

Unterrichtung

durch die Bundesregierung

Raumfahrtstrategie der Bundesregierung

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	2
1 Neue Zeiten, neue Relevanz	3
1.1 Bedeutung der Raumfahrt	3
1.2 Trends, Herausforderungen und Chancen	4
1.3 Status der deutschen Raumfahrt	6
2 Handlungsfelder der deutschen Raumfahrtspolitik	7
2.1 Europäische und internationale Zusammenarbeit	8
2.2 Raumfahrt als Wachstumsmarkt, Hightech und NewSpace	11
2.3 Klimawandel, Ressourcen- und Umweltschutz.....	13
2.4 Digitalisierung, Daten und Downstream	16
2.5 Sicherheit, strategische Handlungsfähigkeit und globale Stabilität	18
2.6 Nachhaltige und sichere Nutzung des Weltraums.....	22
2.7 Weltraumforschung	24
2.8 Internationale Weltraumexploration.....	26
2.9 Raumfahrt im Dialog und Gewinnung von Talenten	28

Vorwort

Die Bundesregierung hat diese Raumfahrtstrategie neu aufgestellt, um den Herausforderungen unserer Zeit und der in diesem Zusammenhang deutlich gestiegenen Relevanz der Raumfahrt Rechnung zu tragen.

Neben einer erheblich veränderten geopolitischen Lage, dem wirtschaftlichen Wettbewerb, auch einem neuen Systemwettbewerb zwischen den großen ökonomischen Blöcken, müssen wir die dramatischen Veränderungen auf unserem Planeten berücksichtigen und die Raumfahrt nutzen, um die durch diese Veränderungen hervorgerufenen Herausforderungen zu bewältigen. Auf unserer Erde bieten die technologischen Möglichkeiten der Raumfahrt viele Anwendungspotenziale und tragen auch erheblich zur Nachhaltigkeit, zum Schutz des Klimas und dem Erhalt der Biodiversität bei. Im All spielt die sichere und nachhaltige Nutzung des Weltraums insbesondere durch die gestiegenen Raumfahrtaktivitäten eine immer wichtigere Rolle.

Die Bedeutung der Raumfahrt für unsere Wirtschaft und Wissenschaft, unsere Sicherheit und staatliches Handeln, sowie für den gesellschaftlichen Alltag der Menschen auf der Erde hat in den vergangenen Jahren noch einmal erheblich zugenommen – weltraumgestützte Infrastrukturen werden somit zunehmend auch Teil unserer kritischen Infrastruktur. Die Verfügbarkeit dieser und der dafür benötigten Raumfahrttechnologien ist daher für die Zukunftsfähigkeit Deutschlands und Europas essentiell.

Die Konsequenz für uns ist, in Europa und auch international noch stärker zu kooperieren und durch nationale Aktivitäten unsere Beitrags- und Partnerschaftsfähigkeit sicherzustellen. Wir müssen gemeinsam daran arbeiten, Europas eigene politische Kraft und Souveränität zu erhalten und, wo notwendig, weiter auszubauen. Das gilt in ganz besonderem Maße für die Raumfahrt. Deutschland und Europa brauchen in den relevanten Bereichen, die unsere Souveränität betreffen, eigene Kompetenzen: zum Beispiel die Fähigkeit, Satelliten ins All zu bringen, die Fähigkeit, Kommunikation zwischen Satelliten und von den Satelliten zur Erde zu sichern und die Fähigkeit, uns ein Bild über die Lage im Weltraum zu verschaffen. Neben den Forschungs- und Entwicklungsprogrammen in Deutschland arbeiten wir hierzu im Rahmen der Europäischen Union und der Europäischen Weltraumorganisation ESA, sowie der Europäischen Organisation für die Nutzung meteorologischer Satelliten EUMETSAT als Agenturen ihrer Mitgliedstaaten zusammen. Die deutsche Raumfahrtindustrie hat sich dabei als Hersteller und Zulieferer exzellenter Raumfahrttechnologien etabliert.

Raumfahrt hat sich aber auch von einem durch institutionelle Programme dominierten Handlungsfeld zu einem dynamischen und zunehmend wettbewerblichen Markt entfaltet. Die Entwicklungen der vergangenen Jahre haben gezeigt, welches Potenzial der private Sektor den institutionellen Bedarfsträgern bereitstellen kann. Wir wollen in Deutschland und Europa diese Dynamik der wirtschaftlichen Entwicklung in der Raumfahrt optimal nutzen.

Zu diesem Zweck wollen wir die Kombination aus staatlichen Programmen und marktwirtschaftlichem Wettbewerb neu kalibrieren. Wenn es gelingt, dies in Übereinstimmung zu bringen, werden wir wettbewerbsfähiger, setzen zusätzliches Innovationspotenzial des Raumfahrtstandortes Deutschland frei und können gemeinsam Europa als einen starken globalen Spieler in der Raumfahrt erhalten. Wir wollen diese ökonomische Stärke auch für die Weltraumforschung nutzen. Damit verschaffen wir Deutschland und Europa einen strategischen Vorteil, aber auch allen Bürgerinnen und Bürgern, deren Lebensbedingungen auf der Erde sich durch die Forschung und die Arbeit in unseren Raumfahrtprogrammen verbessern.

Dr. Robert Habeck

Bundesminister für Wirtschaft und Klimaschutz

1 Neue Zeiten, neue Relevanz

Seit der Veröffentlichung der letzten Raumfahrtstrategie der Bundesregierung im Jahr 2010 haben sich das Verständnis der Menschen für Klima und Weltraum und damit auch die Bedeutung und die Anforderungen an die Raumfahrt immens gewandelt: Raumfahrtinfrastrukturen sind inzwischen ein bedeutendes Mittel u. a. für Wirtschaft, Klimaschutz, Forschung, Innovation, Verkehr, Telekommunikation, Sicherheit und unser alltägliches Leben geworden.

Um die wichtige und teilweise begrenzte Ressource Weltraum selbst für künftige Generationen zu erhalten, und negative Auswirkungen zu reduzieren, müssen wir auf eine nachhaltige und sichere Nutzung achten. Mit der vorliegenden Strategie bildet die Bundesregierung die Relevanz der Raumfahrt und ihrer Anwendungen ab und nimmt sich zusätzlichen neuen Herausforderungen und Anforderungen an die Raumfahrt an.

In Deutschland haben wir exzellente Forschung an Hochschulen und außeruniversitären Einrichtungen, etablierte Unternehmen sowie Start-ups und eine starke Raumfahrtagentur. Ferner handelt die Bundesregierung auch in der Raumfahrt im Schulterschluss mit ESA, EUMETSAT und EU sowie internationalen Partnern. Gleichzeitig ist der Bundesregierung bewusst, dass neue Zeiten und eine neue Relevanz von Raumfahrtinfrastrukturen auch neues Handeln erfordern. Wo junge Unternehmen mutiger werden, neue Technologie zu erproben, will der Staat flexible Handlungsmöglichkeiten und innovative Ansätze unterstützen, um den zukünftigen Bedürfnissen gerecht zu werden. Da immer mehr Raumfahrttechnologien auch Schlüsseltechnologien sind, müssen die durch sie ermöglichten Anwendungen in die Breite der Industrie, Forschung, Verwaltung und Gesellschaft gebracht werden. Wenn Fachkräfte gerade in technischen und naturwissenschaftlichen Bereichen dringend gesucht werden, ist die Inspirationskraft der Raumfahrt auf junge Menschen ein Schlüsselfaktor. Wir wollen zudem bewusst dazu beitragen, Frauen wie Männer gleichermaßen anzusprechen und sie für die Raumfahrt zu begeistern.

1.1 Bedeutung der Raumfahrt

Die Bedeutung der Raumfahrt für unsere Wirtschaft, Gesellschaft, Sicherheit und für unseren Alltag ist groß, und die auf Raumfahrt beruhenden Anwendungen sind vielfältig. Wie groß und vielfältig, wird deutlich, wenn man sich einen Tag ohne Raumfahrt vorstellt:

Ein Ausfall von Kommunikationssatelliten hätte unmittelbaren Einfluss auf das alltägliche Leben vieler Menschen: So wären nicht nur Live-Übertragungen von Nachrichten oder Sportereignissen im Fernsehen plötzlich nicht mehr möglich. Auch Telefon- und Datenverbindungen in schwer erreichbaren Regionen und Vernetzung von global verteilten IoT-Systemen, Schiffen und Flugzeugen würden teilweise ausfallen.

Eine Störung der globalen Satellitennavigationssysteme hätte erhebliche Auswirkungen auf den weltweiten Reiseverkehr und die gesamte satellitengestützte Logistik von Verkehrsträgern und Mobilität; globale Wertschöpfungs- und Lieferketten sowie deren Überwachung wären gestört – auch mit Auswirkungen auf die Ernährungswirtschaft vor Ort. Zudem sind die mit diesen Satelliten erzeugten Zeitsignale wichtig für die Stabilität unserer Strom- und Mobilfunknetze und die reibungslose Abwicklung von Finanztransaktionen, z. B. im internationalen Börsenhandel. Signifikante Beeinträchtigungen in Gesellschaft und Wirtschaft wären die Folge.

Der Ausfall von Satelliten für Meteorologie und Erdbeobachtung hätte gravierende Auswirkungen auf Möglichkeiten, Kontinuität und Qualität von Wettervorhersage, Umweltüberwachung und Klimaprognosen. Die negativen Folgen für unseren Alltag und unsere Wirtschaft, etwa in der Land- Fischerei- und Forstwirtschaft, wären enorm.

Die ungehinderte und sichere Nutzung des Weltraums hat auch für unsere Sicherheit zunehmende Bedeutung. Dies zeigt sich nicht nur in den hohen Abhängigkeiten vieler ziviler Lebensbereiche von Satellitenkommunikation/-navigation und Erdbeobachtungsdaten, sondern auch in der militärischen sowie sicherheitsbehördlichen Nutzung von Weltraumdiensten. Ohne durch Weltraumdaten erstellte präzise Lagebilder würden den Sicherheitsbehörden und dem Bevölkerungsschutz wichtige und grundlegende Erkenntnisse für die Sicherheitsvorsorge fehlen. Dem trägt die Bundesregierung auch in der Nationalen Sicherheitsstrategie Rechnung.

Die hier in Teilen beschriebene Bedeutung der Raumfahrt für unser Leben in Deutschland und Europa wird vor dem Hintergrund der politischen und wirtschaftlichen Entwicklungen in Zukunft weiter erheblich zunehmen. Dazu kommen Aktivitäten im Weltraum, die das Wissen der Menschheit erweitern und langfristig unseren Planeten schützen. Raumfahrt ist dabei zugleich ein wesentlicher Treiber von Innovationen in allen Lebensbereichen. Ob zukunftsweisende Lösungen für Extremsituationen an den Grenzen des technisch Machbaren, Forschung rund um den Weltraum oder neue Geschäftsmodelle im Orbit und darüber hinaus – das Innovationspotenzial der Raum-

fahrt gilt es im internationalen Wettbewerb umfänglich zu nutzen. Gleichzeitig müssen die Aktivitäten im Weltraum so nachhaltig und sicher wie möglich gestaltet werden – sowohl um den Weltraum an sich zu schützen, als auch um negative Wirkungen auf Leben und Natur auf der Erde zu vermeiden.

Um der weiter steigenden Bedeutung der Raumfahrt Rechnung zu tragen und in den globalen Entwicklungen gestaltend mitwirken zu können, wird die Bundesregierung ihre Raumfahrtaktivitäten im Licht der aktuellen Dynamik ambitioniert, bedarfsorientiert und nachhaltig gestalten und dabei gestiegenen Herausforderungen, z. B. im Bereich der Resilienz und dem Schutz unserer Weltraumsysteme begegnen.

1.2 Trends, Herausforderungen und Chancen

Die Miniaturisierung von Satelliten und die dadurch kostengünstigen und weniger aufwendigen Startmöglichkeiten ins All haben die Raumfahrt in den vergangenen Jahren revolutioniert. Diese Entwicklung wird sich in den kommenden Jahren fortsetzen. Das Anbieten und Nutzen von Raumfahrttechnologien und -dienstleistungen ist heute für private Unternehmen und hoheitliche Akteure einfacher und chancenreicher geworden.

Kennzahlen zeigen einen Sektor und damit eine Wirtschaftsbranche im massiven Umbruch:

- Die weltweiten, staatlichen Budgets für die zivile Raumfahrt wuchsen von 36,8 Mrd. US-Dollar 2010 auf 55,3 Mrd. US-Dollar 2022 (+ 50 Prozent).¹
- Der Gesamtumsatz der weltweiten Raumfahrtökonomie ist von 277 Mrd. US-Dollar 2010 auf 469 Mrd. US-Dollar 2021 (+ 70 Prozent) gewachsen.²
- Betrieben 2010 noch 50 Staaten überhaupt Raumfahrt, sind es heute 100 (+ 100 Prozent).³
- Im Jahr 2010 starteten 70 Trägerraketen in den Weltraum, 2022 waren es bereits 179 (+ 155 Prozent). Die Zahl der von ihnen transportierten Satelliten stieg von 124 (2010) auf 2.500 (2022) (+ 2016 Prozent).⁴
- Die Anzahl der insgesamt im Erdorbit ausgesetzten Satelliten ist seit 2010 von 3.380⁵ auf über 10.133⁶ Ende 2022 (+ 199 Prozent) angewachsen.
- Während 2010 noch etwa 15.000 Objekte⁷ größer zehn Zentimeter als Weltraumschrott die Erde umkreisen, lag ihre Zahl im Juni 2023 bei rund 36.500 Objekten (+ 143 Prozent), hinzu kommen eine Million Objekte in der Größe von 1 cm bis 10 cm und 130 Millionen noch kleinere Objekte.⁸

Diese Trends untermauern die wachsende Bedeutung der Raumfahrt für unterschiedliche kommerzielle und staatliche Anwendungen, aber auch für gesamtstaatliches Handeln und politische Entscheidungsfindung. Zunehmend engagieren sich privatwirtschaftliche Akteure für und im Weltraum. Für eine dauerhaft erfolgreiche und langfristige tragbare Raumfahrt ist ihre nachhaltige und sichere Nutzung unbedingt nötig.

Deutsche Raumfahrt in Europa

Deutschland will mit seinen europäischen Partnern weiterhin ein starker Akteur in der Raumfahrt bleiben. Eine wesentliche Voraussetzung dafür ist die gezielte Förderung von Raumfahrt- und Schlüsseltechnologien durch das Nationale Programm für Weltraum und Innovation und das Raumfahrtforschungsprogramm des DLR, wodurch die deutsche Raumfahrtindustrie und Forschungslandschaft sich in der nationalen, europäischen und internationalen Raumfahrt erfolgreich positionieren kann. Die Europäische Weltraumorganisation ESA bildet als zwischenstaatliche Organisation seit 1975 das Rückgrat der europäischen Raumfahrt und ist ein wichtiger Auftraggeber der europäischen Raumfahrtindustrie. In enger Kooperation mit der ESA beauftragt und betreibt die zwischenstaatliche europäische Organisation für die Nutzung meteorologischer Satelliten EUMETSAT seit 1986 europäische operationelle Erdbeobachtungssatelliten zur Wetter-, Klima- und Umweltüberwachung und fördert deren Anwendung. Für die Bundesregierung sind die ESA und die EUMETSAT die wichtigsten Institutionen europäischer Raumfahrt. Neben den nationalen Raumfahrtaktivitäten, ESA und EUMETSAT nimmt auch die EU zusammen mit ihrer Agentur für das EU-Weltraumprogramm (EUSPA) eine starke Rolle in der Raumfahrt ein. Mit

¹ Quelle: Eurconsult Government Space Programs 2022.

² Space Foundation (2022): Space Foundation, The Space Report (2022).

³ Kriterium: Mindestens ein Satellit im All. <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/SpacecraftQuery.jsp>.

⁴ Starttabelle AR-OL.

⁵ <https://www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/quarterly-news/pdfs/odqnv15i1.pdf>, S. 9.

⁶ <https://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/quarterly-news/pdfs/odqnv27i1.pdf>, S. 14.

⁷ <https://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/quarterly-news/pdfs/odqnv14i1.pdf>, S. 12.

⁸ https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers, Stand 27.03.2023, aufgerufen am 11.05.2023.

dem Copernicus und dem Galileo Programm schaffte die EU in den letzten Jahrzehnten neue europäische Infrastrukturen, die weltweite Standards setzen. In der Zukunft ist daher die Sicherstellung der Kontinuität und die Weiterentwicklung dieser Programme maßgeblich. Zuletzt bekräftigte die EU ihre Ambitionen für die zukünftige Raumfahrt durch die Veröffentlichung der EU Space Strategy for Security and Defence (EU SSSD).

Der Austritt des Vereinigten Königreiches aus der EU am 31. Januar 2020 hat jedoch auch in der Raumfahrt Spuren hinterlassen und es sind neue Assoziierungen mit dem nun als Drittstaat geltenden Staat zu finden. Als ESA- und EUMETSAT-Mitglied und einer der größten Beitragszahler bleibt das Vereinigte Königreich weiterhin eng mit der europäischen Raumfahrt verbunden.

Geopolitische Veränderungen

Der Umfang und das wirtschaftliche Gewicht der weltweiten Aktivitäten in der Raumfahrt haben sich erheblich vergrößert. Hinzu kommen maßgebliche Veränderungen des geopolitischen Umfelds sowie Verbesserungen und Optimierungen der technischen Möglichkeiten und der Erweiterungen der Anforderungen an die Raumfahrt. Für die Bundesregierung sind die USA weiterhin der wichtigste außereuropäische Partner. Weitere Nationen wie z. B. Kanada, Japan, die Republik Korea, Indien, Australien, Neuseeland und Singapur bauen ihre Raumfahrtaktivitäten seit Jahren kontinuierlich aus und sind interessante Kooperationspartner.

China hat sein Raumfahrtengagement (zivil und vor allem auch militärisch) enorm ausgeweitet. China und die USA sind in einen neuen Wettlauf um die Führungsrolle im All, in der astronautischen Raumfahrt und um die Rückkehr zum Mond eingetreten. Mit Russland ist spätestens seit Beginn seines völkerrechtswidrigen Angriffskrieges gegen die Ukraine eine bilaterale Zusammenarbeit nicht möglich.

Zugang zum Weltraum

Die Verfügbarkeit von Trägersystemen und der durch sie ermöglichte Zugang zum Weltraum hat strategische Bedeutung für Deutschland und Europa. Mit über 100 Starts in den letzten 20 Jahren war die Ariane 5 eine Erfolgsgeschichte für die europäische Zusammenarbeit in der Raumfahrt. Nach dem letzten Start der Ariane 5 im Juli 2023 steht der Bereich des europäischen Raumtransports jedoch vor großen Herausforderungen und wird sich in Zukunft in seinen Kosten- und Organisationsstrukturen weiterentwickeln müssen. Kurz- und mittelfristig werden Ariane-6 und Vega-C den unabhängigen Zugang zum All für Europa sicherstellen. Weitergehendes Ziel ist es, dass zukünftige europäische Startdienstleistungen zuverlässig, am institutionellen Bedarf ausgerichtet sowie kosteneffizient und zu konkurrenzfähigen Preisen zur Verfügung stehen. Auch die dafür notwendigen Produktions-, Test- und Startinfrastrukturen am Boden sind zusätzlich zu dem aktuell wichtigen europäischen Weltraumbahnhof in Kourou entsprechend der zukünftigen Betriebskonzepte weiterzuentwickeln und zu ergänzen.

Die aktuelle Dynamik im europäischen Trägermarkt hat das Potenzial, die Kosten für zukünftige Startdienstleistungen zu senken und neue kommerzielle Möglichkeiten für die deutsche Industrie, einschließlich der deutschen Microlauncher-Unternehmen, zu schaffen. Dabei sind Vermeidung von Umwelt- und Naturschutzauswirkungen zu berücksichtigen.

Globale Daten für globale Herausforderungen

Politische Entscheidungen als Reaktion auf globale Herausforderungen verlangen nach einer möglichst umfangreichen und präzisen Informationsgrundlage. Hierzu stellen Satelliten institutioneller und kommerzieller Anbieter in wachsendem Umfang Daten, Dienste und Produkte zur Verfügung. Außerdem sind die Auswertung und Bereitstellung von Satellitendaten und darauf basierende Produkte mit erheblichem Potenzial für die öffentliche Verwaltung, die Daseinsvorsorge des Staates, die Wissenschaft und die Wirtschaft verbunden. Die Wertschöpfung in den nachgelagerten Märkten der Raumfahrt stellt für den Industrie- und Innovationsstandort Deutschland ein großes Potenzial dar.

Erdbeobachtungsdaten und Navigationsdienste liefern wertvolle Erkenntnisse zum Umweltschutz, zu Wetter- und Klimaprognosen, zur Ernährungssicherung, zur Unterstützung im Krisenfall und Bevölkerungsschutz, bei polizeilichen Ermittlungen sowie der Einsatzplanung, der militärischen Aufklärung, bei der Seenotrettung, bei der Navigation im Luft- und Schienenverkehr, bei Finanztransaktionen, für die Gestaltung von nachhaltiger Land-, Fischerei- und Forstwirtschaft bis zum Monitoring des sich ändernden Klimas und seiner Folgen. Mit diesen

Beiträgen erfüllen Satellitendaten wichtige Aufgaben zum Nutzen für unsere Gesellschaft. In der Bundesverwaltung wurden viel Expertise und Anwendungsprozesse in den letzten Jahren aufgebaut. Immer mehr Behörden nutzen regelmäßig Satellitendaten für ihre Aufgaben.

Bei Naturkatastrophen und Krisenlagen sowie zur Gefahrenabwehr und Strafverfolgung und nicht zuletzt bei Missionen zur Friedenssicherung kommt der Satellitenkommunikation eine wichtige logistische Funktion zu. Ihre Daten- und Kommunikationsverbindungen sind in Situationen, in denen keine terrestrische Infrastruktur besteht oder diese zerstört wurde, unverzichtbar.

Nachhaltigkeit im Weltraum

Megakonstellationen von Satelliten im niedrigen Erdorbit ermöglichen der operativen Raumfahrt neue, innovative Anwendungsfelder für die Satellitennavigation, Satellitenkommunikation sowie für die Meteorologie und Erdbeobachtung. Zugleich ist mit der stark gestiegenen Anzahl der Satelliten und der Zunahme von Weltraumschrott das Risiko von Kollisionen und Einschränkungen im Betrieb von Satelliten drastisch gestiegen. Die zunehmenden Licht- und Funkemissionen durch künstliche Satelliten haben negativen Einfluss auf astronomische Beobachtungen und beeinträchtigen den ungestörten Blick in den Nachhimmel. Die kontinuierliche Erfassung der Umlaufbahnen von Weltraumobjekten, einschließlich Weltraumschrott, langfristige Strategien zu dessen Vermeidung sowie die Erfassung und Bewertung der Weltraumlage sind wesentliche Voraussetzungen, um Maßnahmen zu ergreifen, die Satellitensysteme vor Beschädigung im verkehrsreichen Orbit zu schützen und die nachhaltige und sichere Nutzung des Weltraums zu ermöglichen.

Faszination für Fachkräfte

Neben Herausforderungen im Zusammenhang mit Lieferkettenstörungen und Preissteigerungen sieht sich der Technologiestandort Deutschland zunehmend in einem branchenübergreifenden und globalen Wettbewerb um die besten Köpfe. Raumfahrt braucht Fachkräfte und eine technologieoffene Gesellschaft. Dies betrifft mit Blick auf die Raumfahrt und die darauf basierenden Anwendungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Facharbeiterinnen und Facharbeiter in einer besonders ingenieurwissenschaftlich geprägten Branche, IT-Fachkräfte für die softwaregetriebenen Anwendungen, sowie geschultes Personal in der öffentlichen Verwaltung. Das Interesse für die Raumfahrt und das Weltall ist in besonderer Weise geeignet, früh für Bildung und Berufe im MINT-Bereich zu begeistern und leistet damit auch einen wichtigen Beitrag, um dem Fachkräftemangel zu begegnen.

1.3 Status der deutschen Raumfahrt

Die Raumfahrt gehört mit ihren High-Tech-Entwicklungen zu den Wirtschafts- und Forschungsbereichen, die Deutschland zukunftssicher machen. Mit unterschiedlichen Schwerpunkten fördert und nutzt eine Mehrzahl der Ressorts innerhalb der Bundesregierung die Raumfahrt in ihrer steigenden Bedeutung. Dazu gehören Forschung und Technologieentwicklungen, der Aufbau und Betrieb von Raumfahrtinfrastrukturen sowie die nutzerorientierte Bereitstellung von raumfahrtbasierten Daten, Diensten und Anwendungen.

Seit 2010 hat die Bundesregierung das Volumen der zivilen Raumfahrtbudgets um fast zwei Drittel erhöht. Eine wesentliche Rolle bei der Umsetzung dieser Mittel spielt die Deutsche Raumfahrtagentur im DLR. Als weitere Akteure sind immer mehr Bundesländer in der deutschen Raumfahrt aktiv.

Im Vergleich zum weltweiten Trend in Richtung Kommerzialisierung in der Raumfahrt ist die deutsche und europäische Raumfahrtindustrie stark auf institutionelle Bedarfsträger fokussiert. In den letzten Jahren wurden geschätzt bis zu einem Viertel des Jahresumsatzes in der deutschen Raumfahrt auf dem privaten Markt erwirtschaftet. Hierbei spielten neben wenigen Großunternehmen insbesondere über 400 kleine und mittlere Unternehmen (KMU) eine wichtige Rolle.

In den letzten Jahren entstand eine aktive NewSpace-Community mit ersten Risikokapitalanlegern in Deutschland. NewSpace bezeichnet eine neuartige Wirtschaftsweise bei der Durchführung von Raumfahrtaktivitäten, die durch Orientierung an kommerziellen Kunden, eine stärkere Rolle privater Investoren, hohe Innovationsgeschwindigkeit und mehr Risikobereitschaft gekennzeichnet ist. Obwohl NewSpace häufig mit Start-ups assoziiert wird und diese ein wichtiger Treiber sind, können NewSpace-Geschäftsmodelle von Unternehmen jeglicher Größe und jedes Alters verfolgt werden. Nach Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Industrie waren 2021 125 Raumfahrt-Start-ups in Deutschland aktiv.

Die industrielle Basis wird durch eine starke und breit aufgestellte Forschungslandschaft auf Weltklasse-Niveau unterstützt. Viele deutsche Raumfahrtunternehmen arbeiten eng mit exzellenten Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen wie dem DLR und der Fraunhofer-Gesellschaft zusammen, Forschungseinrichtungen priorisieren zunehmend den Transfer von Raumfahrttechnologien in wirtschaftliche Anwendungen und bauen kontinuierlich Know-how und Kompetenz in zukunftsfähigen Schlüsseltechnologien und -fähigkeiten auf. Insbesondere in Bereichen wie der Erdsystem- und Klimaforschung, der Kommunikation, der Navigation, den Quantentechnologien, der Robotik, der Erforschung des Weltraums und in der Forschung unter Weltraumbedingungen gehören deutsche Forscherinnen und Forscher zur Weltspitze.

Auch anwendungsorientierte Forschung in den Bereichen schneller und kosteneffizienter Produktions- und Fertigungstechnologien, z. B. im Kontext der Industrie 4.0, sowie innovative Datenverarbeitung sind wachsende Tätigkeitsfelder der deutschen Raumfahrt. Deutsche KMU haben einen hervorragenden Ruf als Zulieferer von Komponenten, Subsystemen und Nutzlasttechnologien, mit denen sie sich auch auf den internationalen Märkten durchsetzen, zunehmend auch als Systemintegratoren. Das Nationale Programm für Weltraum und Innovation befähigt hierbei die deutsche Industrie- und Forschungslandschaft, Schlüsseltechnologien und -fähigkeiten für den nationalen und internationalen Wettbewerb zu entwickeln und Raumfahrtkompetenzen in Deutschland auszubauen und zu sichern. Deutschland verfügt mit dem German Space Operations Center (GSOC) des DLR über herausragende nationale Fähigkeiten u. a. bei der Inbetriebnahme von Satelliten, beim regulären Betrieb und Formationsflug von Satelliten und der Entwicklung von Betriebskonzepten für komplexe Satellitenmissionen und -konstellationen.

Darüber hinaus werden große Raumfahrtprogramme und Missionen über europäische und internationale Kooperationen umgesetzt. Die ESA übernimmt hierbei die Konzipierung und Durchführung von zivilen Raumfahrtprogrammen auf den Gebieten Weltraumforschung, Erdbeobachtung, Astronautik und Trägerraketen sowie die Entwicklung grundlegender Technologien z. B. in den Bereichen Satellitenkommunikation und -navigation. Im Bereich der Erdbeobachtung engagiert sich Deutschland bei EUMETSAT für souveräne europäische Weltrauminfrastrukturen. Darüber hinaus beteiligt sich Deutschland auch aktiv in den Raumfahrt- und Forschungsprogrammen der EU, welche insbesondere als Initiator und Betreiber von Raumfahrtinfrastrukturen für Erdbeobachtung und Satellitennavigation sowie in Zukunft Satellitenkommunikation agieren und Forschung und Innovation in der Raumfahrt fördern. Auch als Standort spielt Deutschland für die europäische Raumfahrt eine wichtige Rolle. So beheimatet Deutschland hervorragende europäische Einrichtungen der Raumfahrt bzw. deren Anwendung, wie zum Beispiel dem Raumfahrtkontrollzentrum der ESA (ESOC) oder EUMETSAT in Darmstadt.

Mit den beiden ESA-Astronauten Alexander Gerst und Matthias Maurer war Deutschland in den letzten Jahren zudem stark auf der Internationalen Raumstation (ISS) vertreten. Diese haben mit ihrer Forschung und mit ihrer Kommunikation das Bild der Raumfahrt in Deutschland mitgeprägt und Deutschlands internationale Anerkennung gestärkt. Bei der Auswahl der neuen Astronautenklasse der ESA Ende 2022 sind mit Nicola Winter und Amelie Schoenenwald erstmals zwei deutsche Frauen in die Astronautenreserve eingetreten – wichtige Vorbilder für Mädchen und junge Frauen in der Raumfahrt.

2 Handlungsfelder der deutschen Raumfahrtpolitik

Deutschland ist eine erfolgreiche Raumfahrtnation. Gleichzeitig ist die deutsche Raumfahrt im Umbruch und mit einer weltweiten dynamischen Weiterentwicklung hin zu Kommerzialisierung, Digitalisierung sowie mit geopolitischen Veränderungen konfrontiert. Die Bundesregierung sieht neun wesentliche Handlungsfelder, um aus dem Umbruch einen Erfolg für die deutschen und die europäischen Raumfahrtaktivitäten zu machen.

- Europäische und internationale Zusammenarbeit
- Raumfahrt als Wachstumsmarkt – Hightech und NewSpace
- Klimawandel, Ressourcen- und Umweltschutz
- Digitalisierung, Daten und Downstream
- Sicherheit, strategische Handlungsfähigkeit und globale Stabilität
- Nachhaltige und sichere Nutzung des Weltraums
- Weltraumforschung
- Internationale Weltraumexploration
- Raumfahrt im Dialog und Gewinnung von Talenten

In dieser Strategie werden mithilfe dieser Handlungsfelder die strategisch-politischen, sozioökonomischen und wissenschaftlichen Ziele der Raumfahrtspolitik der Bundesregierung zum Zielhorizont 2030 deutlich und festgelegt. Damit trägt die Raumfahrtstrategie u. a. auch zu den Zielen der Mission V der Zukunftsstrategie Forschung und Innovation der Bundesregierung bei, insbesondere zur Stärkung der Raumfahrt sowie für die Erforschung, den Schutz und die nachhaltige Nutzung des Weltraums.

Die Ziele der jeweiligen Handlungsfelder der Raumfahrtstrategie werden durch Maßnahmen und Mittel der mit Raumfahrt befassten Ministerien umgesetzt. Maßgeblich innerhalb der Bundesregierung sind dabei das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, das Auswärtige Amt, das Bundesministerium der Verteidigung, das Bundesministerium für Digitales und Verkehr, das Bundesministerium des Innern und für Heimat und das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Auch alle weiteren Ressorts der Bundesregierung können von einer verstärkten Nutzung von Raumfahrtdiensten profitieren und tragen zur Umsetzung der Raumfahrtstrategie bei. Innerhalb der Bundesregierung soll die Vernetzung der Ressorts bei Fragen der Raumfahrt und ihrer Anwendungen weiter gestärkt werden.

In jedem der neun Handlungsfelder befinden sich Schlüsselprojekte. Diese Projekte umfassen Inhalte mit herausgehobener Bedeutung innerhalb der jeweiligen Handlungsfelder. Mit dem Beginn der Umsetzung solcher Projekte geht die Bundesregierung noch in dieser Legislaturperiode zeitnah wichtige Herausforderungen an.

Für die Umsetzung dieser Raumfahrtstrategie muss die Abstimmung zwischen Bund und Ländern, zwischen den Ressorts der Bundesregierung mit ihren Geschäftsbereichen und zwischen öffentlichen und privaten Stellen im Politikfeld Raumfahrt ausgeweitet werden. Zur Umsetzung, insbesondere der Schlüsselprojekte, wird das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz als federführendes Raumfahrtressort ein Monitoring durchführen. Hierbei werden auch Austausch und Abgleich mit der Umsetzung weiterer die Raumfahrt betreffenden Strategien der Bundesregierung erfolgen. Dies sind insbesondere die Nationale Sicherheitsstrategie sowie die von ihr abgeleitete zukünftige Weltraumsicherheitsstrategie, die Zukunftsstrategie Forschung und Innovation, die Digitalstrategie sowie die von ihr abgeleitete zukünftige nationale Anwendungsstrategie. Die Ressorts unterstützen die Umsetzung der Raumfahrtstrategie entsprechend ihrer Zuständigkeiten und verfügbaren Mitteln in den jeweiligen Einzelplänen. Soweit konkrete Maßnahmen oder daran anknüpfende zukünftige Maßnahmen zu Ausgaben im Bundeshaushalt führen, stehen sie unter dem Vorbehalt verfügbarer Haushaltsmittel bzw. Planstellen/Stellen.

2.1 Europäische und internationale Zusammenarbeit

Die europäische und die internationale Zusammenarbeit, insbesondere die Kooperationen in ESA, EUMETSAT und EU, sind neben den nationalen Programmen und Aktivitäten Grundpfeiler für eine erfolgreiche Umsetzung der deutschen Raumfahrtspolitik. Globalen Herausforderungen wie der Klimawandel und der Bekämpfung seiner Folgen, der Gestaltung und Sicherung einer nachhaltigen Weltraumnutzung oder der Bekämpfung des zunehmenden Weltraumschrotts sowie der steigenden Relevanz von Weltraumsicherheit können wir uns nur mittels ausgewählter Kooperationen auf europäischer und internationaler Ebene effektiv stellen. Aber auch bestimmte Technologieentwicklungen und Forschungsvorhaben können wir besser durch Kooperationen angehen. Insbesondere große Raumfahrtmissionen sind so auch jenseits des national Möglichen realisierbar.

Die ESA als zwischenstaatliche Organisation ist auch in Zukunft von herausgehobener Bedeutung: Sie ist der zentrale Kompetenzträger der europäischen Raumfahrt. Die ESA-Programme erlauben die gezielte Umsetzung nationaler Prioritäten durch gemeinsame große Forschungs- und Anwendungsprogramme, die jenseits der nationalen budgetären Möglichkeiten lägen. Mit unserem Engagement bei der ESA – personell, aber auch als derzeit größte Beitragszahler – sichert sich Deutschland seine technologische Spitzenstellung und die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Raumfahrtindustrie. Die Bundesregierung sieht sich, insbesondere mit der Übernahme der ESA-Ratspräsidentschaft im Jahr 2022, in der Verantwortung, die Weiterentwicklung gemeinsam mit den ESA-Mitgliedstaaten voranzutreiben.

EUMETSAT leistet seit vielen Jahren einen weltweit anerkannten und unverzichtbaren Beitrag zum globalen weltraumgestützten Erdbeobachtungssystem. Zusätzlich zu den eigenen Satellitenprogrammen übernimmt EUMETSAT den Betrieb verschiedener Satelliten und Instrumente für das EU-Copernicus-Programm. Die per Satellit kontinuierlich durchgeführten Messungen sind für die tägliche Arbeit im Bereich Wettervorhersage Katastrophenschutz, Klima- und Umweltbeobachtung und (Energie-)Wirtschaft unverzichtbar. Die Bundesregierung wird als derzeit größter Beitragszahler und Sitzstaat von EUMETSAT die Organisation als europäisches Rückgrat der operationellen Erdbeobachtung gemeinsam mit den EUMETSAT-Mitgliedstaaten weiter stärken und fortentwickeln.

Die Europäische Union spielt eine zentrale Rolle sowohl als Betreiber von Raumfahrtinfrastrukturen als auch als Nachfrager von Dienstleistungen. Mit ihren Programmen Galileo, EGNOS, Copernicus und zukünftig IRIS² sowie den Aktivitäten weiterer europäischer Akteure wie EUSPA, EUMETSAT und EDA wurden und werden strategisch wichtige Technologien und Fähigkeiten entwickelt bzw. verbessert. Darüber hinaus sind sie bedeutende Auftraggeber für die europäische Raumfahrtindustrie. Zusätzlich koordiniert die EU Aktivitäten zur Erfassung der Weltraumlage und fördert im Forschungsrahmenprogramm Horizont Europa Raumfahrtforschung in Bezug auf die Weltraumsysteme und -dienste der Union u. a. mit dem ausdrücklichen Ziel, Synergien zwischen Welt- raum- und industriellen Schlüsseltechnologien zu fördern. Im Rahmen des Europäischen Verteidigungsfonds (EVF) nutzt Deutschland die Möglichkeiten, in der Kategorie „SPACE“ verteidigungsrelevante Weltraumtech- nologien gemeinsam aufzugreifen und dadurch die technologische industrielle Basis in Europa zu stärken.

Über die Mitwirkung in Gremien in zwischenstaatlichen Organisationen wie u. a. dem ESA-Rat, dem EUMETSAT- Rat und dem EZMW-Rat, nimmt Deutschland seine Verantwortung und seinen Einfluss wahr, um seine nationalen Interessen in gemeinsame europäische Prozesse zu vertreten.

Deutschland ist nicht nur über die ESA, EUMETSAT und EU partnerschaftlich aktiv, sondern arbeitet auch in bi- und multilateralen Kooperationen mit Partnern zusammen, wie u. a. in der aus dem nationalen Raumfahrtpro- gramm finanzierten deutsch-französischen Klimamission MERLIN oder in den Schwerefeldmissionen GRACE in Kooperation mit den USA. Dabei ist es wichtig, dass Deutschland weiterhin als verlässlicher Partner auf Au- genhöhe agieren kann. Für Deutschland sind bi- und multinationale Kooperationen in der Raumfahrt unverzicht- bar, nicht nur weil sie technisch und finanziell große Projekte in der Raumfahrt erlauben, sondern auch weil Deutschland mit solchen Raumfahrtprojekten seine technologische und wirtschaftliche Handlungsfähigkeit weiter steigert. Seit 2010 haben deutsche Unternehmen und Forschungseinrichtungen zu einer Vielzahl internationaler Großmissionen beigetragen, die bedeutende Fortschritte u. a. in der Erforschung unseres Sonnensystems und des Universums insgesamt erzielt haben, wie die Jupiter-Mission JUICE, die Kometen-Mission Rosetta mit dem deut- schen Lander Philae und die Mars-Mission Mars Express.

Daneben ist eine kontinuierliche internationale Zusammenarbeit essentiell für vielfältige globale Forschungs- und Anwendungsprojekte. Ein wichtiges Forum der internationalen Zusammenarbeit in Weltraumfragen sind die Ver- einten Nationen, die sich u. a. mit Maßnahmen für eine nachhaltige und sichere Nutzung des Weltraums beschäf- tigen, um die Möglichkeit zur Raumfahrt für zukünftige Generationen zu erhalten. Dazu gehören insbesondere internationale Regelungen zur Minimierung der Gefahren durch Weltraumschrott und das Management des zu- nehmenden Weltraumverkehrs, aber auch Regelungen für Aktivitäten auf Himmelskörpern und die Nutzung von dort vorhandenen Ressourcen. Die Vereinten Nationen haben mit der Resolution „Global Geodetic Reference Frame for Sustainable Development“ aus dem Jahr 2015 auch deutlich gemacht, dass eine staatlich abgestimmte, geodätische Infrastruktur als Grundlage für eine hochgenaue Navigation für die Raumfahrt und Gesellschaft not- wendig ist. Unter japanischer G7-Präsidentschaft 2023 wurden die UN-Aktivitäten zur Weltraumforschung ge- würdigt.

Ziele und Maßnahmen:

- Deutschland setzt sich dafür ein, dass die ESA als Raumfahrtagentur ihrer Mitgliedstaaten ihre Eigenstän- digkeit bewahrt. Die ESA soll in ihrer Rolle als Bereitsteller von europäischen Raumfahrtsysteme und -tech- nologien für die Zukunft gestärkt werden. Deutschland unterstützt die Weiterentwicklung der ESA, damit sie die zukünftigen Herausforderungen weiter mit der nötigen Expertise, effizient und agil angehen kann.
- Deutschland setzt sich dafür ein, dass EUMETSAT ihre wichtige Rolle in der Bereitstellung und Unterstüt- zung von Anwendungen von operationellen Beobachtungen für das Erdsystem und seine Modellierung be- wahrt. Die Flexibilität, Effizienz und Innovationskraft von EUMETSAT soll erhalten und weiter gestärkt werden.
- Wir setzen uns für eine klare Rollenverteilung zwischen ESA, EUMETSAT und EU ein. In diesem Sinne und im Einklang mit dem Subsidiaritätsprinzip ist es das Ziel, dass die EU die Rolle als Nachfrager und Betreiber von großen öffentlichen Infrastrukturen einnimmt.
- Die europäische Raumfahrt soll zur technologischen und strategischen Souveränität Europas beitragen. Ex- zellenz und Wettbewerbsfähigkeit sind dabei die Pfeiler der Beitragsfähigkeit zu internationalen Projekten.

- Wir setzen uns dafür ein, dass ESA, EUMETSAT und EU öffentliche Aufträge so vergeben, dass diese den europäischen Wettbewerb weiter stärken, Innovationen fördern und wo möglich im Sinne einer nachhaltigen Weltraumnutzung verwendet werden und die Förderung einer nachhaltigen Entwicklung auf der Erde unterstützen. Dabei soll die Offenheit der Auftragsausschreibung für KMU und Start-ups gewährleistet werden.
- Deutschland sieht sowohl die Fortführung etablierter als auch die Schaffung neuer Partnerschaften als Schlüssel für eine erfolgreiche europäische Raumfahrtpolitik an. Ebenso strebt Deutschland einen engen Austausch mit weiteren ESA, EUMETSAT und EU Mitgliedstaaten an, die sich in der Raumfahrt engagieren oder perspektivisch engagieren wollen.
- Wir wollen internationale Kooperationen und strategische Partnerschaften mit ausgewählten Partnern, auch außerhalb von ESA, EUMETSAT und EU, mit dem Ziel ausbauen, technologische und wirtschaftliche Abhängigkeiten von bestimmten Schlüsseltechnologien zu verringern und gemeinsame Forschungsaktivitäten zu ermöglichen. Dazu stärken wir den Aufbau der bi- und multilateralen Zusammenarbeit von Deutschland mit wichtigen Partnerländern.
- Die internationale Zusammenarbeit trägt mit der Schaffung gemeinsamer Strukturen zur Sicherheitsvorsorge bei. Mit seinen technologischen Entwicklungen und Fähigkeiten erhöht Deutschland dabei seine Partnerschaftsfähigkeit.
- Wir werden unsere bi- und multilateralen Kooperationen auch dafür nutzen im internationalen Kontext für gemeinsame Interessen einzutreten und größere Handlungsfähigkeit zu erreichen. In diesem Sinne engagiert sich Deutschland auch im Rahmen der von den USA als Absichtserklärung für die Zusammenarbeit zur Erforschung und Nutzung des Mondes und anderer Himmelskörper initiierten Artemis Accords.
- Die internationale Zusammenarbeit dient der Unterstützung aufstrebender Raumfahrtnationen, damit diese an der Entwicklung der Weltraumwirtschaft und der sektorübergreifenden Nutzung von Raumfahrt Daten teilhaben können.
- Deutschland setzt sich international für verbindliche Regelwerke zur nachhaltigen Nutzung des Weltraums ein.
- Deutschland gestaltet in internationalen Institutionen wie dem UN-Ausschuss für die friedliche Nutzung des Weltraums (COPUOS) einen internationalen Rechtsrahmen mit und trägt zur Vereinbarung gemeinsamer Richtlinien, Standards und Normen bei, die die sichere und nachhaltige Erforschung und Nutzung des Weltraums auch für zukünftige Generationen ermöglichen.
- Deutschland unterstützt das Mitte 2023 eingerichtete Exzellenzzentrum der Geodäsie („Global Geodetic Centre of Excellence – UN-GGCE“) im VN Campus Bonn (finanziert vorerst bis Ende 2025), gestaltet damit den Aufbau der geodätischen Infrastruktur maßgeblich mit und stellt dessen Zukunft sicher.
- Deutschland unterstützt das EZMW bei seiner Ansiedlung in Bonn, um die Arbeits- und Leistungsfähigkeit des Zentrums auch nach dem Brexit sicherzustellen und damit insbesondere die Umsetzung der EU-Programme Copernicus und Destination zu gewährleisten.

Schlüsselprojekte:**(1) Europäischer Launcher Wettbewerb**

Der ungehinderte, unabhängige Zugang zum Weltraum ist ein wesentliches Element der strategischen Souveränität Europas und somit unverzichtbar für die Umsetzung unserer politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Ziele bei der Nutzung der Raumfahrt. Die Ariane 5 sicherte über einen langen Zeitraum den europäischen unabhängigen Zugang zum All. In dieser Zeit leistete der europäische Schwerlastträger wichtige Dienste, unter anderem mit dem viel beachteten Start des James-Webb-Teleskops und dem erfolgreichen letzten Start mit dem deutschen Kommunikationssatelliten Heinrich-Hertz und dem französischen Syracuse 4B-Satelliten an Bord. Die Ariane-6 wird in den nächsten Jahren einen wichtigen Beitrag für den europäischen Zugang zum All leisten. Deutschland unterstützt die zeitnahe Einführung sowie einen gesicherten Regelbetrieb der Ariane-6.

In einem neuen globalen Raumfahrtumfeld brauchen wir dringend einen neuen, zukunftsfähigen Ansatz für die Entwicklung und Beschaffung von Trägerdiensten in Europa: hin zu mehr innereuropäischem Wettbewerb privater Unternehmen. Auch deshalb brauchen wir einen Paradigmenwechsel bei der Entwicklung und Beschaffung von Trägerdiensten in Europa: mit einem Europäischen Launcher Wettbewerb wollen wir in ein wettbewerbsorientiertes Modell der Trägerbeschaffung einsteigen und setzen uns dafür innerhalb der ESA ein. Wir bereiten damit den Weg für einen effizienten und unabhängigen Zugang zum All auf der Grundlage eines fairen Wettbewerbs. Prinzipien der Nachhaltigkeit werden dabei entlang des gesamten Lebenszyklus, von der Entwicklung und Produktion der Rakete bis hin zu einem nachhaltigen Betrieb am Boden und auf dem Weg zum All eingebracht. Innovative Lösungen und Betriebskonzepte bis hin zur Wiederverwendbarkeit von Infrastrukturen und Komponenten können so zukünftig noch besser aufgegriffen werden und in ein für Europa tragfähiges Konzept eingebracht werden. Das breite Know-how neuer und etablierter Akteure sowie aus der exzellenten europäischen Wissenschaft bieten eine sehr gute Grundlage, einen solchen neuen Weg in Europa einzuschlagen.

(2) Beteiligung an internationalen Missionen

Internationale Kooperationen erlauben es Deutschland, wissenschaftlich und technologisch an Missionen zu partizipieren, die rein national und manchmal auch im europäischen Verbund nicht umsetzbar wären. Der deutschen Industrie eröffnen sich dadurch neue Märkte für den Ausbau zukunftsrelevanter Spitzentechnologien, um für andere führende Raumfahrtationen ein attraktiver Partner zu bleiben. Deutschen Forschungseinrichtungen wird hierdurch ermöglicht, weiter Forschung auf höchstem Niveau zu betreiben.

Zahlreiche Partnernationen setzen sich für die Bekämpfung des Klimawandels und deren Folgen ein. Dies eröffnet gute Chancen für bi- oder multilaterale Projekte in der Erdbeobachtung, beim Klima- und Umwelt-Monitoring. Mit der Mission GRACE in Kooperation mit der NASA bauen wir unsere weltweite Spitzenstellung aus. Neben Erdbeobachtungsmissionen zum besseren Verständnis des Systems Erde sind auch Wissenschaftsmissionen zur Erforschung des Weltraums im thematischen Fokus. Beispiel ist hier die japanisch-deutsche Raumfahrtmission DESTINY+, die im Jahr 2024 auf eine Reise zum Asteroiden 3200 Phaethon startet.

2.2 Raumfahrt als Wachstumsmarkt, Hightech und NewSpace

Die Raumfahrt ist weltweit im Umbruch. Stark sinkende Kosten haben den Weltraum für zahlreiche neue Akteure und neue sogenannte „NewSpace“-Geschäftsmodelle geöffnet. Schätzungen gehen davon aus, dass der globale Raumfahrtmarkt bis zum Jahr 2040 auf mehr als 1,1 Billionen US-Dollar anwachsen wird.⁹ NewSpace bezeichnet dabei eine Wirtschaftsweise bei der Durchführung von Raumfahrtaktivitäten, die durch Orientierung an kommerziellen Kunden gekennzeichnet ist, eine stärkere Rolle privater Investoren, hohe Innovationsgeschwindigkeit und mehr Risikobereitschaft. Obwohl NewSpace häufig mit Start-ups assoziiert wird und diese ein wichtiger Treiber sind, können NewSpace-Geschäftsmodelle von Unternehmen jeglicher Größe und jedes Alters verfolgt werden.

Damit deutsche Raumfahrtunternehmen für den internationalen Wettbewerb gut aufgestellt sind, bedarf es attraktiver Rahmenbedingungen. Ziel ist ein auf Wettbewerb und Innovation ausgerichteter Raumfahrtmarkt, in dem privates Kapital neben der öffentlichen Hand eine wichtige Rolle spielt.

Um den dynamischen Entwicklungen des Marktes und den Bedürfnissen junger Unternehmen, die dort Fuß fassen wollen, gerecht zu werden, ist es nötig, das Repertoire an Förderwerkzeugen vollumfänglich zu nutzen oder wenn nötig, sinnvoll zu erweitern. So können beispielsweise Unternehmen durch funktionale Leistungsbeschreibungen ihre Agilität ausspielen. Durch Ankerkundenmodelle kann unternehmerische Sicherheit gewährt und gleichzeitig der Zugang zu privatem Kapital erleichtert werden.

Eine weitere wichtige Rahmenbedingung für Unternehmen im internationalen Wettbewerb ist eine vollständige Finanzierungskette, die von der Gründung bis hin zum möglichen Markterfolg reicht und auch Wagniskapital miteinschließt. Der deutsche Wagniskapitalmarkt hat sich in den letzten Jahren erheblich weiterentwickelt, auch dank der Unterstützung des breiten und erfolgreichen Instrumentariums der Bundesregierung zur Start-up-Finanzierung von dem auch Unternehmen im Bereich NewSpace profitieren. Deutschland verfügt über ein inzwischen weltweit beachtetes und anerkanntes Wirtschaftsökosystem aus Investorinnen und Investoren, Gründerinnen und

⁹ Morgan Stanley Research, Space – Investment Implications of the Final Frontier, 7.11.2018, <https://www.morganstanley.com/ideas/investing-in-space>.

Gründern und der Wissenschaft. Die Bundesregierung hat mit ihrer Start-up-Strategie unter anderem das Ziel, dass vor allem im Spätphasensegment und damit bei größeren Finanzierungsrunden vermehrt Kapital von deutschen und europäischen Investoren eingesetzt wird. Das in Deutschland gut ausgebildete Frühphasen-Unterstützungssystem mit seinen auf Raumfahrt fokussierten ESA Business Incubation Centres wird durch geeignete technologieoffene Instrumente in der Vorgründungsphase (EXIST – Existenzgründungen aus der Wissenschaft) und Investitionswerkzeuge des Bundes für die Wachstumsphase ergänzt. Der „Hightech-Gründer-Fonds“ und der in 2023 neu gestartete „Deep Tech and Climate Fonds“ erweitern das Feld des verfügbaren Wagniskapitals für Start-ups auch im Raumfahrtbereich erheblich. Hinzu kommt die „European Tech Champion Initiative“, in der allein Deutschland eine Milliarde Euro zur Investition in europäische Fonds zur Verfügung stellt. Des Weiteren stärkt die Bundesregierung mit ihrer Start-up-Strategie das Start-up-Ökosystem in Deutschland und Europa insgesamt. Von verbesserten Rahmenbedingungen profitieren auch die Start-ups aus dem Bereich der Luft- und Raumfahrt.

Durch Know-How- und Technologietransfer aus der deutschen Raumfahrtforschung profitieren neben der Raumfahrtindustrie auch zahlreiche andere Branchen und Anwendungsbereiche von den Hightech-Entwicklungen der Raumfahrt. Die Raumfahrtindustrie lernt aber auch von anderen Branchen und nutzt die Potenziale neuer Technologien, um leistungsstärker und effizienter zu werden. Das forschende DLR sowie die INNOspace-Initiative der Bundesregierung fördern Technologietransfer u. a. durch branchenübergreifende Netzwerke und treiben die Kommerzialisierung der Raumfahrt über ihre Grenzen hinaus voran.

Ein kosteneffizienter und unabhängiger europäischer Zugang zum Weltraum ist sowohl für institutionelle wie auch kommerzielle Raumfahrtaktivitäten essentiell. Der sich hier entwickelnde kommerzielle Markt für Träger Raketen weltweit hat auch in Deutschland Start-up-Unternehmen hervorgebracht, die versuchen, sich in diesem Marktsegment mit privaten Investitionen, innovativen technischen Lösungen und schnellem Agieren zu etablieren. Aufgrund des erfolgreichen deutschen Engagements innerhalb der ESA werden diese jungen Unternehmen mit einem Ankerkundenmodell unterstützt. Im europäischen Trägermarkt sollen Privatunternehmen durch wettbewerbsfähige, an Bedarfen und nachhaltiger Entwicklung orientierte Ausschreibungen für Startdienstleistungen eine immer wichtigere Rolle spielen.

Kleinsatelliten bieten für den dynamischen Zukunftsmarkt die Chance, vielfältige Raumfahrtbedarfe kosteneffizient und bei Anforderung schnell zu bedienen und ermöglichen dadurch viele neue Geschäftsideen für Weltraumanwendungen. Die Bundesregierung unterstützt diese Entwicklung durch die 2021 gestartete NewSpace-Kleinsatelliteninitiative, die die Entwicklung einer Gesamtwertschöpfungskette aus Up- und Downstream in Deutschland unterstützen und ausgeglichene Wettbewerbsbedingungen für hier tätige Unternehmen unter Berücksichtigung auch von Sicherheits- und Nachhaltigkeitsaspekten schaffen soll. Möglichkeiten für Entwicklungsvorhaben im Raumfahrtbereich werden durch EU-Förderungen ergänzt.

Ziele und Maßnahmen:

- Wir setzen uns ein für attraktive Rahmenbedingungen und ein Innovationsökosystem für deutsche Raumfahrtakteure, in dem Großunternehmen, kleine und mittelständische Unternehmen (KMU), Start-ups und Forschungseinrichtungen ihre Rolle spielen können und das Ziel einer ressourcenschonenden und emissionsarmen Wertschöpfungskette berücksichtigt wird.
- Unser Ziel ist, dass deutsche Unternehmen ihre hervorragende technologische Grundlage nutzen können, um sich entlang der Wertschöpfungskette von Kleinsatelliten und Microlaunchern im internationalen Wettbewerb behaupten zu können.
- Wir wollen Raumfahrt-Start-ups dabei unterstützen, neben öffentlichen Mitteln auch erfolgreicher neuartige und insbesondere private Finanzierungsquellen zu erschließen.
- Wir setzen uns dafür ein, dass im Rahmen von ESA- und EU-Vergabeverfahren zunehmend das Ankerkundenprinzip eingesetzt wird.
- Wir wollen über neue, wettbewerbsfähige europäische Beschaffungsmodelle von Startdienstleistungen dafür sorgen, dass der europäische Zugang zum Weltraum unabhängig, verlässlich und kosteneffizient wird.
- Wir intensivieren die Zusammenarbeit zwischen der Raumfahrtagentur und weiteren Innovationsakteuren wie zum Beispiel der deutschen Agentur für Sprunginnovation (SPRIND) oder dem Cyber Innovation Hub (CIH) der Bundeswehr.

- Wir wollen die Flexibilität unserer Ausschreibungsmodelle besser nutzen, um einen größeren Kreis an Unternehmen anzusprechen. So soll der Wettbewerb gefördert und Produkte somit günstiger und schneller verfügbar werden.
- Wir stärken die zivil-militärische Zusammenarbeit, um bei Bereitstellung und Betrieb von Weltrauminfrastruktur Synergien durch gemeinsame Nutzung zu schaffen.
- Bei den in der Raumfahrtforschung tätigen Forschungseinrichtungen stärken wir gezielt den Know-How Transfer in die Industrie.

Schlüsselprojekte:**(3) Kleinsatelliteninitiative**

Kleinsatelliten sind der Motor des Zukunftsmarktes Raumfahrt – und eine große Chance für die deutsche Raumfahrtindustrie, vor allem Start-up-Unternehmen. Deshalb treiben wir die Kleinsatelliteninitiative weiter voran, die den Weg bereiten soll für eine geschlossene Wertschöpfungskette in Deutschland. Deutsche KMU und Start-ups werden unterstützt, in diesem Markt eine gute Wettbewerbsposition einzunehmen, insbesondere im Hinblick auf die Entwicklung innovativer Technologien und Dienstleistungen. Forschungseinrichtungen und Hochschulen als Innovationstreiber und Nährboden für NewSpace-Ansätze werden hierbei ebenfalls berücksichtigt.

(4) Space-Innovation Hub

Es besteht ein Bedarf nach mehr Austausch zwischen öffentlichen Bedarfsträgern und Anbietern von Raumfahrtleistungen. Beschaffungsprozesse müssen innovativer und transparenter werden, Synergien gilt es verstärkt zu nutzen. Deshalb wird die Bundesregierung über die Deutsche Raumfahrtagentur eine Plattform initiieren. Dieser Space-Innovation Hub dient als Anlaufstelle für die NewSpace-Szene, um Ideen für innovative Projekte und Umsetzungsmöglichkeiten gemeinsam mit zivilen und militärischen Akteuren zu entwickeln.

Microlauncher-Wettbewerb

Im Mai 2020 ist der Microlauncher-Wettbewerb der Deutschen Raumfahrtagentur im DLR gestartet. Der Wettbewerb fördert deutsche Start-Ups, die Microlauncher entwickeln und kommerziell betreiben wollen, in einer Gesamthöhe von 25 Millionen Euro. Maximal fünf Unternehmen konnten daran teilnehmen, von denen während der zweijährigen Laufzeit zwei Gewinner von einer Expertenjury ausgewählt wurden. Die beiden Gewinner erhalten Fördergelder für die abschließende Qualifikationsphase ihres Trägersystems inklusive der Durchführung von jeweils zwei Demonstrationsflügen, die im Zeitraum 2023 bis 2024 stattfinden sollen. Ziel des Wettbewerbs ist es, die Entwicklung eines kommerziellen und kostengünstigen Zugangs zum Weltraum sowie von langfristig tragenden Geschäftsmodellen im Microlauncher-Bereich zu fördern.

2.3 Klimawandel, Ressourcen- und Umweltschutz

Ohne die Raumfahrt hätten wir heute eine weitaus ungenauere Vorstellung des Klimawandels und die daraus entstandenen Klimakrise. Erdbeobachtung mittels Satelliten aus dem All versorgt uns mit den nötigen Informationen über die Veränderungen des Klimas, die Folgen seines Wandels, Anpassungsbedarfe und unsere Umwelt.

Die Auswirkungen des Klimawandels sind global und treffen Menschen auf der ganzen Erde – die Begrenzung der Klimakrise hat für Deutschland eine hohe Priorität: Das betrifft etwa den Green Deal der EU und das Pariser Klimaabkommen, für die sich Deutschland einsetzt. Raumfahrt ist bei der Umsetzung dieser Maßnahmen ein unentbehrliches Werkzeug und spielt eine wesentliche Rolle bei faktenbasierten Entscheidungen für den Schutz des Klimas und der biologischen Vielfalt sowie zur Informationsgewinnung, um Klimaanpassung effektiv und effizient steuern zu können. Weltraumsysteme ermöglichen die Überwachung von und die Berichterstattung zu Klimaschutzvereinbarungen. Fernerkundungsdaten in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung sind ein entscheidendes Mittel beim Umwelt- und Ressourcenschutz. Sie finden Anwendung beim Monitoring von Ökosystemen, der Landnutzung und von versiegelten Böden und liefern Informationen zum Zustand von Waldökosyste-

men und Mooren und werden zum Erhalt und Renaturierung dieser eingesetzt. Der Übergang zu einer nachhaltigen, klimaangepassten Land-, Fischerei- und Forstwirtschaft wird mittels Satellitendaten unterstützt, indem zum Beispiel gezielt der Bedarf an Dünge- sowie Pflanzenschutzmitteln auf der Fläche erkannt und diese entsprechend präziser ausgebracht werden.

Zusätzlich unterstützt die Raumfahrt auf vielfältige Weise die Energiewende hin zu erneuerbaren Energien und unterstützen somit die ökologische Transformation der gesamten Wirtschaft. Satellitenbeobachtungen ermöglichen wichtige Hinweise für die zielorientierte Standortwahl und den optimierten Betrieb von Solar- und Windkraftanlagen. In diesem Bereich finden durch aktive Forschung kontinuierliche Verbesserungen statt, was die Bedeutung der Raumfahrt für die Energieversorgung noch erhöhen wird.

Für die Bundesregierung sind die dauerhaften Fähigkeiten der europäischen Erdbeobachtungsprogramme daher essenziell. Seit 2010 hat sich die Zahl der im Weltraum aktiven Erdbeobachtungssatelliten mehr als vervierfacht. Eine für Europa und Deutschland besonders bedeutsame Entwicklung war der Betriebsstart des Copernicus-Programms der EU. Das europäische Copernicus-System ist seit 2014 voll operationell und wird stetig weiterentwickelt. Angebunden über optische Hochgeschwindigkeitsrelais-Satelliten (EDRS) können die Copernicus-Satelliten ihre Daten nahezu in Echtzeit zur Erde senden. Sowohl mit Copernicus als auch mit EDRS hat Europa weltweite Standards gesetzt. Zudem hat die freie Datenpolitik von Copernicus zu einem enormen Anstieg der institutionellen Nutzung und der Nutzung durch kommerzielle Downstreamprovider geführt.

Auch der Bereich der meteorologischen Satelliten, geplant und betrieben durch EUMETSAT, sieht eine sehr aktive Entwicklung mit den neuen Generationen sowohl polarumlaufender als auch geostationärer Satelliten, die eine Vielzahl von verbesserten Instrumenten bieten. Durch diese Messungen werden essentielle Daten für die Wettervorhersage, Klima und Umweltbeobachtung bereitgestellt. Als Teil der Anwendungsprogramme betreiben EUMETSAT und seine Mitgliedsstaaten unter anderem das Climate Monitoring Satellite Application Facility (CM-SAF) und liefern damit langfristig und nachhaltig Klimadatensätze.

So tragen die meteorologischen Satelliten von EUMETSAT sowie die Satelliten des Copernicus-Programms wesentlich zur Sicherheit im Schiffs- und Flugverkehr, zum Katastrophenmanagement bei Extremwetterereignissen und auch zum Klima-Monitoring bei. Sie liefern damit die Grundlage für Planungen und Entscheidungen in wettersensitiven und wirtschaftlichen Bereichen. Insbesondere beim Klima-Monitoring mittels Satelliten hat Deutschland hier eine führende Rolle erreicht, die zu erhalten und auszubauen ist. Zusätzlich leisten die ESA-Forschungssatelliten einen wesentlichen Beitrag zur Vorbereitung von operationellen Satelliten, unter anderem wird EarthCARE (Start 2024) neue Einsichten in die Wechselwirkung von Aerosolen und Wolken in der Atmosphäre liefern und damit die künftigen Wetter- und Klimavorhersagen entscheidend voranbringen.

Die im DLR geleiteten Radarmissionen TerraSAR-X und TanDEM-X, die seit 2007 bzw. 2010 verlässlich hochwertige Daten liefern, nehmen ebenfalls eine herausragende Stellung ein. Das aus den Missionen entstandene digitale Höhenmodell des gesamten Planeten ist nach wie vor unübertroffen, ebenso die hochgenaue Erfassung von Bodenbewegungen.

Als neuer nationaler, hochtechnologischer Umweltsatellit ist EnMAP im April 2022 gestartet und leistet mit seinen 224 wissenschaftlich genutzten Spektralkanälen nie dagewesene Beiträge zum Verständnis des Systems Erde, u. a. zur Waldschadensentwicklung und zur Erhebung von Bodeneigenschaften. Auf dem Gebiet der Geowissenschaften setzt die Mission GRACE-C die für die Klimatologie bedeutsame Schwerefeldmessungen in Kooperation mit der NASA fort. Schwerefeldmessungen stellen die einzige Möglichkeit zur Erfassung und zum Monitoring des globalen Wasserhaushalts bis weit unter die Erdoberfläche zur Erfassung von Grundwasser dar und erlauben die Quantifizierung der Gletscherschmelze und des Meeresspiegelanstiegs weltweit. Auch künftige Missionen werden sich am Bedarf der Nutzer ausrichten.

Deutschland fördert High-Tech Spezialisierung für operationelle Erdbeobachtung, beispielsweise über die Bereitstellung des Radiometers MetImage oder die Neuentwicklung eines Lasers für meteorologische Missionen.

Damit trägt Raumfahrt zur Erreichung mehrerer Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen (SDGs) bei. Im internationalen Rahmen engagiert sich Deutschland dafür, die Bedeutung der Raumfahrt für den Umwelt-, Natur- und Klimaschutz sowie die Klimaanpassung sichtbar zu machen. Darüber hinaus erscheint es auch geboten, aufstrebende Raumfahrtnationen besonders bei den Themen Raumfahrttechnologien und Nachhaltigkeit einzubeziehen. Gleichzeitig sind negative Wirkungen im Sinne der Agenda 2030 für Nachhaltige Entwicklung zu vermeiden.

Auch Privatunternehmen, darunter zunehmend Start-ups, leisten einen wichtigen Beitrag, um Raumfahrtendienste für die Generierung von Wissen und für die Begrenzung der Klimakrise zu nutzen. Es ist zu begrüßen und zu

unterstützen, dass so gezielt die Potenziale von Satellitendiensten für den Schutz des Planeten (z. B. Waldbranderkennung, Kartierung von Wasserverfügbarkeit) nutzbar gemacht werden.

Durch ihre technologische Vorreiterrolle, u. a. bei Hochleistungssolarzellen oder Wasseraufbereitungssystemen, liefert die Raumfahrt zudem durch branchenübergreifenden Wissens- und Technologietransfer Lösungsansätze zu den Herausforderungen unserer Zeit.

Ziele und Maßnahmen:

- Wir wollen, dass Deutschland führender Standort und technologischer Vorreiter für innovative Erdbeobachtung in Europa bleibt. Daher unterstützen wir die Kontinuität und Weiterentwicklung der zivilen operativen europäischen Erdbeobachtungsprogramme Copernicus und der Wettersatelliten von EUMETSAT sowie nationale und europäische Forschung, um den Nutzern verlässlich, langfristig, mit höchster Qualität und offenem Zugang Erdbeobachtungsdaten zur Verfügung zu stellen.
- Wir unterstützen Anbieter und Nachfrager von Raumfahrttechnologien und -diensten aus Deutschland, und tragen so zu den Voraussetzungen dafür bei, dass Unternehmen die Einhaltung ihrer Klima- und Nachhaltigkeitsziele besser überwachen und sich besser an die Klimakrise anpassen können. Hierzu stärken wir die Weiterentwicklung der notwendigen Sensorik, z. B. zur Beobachtung lokaler Emissionen mit sehr hoher Genauigkeit.
- Die Bundesregierung setzt sich dafür ein, dass Behörden in Bund, Ländern und Kommunen optimal über das Potenzial von Erdbeobachtungsdaten – z. B. für Land-, Fischerei- und Forstwirtschaft, Stadt- und Landesplanung, Klimaanpassung, Natur-, Umwelt- und Küstenschutz, Gesundheitsschutz, Wasserwirtschaft, Verkehr, Energie und Daseinsvorsorge – informiert sind, leichten Zugang zu den Daten haben, für deren Anwendung geschult sind, und diese Daten aktiv und routinemäßig in ihren Arbeitsabläufen nutzen.
- Es ist Ziel der Bundesregierung, die Nutzung und Anwendbarkeit von Satellitendaten für die Energiewende voranzutreiben. Insbesondere können sogenannte „Go-to-areas“ identifiziert werden, d. h. spezifische Orte an Land oder auf See, die besonders geeignet sind für die Ansiedlung von Kraftwerken zur Produktion von erneuerbaren Energien.
- Wir fokussieren unsere Raumfahrtaktivitäten weiter auf den Beitrag Deutschlands zur Verwirklichung der Agenda 2030 der Vereinten Nationen, des Green Deal der EU, Erreichung der Pariser Klimaziele und bilateraler Klimakooperationen.

Schlüsselprojekt:

(5) Präzise Emissionsmessung aus dem Weltraum

Konkret möchte Deutschland in Zusammenarbeit mit UNEP auf der Ebene Beobachtung und Datenbereitstellung im Kontext des „International Methane Emission Observatory (IMEO)“ die Ziele zum „Methane Pledge“ (COP-26, Glasgow) bei der Umsetzung nachhaltig unterstützen. Damit soll ein Angebot für nationale wie europäische Nutzer aufgesetzt werden, um Methanemissionen gezielt zu verifizieren und letztlich systematisch zu reduzieren.

Darüber hinaus soll das Potenzial der Erdbeobachtungsdaten für den natürlichen Klimaschutz (z. B. Erhalt und Renaturierung von Mooren und Auenlandschaften) in Deutschland erschlossen werden. Dafür wird ein integriertes Treibhausgas-Monitoringsystem für Deutschland aufgebaut werden. Hochaufgelöste Satellitenmessungen der atmosphärischen Treibhausgaskonzentration erlauben es in diesem Zusammenhang, die Emissionsstärke von lokalen CO₂- und CH₄-Quellen vom Weltall aus zu quantifizieren und den Datenfluss zu verbessern, um letztendlich mittels eines Datenassimilations- und Inversionssystems regelmäßige Quelle-Senke-Schätzungen von Treibhausgasen auf national relevanten Skalen liefern zu können. Beginnend mit einer CO₂ Monitoring Mission ab 2026 soll Copernicus' Satellitenflotte bis 2028 um sechs weitere Expansion Sentinel Missionen erweitert werden, die den Europäischen Green Deal und Europas Klimaziele signifikant unterstützen und zudem Europas weltweite Spitzenstellung in der Erdbeobachtung auch zukünftig absichern wird.

Copernicus

Das europäische Copernicus-Programm sorgt als langfristig eingerichtete Erdbeobachtungsinfrastruktur für Kontinuität der besonders für den Klimaschutz benötigten Erdbeobachtungsdaten. Zusammen mit den operativen Erdbeobachtungsmissionen von EUMETSAT (z. B. EPS-Aeolus) und gezielten Wissenschaftsmissionen (z. B. GRACE) wird der Klimawandel beobachtet, Anpassungsmaßnahmen unterstützt und ihre Wirksamkeit überwacht – u. a. im Rahmen des Europäischen Green Deal. Diese Daten ermöglichen zudem bedeutende Fortschritte im Verständnis zu zentralen Fragen der Klima- und Umweltwissenschaften und der Erdsystemwissenschaften allgemein, die Voraussetzung sind für Prognosen und Szenarienbildung.

Damit ist Copernicus ein mächtiges Instrument für Deutschland, um sowohl planbar als auch schnell – im Falle von Katastrophen – auf objektiven Datengrundlagen mit Satellitendiensten agieren zu können. Dank der freien und offenen Datenpolitik entstehen vielfältige, einfach nutzbare cloud-basierte Dienste für den Verwaltungsvollzug, die Privatwirtschaft und den Bürger. So unterstützen wir u. a. ein nachhaltiges Ressourcenmanagement und unsere Sicherheit auf Land und zu Wasser.

2.4 Digitalisierung, Daten und Downstream

Raumfahrt und Digitalisierung bedingen sich gegenseitig. In ihrer Digitalstrategie hat sich die Bundesregierung ambitionierte Ziele gesetzt und die zukünftige Verfügbarkeit und Nutzbarkeit von Daten, Datenräumen und daraus abgeleiteten neu ermöglichte Anwendungen als strategisches Ziel gesetzt. Die Konzepte der Digitalisierung und umfassenden Datennutzung werden von der Raumfahrt aufgegriffen und finden Einzug in deren Prozesse, von der Entwicklung und Produktion von Raumfahrttechnologien, über deren Betrieb am Boden und im All, bis zur Datennutzung bei allen Raumfahrtmissionen.

Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Hardwareprogrammierung und die Entwicklung von Software für Raumfahrtanwendungen. Hier bedarf es erweiterter Fähigkeiten in der Softwaretechnologie (z. B. on-board Updates von Weltraumsystemen, on-board processing von Daten, ggf. eigene gehärtete Betriebssysteme für Weltraumsysteme), um zukünftige Missionen effizient, zuverlässig und sicher durchführen zu können. Dabei kann Deutschland auch von einer engen Verzahnung mit den innovativen Methoden der Nutzung von datenintensiven Großgeräten der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung profitieren – zumal es hier im Wettbewerb mit anderen Nationen steht, die bereits heute stark in die Softwareentwicklung als wichtiger Zukunftstechnologie investieren. In der Wissenschaft ist die größte Herausforderung bei der Nutzung von Weltraumdaten die rasant steigende Datenmenge und der damit einhergehende Bedarf an möglichst nachhaltiger Prozessierungskapazität.

Die Digitalisierung macht sich insbesondere auch bei modernen Entwicklungs- und Fertigungsmethoden aus der Industrie 4.0 bemerkbar, so dass die Raumfahrtindustrie leistungsfähiger und kostengünstiger gestaltet werden kann, sich zugleich aber zunehmend gegen Cyberangriffe absichern muss. Durch die Anwendung digitaler Techniken und Methoden im Satellitenbau und -betrieb sowie datenbasierte Kollaboration entlang der Lieferkette sind Effizienzsteigerungen möglich, so dass insbesondere (Mega-)Konstellationen, wie beispielsweise IRIS², ermöglicht und neue Anwendungs- und Geschäftsfelder erschlossen werden können.

Satelliten werden somit Teil der dreidimensionalen Kommunikationsinfrastruktur mit dem Ziel, an jedem Ort der Welt breitbandig Kommunikation zu ermöglichen. Hierfür sind die Entwicklung innovativer 5G- und zukünftig 6G-Kommunikationstechnologien sowie anwendungsorientierter kommerzieller Lösungen für die integrierte und sichere Satellitenkonnektivität wichtig. Die EU-Konstellation IRIS² kann dabei eine zentrale Rolle einnehmen.

Gleichzeitig entsteht durch die Entwicklung neuer Kommunikationstechnologien ein zunehmender Bedarf an der Nutzung von Frequenzen. Hier gilt es, in den internationalen Gremien Umgang und Nutzung der verschiedenen Frequenzbereiche weiterhin vertraglich abzusichern, mit besonderer Berücksichtigung der langfristigen Gewährleistung einer störungsfreien Erdbeobachtung.

Die neuen hochgenauen Dienste des europäischen, zivilen Satellitennavigationssystems Galileo ermöglichen aus der mittleren Erdumlaufbahn eine dezimetergenaue Positionsbestimmung und bieten für Europa eine unabhängige Alternative zu den anderen globalen Satellitennavigationssystemen GPS (USA), GLONASS (Russland) und BeiDou (China). In Kombination mit Satellitenbilddaten und Kommunikationskonstellationen werden diverse Anwendungen, teils für Massenmärkte, teils für spezielle Einsätze unterstützt, so z. B. (teil)autonome Fahrzeuge, Drohnen, Smart Cities/Smart Regions, Präzisionslandwirtschaft und Katastrophenschutz.

Die mittels Raumfahrt generierten Daten, Dienste und Produkte sind gleichzeitig ein Treiber der Digitalisierung. Die frei verfügbaren Navigationsdienste und Erdbeobachtungsdaten der europäischen Galileo- und Copernicus-Programme sind die Grundlage für die digitalen Geschäftsmodelle vieler Unternehmen im Downstream-Sektor. Gleichzeitig liefern große Datenmengen der Galileo- und Erdbeobachtungssatelliten wichtige Informationen für die Land- und Forstwirtschaft, die Atmosphären- und Klimaüberwachung oder das Krisen- und Katastrophenmanagement. Nationale Fernerkundungsdienste wie der Satellitengestützte Krisen- und Lagedienst (SKD) des BKG ergänzen die Angebote der genannten Programme zielgerichtet mit Analysen für die Bedarfe der Bundesbehörden.

Satellitenbilddaten werden immer präziser und schneller verfügbar. Der weltweite Downstream-Markt (Dateneingang, -verarbeitung, Services, Ground Equipment etc.) entwickelt sich rasant. In Deutschland profitieren vor allem KMU von den frei verfügbaren Daten und Diensten der europäischen Programme. Trotz stetigen Wachstums der Märkte gibt es ungenutztes Potenzial der Wertschöpfung, aber auch die Gefahr missbräuchlicher Nutzung und unzureichenden Schutzes.

Die Bedeutung von Raumfahrt-Dienstleistungen für viele Bereiche der öffentlichen Verwaltung – u. a. in den Bereichen Mobilität, Logistik, Land-, Fischerei- und Forstwirtschaft, für die Wettervorhersage, das Warnwesen, die Agrarflächenförderung, Raumplanung, Monitoring der Klimakrise, Klimaberichterstattung gemäß Klimarahmenkonvention und Krisenbewältigung – nimmt stetig zu. Um die Demonstration und Evaluierung von Copernicus Diensten in deutschen Behörden zu unterstützen, fördert beispielsweise das BMDV im Rahmen der Nationalen Copernicus Integrationsmaßnahme bereits die Umsetzung von Pilotprojekten. Eine nationale Anwendungsstrategie soll die Potenziale und strategische Bedeutung der operationellen Satellitenanwendungen zusammenfassen und Entwicklungsszenarien für die weitere Nutzung dieser Infrastrukturen aufzeigen.

Der rasante Fortschritt der Satellitentechnologie und Analyseverfahren, u. a. Künstliche Intelligenz (KI), ermöglicht die Nutzung in weiteren Bereichen, die bisher nicht die Anwendung von Satellitendaten im Blick hatten. Um auch Bundesbehörden in die Lage zu versetzen, von den neuen Möglichkeiten zu profitieren, wird der Transfer von Forschung in die Verwaltung erleichtert, beispielsweise über den vom BMI abgeschlossenen, für alle Bundesbehörden offenen Rahmenvertrag (IF-Bund „Innovative Fernerkundung für die Bundesverwaltung“) mit dem DLR.

Behördliche Nutzer brauchen einen einfachen Zugang zu Satellitendaten mit unabhängiger kompetenter Beratung über die verfügbaren Angebote und Schulungen. Ein zentraler Datenkauf durch das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG), dem zentralen Dienstleister für die gesamte Bundesverwaltung im Bereich Geoinformation, stellt hier einen ersten Schritt in die richtige Richtung dar. Seit 2022 besteht der kostenfreie Zugang zu kommerziellen Satellitenbilddaten für die gesamte Bundesverwaltung durch die Servicestelle Fernerkundung des BKG als zentraler Kontaktpunkt. Dieses Angebot wird von vielen Ressorts bereits genutzt und vor allem stark befürwortet. Eine weitere Verstärkung dieses Angebots innerhalb der Bundesverwaltung stellt einen wichtigen Schritt für die Zukunft dar, um den permanent steigenden und thematisch vielschichtigen Bedarfen gerecht zu werden.

Ziele und Maßnahmen:

- Wir setzen uns dafür ein, dass Datenangebote weltraumgestützter Systeme und die für den Zugriff notwendigen Infrastrukturen den jeweiligen Nutzern dauerhaft, ressourcenschonend und sicher zur Verfügung stehen. Die Weiterentwicklung der Systeme im internationalen Bereich (ESA, EUMETSAT, EZMW) und der nationalen Plattformen, wie beispielsweise der Copernicus Datenplattform CODE-DE, unterstützen wir.
- Die Bundesregierung verstetigt den Dialog zwischen Anwenderressorts und -behörden mit dem Ziel, die hoheitlichen Downstream-Bedarfe aus der Raumfahrt zu bündeln. Aufgebaut wird dabei auf den etablierten Anwenderdialog von Copernicus, der u. a. das ressortübergreifende Copernicus Arbeitsprogramm beinhaltet. Die dauerhafte Vernetzung und der Aufbau eines besseren Verständnisses auf allen staatlichen Ebenen und den beteiligten Partnern soll die Beitragsfähigkeit der Raumfahrt deutlich steigern und neue Märkte für Raumfahrtanwendungen schaffen.
- Die Bundesregierung setzt sich für ein investitionsfreundliches Klima in Deutschland zur Beschaffung von Raumfahrt Daten und -diensten ein, in dem Raumfahrtanwender und New-Space-Start-ups ein optimales Umfeld finden, in dem sie nachhaltige Geschäftsmodelle verwirklichen können.
- Wir setzen mit der Umsetzung der Nationalen Copernicus Strategie und der Nationalen Copernicus Integrationsmaßnahme das deutsche Engagement fort, die Nutzung von Copernicus-Daten und -Diensten in der öffentlichen Verwaltung, ebenenübergreifend zu etablieren, indem innovative Mehrwertdienste entwickelt werden und für fachspezifische Aufgabenstellungen zur Anwendungen kommen.

- Wir unterstützen einen intensiveren, branchenübergreifenden Austausch von digitalen Technologien und Methoden zwischen der Raumfahrt, datenintensiven Forschungsinfrastrukturen und dem IT-Sektor.
- Wir nutzen unser Engagement in der ESA und der EU dafür, dass das deutsche Galileo-Kontrollzentrum sowie die universitäre und außeruniversitäre Quantenforschung und deren Kooperationspartner einer der wichtigsten europäischen Kompetenzcluster für die hoheitliche Bereitstellung von Navigation und Kommunikation und daran anschließende Forschung und Entwicklung bleiben.
- Die Bundesregierung wird die Rahmenbedingungen schaffen, um die deutsche Industrie dabei zu unterstützen, ihren Beitrag zum EU-Programm für sichere Satellitenkommunikation IRIS² zu leisten. Die Umsetzung wettbewerblicher Ausschreibungen sowie die Berücksichtigung von KMUs und Start-ups im Programm wird eine nachhaltige Wirkung für das gesamte europäische Ökosystem ermöglichen. Die Satellitenkonstellation soll dabei neben den Regierungsdiensten auch einen Schub für kommerzielle Dienste darstellen.
- Es ist unser Ziel, dass die Satellitenkommunikation eine signifikante Rolle für den Kommunikationsstandard 6G spielt, als komplementäre Ergänzung der terrestrischen Netze, zum Beispiel für das Internet der Dinge („Internet of Things (IoT)“) oder für bessere Konnektivität zu Luft, zu Land und auf See.
- Die Bundesregierung setzt sich in internationalen Gremien wie zum Beispiel der internationalen Fernmeldeunion (ITU) und in der aktiven Zusammenarbeit mit anderen Staaten für die Sicherung von geschützten Frequenzbändern ein.

Schlüsselprojekt:**(6) Cloudplattformen für Klima – und Umweltdaten**

Raumfahrtsservices und internationale Zusammenarbeit sind für Klima- und Umweltschutz essentiell. Die Umsetzung und Überwachung der Zielerreichung des Pariser Klimaübereinkommens, zum Beispiel durch ein Klima- oder Umwelt-Monitoring, wird durch eine leistungsstarke Satelliten-Erdbeobachtung maßgeblich unterstützt. Basierend auf den bereits bestehenden nationalen und europäischen Plattformen treiben wir die verlässliche, effiziente und nutzerfreundliche Bereitstellung der Satellitendaten und Verarbeitungswerkzeugen über Cloudplattformen weiter voran, weil sie u. a. den Nutzern aus öffentlichen Institutionen und der Wissenschaft, aber auch Dienstleistern einen schnellen, einfachen und effizienten Zugriff auf weltweit verfügbare Erdbeobachtungsdaten und deren sichere Cloud-basierte Verarbeitung und Integration mit eigenen Daten erlaubt. Dabei soll ein Schwerpunkt auf der Bereitstellung integrierter Produkte liegen, die Daten aus verschiedenen Quellen, wie Daten diverser Satelliten, Befliegungsdaten und terrestrische Messdaten, in einem systemischen Ansatz nutzen – zur Förderung der Klima- und Umweltforschung.

2.5 Sicherheit, strategische Handlungsfähigkeit und globale Stabilität

Die Bundesregierung hat sich in der Nationalen Sicherheitsstrategie dazu bekannt, dem Weltraum als strategische Dimension verstärkte Aufmerksamkeit zu widmen und ihre Fähigkeiten auf diesem Gebiet auszubauen. Der zentrale Handlungsrahmen für Weltraumsicherheitsfragen sind EU und NATO sowie die enge Zusammenarbeit mit weiteren raumfahrenden Partnernationen. Raumfahrt ist dabei ein wichtiges Element der gesamtstaatlichen Sicherheit. Die zivile und militärische Handlungsfähigkeit Deutschlands ist von unserer Weltrauminfrastruktur und den durch sie ermöglichten Daten, Diensten und Produkten abhängig. Nicht zuletzt der völkerrechtswidrige russische Angriffskrieg gegen die Ukraine hat gezeigt, welche wichtige Rolle Weltraumsysteme im Krisen- und Konfliktfall spielen können und wie vulnerabel diese sind.

Neben der steigenden Bedeutung der Raumfahrt und weltraumgestützter Infrastrukturen für die gesamtstaatliche Sicherheitsvorsorge hängt insbesondere die militärische Handlungsfähigkeit maßgeblich von der sicheren und ungehinderten Nutzung des Weltraums, vor allem von der Satellitenkommunikation und -navigation sowie von Erdbeobachtungsdaten ab. Die kürzlich veröffentlichte Nationale Sicherheitsstrategie sieht daher vor, dass die Bundesregierung in einer Weltraumsicherheitsstrategie Handlungslinien zum Schutz und zur Verteidigung im Weltraum sowie zur gesamtstaatlichen Resilienzsteigerung festlegen und Maßnahmen zur Stärkung der militärischen Handlungsfähigkeit durch Weltraumnutzung beschreiben wird, wobei auch notwendige Raumfahrttechnologien und Dual-use-Synergie-Potenziale aufgegriffen werden. Zuletzt veröffentlichten auch die Europäische Kommission und der Europäische Auswärtige Dienst in 2023 eine „*Space Strategy for Security and Defence*“,

EU SSSD, und bekräftigten damit die sicherheits- und verteidigungspolitische Bedeutung der Raumfahrt für die EU sowie deren Schutzbedürftigkeit.

Weltraumsysteme sind kontinuierlich Risiken und Bedrohungen ausgesetzt. Neben Risiken durch eine steigende Verkehrsdichte in den Orbits, Weltraumschrott und Weltraumwetter sind Weltraumsysteme durch beabsichtigte und unbeabsichtigte Störungen und Beeinträchtigungen anderer Weltraumakteure bedroht. Störungen von und Angriffe auf eine Weltrauminfrastruktur bzw. zugehörige Segmente haben das Potenzial, Länder wirtschaftlich zu lähmen und Regierungen in ihrer Handlungsfähigkeit einzuschränken.

Die Schaffung international geltender Regeln und Maßnahmen, die eine friedliche und nachhaltige Nutzung des Weltraums erlauben, Gefahren für Raumfahrtaktivitäten reduzieren und ein Wettrüsten im All verhindern, bleibt ein zentrales Ziel der Bundesregierung. Im Rahmen der Vereinten Nationen bringt sich Deutschland zusammen mit seinen engen Partnern in entsprechende Verhandlungsformate und Arbeitsgruppen ein. In diesem Zusammenhang lehnt Deutschland destruktive Tests bodengebundener Anti-Satellitenraketen ab und hat sich gemeinsam mit den USA und anderen Partnerländern dazu verpflichtet, künftig keine solchen Tests durchzuführen.

Cyberbedrohungen sind auch für Weltraumsysteme, einschließlich des Bodensegments sowie den Datenverbindungen, eine ständig wachsende Herausforderung. Hier bedarf es einer gesamtstaatlichen Bestandsaufnahme der Vulnerabilitäten von Weltraumsystemen und einer stetigen Weiterentwicklung der nationalen und internationalen Standards und Vorgaben für Raumfahrtprogramme. Um die Sicherheit von Raumfahrtprojekten am Boden und im Weltall und damit die Verfügbarkeit von Diensten sicherzustellen, werden im Nationalen Programm für Welt- raum und Innovation neben Auflagen für technische und organisatorische Maßnahmen bereits auch Vorgaben für die Cybersicherheit umgesetzt. Auch auf internationaler Ebene werden in Normungs- und Standardisierungsprozessen Anforderungen für alle Aspekte von Raumfahrtaktivitäten unter deutscher Beteiligung entwickelt bzw. weiterentwickelt.

Deutschland ist als Hochtechnologiestandort auf die freie und ungehinderte Nutzung des Weltraums angewiesen. Ein gesicherter Zugang zu modernen Raumfahrttechnologien und weltraumgestützten Diensten ist für uns aus wirtschaftlichen wie sicherheitspolitischen Gründen unerlässlich. Auch für die Zukunftsfähigkeit unserer Gesellschaft und deren Lebensqualität, wie für die Ernährungssicherheit, sind Erdbeobachtungs- und Navigationsdaten aus dem Weltraum essentiell. Sicherheitsbehörden benötigen zur Erfüllung ihrer Aufgaben verlässliche weltraumgestützte Daten, Dienste und Produkte. Deutschland muss in der Raumfahrt entweder eigenständig oder in Zusammenarbeit mit europäischen bzw. internationalen Partnern handlungsfähig sein und darüber hinaus über die europäischen Programme auch nationale Bedarfe zielgerichtet bedienen. Dafür ist es besonders wichtig, selbst über Fähigkeiten zu verfügen, die Deutschland zu einem kompetenten und gefragten Kooperationspartner machen (Partnerschaftsfähigkeit).

Die Raumfahrtaktivitäten der Bundesregierung dienen auch dem Zweck der gesamtstaatlichen Sicherheitsvorsorge und Rechtsdurchsetzung. Damit dies effizient und kostengünstig erreicht werden kann, spielen synergieba- sierte Ansätze zur zivilen und militärischen Nutzung bei der Entwicklung neuer Raumfahrttechnologien eine wichtige Rolle. Zudem sind nationale und internationale Prozesse für Standardisierung und Normung im Raum- fahrtbereich ein wichtiger Faktor für den sicheren Betrieb und die Sicherheit von Raumfahrtssystemen im Allge- meinen. Wirtschaftliche Aspekte wie der Schutz und der Erhalt von Schlüsseltechnologien und -fähigkeiten, aber auch politische und programmatische Aspekte der nationalen und internationalen Zusammenarbeit im Raumfahrt- bereich sind weitere besonders relevante Faktoren für den Erhalt und den gesicherten Zugang zu wichtigen welt- raumbasierten Infrastrukturen.

Zur strategischen Handlungsfähigkeit gehört auch, dass Raumfahrtinfrastrukturen und die damit generierten Dienste für den Katastrophenschutz, die Krisenintervention sowie Gefahrenabwehr und Strafverfolgung effizient genutzt werden. Die Verfügbarkeit entsprechender Fähigkeiten und relevanter Daten ist Grundlage robuster Ent- scheidungsunterstützung bei Gefahrenvorsorge und -abwehr sowie den Ermittlungsarbeiten der Sicherheitsbehör- den. Mit dem öffentlich-regulierten Dienst (Public Regulated Service, PRS) bietet Galileo erstmals ein besonders geschütztes, verschlüsseltes Navigationssignal für staatlich-autorisierte zivile und militärische Nutzer wie Ret- tungskräfte, Katastrophenschützer und Betreiber kritischer Infrastrukturen.

Die Nationale Sicherheitsstrategie unterstreicht die Bedeutung der Weltraumlage als gemeinsame zivil-militäri- sche Aufgabe. Seit 2009 leistet das ressortgemeinsam betriebene Weltraumlagezentrum durch Erstellung eines Weltraumlagebildes (z. B. Katalogisierung von Weltraumobjekten, Erfassung und Beurteilung des Weltraumwet- ters) und dem Schutz ziviler und militärischer Weltraumsysteme einen entscheidenden Beitrag zur gesamtstaatli-

chen Sicherheitsvorsorge. Als institutionelle Verankerung der gestiegenen sicherheits- und verteidigungspolitischen Bedeutung der Raumfahrt und der zunehmenden Schutzbedürftigkeit von Weltraumsystemen hat die Bundeswehr 2021 das Weltraumkommando der Bundeswehr in Dienst gestellt.

Um den zunehmenden Risiken im Weltraum zu entsprechen, bildet die Beobachtung und Verfolgung von Objekten im Erdorbit sowie die darauf aufbauende Berechnung von Bahndaten und Katalogisierung von Weltraumobjekten (u. a. über das Weltraumüberwachungsradar TIRA – Tracking and Imaging Radar – sowie das experimentelle Weltraumüberwachungsradar GESTRA – German Experimental Space Surveillance and Tracking Radar) auch die operationelle Grundlage für ein künftiges ziviles Weltraumverkehrsmanagement (Space Traffic Management, STM). Die Europäische Union hat einen Ansatz dafür entwickelt, der insbesondere die Verbesserung der europäischen Unabhängigkeit bei der Erfassung der Weltraumlage mithilfe leistungsfähiger Sensoren zum Ziel hat. Die EU SST-Partnerschaft (EU Space Surveillance and Tracking), zu der Deutschland mit nationalen Mitteln und Fähigkeiten beiträgt, leistet dafür einen wesentlichen Beitrag. Für den sicheren Betrieb der Satelliten der europäischen Programme Copernicus und Galileo hat EU SST eine Schlüsselfunktion.

Mit der am 16. Januar 2023 in Kraft getretenen EU-Richtlinie über die Resilienz kritischer Einrichtungen (CER-RL) wurde „Weltraum“ als einer von elf KRITIS-Sektoren aufgenommen, Raumfahrtanwendungen können jedoch auch in anderen KRITIS-Sektoren eine Rolle spielen. Raumfahrt und Weltrauminfrastrukturen werden somit zunehmend auch Teil unserer kritischen Infrastruktur und tragen zum Betrieb anderer kritischer Infrastrukturen bei. Aktuell umfasst der Sektor Weltraum gemäß CER-Richtlinie staatliche und private Betreiber von Bodeninfrastrukturen, die für den Betrieb weltraumgestützter Dienste wichtig sind. Dieser, von der CER-Richtlinie vorgegebene Rahmen wird auch im geplanten KRITIS-Dachgesetz berücksichtigt, mit welchem die EU-Richtlinie zur Resilienz kritischer Einrichtungen umgesetzt wird.

Ein Leistungsmerkmal unserer digitalisierten Welt ist die sichere Kommunikation großer Datenmengen. Daher legt die EU als dritte Säule ihres Weltraumprogrammes die Satellitenkommunikationskonstellation IRIS² (Infrastruktur für Resilienz, Interkonnektivität und Sicherheit durch Satelliten) auf. IRIS² wird Europa einen unabhängigen Zugang zu resilienter Hochgeschwindigkeitskommunikation per Satellit ermöglichen. Deutschland will in diesen strategischen Bereichen zusammen mit den europäischen Partnern eigenständig agieren. Als mögliche besondere nationale Beiträge sehen wir die von deutschen Unternehmen und Forschungseinrichtungen entwickelten Lösungen im Bereich Laserkommunikation und Quantenkryptographie, welche weltweit führend sind.

Ziele und Maßnahmen:

- Das Ziel der Bundesregierung ist eine stetige und zuverlässige Verfügbarkeit weltraumgestützter Daten, Dienste und Produkte für Staat, Wirtschaft und Gesellschaft. Hierfür ist vor dem Hintergrund neuer weltweiter Herausforderungen ein ausreichender Schutz aller Segmente dieser Infrastrukturen und der dafür zukünftig benötigten Technologien notwendig.
- Wir setzen uns für die sichere und regelbasierte Nutzung des Weltraums ein und stärken eine ressortübergreifende Koordination sowie Zusammenarbeit mit unseren europäischen oder internationalen Partnern und Organisationen. In diesem Rahmen ist auch die Vernetzung mit nichtstaatlichen Akteuren ein Ziel der Bundesregierung.
- Wir werden die strategische Zusammenarbeit mit unseren Partnern verstärken, um die globalen Lieferketten der Raumfahrtindustrie vor unrechtmäßiger Einflussnahme, Spionage, unerlaubtem Wissensabfluss und Sabotage zu schützen. In der Forschungs- und Entwicklungszusammenarbeit im Bereich kritischer und neu entstehender Raumfahrttechnologien legen wir besonderen Wert auf den Schutz dieser Technologien, um die internationale Sicherheit zu wahren und den Missbrauch dieser Technologien zu verhindern.
- Eine souveräne und zuverlässige Verfügbarkeit strategisch relevanter Raumfahrtkompetenzen und weltraumgestützter Infrastrukturen, etwa in den Bereichen Satellitenkommunikation, Satellitennavigation und Erdbeobachtung, sowie ein unabhängiger Zugang zum All sind für Deutschland essentiell. In diesen strategisch wichtigen Bereichen setzen wir uns mit unseren europäischen Partnern dafür ein, weiterhin eigenständig handlungsfähig zu sein.

- Zum Erhalt der Handlungsfähigkeit identifizieren wir die besonders schützenswerten und kritischen Weltrauminfrastrukturen staatlicher und privater Akteure und unterstützen die Stärkung ihrer Resilienz. Dies betrifft auch die weiterhin an Bedeutung gewinnende Cybersicherheit. Wo immer möglich, treffen wir Vorbereitungen, um ausgefallene Systeme schnell ersetzen zu können oder halten Alternativen zu weltraumgestützten Datenverbindungen vor.
- Wir wollen die Rahmenbedingungen für Wirtschaft und Forschung verbessern, um die raumfahrttechnologische Basis strategisch wichtiger Schlüsseltechnologien in Deutschland und Europa auszubauen und somit kritische Abhängigkeiten zu reduzieren. Wo möglich, nutzen wir Synergiepotenziale, z. B. im Bereich von Dual-Use-Technologien.
- Einem unkontrollierten Abfluss von sicherheitsrelevanten Schlüsseltechnologien begegnen wir weiterhin durch eine restriktive Exportkontrolle auf Grundlage der bestehenden internationalen Exportkontrollregime und des nationalen Außenwirtschaftsrechts.
- Die Bundesregierung wird den Auf- und Ausbau weiterer Weltraumlagefähigkeiten zur Überwachung und Beurteilung von Weltraumobjekten und Weltraumwetter für das ressortgemeinsam betriebene Weltraumlagezentrum vorantreiben sowie in Zusammenarbeit mit internationalen Partnern ein Sensornetzwerk mit globaler Abdeckung verstetigen.
- Gemeinsam mit den europäischen Partnern werden wir uns weiterhin aktiv am EU SST-Programm (EU Space Surveillance and Tracking) beteiligen und übernehmen federführend den Aufbau und Betrieb eines europäischen Katalogs von Weltraumobjekten.
- Die Verfügbarkeit von weltraumgestützten Sensoren und der damit generierten Daten, Dienste und Produkte ist eine Schlüsselfähigkeit robuster Entscheidungsunterstützung bei der Gefahrenvorsorge und -abwehr, und in bestimmten Fällen Grundlage staatlicher Handlungsoptionen. Wir stärken deshalb den Einsatz von Raumfahrttechnologien und -daten für die gesamtstaatliche Sicherheitsvorsorge und Rechtsdurchsetzung.
- Deutschland setzt sich bei den Vereinten Nationen (VN) für die friedliche Erforschung und die sichere und nachhaltige Nutzung des Weltraums ein und stärkt die internationale Zusammenarbeit und Weltraumdiplomatie. Deutschland fördert den Dialog über sicherheits- und verteidigungspolitische Relevanz des Weltraums und beteiligt sich in den VN an der Erarbeitung von politisch-verbindlichen Grundsätzen und Normen für ein verantwortliches Staaten-Verhalten im Weltraum, die langfristig in ein rechtsverbindliches Instrument münden könnten.
- Die Bundesregierung stellt den eigenständigen Zugang zum Galileo PRS sicher und möchte damit die Nutzung der verbesserten Sicherheitsmerkmale der zukünftigen Galileo-Dienste unterstützen. Dafür wird am Standort Uedem neben dem Weltraumlagezentrum und Weltraumkommando der Bundeswehr die operationelle PRS-Behörde eingerichtet.
- Deutschland fördert die Etablierung der PRS-Technologie durch das nationale Förderprogramm zur Entwicklung von PRS-Technologie und Anwendungen zur Sicherung des eigenständigen deutschen Zugangs zum Galileo PRS, insbesondere durch die Entwicklung eigener und unabhängiger PRS- Empfänger.

Schlüsselprojekt:**(7) Auf- und Ausbau nationaler Weltraumlagefähigkeiten**

Die Fähigkeit zur Erstellung einer Weltraumlage ist eine elementare Grundlage für Maßnahmen zum Schutz von Weltraumsystemen und damit für ein gesamtstaatliches Handeln im Weltraum. Die Nationale Sicherheitsstrategie unterstreicht die Bedeutung der Weltraumlage als gemeinsame zivil-militärische Aufgabe. Um die operationelle Verfügbarkeit eines aktuellen und unabhängigen Weltraumlagebildes zu gewährleisten, stellen wir den Auf- und Ausbau nationaler Fähigkeiten, inkl. Sensoren und Betrieb des ressortgemeinsam betriebenen Weltraumlagezentrums, bis 2030 sicher. Dabei bauen wir auch auf die bestehenden Kompetenzen von Forschungs- und Bundeseinrichtungen auf. Deutschland soll weiterhin eine Führungsrolle in der EU SST-Partnerschaft spielen und wird dabei eine Katalog- und Serviceverfügbarkeit zur Überwachung aller relevanten Erdorbits aufbauen.

GESTRA

Das German Experimental Space Surveillance and Tracking Radar (GESTRA) ist ein bodengestütztes Radarsystem, das zur Überwachung von Weltraumobjekten im erdnahen Orbit entwickelt wurde. Die Deutsche Raumfahrtagentur im DLR beauftragte das Fraunhofer-Institut im Jahr 2015 mit der Entwicklung und dem Bau dieses Weltraumradars, um eine verbesserte Überwachung von Weltraummüll zu ermöglichen. Das teilmobile Radarsystem besteht aus separaten Sende- und Empfangssystemen und befindet sich auf dem Bundeswehrge­lände Koblenz-Schmidtenhöhe. Seit 2020 wird das System vom Weltraumlagezentrum im Testmodus betrieben und hat bereits erste Objekte im Erdorbit entdeckt. Übergabe und Projektabschluss sind nach derzeitigem Stand Ende 2023 vorgesehen

GESTRA liefert wertvolle Daten, die zur Erstellung eines deutschen Katalogs für Weltraumschrott verwendet werden sollen. Dieser Katalog ergänzt die bereits bestehenden Kataloge der USA und der EU.

2.6 Nachhaltige und sichere Nutzung des Weltraums

Die nachhaltige und sichere Nutzung des Weltraums nimmt für Deutschland einen hohen Stellenwert ein. Der Weltraum als globales Gemeinschaftsgut muss für zukünftige Generationen erhalten und geschützt werden. Wir möchten eine nachhaltige Nutzung des Weltraums, basierend auf den Nachhaltigkeitszielen, etablieren und so auch langfristig für eine Raumfahrt mit möglichst wenigen negativen Folgen werben. Es gilt, sowohl Schäden an der Umwelt im Weltraum wie auch Rückwirkungen auf die Erde zu vermeiden. Förderungen werden auch am gesellschaftlichen Nutzen des Projektes ausgerichtet.

Da der Mensch immer stärker in den Weltraum eingreift, steigt auch der Regulierungsbedarf. Die Stärkung und Weiterentwicklung der internationalen Ordnung im Weltraum auf Grundlage des Völkerrechts ist eine Aufgabe der internationalen Staatengemeinschaft. Deutschland stellt sich innerhalb der Vereinten Nationen sowie im bi- und multilateralen Rahmen dieser Verantwortung und setzt sich aktiv dafür ein.

Insbesondere der erdnahe Orbit wird als begrenzte Ressource von immer mehr institutionellen und privaten Akteuren genutzt. Auch die von Weltraumsystemen genutzten Frequenzspektren erweisen sich vor dem Hintergrund zunehmender Raumfahrtaktivitäten als begrenzte Ressource. Eine nachhaltige Nutzung dieser Ressourcen ist für unseren alltäglichen Gebrauch weltraumgestützter Infrastrukturen und der damit generierten Dienste essentiell.

Darüber hinaus gilt es, die Auswirkungen der zunehmenden Raumfahrtaktivitäten sowohl im Weltraum als auch auf der Erde durch eine nachhaltige Nutzung zu adressieren. Im Sinne eines ganzheitlichen Nachhaltigkeitsansatzes sind die, für eine Weltraumnutzung notwendigen Boden- und Betriebsinfrastrukturen sowie mögliche intelligente und ressourcenschonende Nutzungskonzepte entlang der Wertschöpfungskette zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele zu berücksichtigen. Die Auswirkungen von Raketenstarts und Wiedereintritten von Satelliten auf den Planeten und die Atmosphäre, insbesondere die Ozonschicht, müssen besser verstanden und ihre negativen Auswirkungen minimiert werden. Die vorausschauende Vermeidung von unnötigen Licht- und Funkemissionen von künstlichen Satelliten tragen zum Erhalt des dunklen Nachthimmels und zum Schutz der Radioastronomie bei.

Das Verständnis des Weltraumwetters und seiner möglichen Auswirkungen spielt eine entscheidende Rolle für eine sichere Weltraumnutzung. Das Weltraumwetter umfasst verschiedene Phänomene wie Sonnenstürme, Strahlungsausbrüche und geladene Partikel, die das magnetische Feld der Erde beeinflussen. Diese Ereignisse können gesundheitliche Effekte auf Astronautinnen und Astronauten sowie schwerwiegende Auswirkungen auf Satelliten und Raumfahrzeuge, die Infrastruktur im Weltraum und auf der Erde (bspw. auf Stromnetze), sowie Funkverbindungen haben. Durch das Verständnis des Weltraumwetters können wir rechtzeitig Maßnahmen ergreifen, um gefährliche Situationen zu vermeiden. Dies umfasst die Planung von Missionen, die Abschirmung von empfindlichen Geräten und die Vorhersage gefährlicher Ereignisse zur Minimierung von Schäden. Die Sicherheit von Weltraummissionen können gewährleistet und die Zuverlässigkeit unserer Kommunikationssysteme und anderer Weltraumtechnologien verbessert werden. Unter anderem baut das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie eine bodenbasierte Beobachtung des Weltraumwetters auf, die komplementär zu bestehenden Satellitenbeobachtungen ist. Diese operationellen Daten und Produkte können zukünftig auch vom Weltraumlagezentrum abgerufen werden.

Für die nachhaltige und sichere Nutzung des Weltraums ist die Vermeidung und Reduzierung von Weltraumschrott zwingend notwendig. Die Risiken für Weltraumsysteme durch Weltraumschrott haben mit dem starken Anstieg der Raumfahrtaktivitäten in den letzten Jahren stark zugenommen, die Menge an Weltraumschrott hat

sich in den letzten 20 Jahren mehr als verdoppelt. Hierzu haben auch absichtliche Zerstörungen von Objekten im Weltraum durch Tests von bodengestützten destruktiven Anti-Satellitenwaffen beigetragen. Um der Entwicklung Einhalt zu gebieten, haben sich Deutschland und mehrere Partnerationen in den Vereinten Nationen politisch verpflichtet, derartige Tests nicht durchzuführen. Für die Erweiterung dieser Selbstverpflichtung auf weitere Staaten setzen wir uns im Rahmen der Vereinten Nationen aktiv ein.

Der zunehmende Weltraumverkehr an sich stellt bereits eine enorme Herausforderung an den sicheren Betrieb von Raumfahrzeugen dar. Die Zahl der aktiven Satelliten hat sich insbesondere aufgrund von Megakonstellationen innerhalb von 10 Jahren mehr als verdoppelt und wird auch weiterhin rapide zunehmen. Ein Weltraum-Verkehrsmanagement (Space Traffic Management, STM) und die Koordinierung von Orbit- und Frequenznutzung werden somit zunehmend wichtiger.

Die Vermeidung von neuem sowie die aktive Beseitigung von bereits existierendem Weltraumschrott sind zwei komplementäre Lösungsansätze für die nachhaltige Nutzung des Weltraums.

Die Entstehung von neuem Weltraumschrott muss wann immer möglich vermieden werden. Hierfür braucht es die Weiterentwicklung von Fähigkeiten zur Kollisionsvermeidung, bspw. durch geeignete Algorithmen und Methoden zur Bestimmung von Kollisionsrisiken, sowie einen koordinierten Betrieb von Satelliten und Raumfahrzeugen und schließlich – nach Beendigung des Betriebs – eine gezielte Entsorgung. Mit den Richtlinien zur Vermeidung von Weltraumschrott des Inter-Agency Space Debris Coordination Committee (IADC) und des Weltraumausschusses der Vereinten Nationen (UNCOPUOS), sowie dessen Richtlinien für die langfristige Nachhaltigkeit von Weltraumaktivitäten (LTS-Richtlinien), liegen bereits erste international abgestimmte Maßgaben vor, mit denen die Verweildauer von ausgedienten Satelliten in relevanten Orbit-Regionen begrenzt werden soll. Ein weiterer wichtiger Schritt zur Vermeidung von Weltraumschrott ist die Entwicklung von neuen und innovativen Lösungen im Bau von Satelliten und Raumfahrzeugen hin zu wartbaren, intelligenten und adaptiven Systemen. Modularität und Standardisierung sind die Kernelemente auf dem Weg zu solch einer zukunftsorientierten Raumfahrttechnologie.

Für die aktive Entsorgung von Weltraumschrott werden auch robotische Systeme mit hoher Zuverlässigkeit benötigt, die ein sicheres Entfernen von Objekten aus den relevanten Orbit-Regionen (Active Debris Removal) ermöglichen. Zur Vermeidung von Missverständnissen müssen solche robotische Fähigkeiten berechenbar und transparent eingesetzt werden.

Ein nationales Weltraumgesetz, mit dem Deutschland unter anderem seine völkerrechtlichen Verpflichtungen aus dem Weltraumvertrag umsetzen wird, macht auch die Entstehung von Weltraumschrott unwahrscheinlicher und trägt zur nachhaltigen und sicheren Nutzung des Weltraums bei.

Ziele und Maßnahmen:

- Deutschland verfolgt das Ziel, die Nutzbarkeit des Weltraums ganzheitlich im Sinne der nachhaltigen Entwicklung zu gestalten, langfristig zu erhalten und aktiv zu schützen. Im internationalen Bereich setzen wir uns daher für Nachhaltigkeitsstandards und Best-Practice-Regeln ein. Im Rahmen der Vereinten Nationen, setzen wir uns für eine deutliche Verkürzung der Verweilzeit ausgedienter Satelliten im Orbit, eine effektive Nutzung von Orbit- und Frequenzressourcen, die vorausschauende Vermeidung von unnötigen Licht- und Funkemissionen sowie die umweltfreundliche Ausgestaltung der gesamten Bodeninfrastruktur, eine möglichst ressourcenschonende und emissionsfreie Produktion und Betrieb der technischen Systeme sowie einer mit Nachhaltigkeitszielen zu vereinbarenden Nutzung ein. Die Richtlinien zur Vermeidung von Weltraumschrott werden von Deutschland unterstützt, weiterentwickelt und bereits im Nationalen Raumfahrtprogramm umgesetzt, auch durch begleitende Forschung.
- Wir unterstützen aktiv die weitere Ausarbeitung eines EU-Ansatzes für ein Weltraumverkehrsmanagement (STM) und setzen uns im Rahmen der Vereinten Nationen dafür ein, mittelfristig ein internationales STM-System mitzugestalten.
- Deutschland legt besonderen Wert auf die Vermeidung von Weltraumschrott und setzt sich für den Erhalt des dunklen Nachthimmels und den Schutz der Radioastronomie ein. Gemeinsam mit unseren europäischen und internationalen Partnern wollen wir verhindern, dass Satelliten absichtlich oder nach Betriebsende zu Weltraumschrott werden. Satelliten sollen daher mit den dafür notwendigen technologischen Maßnahmen ausgestattet sein.

- Zur nachhaltigen Nutzung soll bereits bei der Entwicklung neuer Satelliten die Wartbarkeit und Modernisierbarkeit sowie der Aufbau gezielter Fähigkeiten zur Kollisionsvermeidung gefördert werden. Hierzu setzen wir uns auch auf internationaler Ebene ein.
- Zur Reduzierung von Weltraumschrott fördern wir technologische Kompetenzen für die zuverlässige aktive Entsorgung von ausgedienten Raumfahrzeugen und Weltraumschrott.
- Wir fördern Lebenszyklusanalysen für Raumfahrtmissionen. Dies betrifft insbesondere den Einfluss auf die Erdatmosphäre beim Start und beim Wiedereintritt von Raumfahrtgegenständen.

Schlüsselprojekte:**(8) Weltraumverkehrsmanagement (Space Traffic Management, STM)**

Die Anzahl der im Weltraum befindlichen Objekte steigt stark an. Anders als im Luftverkehr, wo die Flugsicherung dafür sorgt, dass alle Flugzeuge immer ausreichend Abstand zueinander haben, gibt es für den Weltraum bislang keine entsprechende Koordinierungsstelle. Aufgrund der physikalischen Unterschiede sind Ansätze aus dem Luftverkehr nicht ohne Weiteres auf den Weltraumverkehr übertragbar. Um Kollisionen im Weltraum zu vermeiden, hat die Europäische Union einen politischen Ansatz für ein Weltraumverkehrsmanagement entwickelt, der insbesondere die Verbesserung der Unabhängigkeit der EU im Bereich Beobachtung und Verfolgung von Weltraumobjekten durch die EU-Mitgliedsstaaten, die bereits innerhalb der EU SST-Partnerschaft zusammenarbeiten, berücksichtigt. Auf Basis der durch EU SST für Satellitenbetreiber weltweit entgeltfrei bereitgestellten Dienste können u. a. Kollisionsgefahren erkannt und Ausweichmanöver durchgeführt werden. Wir unterstützen aktiv die Umsetzung und internationale Vertretung des EU-Ansatzes für STM und setzen uns im Rahmen der Vereinten Nationen dafür ein, ein internationales STM-System aufzubauen. Um die deutsche Position umsetzen zu können, bedarf es des konsequenten Ausbaus der nationalen Fähigkeiten sowie der bi- und multilateralen Vernetzung Deutschlands im Bereich Weltraumüberwachung mit zivilen wie auch militärischen Partnern. Dafür streben wir die Fortführung unserer Führungsrolle in EU SST in enger Absprache mit Frankreich an. Auf der operativen Ebene tragen wir mit nationalen Fähigkeiten wie dem Weltraumlagezentrum und Technologien, z. B. zur Weltraumüberwachung, dazu bei. Die Vernetzung mit weiteren Sensoren zur Erfassung der Weltraumlage über EU SST ermöglicht erstmals den weltweit koordinierten Betrieb multinationaler Weltraumüberwachungs-Sensoren samt eines multilateralen Datenaustauschs und stellt damit einen ersten Schritt hin zu einem globalen STM dar.

(9) Weltraumgesetz

Die Bundesregierung strebt ein nationales Weltraumgesetz an, das u. a. zur Nachhaltigkeit von Weltraumaktivitäten beitragen wird, indem es ein Genehmigungserfordernis für und die Überwachung von Weltraumaktivitäten vorsieht. Gesetzliche Regelungen sollen auch zu Verlässlichkeit und einem innovativen und wettbewerbsfähigen Standort für Raumfahrtunternehmen beitragen. Zudem werden wir bei der Erstellung des Weltraumgesetzes die Aufnahme sicherheitsrelevanter Aspekte prüfen.

2.7 Weltraumforschung

Im Weltraum und mit bodengestützten Anlagen gehen Forscherinnen und Forscher elementaren naturwissenschaftlichen Fragen nach und versuchen die Frage nach der Stellung des Menschen im Universum zu beantworten. Dabei kann die Weltraumforschung mit Satelliten und Raumsonden vielfach auf Erkenntnisse aus anderen Forschungsdisziplinen und Fachbereichen außerhalb der Raumfahrt zurückgreifen, etwa der erdgebundenen Astronomie und Astrophysik, mit denen sie sich auf diese Weise gegenseitig ergänzt. Um unter den extremen Bedingungen des Weltraums zuverlässig zu funktionieren, benötigt Weltraumforschung häufig Hightech an der Grenze des technisch Machbaren. Damit gibt sie vielfach den Anstoß für Innovationen und Technologietransfers in andere Wirtschafts- und Lebensbereiche. Die Erforschung des Weltraums und seiner Phänomene ist damit ein wichtiges Zukunftsfeld der Wissenschaft – von der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung bis hin zur anwendungsorientierten Entwicklung zukunftsweisender Raumfahrtlösungen.

Ein erheblicher Teil der deutschen Erforschung des Weltraums mit Satelliten und Raumsonden findet über das ESA-Wissenschaftsprogramm statt, in dem Deutschland aktuell der größte Beitragszahler ist. Nationale und bilaterale Projekte, z. B.: die Zusammenarbeit mit Japan bei der Erforschung von Asteroiden, sind ein weiteres Standbein der deutschen Weltraumforschung. Wissenschaftliche Instrumente werden von Forschungseinrichtungen mit Unterstützung der deutschen Industrie entwickelt und aus dem Nationalen Programm finanziert. Die durch die Bundesregierung institutionell geförderten Forschungsinfrastrukturen etwa der Helmholtz Gemeinschaft (HGF), einschließlich des DLR, leisten mit ihren einzigartigen Fähigkeiten dabei wichtige Beiträge, um Missionen auf die harschen Bedingungen des Weltraums vorzubereiten. So kooperieren das Helmholtz-Zentrum GSI und die ESA mit dem Aufbau eines Simulators für kosmische Strahlung, mit dem die Auswirkungen von kosmischer Strahlung auf Menschen, Elektronik und Material untersucht werden sollen.

Die Satelliten und Raumsonden werden durch die Industrie im Auftrag der ESA gebaut. Deutschland verfügt über hohe wissenschaftliche Exzellenz in allen relevanten Themengebieten und ebenfalls über Hardware- und Software-Kompetenz in Forschungseinrichtungen, die erhebliche Mittel insbesondere aus der institutionellen Förderung des Bundes sowie Drittmittel einbringen und zusätzlich aus dem Nationalen Programm für Weltraum und Innovation gefördert werden.

In den vergangenen Jahren haben deutsche Forschungseinrichtungen und die deutsche Industrie wesentliche Beiträge für ESA-Missionen geleistet und bei verschiedenen auch die Führung übernommen, wie bei der sehr erfolgreichen Astrometriemission GAIA oder der kürzlich zum Jupiter gestarteten Mission JUICE, zu der das DLR in Kooperation mit Partnern z. B. ein hochkomplexes Vermessungsgerät des Jupitermonds Ganymed beigesteuert hat. Bei den derzeit in der Entwicklung befindlichen Missionen wie etwa der innovativen Exoplaneten-Mission PLATO oder dem Gravitationswelleninterferometer LISA leisten deutsche Forschungseinrichtungen ebenso wichtige wissenschaftliche Beiträge. Auch in Zukunft sollen deutsche Forschungseinrichtungen wissenschaftliche Nutzlasten beistellen und in verantwortlicher Position in die umfangreiche Datenauswertung von ESA-Missionen eingebunden werden. Die deutsche Industrie soll führend an der Realisierung der Missionen beteiligt sein.

Für die Zukunft zeichnet sich auch in der Wissenschaft ein größerer Bedarf an nachhaltig konstruierten, produzierten und genutzten Kleinsatelliten für wissenschaftliche Zwecke ab, um kosteneffizient Themen in Ergänzung zum ESA-Wissenschaftsprogramm zu besetzen und die deutsche Rolle bei größeren Missionen vorzubereiten.

Für die Forschung unter Weltraumbedingungen stellt die deutsche Raumfahrtagentur ein Spektrum von Fluggelegenheiten mit unterschiedlich langer Schwerelosigkeitsdauer zur Verfügung, unter ihnen die internationale Raumstation ISS. Mit dem Beschluss auf der letzten ESA-Ministerratskonferenz 2022 zur Verlängerung der ISS bis mindestens 2030 setzen Europa und vor allem Deutschland auf die Kontinuität bei der Internationalen Raumstation und der dortigen Forschung.

Nach der Stilllegung der ISS möchte die US-Regierung für die bemannte und autonome Forschung im Orbit auf kommerzielle Raumstationen zurückgreifen. In dem sich dadurch ändernden Umfeld wird auch die Zusammenarbeit zwischen Agenturen, Nutzern und Industrie in der Forschung im niedrigen Erdorbit neu aufgestellt werden müssen. Die Optionen reichen dabei von einer neuen, europäischen Infrastruktur über die partnerschaftliche Nutzung neuer nationaler Plattformen bis hin zum Einkauf von Diensten auf kommerziellen Infrastrukturen. Für Deutschland wird es wichtig sein, frühzeitig den Übergang von der ISS zu neuen Möglichkeiten für Forschung und Technologiedemonstrationen im niedrigen Erdorbit mit vorzubereiten, um auch nach dem Ende der ISS deutschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern Zugang zu einer Plattform im All zu sichern.

Ziele und Maßnahmen:

- Deutschland führt seine exzellente Weltraumforschung im All kontinuierlich weiter und unterstützt Erhebung und Nutzung der Forschungsergebnisse, auch im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung.
- Wir setzen uns weiterhin für eine effektive Arbeitsteilung zwischen Wissenschaft und Raumfahrtindustrie bei Entwicklung und Bau von Instrumentierungen für weltraumbasierte Teleskope, Detektoren und wissenschaftlichen Sonden ein, die wissenschaftliche Ziele und Kostenaspekte gleichermaßen berücksichtigt. Damit wollen wir einen bedeutenden europäischen und internationalen Beitrag zur Erforschung des Weltraums leisten.
- Wir wollen in Zukunft das Potenzial von nachhaltig nutzbaren Kleinsatelliten auch für die Erforschung des Weltraums einsetzen.

- Wir wollen bei der inhaltlichen Ausgestaltung des neuen ESA-Wissenschaftsprogramms Voyage 2050 die Interessen der deutschen Wissenschaft einbringen. Wir wollen bei der Entwicklung wissenschaftlicher Instrumente weiterhin eine führende Rolle einnehmen.
- Wir wollen eine erfolgreiche Forschung unter Weltraumbedingungen in den Bereichen Biologie, Medizin, Humanphysiologie, Physik und Materialforschung gewährleisten und streben exzellente Ergebnisse in Grundlagenforschung und angewandter Forschung an.
- Die ISS wollen wir bis mindestens 2030 zusammen mit internationalen Partnern nutzen.

Schlüsselprojekt:**(10) Exzellente Forschung im niedrigen Erdorbit nach Ende der ISS**

Die deutsche Wissenschaft soll auch nach Ende der ISS (Post-ISS) Zugang zu Experimentierzeiten im niedrigen Erdorbit haben. Wir richten eine Expertengruppe zur Ausarbeitung der verschiedenen deutschen Handlungsoptionen im Post-ISS-Szenario im Vorfeld zu Entscheidungen in der ESA ein. Um die Interessen der zukünftigen Nutzer optimal berücksichtigen zu können, soll die Expertengruppe insbesondere identifizieren, in welchen Entwicklungs- und Entstehungsphasen alternativer Szenarien sich die Bundesregierung beteiligen und Möglichkeiten für die deutsche Industrie und Forschung schaffen soll.

Technologietransfer aus der DLR-Forschung

Eine der Stärken des DLR ist der Transfer von Technologien, die ursprünglich für den Einsatz in der Forschung entwickelt wurden, in Anwendungen für die Industrie.

Das HugoTM robotergestützte Chirurgie-System basiert z. B. auf einer vom DLR lizenzierten Technologie, die das DLR-Institut für Robotik und Mechatronik für den Einsatz im Weltraum entwickelt hat, um Roboter von der Erde auf der Internationalen Raumstation fernzusteuern.

Das Institut hat diese Entwicklung mit seinem MiroSurge-System für die Medizintechnik nutzbar gemacht. Der erfolgreiche Technologietransfer dieses Systems wurde mit einem weltweit führenden Medizintechnik-Unternehmen in Weßling, Bayern, in partnerschaftlicher Zusammenarbeit mit dem DLR durchgeführt und abgeschlossen.

Das System verkörpert die praktische Anwendung von Forschungsergebnissen, die im DLR erarbeitet wurden. In Kooperation mit Partnern aus der Wirtschaft gelang die Gestaltung einer beispielhaften Innovation mittels Technologietransfers.

Neben Lizenzierungen und Industriekooperationen sind Ausgründungen für das DLR ein wichtiges Instrument, um transferfähige Ideen unternehmerisch zu vermarkten. In den vergangenen 10 Jahren wurde im Durchschnitt z. B. ein Unternehmen pro Jahr aus dem DLR-Institut für Robotik und Mechatronik ausgegründet.

2.8 Internationale Weltraumexploration

Unter dem Begriff Exploration versteht die Bundesregierung alle Aktivitäten zur Vorbereitung und Durchführung von Missionen zu Mond und Mars. Ziel ist es, den menschlichen Wirkungsradius und Erkenntnishorizont über die Grenzen der Erde hinaus auszuweiten und innovative Technologien sowohl für die Raumfahrt als auch für die Erde voran zu treiben. Hierbei werden sowohl astronautische als auch robotische Systeme eingesetzt, um erdnahe Himmelskörper zu erkunden.

Insbesondere der Mond ist dabei international in den letzten Jahren stärker in den Fokus des Interesses gerückt. Auch zur Vorbereitung der Exploration weiter entfernter Ziele wie dem Mars oder Asteroiden ist der Mond wertvoll. Beim Mars liegt der Schwerpunkt auf der Suche nach Spuren von Leben und der robotischen Vorbereitung für zukünftige astronautische Langzeitmissionen.

Explorationsmissionen lassen sich wegen ihrer Kosten, Komplexität und der wissenschaftlichen Breite nur über Kooperationen und nur in internationaler Arbeitsteilung realisieren. Deutschland hat hier herausragende Technologien beizutragen und hat darüber hinaus Kompetenzen auf Systemebene entwickelt. Mit dem unter deutscher

Industrieverantwortung in Bremen gebauten European Service Module (ESM) als Teil des Orion-Raumschiffs hat Europa mit einem systemkritischen Element einen wesentlichen Anteil an dem von den USA geführten Artemis-Programm. Dieses soll Menschen bis 2025 erstmals seit 1972 wieder zurück auf die Mondoberfläche bringen.

In den ESA-Missionen des Explorationsprogramms sind die deutsche Raumfahrtindustrie und deutsche Forschungseinrichtungen entsprechend des hohen deutschen Anteils eingebunden. Unter den europäischen Teilnehmerstaaten leistet Deutschland für den ISS-Betrieb und für die ESMs mit je über 50 Prozent Finanzierungsanteil den größten Beitrag. Deutschland fungiert in vielen Kooperationen als Entwickler, Systemintegrator und Betreiber mit vielen hochspezialisierten KMU als verlässlicher Partner. Die intensiven Aktivitäten und die Vielzahl an Missionen eröffnen in der Mondexploration in den nächsten Jahren auch neue Möglichkeiten für die Beteiligung von KMU.

Das Fundament der astronautischen Raumfahrt und der internationalen Exploration stellt nach wie vor die Internationale Raumstation (ISS) dar. Die Forschung und Technologieentwicklung unter Weltraumbedingungen gewinnen neben ihrem Transferpotenzial und Anwendungsmöglichkeiten auf der Erde zunehmend an Bedeutung für die Bewältigung zahlreicher Fragestellungen, die unmittelbar mit der (auch kommerziellen) Umsetzbarkeit astronautischer und robotischer Exploration verknüpft sind. Dies betrifft insbesondere auch die Erforschung von Gesundheitseffekten (zum Beispiel durch Weltraumstrahlung und verminderte Schwerkraft) astronautischer Missionen, um deren Risiken besser bewerten zu können und die Astronautinnen und Astronauten effektiver davor schützen zu können. Weitere Beispiele sind Verbrennungsforschung (Feuersicherheit), Lebenserhaltungssysteme, nicht-invasive medizinische Diagnostik, In-situ-Ressourcennutzung (ISRU), In-Orbit-Betankung, Energiespeicherung, autonome Steuerung von Experimenten und Fahrzeugen oder Staub-Eindämmung genannt.

Dies alles sind Technologien, die auch auf dem zukünftigen Lunar Gateway eingesetzt werden können. Diese gemeinsam von den USA, Japan, Kanada und Europa geplante Raumstation soll in einer Umlaufbahn um den Mond platziert werden und zukünftig einen Logistikknotenpunkt für die weitere Erforschung und Erschließung des Mondes und darüber hinaus bilden. Über das deutsche Engagement werden vor allem KMU an der Mitentwicklung der Raumstationsmodule eingebunden.

Neben dem Gateway beabsichtigt Europa, die nachhaltige Exploration des Mondes und seiner Oberfläche prägend mitzugestalten. Hier treten Deutschland und Italien gemeinsam als die Staaten auf, die mit Abstand den größten Anteil an dem neu initiierten European Large Logistics Lander (EL3), genannt „Argonaut“, haben. Die erste Mission dieses Landers soll bis 2030 umgesetzt werden. Das Mondlandesystem unterstützt die strategische Souveränität Europas bei seinen Aktivitäten zur Erforschung des Mondes, und stärkt gleichzeitig die internationalen Partnerschaften. Im Rahmen dieser internationalen Partnerschaften wird auch die Möglichkeit gesehen, eine europäische Astronautin bzw. einen europäischen Astronauten zukünftig auf die Mondoberfläche zu bringen, was auch für deutsche Astronautinnen und Astronauten eine inspirierende Perspektive ist.

Die Exploration des Mars soll mit robotischen Missionen die technologischen Fähigkeiten und wissenschaftlichen Untersuchungen für eine eventuelle europäische Beteiligung an der astronautischen Erforschung des Mars vorbereiten. Dazu zählen die MMX-Mission, die unter japanischer Führung die Monde des Mars erforschen wird, sowie die über die ESA geplante Rover-Mission Rosalind Franklin und die Beteiligung an der von der NASA und ESA gemeinsam geplanten Probenrückführung vom Mars (Mars Sample Return) in der zweiten Hälfte dieses Jahrzehnts, an der sich Deutschland mit wissenschaftlichen Nutzlasten und robotischen Technologien beteiligen wird.

Mit der Rückkehr zum Mond und dem Aufbruch zu anderen Himmelskörpern werden auch die Erforschung und Nutzung von Weltraumressourcen (Regolith, Wasser, strategisch günstige Standorte) interessant. Sie alle sind grundsätzlich nur begrenzt vorhanden, was Konfliktpotenzial hinsichtlich der verschiedenen Nutzungsformen und Akteure birgt. Da es sich beim Weltraum und den Himmelskörpern um einen internationalen Staatengemeinschaftsraum jenseits nationaler Gesetzgebung handelt, kann nur das Völkerrecht die Erforschung und Nutzung der dort vorhandenen Ressourcen regeln. Dazu wurde mit maßgeblicher deutscher Beteiligung vom Rechtsunterausschuss des UNCOPUOS die Arbeitsgruppe „Space Resources“ gegründet. Eine begleitende internationale Konferenz zu Weltraumressourcen ist für das Jahr 2024 geplant.

Ziele und Maßnahmen:

- Mit seiner signifikanten Beteiligung an Explorationsaktivitäten verfolgt Deutschland vier Ziele: Internationale Zusammenarbeit nutzen, Spitzentechnologien entwickeln und anwenden, damit verbundene wissenschaftliche Forschung vorantreiben und Menschen inspirieren.

- Wir wollen die Weiterentwicklung von robotischen Landesystemen und innovativen Methoden und Mobilitätskonzepten für die In-situ-Exploration und Erforschung planetarer Körper, vor allem von Mond und Mars, vorantreiben. Deutschland will insbesondere bei der robotischen Logistik der Mondexploration mit dem Landesystem EL3 Argonaut eine führende Rolle übernehmen.
- Das auf deutscher Seite verantwortete European Service Module (ESM) wollen wir als unseren Beitrag für die astronautische Exploration des Mondes nutzen.
- Wir unterstützen unsere deutschen ESA-Reserveastronautinnen bei ihrem Weg in das ESA-Astronautencorps.
- Um Deutschland als gefragten Partner in der Exploration zu platzieren, konzentrieren wir uns auf ausgewählte zukunftssträchtige Schlüsseltechnologien, wie Robotik und Künstliche Intelligenz.
- Wir setzen uns im Rahmen der Vereinten Nationen für eine zeitgemäße internationale Regulierung der Aktivitäten auf anderen Himmelskörpern ein. Zum Beispiel wollen wir mit unseren internationalen Partnern rechtssichere Grundlagen für die nachhaltige und ethische Nutzung von Ressourcen im Weltraum sowie den Weltraumbergbau schaffen.

Schlüsselprojekt:**(11) Rückkehr zum Mond in internationaler Partnerschaft**

Mit den in Bremen gebauten European Service Modulen leistet Deutschland einen essentiellen Beitrag zu den Artemis-Missionen, die zum ersten Mal seit den 1970er Jahren wieder Menschen auf die Mondoberfläche bringen werden. Außerdem engagiert sich Deutschland insbesondere bei der robotischen Logistik der Mondexploration und wird bei dem Landesystem EL3 Argonaut eine wichtige Rolle übernehmen. Dadurch wollen wir robotische Landesysteme auf ESA-Ebene vorantreiben, die deutsche Weltraumrobotik mit ihren Transferpotenzialen in andere Industriebranchen weiter stärken und eine Partnerschaft in der internationalen Exploration untermauern.

2.9 Raumfahrt im Dialog und Gewinnung von Talenten

In den letzten Jahrzehnten hat sich die Sicht auf die Raumfahrt stark verändert. War sie während des Kalten Krieges ein Symbol des Wettstreits zwischen den USA und der UdSSR, so hat sich die Raumfahrt zu einer im Alltag ständig genutzten Infrastruktur und einem dynamischen Wirtschaftszweig entwickelt.

Die wachsende Bedeutung der Raumfahrt zeigt sich auch in der zunehmenden Zahl an beteiligten öffentlichen Stellen. Eine systematisch gute Kommunikation zwischen den Bundesressorts sowie zwischen Bund und Ländern, wie sie etwa im Bereich der Grundförderung des DLR durch Bund und Länder bereits praktiziert wird, nimmt an Bedeutung immer weiter zu, um die übergeordneten Interessen mit geeigneten Instrumenten erfolgreich umsetzen zu können.

Im Rahmen des öffentlichen Dialogs soll die Bedeutung der Raumfahrt und der Weltraumerforschung mehr ins Licht der Öffentlichkeit rücken. Eine transparente Kommunikation soll den Nutzen der Raumfahrt für die Gesellschaft hervorheben. Darüber hinaus ist die gezielte Förderung von beruflicher und akademischer Bildung sowie Forschung aktiv zu verfolgen. Angesichts der demographischen Entwicklung und des sich verschärfenden Fachkräftemangels ist die mit Weltraum, Universum und Raumfahrt verbundene Faszination ein wichtiges Element, junge Menschen für eine Karriere im MINT-Bereich zu begeistern. Dabei sollen auch gemeinsame Erfahrungswerte aus Kommunikation und Maßnahmen wie dem Wissenschaftsjahr 2023 – Unser Universum weiterentwickelt werden. Raumfahrt insgesamt und speziell der NewSpace-Bereich ziehen zunehmend auch Absolventen raumfahrtfremder Studienrichtungen in die Branche, mit entsprechendem Fortbildungs- und Schulungsbedarf. Damit entsteht ein neuer Pool an Nachwuchskräften, welcher der Raumfahrt unter anderem die Chance eröffnet, diverser zu werden. Mit einer größeren Begeisterung für die Raumfahrt können dringend benötigte neue Talente gewonnen werden, um zukünftige Entwicklungen voranzutreiben und das Wachstum des Raumfahrtstandortes Deutschland weiterhin zu ermöglichen.

Es ist an der Zeit, dass die Raumfahrt stärker in den breiten Dialog eintritt, ihren eigenen Mehrwert aufzeigt und dadurch Begeisterung schafft. Die Zivilgesellschaft und unterschiedlichste Interessengruppen können und wollen

mitreden und mitgestalten. Insgesamt ist ein offener und konstruktiver Dialog mit allen Akteuren wichtig. Faszination für die Raumfahrt sorgt für eine breitere öffentliche Unterstützung und hilft, das Potenzial der Raumfahrt im Kampf gegen den Fachkräftemangel auszuschöpfen.

Ziele und Maßnahmen:

- Wir möchten das Verständnis für die Bedeutung der Raumfahrt in der Bevölkerung erhöhen und in der Kommunikation den Nutzen der Raumfahrt für die Menschheit und unseren Planeten deutlich machen. Die Herausforderungen der Raumfahrt in den kommenden Jahren, z. B. auf ihrem Weg zu mehr Nachhaltigkeit bei gleichzeitigem Branchenwachstum, sollen ebenso thematisiert werden wie die Gründe warum Raumfahrt unverzichtbar ist.
- Um möglichst viele Menschen zu erreichen, arbeiten wir mit Multiplikatoren in Presse und Medien, unterstützen Programme wie die DLR_School_Labs – Orte, an denen Schüler selbst experimentieren und viele spannende Dinge rund um Raumfahrt entdecken und erkunden können, und nutzen eine breite Palette an Kommunikationskanälen und -formaten, wie. das Schulportal der Raumfahrtagentur Space2School.de.
- Wir werden den Entscheidungsprozess zu den deutschen Aktivitäten in der Raumfahrt transparenter und partizipativer gestalten. Dazu stärken wir insbesondere den Dialog mit Bedarfsträgern in nachgelagerten Anwendungsbereichen der Raumfahrt, beispielsweise über Programme wie die Copernicus Netzwerkbüros Verkehr, Kommunal und Wald, ergänzend zur etablierten Einbindung der Raumfahrt-Akteure.
- Wir unterstützen mit der fachlichen Expertise der Raumfahrtagentur im DLR die verstärkte Etablierung von Austauschformaten zwischen den Raumfahrtakteuren, vor allem mit der New-Space-Szene und dem wissenschaftlichen Nachwuchs, sowie zwischen Raumfahrtpolitik und Raumfahrtakteuren.
- Wir möchten eine bessere Repräsentation von Frauen in der Raumfahrt auf allen Ebenen. Dies gehen wir mit einem ganzheitlichen Konzept für Parität und Diversität an, welches die Bedürfnisse der Akteure aus Wissenschaft und Industrie adressiert, existierende Maßnahmen konsolidiert und vereint (z. B. Girls‘ Day, Netzwerke, Kaskadenmodell) und neue Maßnahmen (z. B. zur bewussten Ansprache von Mädchen und jungen Frauen zu Raumfahrtthemen und zur Erhöhung der Sichtbarkeit von Frauen in der Raumfahrt) entwickelt. In diesem Kontext spielen weibliche Vorbilder, wie Nicola Winter und Amelie Schoenenwald die als erste deutsche Frauen in die ESA- Astronautenreserve eingetreten sind, eine zentrale Rolle, gerade mit Blick auf eine klischeefreie Berufsorientierung von Mädchen und jungen Frauen.
- Wir bringen uns umfassend in Maßnahmen zur Fachkräftesicherung ein, um dort die Attraktivität der deutschen Raumfahrt sichtbar zu machen. Dem kurzfristigen Mangel an qualifizierten Mitarbeitern begegnen wir durch eine Unterstützung von Maßnahmen zur Fachkräfteeinwanderung. Zudem stärkt die Bundesregierung mit dem MINT-Aktionsplan 2.0 die MINT-Bildung entlang der Bildungskette in den auch für die Raumfahrt relevanten Fächern Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik. Außerdem unterstützt die Bundesregierung die Weiterbildung und Schulung in diesem Bereich sowie in den auf Raumfahrt basierenden Anwendungen in allen Altersstufen. Von den branchenübergreifenden Maßnahmen der Bundesregierung (Fachkräftestrategie der Bundesregierung, Novellierung des Fachkräfteeinwanderungsgesetzes, Allianz für Aus- und Weiterbildung) wird auch die Raumfahrt profitieren.

Schlüsselprojekte:

(12) Raumfahrt erklären

- (a) Wir erarbeiten im Dialog mit Journalistenschulen, Hochschulen, Redaktionen und journalistischen Weiterbildungsinstituten mögliche Wege, um das Verständnis von Raumfahrt einbringen und erhöhen zu können.
- (b) Wir stärken mit und über die Raumfahrtagentur Raumfahrt-Öffentlichkeitsarbeit. Für Outreach-Aktivitäten und Wissenschaftskommunikation wird zukünftig ein fester Anteil der Fördersumme von Raumfahrtprojekten aufgewendet.
- (c) Wir setzen weiterhin auf Schul- und Studentenprogramme (wie SchoolLabs, REXUS/BEXUS, STERN, Überflieger und das universitäre Kleinsatellitenprogramm), in denen Raumfahrt jungen Nachwuchskräften praktisch zugänglich gemacht wird.

(13) Raumfahrt erleben

Überall in Deutschland gibt es eine Vielzahl von Begegnungsorten, an denen Besucher die Raumfahrt und ihren Nutzen für die Gesellschaft kennenlernen können: Forschungseinrichtungen, Standorte von ESA, EUMETSAT und DLR, Industrieunternehmen, aber auch Museen und Science Center. Es ist unser Ziel, diese Orte für die breite Bevölkerung noch sichtbarer und zugänglicher zu machen.

- (a) Dazu veranstaltet die Bundesregierung im Jahr 2025 einen Tag der deutschen Raumfahrt: Alle Raumfahrtstandorte in Deutschland öffnen zeitgleich der breiten Öffentlichkeit für einen Tag ihre Türen, so dass man einen Eindruck von der Vielfalt und der breiten regionalen Verteilung der deutschen Raumfahrt über alle Bundesländer bekommt.
- (b) Auch die INNOspaceEXPO „ALL.täglich!“ wird erweitert und an neuen, der Öffentlichkeit zugänglichen Orten ausgestellt.

