Büro für Technikfolgen-Abschätzung
beim Deutschen Bundestag



Themenkurzprofil Nr. 89
Juli 2026

Rechenzentren in der Erdumlaufbahn – Hype oder realistische Zukunftstechnologie?

Tobias Hungerland

In Kürze

Rechenzentren in der Erdumlaufbahn (SBDC) sind ein mögliches neues Feld der Kommerzialisierung des erdnahen Weltraums. Treiber sind sinkende Startkosten, wiederverwendbare Trägerraketen, standardisierte Satellitentechnik sowie der stark ansteigende Bedarf an Rechenleistung durch Datenwachstum und KI. SBDC sollen gegenüber terrestrischen Rechenzentren Vorteile aufweisen, indem sie nahezu kontinuierlich Solarenergie nutzen und Abwärme über Radiatoren ins All abstrahlen. Technisch ist die Realisierung anspruchsvoll: Rechenhardware muss strahlungsresistent sein. Energieversorgung und Kühlung müssten massiv skaliert werden. Große Strukturen müssten im Orbit montiert und gewartet werden und Datenübertragung erfordert leistungsfähige Funk- und Laserkommunikation.

Unterscheiden lassen sich drei Anwendungsfälle: In-Space Cloud Computing als orbitaler Ersatz oder Ergänzung terrestrischer Rechenzentren, In-Orbit Edge Computing zur direkten Verarbeitung von Satellitendaten im All sowie spezialisierte KI-Rechenzentren für Training und Betrieb von KI-Modellen. Projekte wie „Suncatcher“, „Starcloud“ oder „Sunrise“ zeigen die Dynamik, befinden sich aber meist noch in frühen Entwicklungs- oder Demonstrationsphasen.

Wirtschaftlich könnten SBDC erst bei deutlich niedrigeren Startkosten und mehrjährig robuster Hardware werden. Ökologisch könnten sie Strom-, Wasser- und Flächenbedarf auf der Erde reduzieren, würden aber neue Belastungen durch Raketenstarts, Wiedereintrittseffekte, Weltraumschrott und die Beeinträchtigung astronomischer Beobachtungen verursachen. Politisch relevant sind SBDC mit Blick auf digitale Souveränität, Resilienz kritischer Infrastrukturen und geopolitische Konkurrenz. Für deutsche Unternehmen ergeben sich Chancen in den Bereichen Raumfahrthardware, Startdienste und Laserkommunikation. Damit vorhandene Potenziale gehoben werden können, braucht es verlässliche Rechtsrahmen zu Haftung, Frequenznutzung, Datenschutz und Weltraumschrott.

Hintergrund und Entwicklungsstand

Erdnahe Umlaufbahnen als wachsender Daten- und Wirtschaftsraum

Der Weltraum, speziell im Bereich der erdnahen Umlaufbahnen, ist heute nicht mehr eine ferne Grenze, sondern längst ein gesellschaftlicher, politischer, wirtschaftlicher, wissenschaftlicher und militärischer Handlungsraum. Dies liegt vor allem an einem Paradigmenwechsel, der als New Space bezeichnet wird (TAB 2020). Dahinter verbergen sich der Wandel von einer staatlich dominierten zu einer privatwirtschaftlich geprägten Raumfahrt und die auf Kommerzialisierung ausgerichtete Entwicklung und Nutzung von Weltraumtechnologien, wie Trägersystemen, Satelliten und Raumstationen, aber auch von datenbasierten Dienstleistungen, etwa zur Kommunikation, Navigation und Erdbeobachtung. Besonders die Zahl der Satelliten stieg in den letzten 10 Jahren sprunghaft an (Hader et al. 2023, S. 10). So gibt es gegenwärtig ca. 15.000 aktive Satelliten (ESA Space Debris Office 2026), davon allein über 10.000 Starlink-Satelliten des US-Unternehmens SpaceX (SpaceX 2026). Neben diesen Kommunikationssatelliten ist vor allem die Zahl der Erdbeobachtungs- und der Navigationssatelliten gestiegen. Damit einher geht die Zunahme der im Erdorbit gesammelten Daten, etwa aus der Erdbeobachtung oder der Klima- und Wetterforschung. Schätzungen zufolge erzeugen allein rund 900 Erdbeobachtungssatelliten täglich 100 TB an Daten (Mohney 2020). Das entspricht in etwa zwischen 25 und 50 Mio. hochauflösenden Fotos.

Vom irdischen Hyperscaler zum Rechenzentrum in der Erdumlaufbahn

Nicht nur die durch Raumfahrt erzeugten Datenmengen wachsen kontinuierlich, sondern auch die Menge der auf der Erde generierten und verarbeiteten Daten nimmt stark zu: Täglich wird weltweit ein Datenvolumen von ca. 400 Mio. TB erzeugt (Duarte 2026), ein Wert, der sich bis Ende der 2020er Jahre mehr als verdreifachen dürfte (Davis 2025). Um diese Datenmengen zu verarbeiten, werden zunehmend spezielle, große Rechenzentren errichtet. Die rasante Entwicklung von künstlicher Intelligenz (KI) in den letzten Jahren hat den Bedarf an Rechenzentren zusätzlich verstärkt. Es wird geschätzt, dass die derzeitige weltweite Kapazität bis 2030 verdoppelt wird und dafür jährlich zwischen 130 und 140 neue Hyperscalerechenzentren[1] gebaut werden (Synergy Research Group 2025).

Rechenzentren erfordern große Mengen an Energie für den Betrieb sowie Wasser für die Kühlung (IEA 2025). Hinzu kommt der Flächenbedarf für die Gebäude (durchschnittlich 16 ha; Posey 2025). Der weltweite Stromverbrauch von heute rund 415 TWh dürfte sich bis 2030 mehr als verdoppeln (IEA 2025, S. 13 f.). Ähnliches gilt für den künftigen Wasserbedarf, der von gegenwärtig 560 Mrd. l pro Jahr auf jährlich ca. 1.200 Mrd. l steigen könnte (IEA 2025, S. 242 ff.).

Um den wachsenden Bedarf an Energie, Wasser, Flächen und physischen Infrastrukturen auf der Erde zu reduzieren, wird derzeit von verschiedenen wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Akteuren propagiert, schon in naher Zukunft Rechenzentren im Weltraum (Space-Based Data Centers – SBDC oder Orbital Data Centers – ODC) zu errichten und dadurch die negativen Folgen weiterer terrestrischer Rechenzentren zu vermeiden (Foust 2026a; GAO 2026, Lee 2025; Whitwam 2025). SBDC sollen vor allem zwei Vorteile des erdnahen Weltraums nutzen: die permanente Verfügbarkeit von Solarenergie sowie die kalte Umgebung, welche die Kühlung ermöglichen soll (Aili et al. 2025; Biddle 2026; Chow/Martinez 2026; GAO 2026).

Das New-Space-Paradigma ist geprägt von technischen Innovationen, die dazu beitragen können, großskalige Infrastrukturen im Weltraum zu realisieren, wie beispielsweise weltraumbasierte Energieproduktion (TAB 2023) oder weltraumbasierte Rechenzentren. Allen voran die verstärkte Nutzung teilweiser oder vollständig wiederverwendbarer Trägerraketen, die zu sinkenden Kosten für den Transport von Nutzlasten in den erdnahen Weltraum führen, kann hier einen Beitrag leisten (Aili et al. 2025, S. 1018; Gutierrez et al. 2025, S. 25; Hader et al. 2023, S. 10). Hinzu kommt, dass durch Standardisierung und Miniaturisierung von Komponenten heute die industrielle Produktion von weltraumtauglicher Hardware,[2] zum Beispiel Kleinstsatelliten, möglich ist (Hader et al. 2023, S. 10; Rau 2026; Sönnichsen 2025, S. 49 ff.). Erst durch diese Innovationen lassen sich die notwendigen Infrastrukturen für weltraumbasierte Rechenzentren konstruieren und in den Erdorbit transportieren (Agüera y Arcas et al. 2025).

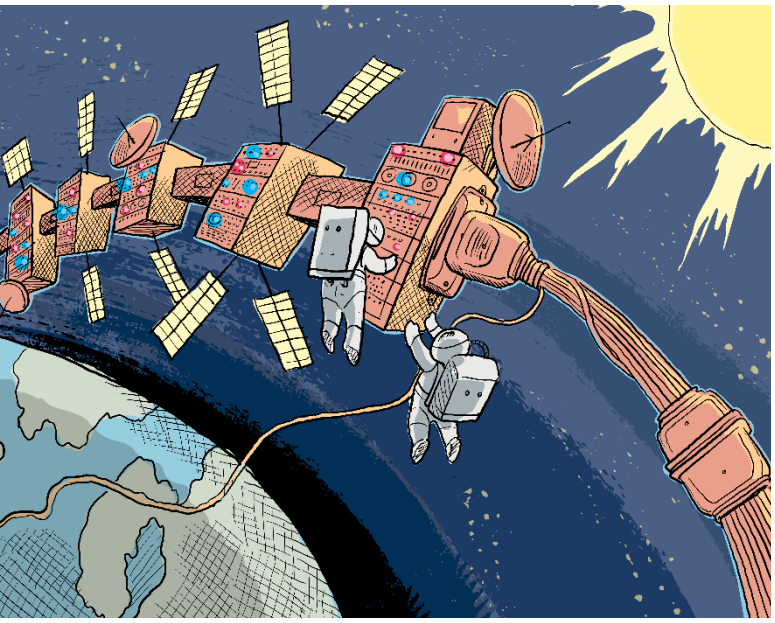
Technische Komponenten und Systemarchitekturen von SBDC

SBDC bestehen in technischer Hinsicht aus verschiedenen Systemkomponenten, die zum Teil auf erprobten Weltraumtechnologien mit hohem Technologiereifegrad basieren und zum Teil auf spezifischen Technologien, die noch nicht die erforderliche technologische Reife erreicht haben.

Kern eines jeden SBDC ist die Rechen- und Prozesshardware. Das Besondere an dieser Hardwarekomponente ist, dass sie weltraumtauglich sein muss, das heißt, die Onboardprozessoren (Central Prozessing Units – CPUs, Graphics Prozessing Units – GPUs und Tensor Prozessing Units – TPUs) müssen vor der Strahlungsumgebung des Weltraums geschützt sein und über Fehlertoleranzmechanismen verfügen, um etwaige

1 Damit sind Rechenzentren gemeint, die deutlich größer und leistungsfähiger sind als herkömmliche Rechenzentren.

2 Hardwarekomponenten, die unter den Strahlungs- und Temperaturbedingungen des Weltraums funktionsfähig bleiben.



strahlungsbedingte Fehler zu minimieren (Agüera y Arcas et al. 2025; Hsu 2025).

Wie bei anderer Weltraumhardware, zum Beispiel die Internationale Raumstation (International Space Station – ISS), können auch SBDC über großflächige Solarpanele mit Strom versorgt werden. Merkmal dieser Solarpanele ist, dass sie leicht, widerstandsfähig und kostengünstig sein müssten. Wenn SBDC in niedrigen, sonnensynchronen Erdumlaufbahnen platziert werden, kann die Sonnenenergie beinahe kontinuierlich zur Stromerzeugung genutzt werden (Aili et al. 2025; Gutierrez et al. 2025). Werden Umlaufbahnen geplant, in denen die SBDC teilweise im Erdschatten kreisen, um beispielsweise thermische Belastung zu reduzieren oder besonders dicht belegte Orbits zu vermeiden, sind zusätzlich möglichst langlebige und flexible Batteriesysteme notwendig, um Strom speichern zu können (Gutierrez et al. 2025, S. 14; Naser et al. 2026).

Eine weitere, zentrale Systemkomponente ist das thermische Management, also die Kühlung der Hardware. Das thermische System eines SBDC muss zweierlei Herausforderungen gleichermaßen bewältigen: Entgegen medial oft verbreiteten Aussagen bietet der Weltraum – obwohl er sehr kalt ist – für SBDC keine natürliche Kühlung, weil das Vakuum kein wärmeübertragendes Medium darstellt. Das heißt, die Wärme, die durch die Hardware erzeugt wird, muss als Infrarotstrahlung über Radiatoren abgegeben werden (Presgraves 2025). Dazu müssen Kühlkreisläufe integriert werden, um die Wärme von Prozessoren zu Radiatoren zu transportieren (Feilden et al. 2024; Gutierrez et al. 2025, S. 13). Zudem können extreme Temperaturschwankungen auftreten, je nachdem, ob ein Satellit sich im Sonnenlicht befindet oder im Schatten der Erde. Die Spanne kann sich zwischen -150 °C und 150 °C bewegen.

Hinzu kommen Kommunikationssysteme, um Daten zu übertragen. Für die Kommunikationen zwischen einzelnen SBDC werden Laserkommunikationssysteme in Betracht gezogen, die mittels optischer Laserlinks hohe Datenübertragungsraten sicherstellen können. Wenn direkte optische Verbindungen nicht möglich sind, werden Relaisterminals benötigt, also Kommunikationsknotenpunkte zum Empfang und zur Weiterleitung von Signalen, um Satelliten miteinander und mit Bodenstationen zu koppeln (Feilden et al. 2024, S. 7; Johnston 2026).

Alle Komponenten eines SBDC werden auf einer Raumfahrzeugplattform (Satellitenbus) integriert, die üblicherweise mit Leichtbaumaterialien, wie beispielsweise kohlenstofffaserverstärkten Polymeren, realisiert werden soll (Gutierrez et al. 2025, S. 38). Denn je größer und massereicher die einzelnen Bestandteile sind, desto teurer ist ihr Transport in die Erdumlaufbahn.

Die genannten technischen Komponenten können in unterschiedlichen Gesamtsystemarchitekturen integriert werden. Bei den gegenwärtig geplanten Ansätzen lassen sich zwei unterschiedliche Systemarchitekturen unterscheiden: auf der einen Seite Konstellationen, die aus zahlreichen einzelnen, miteinander vernetzten Satelliten bestehen; auf der anderen Seite solche, die eher Raumstationen ähneln und auch als monolithische Architekturen bezeichnet werden (Gutierrez et al. 2025, S. 5). Ein Merkmal auch dieser Architektur ist ihr modularer Aufbau, der es möglich machen soll, einzelne Komponenten bei Bedarf auszutauschen (Gutierrez et al. 2025, S. 37; Johnston 2026).

Zusätzlich zu den technischen Komponenten, aus denen SBDC bestehen, gibt es weitere Komponenten, die für den Aufbau und den Betrieb erforderlich sind. Neben Trägerraketen, die in der Lage sind, die erforderlichen Systembestandteile in geeignete Erdumlaufbahnen zu bringen, ist vor allem für monolithische Architekturen die technische Fähigkeit notwendig, große Strukturen in der Erdumlaufbahn mittels robotischer Systeme zusammenzubauen, während ihrer Betriebsdauer zu warten und gegebenenfalls zu reparieren (Callison/Minafra 2026; Gutierrez et al. 2025, S. 37).

Aktuelle Entwicklung: Wettlauf im Orbit

Wegbereitend für die Bestrebungen, SBDC zu realisieren, dürften die Experimente mit Hochleistungsrechnern an Bord der ISS gewesen sein, die die US-amerikanische National Aeronautics and Space Administration (NASA) bereits 2017 durchführte, um zu ermitteln, wie Datenverarbeitungskapazitäten im Weltraum gesteigert werden können (Gutierrez et al. 2025, S. 10 f.).Seit 2022 hat eine Reihe von Unternehmen Forschungs- und Entwicklungsvorhaben angekündigt, darunter

Thales Alenia Space[3], Axiom Space, SpaceX, Google, Blue Origin und Starcloud[4] (Biddle 2026; Contreras 2026). Darüber hinaus gibt es rund 30 weitere Unternehmen, insbesondere Start-ups, die seit 2020 Wagniskapital erhalten haben, um SBDC zu realisieren (Gutierrez et al. 2025, S. 13 ff.).

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über einige der angekündigten Projekte. Primäre Motivation für privatwirtschaftliche Akteure ist die Aussicht auf eine Kommerzialisierung des erdnahen Weltraums und die daraus resultierende Möglichkeit, Umsätze zu generieren. Auch bei anderen Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, wie etwa dem Weltraumbergbau oder der weltraumgestützten Energieerzeugung (TAB 2023), stellt die Aussicht auf finanzielle Erträge eine treibende Kraft dar.

Auch staatliche Initiativen, etwa die chinesische 3-Body-Computing-Constellation, oder öffentlich finanzierte Projekte wie das von der Europäischen Kommission geförderte Programm „ASCEND" (Advanced Space Cloud for European Net zero emissions and Data sovereignty) sollen die Realisierung von SBDC fördern. Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie soll 2026 ein Demonstrator in einer niedrigen Erdumlaufbahn eingesetzt werden, um die Leistungsfähigkeit der Energie-

Tabelle Ausgewählte Projektbeispiele

Projekt	Hauptakteur	Systemarchitektur	Anwendungsfall	Stand/technische Reife
Starcloud	Starcloud Inc.; Nvidia	Megakonstellation mit 88.000 Satelliten	Training von KI-Modellen und Betrieb von KI-Anwendungen/In-Space Cloud Computing	Start von Starcloud-1 im Dezember 2025 mit einem Nvidia-H100-GPU
Suncatcher	Google	Konstellation mit 81 Satelliten	Training von KI-Modellen und Betrieb von KI-Anwendungen	Prototypenentwicklung von 2 Satelliten für 2027 geplant
Sunrise	Blue Origin	Megakonstellation mit 51.600 Satelliten	Training von KI-Modellen und Betrieb von KI-Anwendungen/In-Space Cloud Computing	regulatorische Phase
SpaceX Orbital Data Center system	SpaceX	Megakonstellation mit 1 Mio. Satelliten	Training von KI-Modellen und Betrieb von KI-Anwendungen	regulatorische Phase*
3-Body-Computing-Constellation	Thales Alenia Space und weitere	Konstellation mit 2.800 Satelliten	In-Space Cloud Computing	Demonstrationsphase: Start von 12 Satelliten 2025 erfolgt
Orbital Data Center	Axiom Space	nicht bekannt	In-Space Cloud Computing	nicht bekannt
Sky Computing Constellation	Huawei	nicht bekannt	In-Orbit Edge Computing	Demonstrationsphase
n/a	Sidus Space	Edge-Computer FeatherEdge GEN-2 an Bord des Satelliten LizzieSat-3	In-Orbit Edge Computing	aktiv
ESA Φ-Sat	European Space Agency (ESA)	2 Satelliten	In-Orbit Edge Computing	Demonstrationsphase

* Zulassung bei der Federal Communications Commission in den USA beantragt.

Eigene Darstellung nach Feilden et al. (2024); Foust (2026c); Gutierrez et al. (2025, S. 22 ff.); Greengard (2025); ICFS Portal (2026); Whitwam (2025)

3 Konsortialführer der von der Europäischen Kommission geförderten Machbarkeitsstudie „ASCEND"

4 Unterstützt unter anderem von Nvidia.

versorgungs- und Kühlsysteme, der Datenübertragungs- und -verarbeitungskapazitäten sowie den Schutz vor Weltraumstrahlung und die Modularität der Systemarchitektur zu testen (Gutierrez et al. 2025, S. 9). Auch die ökonomische und ökologische Tragfähigkeit des Konzepts von SBDC soll in dem Programm untersucht werden. Übergeordnetes Ziel ist die Etablierung einer unabhängigen europäischen Dateninfrastruktur bei gleichzeitiger Berücksichtigung von Emissionsreduktionszielen. Weiter vorangeschritten ist die geplante Konstellation von 2.800 Satelliten der 3-Body-Computing-Constellation Chinas. Hier wurden bereits im Mai 2025 12 funktionsfähige Satelliten in eine Erdumlaufbahn transportiert (Schmitt 2025). Diese Erdbeobachtungssatelliten sollen Datenverarbeitung vor Ort im Weltraum leisten (Gutierrez et al. 2025, S. 10; Schmitt 2025).

Verschiedene Anwendungsfälle

Nicht alle diese Projekte verfolgen identische Ziele. Vielmehr gibt es zahlreiche Unterschiede bei den Anwendungsfällen und den dafür geplanten Systemarchitekturen. Hierbei sind vor allem die Bereitstellung von Cloudinfrastrukturen für terrestrische Indus-trie (In-Space Cloud Computing) und das In-Orbit Edge Computing für Erdbeobachtung zu unterscheiden (Aili et al. 2025; Rau 2026). Als dritter Anwendungsfall werden das Training von KI-Modellen und der Betrieb von KI-Anwendungen auf spezifischen, nur für diesen Zweck entwickelten SBDC in Betracht gezogen (Agüera y Arcas et al. 2025; Chow/Martinez 2026).

Beim In-Space Cloud Computing sollen leistungsfähige Serverinfrastrukturen in der Erdumlaufbahn errichtet werden, die Rechen- und Speicherkapazitäten für Drittnutzer bereitstellen (Gutierrez et al. 2025, S. 5). Als Systemarchitektur wird entweder die zuvor genannte monolithische Plattform konzipiert, die teilweise auch als bemannte Raumstation geplant wird (Periola et al. 2020), oder verteilte Konstellationen aus vielen einzelnen, als Cluster zusammenarbeitenden Satelliten (Kuang et al. 2025, S. 3). In-Space Cloud Computing kann als Erweiterung terrestrischer Rechenzentren dienen oder als Ersatz, etwa um besonders rechenintensive Aufgaben zu bewältigen (Wooden 2025, S. 7). Darunter können zum Beispiel das Training von KI-Modellen oder die Durchführung großskaliger wissenschaftlicher Simulationen fallen (Aili et al. 2025, S. 1023). Wenn In-Space Cloud Computing als Erweiterung terrestrischer Infrastrukturen entwickelt wird, kommt es insbesondere darauf an, dass durch ausreichend stabile Konnektivität ein reibungsloser Datentransfer möglich wird (Presgraves 2025). Infrage kommen dazu Breitbandsatellitenverbindungen zwischen Bodenstation und Weltraumsegment sowie optische Laserlinks zwischen einzelnen Komponenten des Weltraumsegments (Aili et al. 2025).

Ein zweiter Anwendungsfall ist das In-Orbit Edge Computing. Damit soll die Herausforderung gelöst werden, dass Satelliten immer größere Datenmengen erzeugen. Beim In-Orbit Edge Computing wird die Datenverarbeitung dort durchgeführt, wo Daten gesammelt werden. Dadurch lässt sich der Umfang an Daten reduzieren, die zu Erde übertragen werden müssen (Bleier et al. 2023).

Ein zentrales Element des Edge Computings ist die Vorverarbeitung von Sensordaten, etwa hochauflösenden Bildern, wodurch nur Analyseergebnisse übermittelt werden müssen (Bleier et al. 2023, S. 901). Mithilfe von KI können Daten zudem selektiert und gefiltert werden, sodass nur nutzbare Ergebnisse, zum Beispiel wolkenfreie Bilder, übertragen werden. Geeignete Algorithmen können außerdem störendes Rauschen reduzieren und damit das Datenvolumen weiter senken (Gutierrez et al. 2025, S. 29). Ergänzend ermöglicht eine ereignisgesteuerte Analyse, dass nur solche Daten zur Erde übertragen werden, die auf relevante Ereignisse hinweisen, etwa eine Waldbranddetektion (Gutierrez et al. 2025, . 6). Durch In-Orbit Edge Computing werden Datenverarbeitung und erste Entscheidungsprozesse in das Weltraumsegment verlagert. Dies reduziert die Latenzzeit, also die Zeitverzögerung, die durch die Funkübertragung von großen Datenmengen hervorgerufen wird. Hierdurch sind schnellere Reaktionszeiten möglich, insbesondere bei zeitkritischen Anwendungen wie der Früherkennung von Überschwemmungen oder Waldbränden.

Haupttreiber für die Entwicklung von Lösungen für diesen Anwendungsfall ist die physisch und regulatorisch begrenzte Bandbreite verfügbarer Funkverbindungen zwischen Erdumlaufbahn und Erdoberfläche. In physischer Hinsicht steht nur ein begrenzter Frequenzbereich für die Übertragung von Daten von Satelliten zu Bodenstationen (Downlink) und von Bodenstationen zu Satelliten (Uplink) zur Verfügung. Somit wird es angesichts der wachsenden Datenproduktion zunehmend schwieriger, große Datenmengen zur Erde zu übertragen (Gutierrez et al. 2025, S. 6; Kuang et al. 2025).

Ein dritter Anwendungsfall ist die Schaffung von orbitalen Infrastrukturen, die ausschließlich dem Training von KI-Modellen und dem Betrieb von KI-Anwendungen dienen sollen. Dabei handelt es sich um einen Spezialfall des In-Orbit Cloud Computings, bei dem die Systeme den hohen Rechen- und Energieanforderungen von KI genügen müssen. Zur Übertragung petabytegroßer Trainingsdaten sollen Datenshuttles zum Einsatz kommen. Sie werden von der Erde aus gestartet und docken dann an den orbitalen Infrastrukturen an, um die Daten zu übertragen (Johnston 2026). Dies soll einen Zeitgewinn gegenüber der Funkübertragung bewirken. Für das Training von KI-Modellen können zudem Tensorprozessoren (Tensor Processing Units – TPUs) genutzt werden, also auf maschinelles Lernen

spezialisierte Prozessoren (Agüera y Arcas et al. 2025). TPUs wurden zunächst von Google entwickelt, werden mittlerweile aber von Google zum Verkauf angeboten. Es ist daher denkbar, dass TPUs auch von anderen Entwicklern von In-Orbit-Cloud-Computing-Lösungen als Teil ihrer spezialisierten Hardware in Betracht gezogen werden. Bislang soll vor allem das von Google geplante Projekt „Suncatcher" mit TPUs ausgestattet werden (Agüera y Arcas et al. 2025). Erforderlich ist außerdem die Kohärenz der eingesetzten Prozessoren (CPUS, GPUs und TPUs), die beim Training von KI-Modellen als Einheit zusammenarbeiten müssen. Dafür müssen die Satelliten über Laserlinks verbunden und synchronisiert werden (Fernholz 2026).

Bislang sind diese drei unterschiedlichen Anwendungsfälle in verschiedenen Stadien der Umsetzung (siehe Tabelle). Zum jetzigen Zeitpunkt ist nur schwer einzuschätzen, welcher der Anwendungsfälle am ehesten realisiert werden kann.

Absehbare Entwicklungsperspektiven im Realitätscheck

SBDC versprechen, viele der Beschränkungen zu umgehen, die Errichtung und Betrieb terrestrischer Rechenzentren erschweren. Allerdings steht demgegenüber auch eine Reihe von Herausforderungen, die zu bewältigen bzw. abzumildern sind.

Allen voran sind die Kosten weltraumbasierter Infrastrukturen zu berücksichtigen. Diese müssen nicht nur im Verhältnis zu den Investitions- und Betriebskosten terrestrischer Rechenzentren konkurrenzfähig sein, sondern auch für die jeweiligen betreibenden Unternehmen sowie eventuelle Fremdkapitelgeber profitabel. Ein zentraler Kostenfaktor für den Betrieb terrestrischer Rechenzentren sind die Energiekosten, die zwischen 40 und 60 % der jährlichen Kosten ausmachen können (Callison/Minafra 2025). SBDC würden mit Sonnenenergie versorgt werden, wobei keine laufenden Kosten entstehen. Ähnliches gilt für die Kosten, die für Kühlwasser anfallen und die bei SBDC durch die Radiatorkühlung nicht entstehen. Andere Kostenbestandteile verlagern sich: Investitionskosten, die beim Erwerb von Flächen für terrestrische Rechenzentren anfallen, für die Errichtung von Gebäuden oder die Erteilung von verschiedenen Genehmigungen, verlagern sich hin zu anderen Kostenbestandteilen, die bei Weltraumhardware anfallen (Callison/Minafra 2025). Dazu zählen etwa die Kosten für die Startdienstleistungen, für die Zuteilung von Funklizenzen sowie die Produktions- und Wartungskosten für weltraumtaugliche Hardware.

Erste Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zeigen folgendes Ergebnis: SBDC würden im Vergleich zu terrestrischen Rechenzentren aktuell etwa doppelt so hohe Investitionskosten verursachen (Forrester 2026). Ein wirtschaftlicher Betrieb von SBDC wird vor allem dann als möglich erachtet, wenn die Startkosten pro kg auf 200 bis 150 US-Dollar sinken (Gutierrez et al. 2025, S. 42 f.; Wooden 2025). Aktuell sind sie etwa 10- bis 20-mal so hoch (Fernholz 2026; Gutierrez et al. 2025, S. 30; Knapp 2026) und Schätzungen zufolge könnte es noch bis in die Mitte der 2030er Jahre dauern, bis sie auf ein für SBDC wirtschaftliches Niveau sinken (Agüera y Arcas et al. 2025; Hsu 2025; Rau 2026). Zentrale Treiber für die Kostensenkung sind unter anderem die bereits genannte Wiederverwendbarkeit von Trägerraketen, die höhere Startfrequenz sowie der Wettbewerb zwischen verschiedenen Anbietern von Startdienstleistungen. Ein kostendeckender beziehungsweise sogar profitabler Betrieb wird zudem erst dann erwartet, wenn die Hardware über mindestens 3 Jahre funktionsfähig bleibt, also vor Strahlung geschützt ist, und dadurch das Risiko von Weltraumschrott reduziert wird (Gutierrez et al. 2025).

Eine technische Herausforderung sind robotische Montage und Wartung der Komponenten im Weltraum. Zudem müssen die Energieversorgungs- und thermischen Systeme auf das erforderliche Niveau skaliert werden. Für ein SBDC mit einer Rechenleistung von 5 GW wären eine Solaranlage mit einer Fläche von ca. 4 km^2 (Gutierrez et al. 2025, S. 13) sowie Radiatoren mit einer Fläche von ca. 9,8 km^2 nötig.[5] Hinzu kommt der Zielkonflikt zwischen der Masse des Gesamtsystems, dem Transportaufwand und den Kosten für den Transport des Systems in eine Erdumlaufbahn. Aktuell können kommerzielle Trägerraketen bis zu 64 t Nutzlasten ins All bringen (Falcon Heavy von SpaceX). Im skizzierten Beispiel des SBDC müsste eine Masse von mehreren 10.000 t in die Erdumlaufbahn verbracht werden. Selbst mit dem von SpaceX entwickelten Starship, das zwischen 100 und 150 t Nutzlast transportiert könnte, wären daher Hunderte Raketenstarts zur Realisierung eines SBDC erforderlich (Foust 2026b).

Positionierung und Potenziale deutscher Akteure

Zwar werden die aktuellen Entwicklungen ganz überwiegend von US-amerikanischen, chinesischen und einigen europäischen Unternehmen sowie staatlichen Raumfahrtorganisationen vorangetrieben, doch gibt es vereinzelt auch deutsche Akteure, die Beiträge zu verschiedenen Teilaspekten liefern, etwa zur Entwicklung von Hard- oder Softwarekomponenten, Konstruktion von Raumfahrzeugplattformen zum Beispiel durch die OHB Systems AG, Bereitstellung von Startdienstleistungen zum Beispiel durch die Rocket Factory Augsburg AG oder die ISAR Aerospace SE oder des Weltraumverkehrsmanagements (Space Traffic Management) durch das nationale Raumfahrtkontrollzentrum des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR GSOC). Sollten die europäischen Bestrebungen, digital souverän und damit unabhängig von nicht europäischen

5 Umgerechnet anhand der Angaben in Wooden (2025).



Rechenzentren zu werden, auch dazu führen, dass SBDC realisiert werden sollen, dann könnten deutsche Akteure entlang der Wertschöpfungskette Beiträge leisten. Das könnte beispielsweise die Forschung und Entwicklung von erforderlichen Schlüsseltechnologien für SBDC wie optische Laserkommunikationsterminals betreffen – ein Technologiefeld, in dem deutsche Unternehmen und Forschungseinrichtungen eine international führende Rolle einnehmen.

Gesellschaftliche und politische Relevanz

Grundsätzlich zeichnet sich das Thema durch eine hohe Dynamik aus, die vor allem von den in den vergangenen Monaten erfolgten Ankündigungen einzelner Projekte geprägt wird. Da diese überwiegend von Unternehmen vorangetrieben werden, ist eine tatsächliche Realisierung von SBDC abhängig vom Marktumfeld und weiteren Faktoren, wie etwa der Kapitalverfügbarkeit und der Überwindung technischer Hemmnisse. Bisweilen entsteht um angekündigte Projekte ein regelrechter Hype, sodass die bestehenden Probleme bei der Umsetzung davon überdeckt werden, wie etwa beim Vorhaben von SpaceX, die für eine Konstellation mit 1 Mio. Satelliten die Lizensierung von Funkfrequenzen beantragt haben (FCC 2026).

Ein Realisierungszeitraum für kleinere Konstellationen dürfte noch etwa 10 Jahre in der Zukunft liegen. Für Konstellationen mit mehreren 10.000 Satelliten könnte deren Verwirklichung noch deutlich länger dauern. Dennoch zeichnet sich schon heute eine erhebliche gesellschaftliche und politische Relevanz ab. Diese besteht vor allem darin, dass ein Gestaltungsspielraum für die Entwicklung kritischer Infrastrukturen im Weltraum entsteht. Indem souveräne europäische Lösungen für Rechenzentren weiterentwickelt werden, entstehen sowohl ökonomische Potenziale für deutsche Unternehmen als auch die Möglichkeit, strategische Abhängigkeiten von US-amerikanischen Unternehmen zu reduzieren.

Marktpotenziale von SBDC im erdnahen Weltraum

Die zunehmende Kommerzialisierung des erdnahen Weltraums bietet Marktchancen auch für deutsche Unternehmen. Schätzungen zufolge könnte der weltweite Markt für weltraumgestützte Anwendungen in den nächsten 15 Jahren auf ein Volumen von rund 1,25 Billionen Euro anwachsen (Hader et al. 2023, S. 11). Damit deutsche Raumfahrtakteure in diesem Markt wettbewerbsfähig bleiben können, kann der Staat durch gezielte finanzielle Maßnahmen, etwa als Ankerkunde für Raumfahrtdienstleistungen, unterstützend auftreten. Die Weiterentwicklung wichtiger Raumfahrttechnologien wie etwa Satellitenkommunikation, die für Anwendungen im Bereich Industrie 4.0 (autonomes Fahren, Smart Farming etc.) erforderlich sind, könnte zur Stärkung deutscher Schlüsselindustrien beitragen, etwa der Automobil-, der Elektroindustrie und des Maschinenbaus. Zudem könnten technologische Abhängigkeiten von US-amerikanischen Hyperscalern reduziert werden, wenn es gelingt, SBDC unter europäischer Kontrolle zu etablieren (Gutierrez et al. 2025, S. 33). Frühzeitig sollten daher Lieferketten für Systemkomponenten resilient gestaltet werden, denn die Verfügbarkeit standardisierter, weltraumtauglicher Hardwarekomponenten kann ein entschei-

dender Wettbewerbsfaktor sein, wenn diese Komponenten künftig in größerem Umfang nachgefragt werden (Callison/ Minafra 2026).

Ökologische Implikationen

Angesichts des weiterhin steigenden Energie- und Wasserbedarfs terrestrischer Rechenzentren bietet die Verlagerung in den Erdorbit eine Chance, den negativen Einfluss wachsender Datenverarbeitungskapazitäten auf das Klima zu verringern. Ein mögliches Potenzial ist die Senkung des Strombedarfs, denn Rechenzentren verbrauchen in Deutschland bereits ca. 2,7 % des erzeugten Stroms (Gutierrez et al. 2025, S. 31). Dieser Anteil dürfte künftig weiter steigen, wenn der Bedarf an Rechenzentren zunimmt. Mit SBDC könnte dieser Mehrbedarf an Strom kompensiert und der Bedarf an Kühlwasser und Flächen reduziert werden. Allerdings entstehen durch die Realisierung von SBDC neue Umweltwirkungen, allen voran durch die vielen erforderlichen Raketenstarts zum Aufbau der geplanten Konstellationen (Contreras 2026). Aber auch der Wiedereintritt nicht wiederverwendbarer Komponenten von Trägerraketen sowie die nicht mehr funktionsfähigen Satelliten haben, unter anderem durch die Entstehung von Stickoxiden, negative Wirkungen auf die Erdatmosphäre (Hsu 2025; Ohs et al. 2025; Rau 2026). Da SBDC bislang nicht realisiert worden sind, können Umweltanalysen nur auf Modellannahmen und Hochrechnungen beruhen (Aili et al. 2025). Zudem stellt bestehender Weltraumschrott eine erhebliche Herausforderung für jeden Anwendungsfall von SBDC dar (Space Mart 2025), während SBDC ihrerseits das Problem des Weltraumschrotts zugleich noch verschärfen (Akhavan-Tafti 2025). Auch bei einer Ausdehnung der Lebensdauer durch robotische Wartung ist die Entwicklung von Technologien und Strategien erforderlich, um nicht mehr funktionsfähige Komponenten aus dem erdnahen Weltraum zu entfernen (Khlystov et al. 2026).

Ein weiterer Kritikpunkt ist, dass SBDC astronomische Beobachtungen stören können. Satelliten reflektieren Sonnenlicht und können dadurch als helle Punkte oder Streifen auf Teleskopbildern erscheinen. Zwar lässt sich dieser Effekt verringern, wenn Satelliten im Erdschatten sind. SBDC in sonnensynchronen Umlaufbahnen könnten jedoch auch nachts sichtbar sein und dadurch die Weltraumforschung mit optischen Teleskopen beeinträchtigen (Tangermann 2026).

Geopolitische Bedeutung von SBDC

In Europa werden rund 70 % des Marktes für Rechenzentren von US-amerikanischen Anbietern wie Google, Amazon und Microsoft kontrolliert (Jürgens 2025). Um die strategische und digitale Souveränität zu erhöhen, können unabhängige Infrastrukturen geschaffen werden, beispielsweise SBDC unter europäischer Kontrolle. Diese würden unter europäischer Gerichtsbarkeit stehen, was die Anwendung des europäischen Rechtsrahmens erleichtert. Allerdings befinden sich europäische Aktivitäten zur Realisierung von SBDC technisch wie geopolitisch in einem internationalen Wettbewerb mit US-amerikanischen und chinesischen Akteuren. Es besteht das Risiko, dass Wettbewerber schneller in den Markt eintreten und dadurch dazu beitragen, politische Machtansprüche im erdnahen Weltraum zu bestärken. Dies ist insbesondere dort der Fall, wo europäische Akteure von US-amerikanischen Unternehmen abhängig sind, beispielsweise bei den Startdienstleistungen. Zwar verfügt Europa mit der Trägerrakete Ariane 6 über ein leistungsfähiges System, ist jedoch weder hinsichtlich Kosten noch Startfrequenz konkurrenzfähig mit SpaceX (CASSIS 2026). Es bestehen also vielschichtige Abhängigkeiten von US-amerikanischen Unternehmen, die eine souveräne Etablierung europäischer SBDC erschweren.

Ein weiterer geopolitisch relevanter Aspekt betrifft die Resilienz kritischer Infrastrukturen. Terrestrische Rechenzentren sind verschiedenen Risiken ausgesetzt, darunter Stromausfälle, Naturkatastrophen, Sabotageakte und Cyberangriffe. Hinzu kommt, dass auch geopolitische Instabilitäten ihre Verfügbarkeit und Betriebssicherheit beeinträchtigen können. SBDC werden demgegenüber als potenziell resilientere Alternative diskutiert, da sie im erdnahen Weltraum dem physischen Zugriff weitgehend entzogen und von Naturkatastrophen auf der Erde zunächst nicht betroffen sind. Dadurch könnten sie redundante Kapazitäten für Datenverarbeitungs- und -speicher bereitstellen. Gleichwohl sind auch SBDC nicht risikofrei: Sie bleiben anfällig für negative Effekte des Weltraumwetters (TAB 2025), des Weltraumschrotts sowie auch für Cyberangriffe, physische Angriffe mit Antisatellitenwaffen sowie Kollisionen mit anderen Satelliten (Sönnichsen 2025).

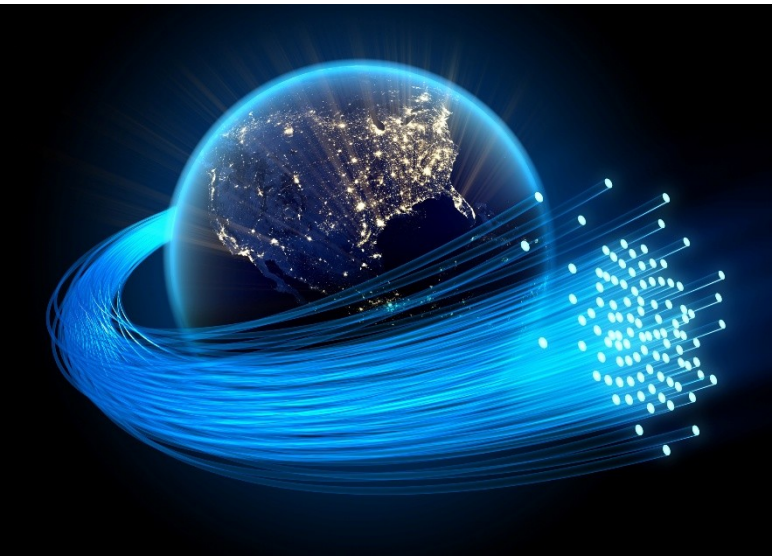
Regulatorische Rahmenbedingungen für die Entwicklung von SBDC

Die rechtlichen Rahmenbedingungen für SBDC und vergleichbare weltraumbasierte Infrastrukturen sind komplex. Bevor weltraumbasierte Infrastrukturen geschaffen werden können, müssen alle Objekte, die in eine Erdumlaufbahn gebracht werden sollen, gemäß Weltraumregistrierungsübereinkommen[6] registriert werden. Hinzu kommt die Regelung von Haftungsfragen entsprechend dem Weltraumhaftungsübereinkommen[7]. Diese Übereinkommen der 1970er Jahre ergänzen den internationalen Weltraumvertrag[8], sind jedoch nur begrenzt an

6 Übereinkommen über die Registrierung der in den Weltraum gestarteten Gegenstände vom 12. November 1974

7 Übereinkommen über die völkerrechtliche Haftung für Schäden durch Weltraumgegenstände vom 29. März 1972

8 Vertrag über die Grundsätze zur Regelung der Tätigkeiten von Staaten bei der Erforschung und Nutzung des Weltraums einschließlich des Mondes und anderer Himmelskörper vom 10. Oktober 1967



die Anforderungen der zunehmenden Kommerzialisierung des Weltraums angepasst. Weltraumgesetze auf staatlicher Ebene sollen Rechtssicherung und verlässliche Rahmenbedingungen für nationale Akteure schaffen. In Deutschland fehlt ein entsprechendes Gesetz bislang, während auf EU-Ebene mit dem EU Space Act (EK 2025) aktuell ein Vorschlag für einen einheitlichen EU-weiten Rechtsrahmen für Weltraumaktivitäten (EK 2025) diskutiert wird. Adressiert werden soll mit dieser Gesetzgebung unter anderem auch das Problem des Weltraumschrotts. Verbindliche internationale Regelungen zur Vermeidung von Weltraumschrott gibt es bislang nicht, sondern lediglich technische Richtlinien (IADC Steering Group and Working Group 4 2025). Diese gelten als sinnvoll, aber unzureichend, sodass jedwede internationale Regulierung dazu beitragen könnte, die negativen Folgen des Weltraumschrotts abzumildern (Conrad 2025).

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der Konflikt zwischen europäischem Datenschutz und US-amerikanischem Cloud Act[9]. Daten, die außerhalb der USA verarbeitet und gespeichert werden, unterliegen gemäß Cloud Act dennoch dem US-amerikanischen Recht, wenn Datenverarbeitung und -speicherung durch amerikanische Unternehmen erfolgen – ein Widerspruch zu den Regelungen der Datenschutz-Grundverordnung[10] (Gutierrez et al. 2025, S. 33 f.). SBDC könnten diesen Konflikt auflösen, wenn europäische SBDC unter europäischer Gerichtsbarkeit entstehen und die Abhängigkeit von durch US-amerikanische Firmen betriebenen Rechenzentren zurückgeht.

Schließlich ist die Frequenzregulierung ebenfalls ein Aspekt, der sich gegenwärtig mit der Entstehung neuer Satellitenkonstellationen als Engpass erweist. Die Zuteilung von Frequenzen wird von der Internationalen Fernmeldeunion reguliert, um eine störungsfreie Nutzung zu ermöglichen und Doppelnutzungen zu vermeiden. Durch die Vielzahl angekündigter Satellitenkonstellationen erhöht sich der Koordinierungsaufwand für die gestiegene Nachfrage nach Funkbändern im begrenzten Spektrum. Eine faire Verteilung ist dabei die zentrale Herausforderung.

Für deutsche Unternehmen, die an Weltraumaktivitäten im Allgemeinen und an der Wertschöpfung von SBDC im Speziellen teilhaben wollen, ist ein verlässlicher Rechtsrahmen erforderlich, insbesondere hinsichtlich der Haftungsfragen, der Frequenzzuteilung und des Umgangs mit Weltraumschrott. Die Bundesregierung hat die Möglichkeit, durch Verabschiedung eines nationalen Weltraumgesetzes die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Raumfahrtunternehmen zu stärken und durch Beteiligung an internationalen Regulierungsbestrebungen die Rahmenbedingungen für die Entwicklung von SBDC mitzugestalten.

Mögliche vertiefte Bearbeitung des Themas

Das Themenkurzprofil bietet einen kompakten Überblick über aktuelle Entwicklungen, technische Grundlagen und regulatorische Implikationen von weltraumbasierten Rechenzentren. Obwohl es erste Ansätze gibt, souveräne, europäische Infrastrukturen im Weltraum aufzubauen, ist fraglich, ob SBDC in relevantem Umfang dazu beitragen können, die Abhängigkeit von US-amerikanischen Unternehmen zu reduzieren. Da die technologische Reife der verschiedenen Komponenten von SBDC größtenteils erst das Demonstratorstadium erreicht hat, steht der Nachweis der Wirtschaftlichkeit sowie der vermuteten positiven Effekte auf Ressourcen und Umwelt noch aus. Gegenwärtig sind die Entwicklung von SBDC und die damit zusammenhängenden technologischen Fortschritte und geopolitischen Rahmenbedingungen durch eine hohe Dynamik gekennzeichnet. Es erscheint sinnvoll, diese Entwicklungen weiter zu beobachten und gegebenenfalls zu einem späteren Zeitpunkt vertieft zu analysieren – etwa, wenn weitere Ergebnisse sowie neuere Erkenntnisse zum Entwicklungsstand der einzelnen technischen Komponenten und regulatorischen Herausforderungen vorliegen. Eine vertiefende Bearbeitung des Themas durch das TAB erscheint daher zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht vordringlich.

9 Clarifying Lawful Overseas Use of Data Act vom 21. März 2018

10 Verordnung (EU) 2016/679 vom 27. April 2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG

Literatur

- Agüera y Arcas, B. et al. (2025): Towards a future space-based, highly scalable AI infrastructure system design. arxiv, https://doi.org/10.48550/arXiv.2511.19468
- Aili, A. et al. (2025): The development of carbon-neutral data centres in space. In: Nature Electronics 8(11), S. 1016–1026, https://doi.org/10.1038/s41928-025-01476-1
- Akhavan-Tafti, M. (2025): Google's proposed data center in orbit will face issues with space debris in an already crowded orbit. The Conversation, https://theconversation.com/googles-proposed-data-center-in-orbit-will-face-issues-with-space-debris-in-an-already-crowded-orbit-270410 (27.5.2026)
- Biddle, S. (2026): Why is everyone suddenly talking about putting data centers in space? The Intercept, https://theintercept.com/2026/01/12/data-centers-space-ai/ (27.5.2026)
- Bleier, N. et al. (2023): Space Microdatacenters. In: Association for Computing Machinery (Hg.): MICRO '23: Proceedings of the 56th Annual IEEE/ACM International Symposium on Microarchitecture. New York, S. 900–915, https://doi.org/10.1145/3613424.3614271
- Callison, J. D.; Minafra, J. (2025): Beyond the horizon: cost-driven strategies for space-based data centers. Space News, https://spacenews.com/beyond-the-horizon-cost-driven-strategies-for-space-based-data-centers/ (27.5.2026)
- Callison, J. D.; Minafra, J. (2026): Hardware is no longer the problem holding back space-based data centers — the supply chain is. Space News, https://spacenews.com/hardware-is-no-longer-the-problem-holding-back-space-based-data-centers-the-supply-chain-is/ (4.3.2026)
- CASSIS (2026): Securing a Sustainable Space. Bonn Future Lab on Strategic Foresight 2025. Center for Advanced Security, Strategic and Integration Studies, Universität Bonn, Bonn
- Chow, E.; Martinez, P. (2026): Orbital AI Data Centers Prepare for Launch. Neuberger Berman Group LLC, https://www.nb.com/en/global/insights/article-orbital-ai-data-centers-prepare-for-launch (27.5.2026)
- Conrad, C. (2025): Orbital Debris Mitigation Guidelines. The Regulatory Review, https://www.theregreview.org/2025/10/07/conrad-orbital-debris-mitigation-guidelines/ (27.5.2026)
- Contreras, C. (2026): The next great space race: Building data centers in orbit. Phys.org, https://phys.org/news/2026-01-great-space-centers-orbit.html (27.5.2026)
- Davis, S. (2025): The Central Role of HDDs in AI Storage. Western Digital, https://blog.westerndigital.com/the-central-role-of-hdds-in-ai-storage/ (18.9.2026)
- Duarte, F. (2026): Amount of Data Created Daily (2026). Exploding Topics, https://explodingtopics.com/blog/data-generated-per-day (27.5.2026)
- EK (2025): EU Space Act. https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space-act_en (17.9.2026)
- EK (2026): Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über die Sicherheit, Resilienz und Nachhaltigkeit von Weltraumtätigkeiten in der Union. Europäische Kommission, COM(2025) 335 final, Brüssel
- ESA Space Debris Office (2026): Space Environment Statistics. European Space Agency, https://sdup.esoc.esa.int/discosweb/statistics/ (27.5.2026)
- FCC (2026): Space Bureau Accepts for filling SpaceX application for orbital data centers. Public Notice. Federal Communications Commission, Washington, D.C.
- Feilden, E. et al. (2024): Why we should train AI in space. White Paper. Lumen Orbit (now Starcloud), https://starcloudinc.github.io/wp.pdf (18.9.2026)
- Fernholz, T. (2026): Why the economics of orbital AI are so brutal. Techcrunch, https://techcrunch.com/2026/02/11/why-the-economics-of-orbital-ai-are-so-brutal/ (27.5.2026)
- Forrester, C. (2026): Orbital Data Centers: Data or Debris? Satnews, https://satnews.com/2026/03/15/orbital-data-centers-data-or-debris/ (27.5.2026)
- Foust, J. (2026a): Blue Origin joins the orbital data center race. Space News, https://spacenews.com/blue-origin-joins-the-orbital-data-center-race/ (27.5.2026)
- Foust, J. (2026b): SpaceX offers details on orbital data center satellites. Space News, https://spacenews.com/spacex-offers-details-on-orbital-data-center-satellites/ (27.5.2026)
- Foust, J. (2026c): Starcloud files plans for 88,000-satellite constellation. Space News, https://spacenews.com/starcloud-files-plans-for-88000-satellite-constellation/ (27.5.2026)

- GAO (2026): Data Centers in Space. United States Government Accountability Office, https://www.gao.gov/assets/gao-26-109012.pdf (18.9.2026)
- Greengard, S. (2025): Datacenters Go to Space. „Space datacenters offer a pathway toward truly sustainable computing infrastructure. Communications of the ACM, https://cacm.acm.org/news/datacenters-go-to-space/ (27.5.2026)
- Gutierrez, J. et al. (2025): Data Centres in Space. Orbital Backbone of the Second Digital Era? European Space Policy Institute, ESPI Report 98, Wien
- Hader, M. et al. (2023): Weltraumbeflügeltes Deutschland. Die Bedeutung der Raumfahrt für Deutschlands wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit, Souveränität und Nachhaltigkeitsziele. Bundesverband der Deutschen Industrie e. V.; Roland Berger GmbH, https://issuu.com/bdi-berlin/docs/20231018_studie_roland_berger_bdi_weltraumbefl_gel (18.6.2026)
- Hsu, J. (2025): Data Centers in Space Aren't as Wild as They Sound. Scientific American, https://www.scientificamerican.com/article/data-centers-in-space/ (27.5.2026)
- IADC Steering Group and Working Group 4 (2025): IADC Space Debris Mitigation Guidelines. Inter-Agency Space Debris Coordination Committee, https://www.iadc-home.org/documents_public/file_down/id/5836 (18.9.2026)
- ICFS Portal (2026): SAT-LOA-20260310-00118. Federal Communications Commission, https://fccprod.servicenowservices.com/icfs?id=ibfs_application_summary&number=SAT-LOA-20260310-00118 (27.5.2026)
- IEA (2025): Energy and AI. International Energy Agency, https://iea.blob.core.windows.net/assets/de9dea13-b07d-42c5-a398-d1b3ae17d866/EnergyandAI.pdf (18.9.2026)
- Johnston, P. (2026): How data centres in space sustainably enable the AI revolution. World Economic Forum, https://www.weforum.org/stories/2026/01/data-centres-space-ai-revolution/ (27.5.2026)
- Jürgens, J. (2025): Das Gegenteil von Abnabeln. Die Zeit, https://www.zeit.de/digital/internet/2025-11/milliardeninvestition-google-deutschland-rechenzentrum-ki-lars-klingbeil/komplettansicht (27.5.2026)
- Khlystov, N. et al. (2026): Clear Orbit, Secure Future: A Call to Action on Space Debris. World Economic Forum; Centre for Space Futures, Genf
- Knapp, A. (2026): Elon Musk's Orbital Data Centers Face Huge Challenges. Forbes, https://www.forbes.com/sites/the-prototype/2026/02/05/elon-musks-orbital-data-centers-face-huge-challenges/ (27.5.2026)
- Kuang, L. et al. (2025): Towards Space-Based Computing Infrastructure Network: Development Trends, Network Architecture, Challenges Analysis, and Key Technologies. In: China Communications, S. 1–11, https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.06521
- Lee, A. (2025): How Starcloud Is Bringing Data Centers to Outer Space. Nvdia Blog, https://blogs.nvidia.com/blog/starcloud/ (27.5.2026)
- Mohney, D. (2020): Terabytes From Space: Satellite Imaging is Filling Data Centers. Data Center Frontier, https://www.datacenterfrontier.com/internet-of-things/article/11429032/terabytes-from-space-satellite-imaging-is-filling-data-centers (27.5.2026)
- Naser, S. et al. (2026): From Connectivity to Multi-Orbit Intelligence: Space-Based Data Center Architectures for 6G and Beyond. arXiv, https://doi.org/10.48550/arXiv.2603.18601
- Ohs, R. et al. (2025): Dirty Bits in Low-Earth Orbit: The Carbon Footprint of Launching Computers. In: ACM SIGEnergy Energy Informatics Review 5(2), S. 26–33, https://doi.org/10.1145/3757892.3757896
- Periola, A. et al. (2020): Space Habitat Data Centers – or Future Computing. In: Symmetry 12(9), Art. 1487, https://doi.org/10.3390/sym12091487
- Posey, B. (2025): Planung und Machbarkeit von Rechenzentren im Weltraum. ComputerWeekly, https://www.computerweekly.com/de/tipp/Planung-und-Machbarkeit-von-Rechenzentren-im-Weltraum (27.5.2026)
- Presgraves, D. (2025): Data Centers In Space – Why Data Processing is Moving from the Ground to On-Orbit. Kratos Space, https://www.kratosspace.com/constellations/articles/data-centers-in-space-why-data-processing-is-moving-from-the-ground-to-on-orbit (27.5.2026)

- Rau, G. (2026): Data centers in space: An astrophysicist's look at a new infrastructure frontier. Aspenia online, https://aspeniaonline.it/data-centers-in-space-an-astrophysicists-look-at-a-new-infrastructure-frontier/ (27.5.2026)
- Schmitt, S. (2025): Ein Rechenzentrum im All. Die Zeit, https://www.zeit.de/2025/23/satelliten-weltall-china-rechenzentrum-cloud (27.5.2026)
- Sönnichsen, A. (2025): Raumfahrt und Politik. Landeszentrale für Politische Bildung Thüringen, Erfurt
- Space Mart (2025): Space debris looms over Google's ambitious orbital AI data center plan. https://spacemart.com/space-debris-looms-over-googles-ambitious-orbital-ai-data-center-plan-999/ (27.5.2026)
- SpaceX (2026): Anzahl der ins All transportierten Starlink-Satelliten vom Raumfahrtunternehmen SpaceX bis 2026 (Stand: 18.01.2026). Statista, https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1248552/umfrage/anzahl-der-starlink-satelliten-im-all/ (27.5.2026)
- Synergy Research Group (2025): Hyperscale Data Center Count Hits 1,136; Average Size Increases; US Accounts for 54% of Total Capacity. Synergy Research Group, https://www.srgresearch.com/articles/hyperscale-data-center-count-hits-1136-average-size-increases-us-accounts-for-54-of-total-capacity#:~:text=According%20to%20Synergy%20Research%20Group%2C%20there%20were,world's%20total%20capacity%20for%20hyperscale%20data%20centers (27.5.2026)
- TAB (2020): New Space – neue Dynamik in der Raumfahrt. (Autor/innen: Kind, S. et al.) TAB-Kurzstudie 1, Berlin, https://doi.org/10.5445/IR/1000130986
- TAB (2023): Weltraumbasierte Energieproduktion. (Autor: Hungerland, T.) Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, TAB-Themenkurzprofil 66, Berlin, https://doi.org/10.5445/IR/1000161888
- TAB (2025): Weltraumwetter und seine Auswirkungen – Wissensstand und Forschungsbedarfe. (Autor: Hungerland, T.) Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, TAB-Themenkurzprofil 84, Berlin, https://doi.org/10.5445/IR/1000191040
- Tangermann, V. (2026): SpaceX's One Million Orbital Data Centers Would Be Debilitating for Astronomy Research, Scientists Say. Futurism, https://futurism.com/space/spacex-one-million-orbital-data-centers-astronomy (27.5.2026)
- Whitwam, R. (2025): Meet Project Suncatcher, Google's plan to put AI data centers in space. Ars Technica, https://arstechnica.com/google/2025/11/meet-project-suncatcher-googles-plan-to-put-ai-data-centers-in-space/ (27.5.2026)
- Wooden, A. K. (2025): Space-Based Data Centers: First Principles Deconstruction and Market Ecosystem Analysis Through 2035. Southern New Hampshire University, Manchester

Herausgeber
Büro für Technikfolgen-Abschätzung
beim Deutschen Bundestag (TAB)

Bildnachweis
Just_Super/iStock (S. 1); sonmez karakurt/iStock (S. 3); imaginima/iStock (S. 7); Henrik5000/iStock (S. 9)

KI-Hinweis
Zur Erstellung von Zusammenfassungen wissenschaftlicher Publikationen wurde AitisiGPT eingesetzt. Die Nutzung erfolgte im Rahmen der TAB-Leitlinien für generative KI. Die endgültige Verantwortung für die inhaltliche Richtigkeit, die kritische Reflexion und die Interpretation der Ergebnisse liegt beim Autor.

ISSN: 2629-2874
DOI: 10.5445/IR/1000198763

Horizon SCANNING

Das Horizon-Scanning ist Teil der Foresight-Aktivitäten des TAB und wird vom Institut für Innovation und Technik (iit) in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH durchgeführt.
www.tab-beim-bundestag.de/horizon-scanning