betriebsfläche (Tesat-Spacecom 2024). Das Institut für Raumfahrtsysteme (IRS) der Universität Stuttgart zählt mit über 150 Mitarbeitenden zu den größten universitären Raumfahrtforschungsinstituten Europas; seine Themenfelder reichen von elektrischen Antrieben über Kleinsatellitenprogramme bis hin zu Aerothermodynamik (IRS Stuttgart 2024). Die RegioClusterAgentur Baden-Württemberg unterstützt die landesweit rund 100 Clusterinitiativen und Netzwerke (Clusterportal BW 2024).

Nordrhein-Westfalen (NRW) – Europäisches Explorations- und Astronautikzentrum
NRW profiliert sich zunehmend als zentraler europäischer Raumfahrt-Governancestandort. Der DLR-Standort Köln – mit dem Hauptsitz von DLR-Vorstand und Zentralverwaltung – beherbergt auf einem 55-Hektar-Campus Forschungseinrichtungen in Raumfahrtmedizin, Raumfahrtphysiologie und Exploration (DLR 2025). Das Europäische Astronautenzentrum (EAC) der ESA in Köln-Porz ist die Heimat aller europäischen Astronauten und Trainingsbasis für ISS-Missionen sowie zukünftiger Mondprogramme (ESA, 2025). Seit April 2025 fungiert der SPACEHUB COLOGNE als integrierter Raumfahrtcampus im Rahmen von IRIS² (GovSatCom Hub) (DLR 2025; EC 2024). Im November 2025 wurde zudem vereinbart, das ESA-Direktorat für astronautische und robotische Exploration (HRE) vollständig von Noordwijk nach Köln zu verlagern (ESA 2025). Die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen sowie Universitäten in Bochum und Bonn tragen durch Forschung in Robotik, Materialwissenschaften und Satellitentechnik zur wissenschaftlichen Substanz des Standorts bei (BMVGa 2025; AeroSpace.NRW 2024). Das Cluster Aerospace.NRW und das Cluster Defence.NRW (Defence.NRW 2026) vernetzen zivile und militärische Raumfahrtaspekte.

Berlin-Brandenburg – New-Space-Ökosystem und universitäre Raumfahrtforschung
Die Hauptstadtregion hat sich zu einem dynamischen Hub für kommerzielle Raumfahrt entwickelt. Die Technische Universität (TU) Berlin hält weltweit den Spitzenplatz unter Universitäten hinsichtlich der Anzahl eigener Satelliten im Orbit (über 15 Missionen) und betreibt den ältesten Raumfahrt-Lehrstuhl Deutschlands (TU Berlin 2024). Das aus der TU ausgegründete Unternehmen Exolaunch hat sich als Spezialist für Rideshare-Trägerdienstleistungen und Kleinsatelliten-Deployment international positioniert (Exolaunch 2025). Berlin Space Technologies (BST) betreibt seit 2022 eine Satellitenfabrik mit einer Kapazität von über 200 Kleinsatelliten jährlich (BST 2024). Mit rund 70 ansässigen Raumfahrtunternehmen und vielen spezialisierten Anbietern– darunter Start-ups wie LiveEO sowie zunehmend internationale New-Space-Akteure – bildet die Region ein wachsendes, vielfältiges Ökosystem (Businesslocationcenter Berlin 2024; BDLI 2024).

Institutionelle Substanz

Die deutsche Raumfahrtlandschaft verbindet öffentliche Forschungsinfrastruktur, industrielle Kompetenz und europäische Einbindung auf einzigartige Weise. Das DLR ist mit seinem Hauptsitz in Köln und bundesweit verteilten Instituten der zentrale Akteur nationaler Raumfahrtforschung und -anwendung (BDLI 2024). Mit dem European Astronaut Centre (EAC) der ESA in Köln-Porz und dem neu entstehenden SPACEHUB COLOGNE als GovSatCom-Hub im Rahmen des IRIS²-Programms konzentrieren sich zudem entscheidende europäische Infrastrukturen in Deutschland (EC 2024; AeroSpace.NRW 2024).

Auf industrieller Seite zählt Deutschland zu den führenden europäischen Raumfahrtnationen (BDLI 2024). Unternehmen wie Airbus Defence and Space, OHB, Tesat-Spacecom und ein breites Netzwerk mittelständischer Zulieferer und Spezialanbieter decken die gesamte Wertschöpfungskette ab – von Satellitenplattformen über sichere Kommunikationssysteme bis hin zu Bodensegmenten (BDLI 2024). Das ESA BIC Germany Network (mit Standorten in Bayern, Norddeutschland und NRW) hat seit seiner Gründung über 263 Raumfahrt-Start-ups inkubiert und belegt die wachsende Dynamik des New-Space-Ökosystems (AeroSpace.NRW 2024).

An deutschen Hochschulen existiert eine **breite Forschungslandschaft mit Weltraumbezug:** Die RWTH Aachen (ILR, SLA), die TU München, die Universität Stuttgart sowie zahlreiche weitere Einrichtungen decken das Spektrum von Systemtechnik über Raumfahrtrecht bis hin zu Cybersicherheit ab (BDLI 2024). Das Memorandum of Understanding (MoU) des DLR mit der ArianeGroup (2025) zu sicherheitsrelevanten Weltraumtechnologien, insbesondere im Bereich Space Situational Awareness, illustriert die Verzahnung von Grundlagen- und angewandter Forschung (BDLI 2024; ESA 2025).

Im europäischen Vergleich steht Deutschland neben Frankreich (Toulouse als „Space Valley“) und Italien (Turin) als einer der drei zentralen Raumfahrtstandorte des Kontinents (BDLI 2024). Während Frankreich mit dem Centre National d’Etudes Spatiales (CNES; deutsch Nationales Zentrum für Weltraumforschung) und dem Airbus-Hauptsitz über eine hochkonzentrierte institutionelle Architektur verfügt, zeichnet sich Deutschland durch eine breitere, dezentralere Kompetenzstruktur aus – mit Stärken in Systemintegration, Satellitenkommunikation und Erdbeobachtung sowie einer wachsenden New-Space-Szene (BDLI 2024; Space Foundation 2025). Die Herausforderung besteht darin, diese verteilten Stärken strategisch zu bündeln und international sichtbar zu machen.

Optionen und Perspektiven

Vor dem Hintergrund der identifizierten Bedrohungslagen und der nationalen Stärkefelder zeichnen sich Bereiche ab, in denen eine gezielte Weiterentwicklung besonders aussichtsreich erscheint:

Space Situational Awareness: Der Ausbau von Sensor-, Datenanalyse- und KI-Kompetenz – etwa in Kooperation zwischen DLR, Hochschulen und Industrie – könnte eine europäische Führungsrolle in diesem strategisch zentralen Feld begründen (CSIS 2025).

Secure Satellite Communications: Quantenkryptographie und Cyber-Resilience-Architekturen (Zero-Trust-Modelle) bieten Anknüpfungspunkte für vorhandene Kompetenzen in Satellitenkommunikation und IT-Sicherheit (ENISA 2024).

On-Orbit Servicing und Active Debris Removal: Robotik und autonome Rendezvous-Systeme eröffnen Marktchancen, an denen deutsche Unternehmen – insbesondere aus dem Mittelstand – teilhaben könnten (ESA 2025).

Dual-Use-Technologien: Zivil-militärische Synergien, etwa im Bereich Erdbeobachtung oder sichere Kommunikation, lassen sich im Rahmen des bestehenden EU-Rechtsrahmens weiterentwickeln (EC 2024; BMVGa 2025).

Resilienz durch technologische Souveränität bei Trägersystemen: Nicht nur für den forcierten Aufbau neuer weltraumgestützter Dienste ist die Verfügbarkeit von geeigneten Trägersystemen essentiell. Da Satelliten nicht umfassend geschützt werden können, ist auch die Fähigkeit, beschädigte oder nicht mehr funktionierende Systeme schnell ersetzen zu können, von entscheidender Bedeutung für die Resilienz. Dafür benötigt Europa ein abgestuftes Trägerportfolio: Raketen für mittlere bis schwere Nutzlasten wie die Ariane 6, Spectrum für kleine Nutzlasten und Maia als zusätzliche Option im Bereich mittlerer Lasten (ESA, o. J.; Isar Aerospace, o. J.; ArianeGroup, o. J.). Als weiteres Innovationsfeld gewinnen Vertikalstarter an Bedeutung, da sie künftig flexiblere und dezentralere Starts ermöglichen könnten; hierzu zählt etwa AURORA von POLARIS Raumflugzeuge (POLARIS Raumflugzeuge, o. J.). Die Förderung dieses gesamten Spektrums sollte daher als eigenständiges Resilienzfeld in die nationale Weltraumsicherheitsstrategie aufgenommen werden.

Auf nationaler Ebene könnte die bestehende Weltraumsicherheitsstrategie durch eine stärkere regionale Verankerung ergänzt werden – etwa durch die gezielte Einbindung von Standortkompetenzen wie jenen in NRW (DLR, ESA-Infrastruktur, RWTH Aachen), Bayern (Ludwig Bölkow Campus, ESA BIC Bavaria) oder Bremen (OHB, Airbus, ZARM) in die Umsetzungsarchitektur (BMVGa 2025; BDLI 2024). Denkbar wäre zudem die Entwicklung eines nationalen Resilienzrahmens für weltraumabhängige kritische Infrastrukturen, der sektorübergreifend – Energie, Logistik, Telekommunikation, Finanzsystem – Vulnerabilitäten erfasst und Redundanzkonzepte definiert (ENISA 2024; CSIS 2025).

Auf EU-Ebene bietet der entstehende EU Space Act Gestaltungsspielraum: Deutschland könnte in spezifischen Technologiefeldern wie SSA oder Cybersicherheit aktiv Standardisierungsprozesse mitprägen und damit die eigene industrielle und wissenschaftliche Kompetenz in regulatorische Gestaltungsmacht übersetzen (EC 2024). Eine Formalisierung bestehender informeller Kooperationen mit führenden europäischen Clustern – etwa in Toulouse, Turin oder Stockholm – wäre eine weitere Option zur Stärkung der europäischen Gesamtarchitektur (BDLI 2024).

Fazit

Weltraumsicherheit ist keine abstrakte Zukunftsvision – sie ist eine unmittelbare Gegenwartsaufgabe (BMVGa 2025; CSIS 2025). Die Eskalation kinetischer, cyber-basierter und elektromagnetischer Bedrohungen, kombiniert mit der wachsenden gesellschaftlichen Abhängigkeit von weltraumgestützten Diensten, erfordert ein integriertes Denken an der Schnittstelle von Technologie, Governance und Strategie (SWF 2026; WEF 2025).

Deutschland verfügt über eine solide institutionelle Basis: die wissenschaftliche Breite des DLR-Netzwerks, die industrielle Tiefe der deutschen Raumfahrtindustrie, einmalige europäische Infrastrukturen wie das ESA Astronaut Centre und der SPACEHUB COLOGNE sowie eine wachsende New-Space-Szene in regionalen Clustern von Bayern bis Berlin-Brandenburg (BDLI 2024; AeroSpace.NRW 2024). Mit der Weltraumsicherheitsstrategie 2025 ist ein strategischer Rahmen gesetzt – seine Wirkung wird davon abhängen, inwieweit es gelingt, die verteilten Kompetenzen zu bündeln, regional verankerte Stärken gezielt einzubinden und gegenüber europäischen Partnern sichtbar zu machen (BMVGa 2025; AeroSpace.NRW 2024).

Den zunehmenden Trend zur Rekonvergenz illustriert das 2011 gegründete finnische New-Space-Unternehmen ICEYE – heute Betreiber der weltweit größten SAR-Satellitenkonstellation: Der Zusammenschluss mit Rheinmetall zum Joint Venture Rheinmetall ICEYE Space Solutions und der daraus resultierende Milliardenauftrag für SPOCK 1 zeigen, wie etablierte Rüstungskonzerne gezielt die technologische Agilität junger New-Space-Akteure integrieren, um schneller und wettbewerbsfähiger auf staatliche Bedarfe reagieren zu können (Rheinmetall 2025; Behörden-Spiegel, 2025).

Das Zeitfenster für Gestaltung ist geöffnet: IRIS², EU Space Act und die nationale Investitionsstrategie schaffen kurz- bis mittelfristig erhebliche Marktpotenziale und Positionierungsmöglichkeiten (EC, 2024; BMVGb 2025). Ob und wie Deutschland dieses Momentum nutzt, wird maßgeblich durch die Kohärenz zwischen Bundes-, Landes- und EU-Ebene bestimmt.

Das vorliegende Research Paper des VDI Technologiezentrums möchte dazu anregen, diese Debatte auf einer fundierten analytischen Grundlage zu führen.

Literaturverzeichnis

AeroSpace.NRW (2024): AeroSpace.NRW: Akteurs-Verzeichnis NRW Luft- und Raumfahrt, 103 S., https://aerospace.nrw/standort-nrw/akteure. (Zugriff: 15. Mai 2026)

ArianeGroup (o. J.) Maia. https://www.ariane.group/de/raumtransport/maia/ (Zugriff: 27. Mai 2026).

Arms Control Association (2024): Arms Control Association: Russian ASAT Program Updates, Washington D.C., https://www.armscontrol.org/act/2024-03/news/us-warns-new-russian-asat-program. (Zugriff: 15. Mai 2026)

AVIASPACE Bremen (2024): AVIASPACE Bremen e. V.: Netzwerk und Clusterprofil Land Bremen, https://www.aviaspace-bremen.de. (Zugriff: 15. Mai 2026)

AZO (2024): Anwendungszentrum GmbH Oberpfaffenhofen: ESA BIC Bavaria – Inkubationsprogramm, Oberpfaffenhofen, https://www.esa-bic.de; https://azo-space.com/. (Zugriff: 15. Mai 2026)

BDLI (2024): Bundesverband der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie: Branchendaten 2024, https://www.bdli.de/meldungen/branchendaten-2024-deutsche-luft-und-raumfahrt-industrie-im-aufwind. (Zugriff: 15. Mai 2026)

Behörden-Spiegel (2025) ‚Rheinmetall und ICEYE gründen Gemeinschaftsunternehmen', 25. November 2025, https://www.behoerden-spiegel.de/2025/11/25/rheinmetall-und-iceye-gruenden-gemeinschaftsunternehmen/. (Zugriff: 22. Mai 2026).

BMVGa (2025) Bundesministerium der Verteidigung: Grünes Licht für weitere Beschaffungsvorhaben für die Truppe, https://www.bmvg.de/de/aktuelles/gruenes-licht-fuer-weitere-beschaffungsvorhaben-fuer-die-truppe-6052272. (Zugriff: 22. Mai 2026).

BMVGb (2025): Bundesministerium der Verteidigung: Weltraumsicherheitsstrategie, https://www.bmvg.de/de/aktuelles/erste-weltraumsicherheitsstrategie-der-bundesregierung-6042422. (Zugriff: 15. Mai 2026)

BST (2024): Berlin Space Technologies GmbH: Satellitenfabrik – Produktionskapazitäten, Berlin, https://www.berlin-space-tech.com, und https://zukunftsorte.berlin/news/berlin-space-technologies-eroeffnet-erste-satellitenfabrik-in-adlershof/. (Zugriff: 15. Mai 2026)

Businesslocationcenter Berlin (2024): Berlin Business Location Center: Luft- und Raumfahrtindustrie Berlin-Brandenburg, Berlin, https://www.businesslocationcenter.de/luftfahrtindustrie/. (Zugriff: 15. Mai 2026)

Carnegie Endowment (2022): Carnegie Endowment for International Peace: US ASAT Moratorium Analysis, Washington D.C., https://carnegieendowment.org/posts/2022/04/the-us-moratorium-on-anti-satellite-missile-tests-is-a-welcome-shift-in-space-policy. (Zugriff: 15. Mai 2026)

Clusterportal BW (2024): Clusterportal Baden-Württemberg: Clusterpolitik in Baden-Württemberg, Stuttgart, https://regioclusterportal.landbw.de/. (Zugriff: 15. Mai 2026)

CSIS (2025) Space Threat Assessment 2025. Verfügbar unter: https://www.csis.org/analysis/space-threat-assessment-2025 (Zugriff: 27. Mai 2026).

CSIS (2025): Center for Strategic and International Studies: Space Threat Assessment, https://www.csis.org/analysis/space-threat-assessment-2025. (Zugriff: 15. Mai 2026)

Defence.NRW (2026): Clusterorganisation für die Sicherheits- und Verteidigungsindustrie in Nordrhein-Westfalen, https://info.defence.nrw/-lp/RDsTK36548/hDXMG7. (Zugriff: 22. Mai 2026).

DFKI (2021): Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz: AI for Spaceflight – ESA and DFKI Launch Joint Transfer Lab, https://www.dfki.de/en/web/news/esa-dfki-transfer-lab0/. (Zugriff: 15. Mai 2026)

DLR (2025): Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt: SpaceHub Cologne – Erweiterung des ESA-Standorts Köln, https://www.dlr.de/de/aktuelles/nachrichten/2025/raumfahrt-in-nrw-start-fuer-den-spacehub-cologne. (Zugriff: 15. Mai 2026)

EC (2024): Europäische Kommission: Space Strategy for Security and Defence, https://defence-industry-space.ec.europa.eu. (Zugriff: 15. Mai 2026)

ENISA (2024): European Union Agency for Cybersecurity: From Cyber to Outer Space – Securing Commercial Satellite Operations, https://www.enisa.europa.eu/news/from-cyber-to-outer-space-a-guide-to-securing-commercial-satellite-operations. (Zugriff: 15. Mai 2026)

ESA (2025): European Space Agency: Space Economy Report 2025/Space Environment Report 2025, https://space-economy.esa.int/documents/tJMabTj61KkdGVOtF6SKw6wGSxicen6ajUWamCG3.pdf. (Zugriff: 15. Mai 2026)

ESA (o. J.) Ariane 6 overview. https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Launch_vehicles/Ariane_6_overview, (Zugriff: 27. Mai 2026).

Exolaunch (2025): Exolaunch GmbH, https://www.exolaunch.com/news_127.html. (Zugriff: 15. Mai 2026)

Handelsblatt [Online] (2026): „Raumfahrt: OHB und Helsing gründen Joint Venture für Bundeswehr-Satelliten“, https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/raumfahrt-ohb-und-helsing-gruenden-joint-venture-fuer-bundeswehr-satelliten/100225825.html. (Zugriff: 22. Mai 2026).

IRS Stuttgart (2024): Institut für Raumfahrtsysteme, Universität Stuttgart: Institutsprofil, https://www.irs.uni-stuttgart.de. (Zugriff: 15. Mai 2026)

Isar Aerospace (2024): Isar Aerospace Technologies GmbH: Unternehmensprofil und Produktionsstrategie, https://www.isaraerospace.com. (Zugriff: 15. Mai 2026)

Isar Aerospace (o. J.) Spectrum. https://isaraerospace.com/spectrum/ (Zugriff: 27. Mai 2026).

Ludwig Bölkow Campus (2024): Ludwig Bölkow Campus GmbH: Campus-Profil, https://lb-campus.com/index.php?lang=de. (Zugriff: 15. Mai 2026)

MT Aerospace (2024): MT Aerospace AG: Unternehmens- und Produktportfolio, Augsburg 2024, https://www.mt-aerospace.de. (Zugriff: 15. Mai 2026)

NASA (2024–2025): NASA Orbital Debris Program Office: Orbital Debris, https://orbitaldebris.jsc.nasa.gov. (Zugriff: 15. Mai 2026)

Nature Scientific Reports (2021): Lawler et al.: Satellite Megaconstellations Create Risks in Low Earth Orbit, in: Scientific Reports 11, https://www.nature.com/articles/s41598-021-89909-7. (Zugriff: 15. Mai 2026)

OHB (2024): OHB SE: Geschäftsbericht 2024, https://www.ohb.de. (Zugriff: 15. Mai 2026)

POLARIS Raumflugzeuge (o. J.), Light Spaceplane Aurora. https://www.polaris-raumflugzeuge.de/products/light-spaceplane-aurora, (Zugriff: 27. Mai 2026).

RAND (2026): RAND Corporation: Electromagnetic Warfare – NATO Analysis, https://www.rand.org/pubs/commentary/2025/11/electromagnetic-warfare-natos-blind-spot-could-decide.html. (Zugriff: 22. Mai 2026)

RFA (2024): Rocket Factory Augsburg AG: https://www.rfa.space. (Zugriff: 15. Mai 2026)

Rheinmetall AG (2025): Rheinmetall und ICEYE gewinnen Milliardenauftrag für Weltraumaufklärung. Pressemitteilung, 18. Dezember 2025, https://www.rheinmetall.com/de/media/news-watch/news/2025/12/2025-12-18-rheinmetall-und-iceye-gewinnen-milliardenauftrag-fuer-weltraumaufklaerung. (Zugriff:22. Mai 2026).

Space Foundation (2025): Space Foundation: The Space Report 2025 Q2, https://www.spacefoundation.org/2025/07/22/the-space-report-2025-q2/. (Zugriff: 22. Mai 2026)

Statista (2024–2026): Statista: Space Economy Statistics, https://www.statista.com/topics/5049/space-exploration/ sowie: https://www.statista.com/statistics/1224643/active-satellite-by-operator/ (Zugriff: 15. Mai 2026)

Stmwi Bayern (2024): Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft: Cluster-Offensive Bayern, https://www.stmwi.bayern.de/wirtschaft/forschung-technologie/cluster-offensive-bayern/. (Zugriff: 15. Mai 2026)

SWF (2026): Secure World Foundation: Global Counterspace Capabilities Report 2025, Washington D.C., https://swfound.org/counterspace. (Zugriff: 15. Mai 2026)

Tesat-Spacecom (2025): The European Satellite-Based QKD System EAGLE-1, https://arxiv.org/html/2505.20838v1. (Zugriff: 22. Mai 2026)

TU Berlin (2024): Technische Universität Berlin: Institut für Luft- und Raumfahrttechnik, https://www.tu.berlin/ilr. (Zugriff: 15. Mai 2026)

UN COPUOS (2024): United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space: Reports on Space Traffic Management, https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/index.html. (Zugriff: 15. Mai 2026)

UNIBW (2021) Universität der Bundeswehr München: Start der Forschungsgruppe „Autonome Kollisionsvermeidung in Multi-Spacecraft Systemen“, https://www.unibw.de/lrt9/lrt-9.1/aktuelles/nachrichten/start-der-munich-aerospace-forschungsgruppe-autonome-kollisionsvermeidung-in-multi-spacecraft-systemen-1. (Zugriff: 15. Mai 2026)

WEF (2025): World Economic Forum: Cyber Resilience in Space, https://www.weforum.org/stories/2025/10/why-cyber-resilience-in-space-is-essential-for-economic-security/. (Zugriff: 15. Mai 2026)

Wilson Center (2020): Wilson Center: Cybersecurity Threats in Space – Policy Roadmap, https://www.wilsoncenter.org/blog-post/cybersecurity-threats-space-roadmap-future-policy. (Zugriff: 15. Mai 2026)

ZARM (2024): Zentrum für angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation, Universität Bremen: Institutsprofil, Bremen, https://www.zarm.uni-bremen.de/de/. (Zugriff: 15. Mai 2026)

Empfohlene Zitierweise

Braun, A.; Siebenmorgen. H.; Schneider-Bertenburg, L. (2026). „Weltraum: Sicherheit und Infrastruktur. Strategische Herausforderungen, globale Governance und die Rolle Deutschlands“. VDI Research-Paper 33, VDI Technologiezentrum GmbH Düsseldorf. www.vditz.de/service/weltraum-sicherheit-und-infrastruktur

Über VDI Research

VDI Research ist Teil des VDI Technologiezentrums und analysiert aus der Perspektive längerfristiger Vorausschau technologische und gesellschaftliche Zukunftsfragen. Zu den Publikationen gehören u. a. Studien, Analysen und VDI ResearchPaper.

Weitere Publikationen von VDI Research und des VDI Technologiezentrums unter:
vditz.de/service/publikationen

Ihre Ansprechpersonen

Dr. Anette Braun
Technologieberaterin VDI Research
E-Mail: brauna@vdi.de

Dr. Lino Schneider-Bertenburg
Technologieberater Verteidigung
E-Mail: lino.schneider-bertenburg@vdi.de

Das VDI Technologiezentrum

Als Innovationsagentur und als ein führender Projektträger in Deutschland widmet sich das VDI Technologiezentrum den Themen und Technologien der Zukunft mit dem Ziel, die Zukunftskompetenzen von Deutschland und Europa zu stärken. Im Auftrag von Bundes- und Landesministerien, der Europäischen Kommission sowie Stiftungen setzt das VDI Technologiezentrum Forschungs- und Innovationsförderprogramme um und bietet innovationsbegleitende Maßnahmen an. Im Fokus stehen Themen wie Nachhaltigkeit und Klima, Digitalisierung, Schlüsseltechnologien, Gesundheit, Innovation und Bildung, Sicherheit und Verteidigung sowie Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft. Das VDI Technologiezentrum ist Teil der VDI-Gruppe.

VDI Technologiezentrum GmbH
VDI-Platz 1
40468 Düsseldorf
www.vditz.de
@technikzukunft.bsky.social · in