

B 3 Deutsche Raumfahrt zwischen Old und New Space

Die Raumfahrt hat sich in den letzten Jahrzehnten weltweit rasant verändert. Nachdem sie bis in die 2000er Jahre hauptsächlich staatlich betrieben wurde, hat sich im letzten Jahrzehnt eine stark privatwirtschaftlich organisierte Raumfahrtwirtschaft entwickelt. Nach wie vor spielen jedoch staatliche Stellen eine wichtige Rolle, einerseits als treibende Kräfte hinter den großen Weltraumprogrammen und andererseits als Nachfrager von Technologien und Dienstleistungen für den zivilen und militärischen Bereich, insbesondere für Satellitenkommunikation, Navigation und Erdbeobachtung.

Raumfahrt und Raumfahrttechnologien haben enorme Bedeutung für die moderne Gesellschaft. Viele Menschen verbinden mit der Raumfahrt vor allem Grundlagenforschung und Exploration. Der Nutzen der Raumfahrt geht mittlerweile jedoch weit darüber hinaus. Satelliten sind für die moderne Kommunikation und Navigation inzwischen unerlässlich. Erdbeobachtungsdaten sind nicht mehr nur militärisch von Interesse, sondern helfen bei der Erforschung des Klimawandels oder beim Katastrophenschutz. Produkte und Dienste, die auf Entwicklungen der Raumfahrt basieren, werden in allen Bereichen des Lebens genutzt. Ebenso kommen in der Raumfahrt entwickelte Technologien in vielen weiteren Wirtschaftsbereichen zur Anwendung. Dies verdeutlicht den Querschnittscharakter von Raumfahrttechnologien.

Die wachsende Bedeutung der Raumfahrt führt im Weltraum zu einem Anstieg sowohl staatlicher als auch privater Aktivitäten. Dadurch entstehen wiederum neue Herausforderungen wie Kollisionsvermeidung und die Beseitigung von Weltraumschrott, zu deren Bewältigung innovative Lösungen notwendig sind. Daraus ergeben sich vor allem für Start-ups

sowie für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) Chancen, sich auf neuen Märkten zu betätigen.

Eine Analyse der Patentaktivitäten in der Raumfahrt zeigt, dass die europäische Raumfahrtwirtschaft durchaus mit US-amerikanischen Aktivitäten mithalten kann (vgl. B 3-3). Allerdings hinkt Deutschland bei den Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche kommerzielle Nutzung der Raumfahrt hinterher. Es bedarf daher dringend einer ressortübergreifenden, an die neuen Gegebenheiten der Raumfahrtwirtschaft angepassten Raumfahrtstrategie, in der u. a. die strategische Bedeutung von Satellitensystemen als kritische Infrastruktur herausgestellt wird. Darüber hinaus benötigt Deutschland ein Weltraumgesetz, damit Unternehmen einen sicheren Rechtsrahmen für ihre Investitionen erhalten.

Durch zunehmende globale Herausforderungen wird der Erhalt technologischer Souveränität im europäischen Verbund immer wichtiger. Daher sollte auch die gemeinsame Nutzung von Satellitendienstleistungen für zivile und militärische Zwecke stärker in den Fokus rücken.

B 3-1 Transformation der Raumfahrt

Grenzen zwischen Old und New Space fließend

Bis Anfang der 2000er Jahre wurde die Raumfahrt im Wesentlichen von nationalen und überstaatlichen Raumfahrtagenturen wie der NASA oder Roscosmos betrieben. Diese traditionelle Raumfahrt – mittlerweile als Old Space bezeichnet – hatte ihre Anfänge in den 1950er und 1960er Jahren, als sich die beiden Großmächte Sowjetunion und USA ein Wettrennen um die technologische Führerschaft

im Weltraum lieferten. Dabei spielte nationales Prestigedenken eine nicht unerhebliche Rolle.³¹⁷ Doch schon bald wurden weitere Ziele öffentlichen Interesses verfolgt: Zum einen war die militärische Aufklärung durch Satellitentechnik für die im Weltraum operierenden Nationen von herausragendem Interesse. Zum anderen bot die Raumfahrt Chancen, die Erde für wissenschaftliche Zwecke aus einer neuen Perspektive zu beobachten sowie die Auswirkungen der Schwerelosigkeit auf Lebewesen und Materialien zu erforschen.

All diese Ziele konnten aber aufgrund ihrer hohen Kosten und fehlender privater Märkte nur mit staatlicher Finanzierung verfolgt werden. In den USA wurden die entsprechenden Aufträge von der NASA spezifiziert und an Großunternehmen wie Martin oder Grumman³¹⁸ vergeben. Ab Mitte der 1970er Jahre folgten weitere westliche Staaten diesem Muster,³¹⁹ indem sie Aufträge an Raumfahrtunternehmen vergaben, bei denen die Kosten plus eine festgelegte Gewinnmarge vom Staat übernommen wurden.³²⁰ Obgleich staatliche Aufträge mit hohen technischen und spezifischen Anforderungen von privaten Unternehmen durchgeführt wurden, gab es noch keine Absatzmärkte, um die technologischen Entwicklungen auch jenseits der staatlichen Nachfrage kommerziell zu nutzen.

Dies änderte sich Anfang der 2000er Jahre, als private Akteure zunehmend im Weltraum aktiv wurden und seitdem die Kommerzialisierung der Raumfahrt mit Verve antreiben. Mit dieser Entwicklung entstand eine neue Art der Raumfahrt – New Space,³²¹ ein Begriff, der für die Kommerzialisierung der Raumfahrt und die wachsende Anzahl privater Akteure steht. Einerseits erschließen sich die neuen privaten Anbieter mit innovativen Angeboten neue Märkte und Kunden. Andererseits erfüllen sie aber auch staatliche Aufträge, die bisher von etablierten Unternehmen übernommen wurden. Zusätzlich treten privatwirtschaftliche Akteure als Nachfrager auf. Dass staatliche Aufträge nun auch an junge Unternehmen vergeben werden, liegt nicht zuletzt an der technologieoffenen Formulierung der Ausschreibungen, die marktfähige Innovationen ermöglichen.³²² Die Raumfahrtwirtschaft hat mittlerweile einen neuen Entwicklungsstand erreicht, in dem private Anbieter und Nachfrager nach marktwirtschaftlichen Gesetzmäßigkeiten auf neuen Märkten agieren. Staaten spielen allerdings weiterhin als Nachfrager von Produkten und Dienstleistungen sowohl im militärischen als auch im zivilen

Bereich eine wichtige Rolle. Zudem fungieren sie als Auftraggeber und Finanziers der Raumfahrtagenturen. Durch die Verzahnung der traditionellen Raumfahrt mit den Märkten der neuen Raumfahrtwirtschaft verwischen die Grenzen zwischen Old und New Space.

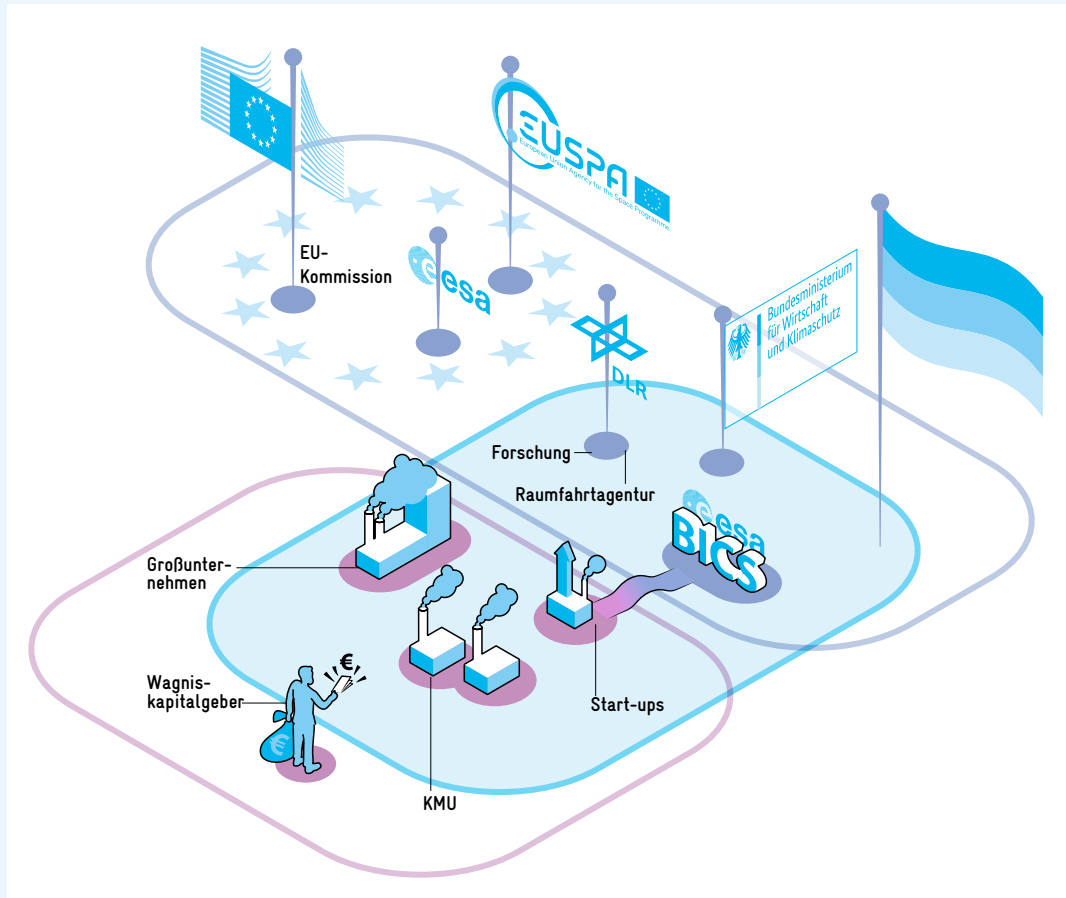
Europäisches Umfeld wichtig für deutsche Raumfahrt

In Deutschland ist das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) für die Weltraumpolitik der Bundesregierung federführend (vgl. Abbildung B 3-1). Ein Ziel der Bundesregierung ist es, Rahmenbedingungen für eine international wettbewerbsfähige Luft- und Raumfahrtindustrie in Deutschland zu schaffen.³²³ Dabei wird die Bundesregierung von der am BMWK angesiedelten Raumfahrtkoordinatorin unterstützt.³²⁴ Über das Raumfahrtaufgabenübertragungsgesetz wurden die Verwaltungsaufgaben auf dem Gebiet der Raumfahrt von der Bundesregierung an das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in der Helmholtz-Gemeinschaft – das größte Forschungszentrum für Raumfahrt in Deutschland – übertragen. Zu den Aufgaben zählen die Umsetzung der Weltraumstrategie, die Entwicklung und Steuerung des nationalen Raumfahrtprogramms sowie die Wahrnehmung deutscher Raumfahrtinteressen auf internationaler Ebene, insbesondere bei der Europäischen Raumfahrtagentur ESA. Darüber hinaus gehören auch Technologietransfer, Kommerzialisierung der Raumfahrt und Förderung des Innovationspotenzials von KMU zu den Aufgaben, die im DLR in einer vom Forschungsbetrieb getrennten Einrichtung – der Deutschen Raumfahrtagentur im DLR – bearbeitet werden.³²⁵ Zur Erfüllung dieser Aufgaben verfügt die deutsche Raumfahrtagentur über das Raumfahrtbudget der Bundesregierung und vergibt Fördergelder bzw. Zuwendungen für Raumfahrtprojekte an Wissenschaft und Industrie.

Gleichzeitig ist das DLR mit 20 seiner insgesamt 55 Forschungsinstitute in der Raumfahrtforschung aktiv und erwirtschaftete im Jahr 2021 Erträge von 519 Millionen Euro.³²⁶ Damit ist das DLR zentraler Akteur der Raumfahrtforschung in Deutschland (vgl. B 3-3). Die Forschungseinrichtungen des DLR sind von der Grundlagenforschung bis hin zur Produktentwicklung tätig. Die Raumfahrtagentur und die Forschungseinrichtungen sind am DLR verschiedenen Vorständen zugeordnet. Da beide Einheiten zum DLR gehören, kann die Raumfahrtagentur keine

Abb. B3-1 Schematische Darstellung der Akteure in der deutschen Raumfahrt

 [Download der Abbildung](#)



Quelle: Eigene Darstellung.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2023.

Aufträge direkt an die Forschungseinrichtungen im eigenen Haus vergeben, obwohl dort relevante Expertise gebündelt wird. Die Forschungseinrichtungen können sich nur über Unteraufträge anderer an den Vergaben beteiligen. Dadurch wird das Potenzial der Forschungseinrichtungen nicht voll ausgeschöpft.

Aufgrund der Kostenintensität der Raumfahrt werden viele Projekte nicht auf nationaler, sondern auf europäischer Ebene realisiert. Somit spielen neben den deutschen die europäischen Institutionen eine zentrale Rolle. Die Europäische Kommission beschließt und koordiniert die Raumfahrtpolitik der Europäischen Union (EU) und setzt dazu alle sieben Jahre ein Raumfahrtprogramm auf, zuletzt für den Zeitraum von 2021 bis 2027. Die Implementierung der EU-Weltraumpolitik erfolgt durch die ESA und die im Jahr 2021 gegründete EU Space Programme Agency (EUSPA).³²⁷ Die EUSPA wurde im Zusammenhang mit dem neuen EU-Raumfahrtprogramm geschaffen und ist zukünftig für die Marktent-

wicklung, den Betrieb aller EU-Raumfahrtkomponenten³²⁸ sowie deren Sicherheitsakkreditierung verantwortlich. Damit übernimmt die EUSPA Verantwortlichkeiten, die zuvor bei der ESA lagen. Die EUSPA ist im Unterschied zur ESA eine Agentur der EU und wurde gegründet, um sicherzustellen, dass die Investitionen der EU in die Raumfahrt zu wertschöpfenden Aktivitäten für die EU führen.³²⁹ Dagegen ist die ESA eine von der EU unabhängige und eigenständige Raumfahrtbehörde. Hierbei ist zu beachten, dass die Mitgliedstaaten der ESA und die der EU nicht identisch sind. Von den 22 Mitgliedstaaten der ESA³³⁰ gehören Norwegen, Großbritannien und die Schweiz nicht der EU an, während acht EU-Staaten nicht Teil der ESA sind.³³¹ Die 1975 gegründete ESA verfügt in Europa jedoch über einen Großteil der Raumfahrtkompetenzen und ist deshalb weiterhin für die technische Konzeption und Entwicklung der EU-Raumfahrtprogramme zuständig.³³² Darüber hinaus führt sie eigenständig und in Kooperation mit nationalen Raumfahrtagenturen

große Missionen zur Erforschung des Weltraums durch. Die Mitgliedstaaten der ESA verpflichten sich zu einer vom jeweiligen nationalen Bruttoinlandsprodukt (BIP) abhängigen Finanzierung des Weltraumforschungsprogramms und können freiwillig an weiteren kommerziellen und wissenschaftlichen Programmen der ESA mitwirken.³³³ Wenngleich ESA und EUSPA unterschiedliche Zielsetzungen haben, können Doppelstrukturen entstehen, wenn die Aufgabenfelder der beiden Agenturen nicht klar voneinander abgegrenzt werden.

Private Raumfahrtakteure vor allem im Upstream

Nach dem Raumfahrtkatalog des DLR gab es im Jahr 2018 rund 400 Unternehmen in der deutschen Raumfahrtindustrie. Dazu gehörten sowohl reine Raumfahrtunternehmen als auch Unternehmen mit einer Raumfahrtsparte.³³⁴ Der Bundesverband der deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie (BDLI) schätzt den Umsatz der deutschen Raumfahrtindustrie im Jahr 2021 auf 2,4 Milliarden Euro. Aufgrund von Lieferengpässen, einer coronabedingt verringerten Anzahl an Starts von Trägerraketen sowie Verzögerungen beim Bau der Ariane 6 sank der Umsatz im Vergleich zu 2017 um 0,6 Milliarden Euro. Dahingegen ist die Anzahl der Beschäftigten im selben Zeitraum nahezu konstant bei 9.300 geblieben.³³⁵

Die Aktivitäten der Raumfahrtakteure lassen sich in zwei Segmente unterteilen: Upstream und Downstream. Der Upstream bildet die wissenschaftliche und technologische Grundlage für Weltraumprogramme und Raumfahrtaktivitäten. Dazu gehören u. a. die Forschung zu sowie die Entwicklung und Herstellung von Trägerraketen, Raumfahrzeugen, Satelliten, Kontroll- und Kommandozentren sowie der dazugehörigen Teile und Komponenten. Somit bildet der Upstream eine Grundlage für die Produkte im Downstream, der jede Form der terrestrischen Nutzung von Weltraumkapazitäten wie Daten und Signale der Satelliten umfasst.³³⁶

Unter den vom DLR gelisteten Raumfahrtakteuren sind 58 Prozent im Upstream, 19 Prozent im Downstream und 16 Prozent in beiden Segmenten aktiv.³³⁷ Die beiden größten deutschen Raumfahrtunternehmen sind dabei die Large System Integrators (LSIs) Airbus Defence and Space GmbH sowie die OHB System AG, deren Geschäftsmodell es ist, Subsysteme zu einem Ganzen zu integrieren.³³⁸ Zudem werden 293 KMU vom DLR gelistet, von denen

103 jünger als zehn Jahre sind.³³⁹ Einige Unternehmen wie Exolaunch, Mynaric und Morpheus Space sind als Ausgründungen aus dem Forschungsbetrieb entstanden und bieten Produkte im Upstream an.

Die Interessen der Industrie werden überregional durch den BDLI, den Bundesverband der deutschen Industrie (BDI) – durch dessen New Space Initiative – und die Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR) vertreten. Darüber hinaus gibt es vier Raumfahrt-Clusterinitiativen in Bayern, Berlin/Brandenburg, der Bodenseeregion und Bremen, die regional die Vernetzung von Politik, Wissenschaft und Wirtschaft vorantreiben.³⁴⁰

Insbesondere für Start-ups sind neben der staatlichen und europäischen Förderung Wagniskapitalgeber und private Investoren wichtig. Die meisten Investoren sind in den USA ansässig, wo nach wie vor ein Großteil aller Investitionen in junge Raumfahrtunternehmen erfolgt. In Europa kommen die meisten in der Raumfahrtindustrie aktiven Business-Angel- und Wagniskapital-Investoren aus Großbritannien. Investoren aus anderen europäischen Staaten, auch aus Deutschland, sind deutlich weniger vertreten.³⁴¹ Die ESA hat als Unterstützung in der frühen Phase von Unternehmensgründungen die ESA Business Incubation Centres (ESA BICs) initiiert, die junge Unternehmen mit einer Verbindung zur Raumfahrt finanziell fördern und beratend unterstützen. Dazu sind die ESA BICs in den teilnehmenden Mitgliedstaaten an Standorten angesiedelt, die für die Raumfahrt relevant sind – in Deutschland z. B. in Bremen und an mehreren bayerischen Standorten.³⁴²

Wertschöpfungs- und Nutzungspotenziale der Raumfahrt vielfältig

Die ersten Raumfahrtaktivitäten begannen Ende der 1950er Jahre in den USA und der Sowjetunion im Upstream mit der Entwicklung von Kommunikations-, Navigations- und Erdbeobachtungssatelliten für militärische und wissenschaftliche Zwecke (vgl. Box B 3-2). Außerdem entwickelten sich schnell erste kommerzielle Anwendungen im Downstream, die zunächst in der Regel vom Staat beauftragt wurden – allen voran im Bereich Satellitenkommunikation. So wurde bereits Anfang der 1960er Jahre die erste satellitengestützte Live-Fernsehsendung übertragen. Mittlerweile ist die Verwendung von Satellitenkommunikation für kommerzielle Zwecke weit verbreitet: Satellitenfernsehen, -hörfunk

sowie -telefonie und demnächst ein weltweites satellitenbasiertes Internet.³⁴³ Diese Anwendungen werden hauptsächlich von privaten Nutzerinnen und Nutzern nachgefragt, sind aber auch für staatliche Akteure wichtig.³⁴⁴ Satellitenkommunikation steht zwar in Konkurrenz zu terrestrischen Infrastrukturen wie Glasfaserkabel und Übertra-

gungsmasten, angesichts einer zunehmenden Vernetzung von Geräten über das Internet der Dinge ist jedoch damit zu rechnen, dass der Ausbau einer leistungsfähigen Kommunikationsinfrastruktur zu einem wichtigen Treiber kommerzieller Satellitenkommunikationssysteme wird.³⁴⁵

Box B 3-2 Einteilung der Raumfahrtaktivitäten und -technologien³⁴⁶

Die OECD unterteilt Raumfahrtaktivitäten in die folgenden verschiedenen Bereiche:³⁴⁷

Satellitenkommunikation umfasst die Entwicklung und Nutzung von Satelliten und die damit verbundenen (Teil-)Systeme, um Signale zur Erde zu senden. Diese Systeme bilden die Basis für satellitenbasierte TV- und Hörfunkangebote, satellitengestützte Telefonie und Datenübertragung als Alternative zu erdgebundenen Netzen.

Positionsbestimmung, Navigation, Zeitmessung umfassen die Entwicklung und Nutzung von Satelliten zur Bestimmung von Ort und Zeit für terrestrische Anwendungen. Satellitengestützte Navigation ist eine elementare Technologie beispielsweise im Land-, Luft- und Schiffsverkehr und gewinnt durch technologische Entwicklungen wie das autonome Fahren zunehmend an Bedeutung.

Erdbeobachtung umfasst die Entwicklung und Nutzung von Satelliten zur Generierung von Daten aus der Beobachtung der Erdoberfläche wie Daten zu Umweltveränderungen und menschlichen Aktivitäten. Technologische Entwicklungen in den letzten Jahren haben das Angebot und auch die Nachfrage nach Produkten in diesem Bereich deutlich gesteigert. Beispiele hierfür sind neben militärischen Anwendungen die Bereitstellung und Auswertung von Klimadaten.

Transport in den Weltraum umfasst die Entwicklung und Nutzung von Trägervehikeln und deren Subsystemen. Dieser Bereich beinhaltet neben Trägerraketen u.a. auch Raketenstartplätze, Weltraumtourismus sowie interorbitalen Transport.

Exploration umfasst die Entwicklung und Verwendung von bemannten und unbemannten Weltraumvehikeln wie Raumschiffen, Weltraumstationen, Rovern und Sonden, die der Erforschung des

Universums jenseits des Erdorbits – beispielsweise von Mond, Mars und Asteroiden – dienen.

Wissenschaft umfasst die wissenschaftlichen Aktivitäten mit Bezug zu Weltraumflügen oder der Erforschung von Weltraumphänomenen sowie anderer Himmelskörper. Beispiele sind die Forschung im Bereich der Astrophysik oder Lebenswissenschaften mit Weltraumbezug.

Weltraumtechnologien umfassen spezifische Raumfahrtssystemtechnologien, die bei verschiedenen Raumfahrtmissionen eingesetzt werden. Beispiele sind nukleare Weltraumsysteme für Energie und Antrieb sowie solarelektrische Antriebe.

Generische Technologien mit dem Potenzial für Einsatz und Anwendung im Weltraum umfassen Technologien, deren potenzielles Einsatzgebiet ursprünglich nicht der Weltraum war, die aber zu neuen Weltraumprodukten oder -anwendungen führen können, wie künstliche Intelligenz oder Software zur Datenanalyse.

Darüber hinaus ist zukünftig mit der Entwicklung weiterer Raumfahrtaktivitäten zu rechnen, die den genannten Bereichen noch nicht explizit zugeordnet sind. Hierzu gehören auf mittlere Sicht Technologien zur Kollisionsvermeidung im Weltraum und auf lange Sicht Technologien im Weltraumbergbau und zur Herstellung von Gegenständen im Weltraum, dem so genannten In-Orbit-Manufacturing.³⁴⁸

Während manche Bereiche eindeutig entweder dem Up- oder dem Downstream zuzuordnen sind, beispielsweise der Bereich Transport in den Weltraum dem Upstream, umfassen die meisten Bereiche sowohl Elemente des Upstream als auch des Downstream. So gehört in der Satellitenkommunikation die Entwicklung und Herstellung der Satelliten zum Upstream, während dessen Verwendung – z.B. für Satellitentelefonie oder satellitenbasiertes Internet – zum Downstream zählt.

Satellitenbasierte Navigation wurde anfangs nur militärisch betrieben und für die Positionsbestimmung von Kriegsschiffen verwendet. Erst Ende der 1960er Jahre konnten Navigationsatelliten auch kommerziell im Downstream verwendet werden.³⁴⁹ Heutzutage können die Menschen weltweit Navigationsdienstleistungen sowie Positionsbestimmungs- und Zeitmessungssysteme mittels GPS oder Galileo zur Orientierung nutzen. Die Transformation im Verkehrssystem, insbesondere durch autonomes Fahren und eine nachhaltige Logistik, sowie ein wachsender Bedarf an standortbezogenen Diensten und Innovationen in der Präzisionslandwirtschaft lassen Nachfragesteigerungen in diesem Bereich erwarten.³⁵⁰

In den 1950er Jahren waren die Entwicklungen im Bereich Erdbeobachtung noch hauptsächlich wissenschaftsgetrieben. Außerdem wurden Erdbeobachtungsdaten bereits in den 1960er Jahren für Wettervorhersagen und Kartografie genutzt.³⁵¹ Mittlerweile ermöglicht die große Menge solcher Daten³⁵² ein breites Spektrum an Anwendungen im Downstream – z. B., um globale Veränderungen durch den Klimawandel schnell und flächendeckend zu verfolgen. Behörden können durch Satellitendaten Raumplanungen verbessern, illegale Aktivitäten aufspüren sowie Katastrophen und Krisen bewältigen. Zu den privatwirtschaftlichen Akteuren gehören u. a. die Landwirtschaft, die so Reifegrade oder Bewässerungsbedarfe von Pflanzen bestimmen kann, sowie verschiedene Industriezweige, die Logistik-Ketten nachverfolgen und sich über Aktivitäten von Wettbewerbern informieren können.³⁵³ Der Bereich Erdbeobachtung machte 2016 mit 1,65 Prozent³⁵⁴ noch einen sehr kleinen Teil des weltweiten Umsatzes im Downstream aus, gewinnt jedoch seitdem zunehmend an Bedeutung. Vor allem treibt der in der Regel freie Zugang zu wissenschaftlichen Erdbeobachtungsdaten die Entwicklung von neuen Geschäftsmodellen im Downstream an.³⁵⁵

Die Nachfrage nach Kommunikations-, Navigations- und Erdbeobachtungsdienstleistungen im Downstream dürfte weiter steigen. Insbesondere sind die Nutzungspotenziale im öffentlichen Sektor kaum erkannt und ausgeschöpft.³⁵⁶ Auch für ein leistungsfähiges Internet der Dinge oder ein flächendeckendes autonomes Fahren ist eine funktionierende Satelliteninfrastruktur von hoher Bedeutung.

Im Upstream haben lange Zeit etablierte Großunternehmen die spezifischen technischen Anforderungen der Raumfahrtagenturen umgesetzt. In den 2000er Jahren haben junge private Unternehmen begonnen, die Kosten der Herstellung von Trägerraketen – allen voran SpaceX – und Nutzlasten durch den Einsatz von standardisierten Bauteilen,³⁵⁷ Miniaturisierung, Serienfertigung und wiederverwendbaren Teilen stark zu senken.³⁵⁸ Durch die Miniaturisierung von Nutzlasten³⁵⁹ wurde die Entwicklung von Microlaunchern³⁶⁰ angestoßen, die diese Nutzlasten zur gewünschten Zeit direkt in den Zielorbit bringen können.³⁶¹ Kostendegression und Gewichtsreduktion fördern im Upstream den Wettbewerb zwischen jungen und etablierten Unternehmen.³⁶² Unterdes ermöglichen die Innovationen im Upstream Geschäftsmodelle in beiden Segmenten. Ein Beispiel für ein Upstream-Geschäftsmodell ist der Weltraumtourismus, der auch in naher Zukunft nur einer kleinen Gruppe von sehr vermögenden Privatpersonen vorbehalten sein wird.³⁶³ Weitere kommerzielle Potenziale liegen im Abbau von Ressourcen auf Asteroiden oder Planeten. Damit verbunden sind Visionen, andere Planeten zu bevölkern, was jedoch auf absehbare Zeit aufgrund exorbitanter Kosten und ungelöster technischer Probleme von untergeordneter Relevanz sein dürfte.

Manche potenzielle Nutzungen der Raumfahrt lassen sich als öffentliche Güter nicht ohne staatliche Nachfrage kommerzialisieren. Dazu gehören der Schutz der Erde vor Meteoriten- und Asteroideneinschlägen,³⁶⁴ die Beseitigung von Weltraumschrott und ein Verkehrsmanagement im Weltraum zur Kollisionsvermeidung.³⁶⁵ Hier eröffnen sich Chancen für Unternehmen, technologische Lösungen für diese Probleme zu entwickeln und zu vermarkten.

Die Vielfalt der Nutzungspotenziale der Raumfahrt zeigt deren Querschnittscharakter. Die dort entwickelten Technologien werden weit über die Raumfahrtwirtschaft hinaus angewendet. Hierzu gehören u. a. Innovationen im Bereich Robotik und Sensorik. Entsprechend zielt die Initiative INNOspace der deutschen Raumfahrtagentur darauf ab, den Transfer zwischen der Raumfahrtindustrie und der Nicht-Raumfahrtindustrie zu stärken.³⁶⁶

B 3-2 Besonderheiten von Raumfahrtmärkten

Marktstrukturen in Teilen des Upstreams hoch konzentriert

Die Entwicklung großer Trägerraketen im Upstream ist mit hohem Investitionsbedarf und langen Forschungs- und Entwicklungszeiträumen verbunden. Große Unternehmen haben hier per se einen Wettbewerbsvorteil gegenüber KMU und Start-ups, da sie eine größere Bandbreite an Komponenten herstellen und Synergien nutzen können.

Innovationen im Upstream und im Downstream verstärken sich gegenseitig. So erleichtern Kostensenkungen im Upstream³⁶⁷ den Aufbau und kostengünstigen Betrieb von Weltrauminfrastrukturen, was wiederum zusätzliche profitable Geschäftsmodelle im Downstream eröffnet. Die dadurch steigende Nachfrage nach Satelliten, Trägerraketen und Bodenstationen im Upstream führt zu weiteren Produktionsvorteilen durch Skaleneffekte.³⁶⁸ Um diese positiven Verstärkungseffekte zwischen Upstream und Downstream anzustoßen, bedarf es ggf. initial staatlicher Aufträge.

In Teilen des Upstream können monopolistische oder zumindest hoch konzentrierte Marktstrukturen entstehen, die sich negativ auf den nachgelagerten Downstream auswirken. Neben hohen Fixkosten wird die Anzahl der Anbieter durch eine begrenzte Nutzbarkeit des relevanten niedrigen Erdorbits sowie eine Begrenzung verfügbarer Funkfrequenzen eingeschränkt.³⁶⁹

Satellitensysteme als kritische Infrastruktur von strategischer Bedeutung

Nicht nur privatwirtschaftliche Aktivitäten im Downstream sind auf eine funktionierende Weltrauminfrastruktur angewiesen. Eine zunehmende Zahl staatlicher Aufgaben benötigt sie ebenso.³⁷⁰ Satellitengestützte Systeme sind dort erforderlich, wo Qualität, Anwendbarkeit und Verfügbarkeit erdgebundener Alternativen ihre Grenzen haben. So sind Funk und kabelgebundene Datenübertragung als Alternativen zu satellitengestützter Kommunikation derzeit noch üblich.³⁷¹ Dagegen sind Substitute zur satellitengestützten Navigation zwar verfügbar und werden in der Luftfahrt genutzt, allerdings eignen sie sich nicht für private Navigationsanwen-

dungen. Für den Bereich der Erdbeobachtung gibt es keine erdgebundenen Alternativen.

Weil eine Vielzahl privater und öffentlicher Akteure von einer funktionierenden Weltrauminfrastruktur abhängt, ist die Raumfahrt von strategischer Bedeutung. Dies begründet Rufe nach einem Mindestmaß an technologischer Souveränität auf nationaler oder zumindest europäischer Ebene. In der Critical-Entities-Resilience-Richtlinie der EU wurde die Raumfahrt als kritische Infrastruktur identifiziert. Die damit einhergehenden Sicherheitspflichten werden im Rahmen des KRITIS-Dachgesetzes in Deutschland voraussichtlich 2023 in Kraft treten.³⁷²

Weltraumbezogene Dienstleistungen wie z. B. Satellitentransporte werden nicht von allen Ländern vorgehalten, sind aber auf dem internationalen Markt verfügbar. Jüngste Entwicklungen, z. B. der Wegfall russischer Weltraumtransportdienstleistungen durch den Ukrainekrieg sowie die durch Verzögerungen bei der Ariane 6 verschärfte Abhängigkeit von SpaceX, verdeutlichen jedoch, wie fragil der Zugang zu Transportmöglichkeiten für Nutzlasten ist. Abhängigkeiten dieser Art können mit einem Verlust an technologischer Souveränität einhergehen. Der Wunsch, die Unabhängigkeit durch eine eigene Weltrauminfrastruktur zu sichern, muss jedoch gegen die hohen Kosten der Raumfahrt und die Effizienzverluste durch den Aufbau paralleler nationaler Infrastrukturen abgewogen werden. Dies führt häufig zu Lösungen auf europäischer Ebene, wie Galileo, Copernicus und andere Programme zeigen.³⁷³

Zivil-militärische Nutzung der Raumfahrt mit Potenzial

Raumfahrttechnologien können – wie auch viele andere sogenannte Dual-Use-Technologien – sowohl für zivile als auch für militärische Zwecke eingesetzt werden.³⁷⁴ Dies hat ambivalente Folgen für die Kommerzialisierung. Eine mögliche militärische Nutzung erhöht die staatliche Nachfrage nach Raumfahrtprodukten und -dienstleistungen und steigert damit das Kommerzialisierungspotenzial. Ebenso eröffnen sich Potenziale für Synergieeffekte wie die gemeinsame zivil-militärische Verwendung von Weltrauminfrastrukturen. Dadurch können Projekte rentabel werden, die sich bei ausschließlich ziviler Nutzung nicht rechnen. Aufgrund der möglichen militärischen Nutzbarkeit besteht häufig

ein Interesse daran, Produktionskapazitäten entweder im eigenen Land oder zumindest in Kooperation mit Partnerstaaten vorzuhalten bzw. auszubauen. Eine militärische Nutzbarkeit bedeutet aber auch, dass ein Verkauf in andere Staaten aufgrund von Exportregelungen nur eingeschränkt oder – vor dem Hintergrund zunehmender geopolitischer Spannungen – nur unter hoher Unsicherheit möglich ist. Die Unsicherheit der internationalen Vermarktungsmöglichkeiten von Raumfahrtprodukten beschränkt deren Kommerzialisierungspotenzial.

Vor dem Hintergrund dieser Spannungen rücken verstärkt auch die physische Sicherheit und die Cybersicherheit von Weltrauminfrastrukturen in den Blick.³⁷⁵ Da Kommunikations- und Navigationsfähigkeiten stark von Satelliten abhängen, könnten diese als kritische Infrastruktur vermehrt potenziellen militärischen Angriffen ausgesetzt sein.³⁷⁶ Private Raumfahrtaktivitäten könnten sich dadurch einem gesteigerten unternehmerischen Risiko ausgesetzt sehen.

B 3-3 Patentaktivitäten in der Raumfahrt

Im Folgenden werden Patentaktivitäten in der Raumfahrt global und ländervergleichend betrachtet, um die Position Deutschlands im internationalen Wettbewerb abzubilden. Patentanmeldungen sind ein wichtiger Indikator für die Innovationskraft eines Wirtschaftszweiges und der beteiligten Nationen. Die Basis dafür ist eine von der Expertenkommission durchgeführte Untersuchung zu transnationalen Patentanmeldungen³⁷⁷ in der Raumfahrt für den Zeitraum von 1980 bis 2018.

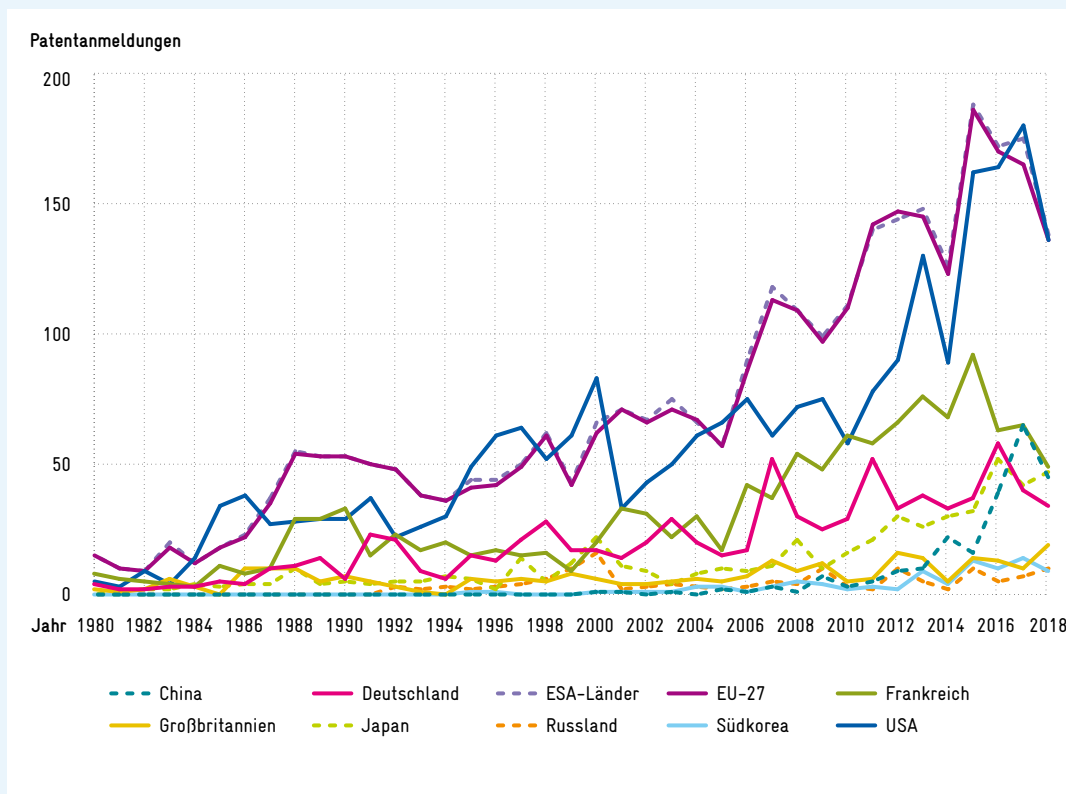
Patentaktivitäten weltweit steigend

Weltweit ist die Anzahl transnationaler Patentanmeldungen in den Raumfahrttechnologien seit 1980 deutlich angestiegen (vgl. Abbildung B 3-3). Über den gesamten Zeitraum von 1980 bis 2018 hinweg liegen die USA zumeist vor Frankreich und Deutschland. In den 2000er Jahren gelang es Japan und China aufzuholen. In den USA ist insbesondere seit

Abb. B 3-3 Anzahl transnationaler Raumfahrtpatentanmeldungen ausgewählter Länder und Regionen 1980-2018



[Download der Abbildung und Daten](#)



Quelle: PATSTAT. Eigene Berechnungen.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2023.

2001 ein deutlicher Zuwachs der Patentanmeldungen zu beobachten. Länder wie Frankreich, Japan und in geringerem Ausmaß Deutschland verzeichnen seit 2005 ebenfalls einen starken Anstieg der Patentanmeldungen. Werden die Patentanmeldungen der ESA-Mitgliedstaaten bzw. der EU-27 mitsamt Großbritannien³⁷⁸ aufsummiert, zeigt sich, dass die europäischen Patentaktivitäten in den meisten Jahren seit 1980 auf einem höheren Niveau liegen als die der USA.

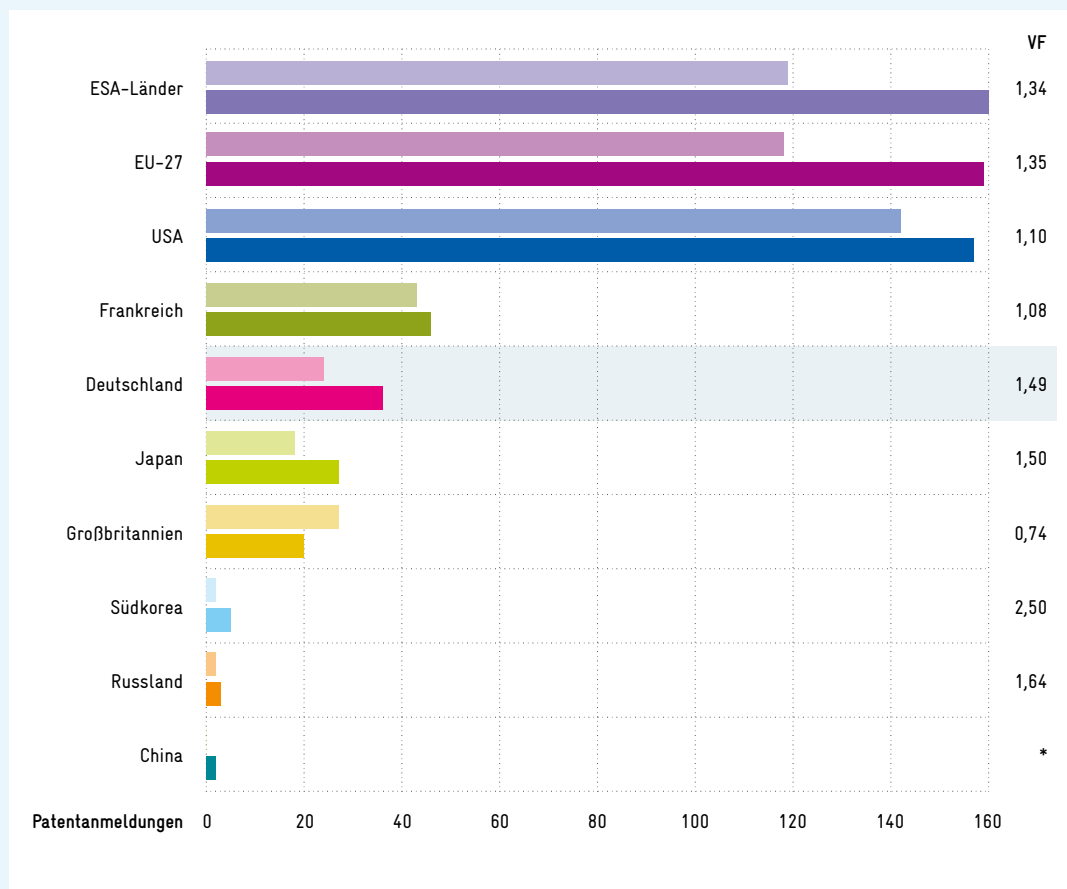
Eine Unterscheidung in Upstream und Downstream zeigt, dass es über den gesamten Zeitraum weltweit mehr transnationale Patentanmeldungen im Upstream gibt.³⁷⁹ Darüber hinaus waren bei den Upstream-Technologien bereits ab 2010 deutliche Zuwachsraten in der globalen Patentaktivität zu

beobachten, bei den Downstream-Technologien erst ab 2014. Grund für diese zeitliche Lücke ist, dass Entwicklungen im Downstream erst nach einer erfolgreichen Entwicklung im Upstream entstehen können.

Deutsche Raumfahrtpatente qualitativ hochwertig

Anhand der Analyse hochzitatierter transnationaler Patentanmeldungen im Bereich der Raumfahrt mit mindestens zehn Zitationen³⁸⁰ als Qualitätsmerkmal zeigt sich, dass Europa im Zeitraum von 2000 bis 2018 zu den USA aufschließen konnte (vgl. Abbildung B3-4). Im Ländervergleich führen die USA mit deutlichem Abstand. Deutschland liegt nur knapp hinter Frankreich an dritter Position. Im Zeitraum

Abb. B3-4 Anzahl hochzitatierter transnationaler Raumfahrtpatentanmeldungen ausgewählter Länder und Regionen 1980-1999 und 2000-2018



[Download der Abbildung und Daten](#)

* wird verwendet, wenn aufgrund fehlender Datenbasis kein Veränderungsfaktor (VF) berechnet werden kann. Der hellere Farbton zeigt die Anzahl der Patentanmeldungen der Jahre 1980-1999, der dunklere Farbton die der Jahre 2000-2018. Lesebeispiel: Die USA hatten im Zeitraum 1980-1999 insgesamt 142 und im Zeitraum 2000-2018 insgesamt 157 hochzitierte transnationale Patentanmeldungen im Bereich der Raumfahrt. Dies entspricht einem Veränderungsfaktor von 1,10. Quelle: PATSTAT. Eigene Berechnungen. © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2023.

von 2000 bis 2018 ist die Anzahl hochzitiertester transnationaler Patentanmeldungen im Bereich der Raumfahrt aus Deutschland im Vergleich zum Zeitraum von 1980 bis 1999 um den Faktor 1,49 gestiegen. Somit weist Deutschland unter den drei führenden Anmeldeländern den höchsten Veränderungsfaktor (VF) auf. Südkorea und Russland haben zwar größere Veränderungsfaktoren, bewegen sich jedoch absolut gesehen auf einem niedrigeren Niveau. Diese Zahlen lassen auf eine starke Innovationskraft Deutschlands in den Raumfahrttechnologien schließen.

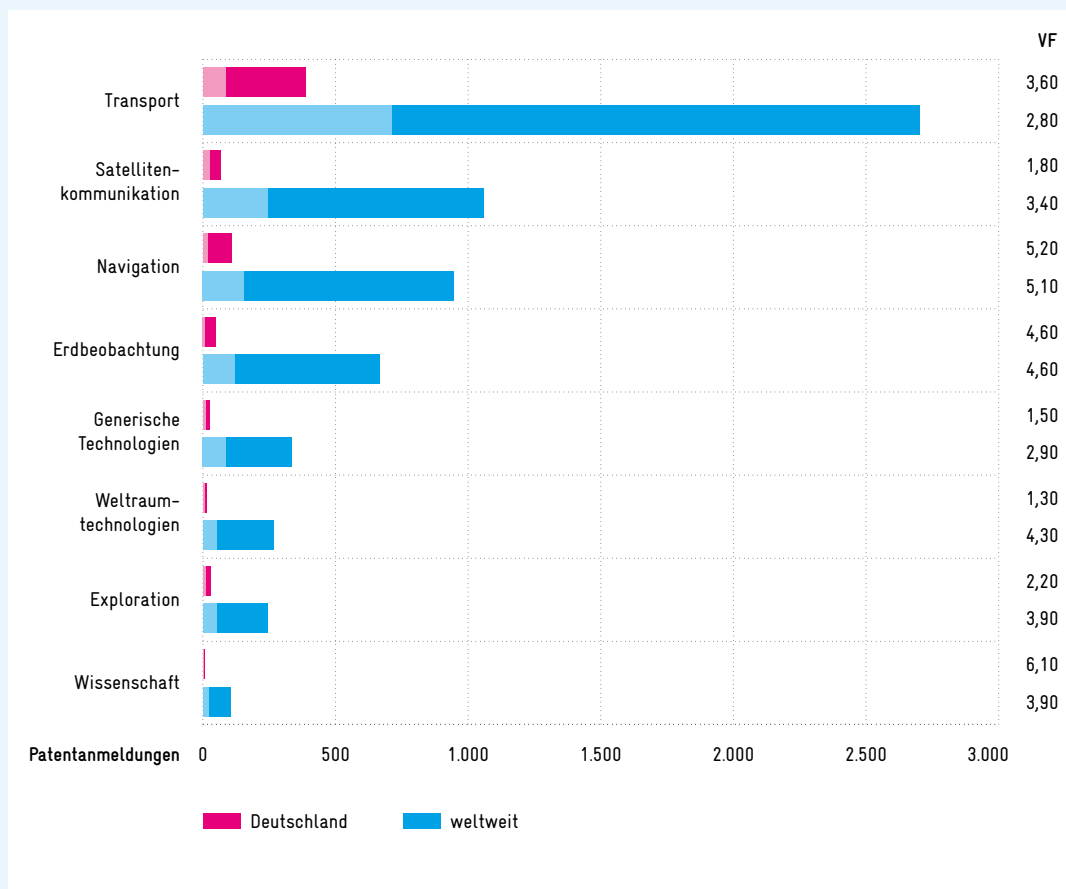
Deutschland auf Transport und Navigation spezialisiert

Eine Analyse der transnationalen Patentanmeldungen nach den von der OECD definierten Bereichen

(vgl. Box B 3-2) zeigt, dass die meisten Patentanmeldungen im Zeitraum von 1980 bis 1999 weltweit und in Deutschland auf den Weltraumtransport, die Satellitenkommunikation, die Navigation und die Erdbeobachtung entfallen (vgl. Abbildung B 3-5). Die dynamischste Entwicklung, gemessen an den Veränderungsfaktoren, zeigt sich weltweit und in Deutschland in den Bereichen Navigation und Erdbeobachtung.

Die normierten relativen Patentanteile (RPA) geben den Grad der Spezialisierung der Länder innerhalb der Raumfahrttechnologien wieder. In Abbildung B 3-6 wird die Entwicklung in den vier Bereichen mit der höchsten Zahl weltweiter Patentanmeldungen betrachtet. Im Zeitraum von 1980 bis 1999 weist Deutschland in diesen Bereichen einen

Abb. B 3-5 Anzahl transnationaler Raumfahrtpatentanmeldungen nach Bereichen der OECD weltweit und in Deutschland 1980–1999 und 2000–2018



[Download der Abbildung und Daten](#)

Der hellere Farbton zeigt die Anzahl der Patentanmeldungen der Jahre 1980–1999, der dunklere Farbton die der Jahre 2000–2018. Lesebeispiel: Im Bereich Transport wurden weltweit im Zeitraum 1980–1999 knapp 710 transnationale Patente angemeldet, während es für den Zeitraum 2000–2018 insgesamt 1.992 Anmeldungen waren. Der Veränderungsfaktor (VF) zeigt, dass die Anzahl der Patente im Transport weltweit um den Faktor 2,80 gestiegen ist.

Quelle: PATSTAT. Eigene Berechnungen.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2023.

unterdurchschnittlichen Spezialisierungsgrad auf. Im Zeitraum von 2010 bis 2018 hat sich Deutschland dann auf Transport und Navigation spezialisiert. Die in der Analyse betrachteten ESA-Länder – Deutschland, Frankreich, Großbritannien – decken mit ihren Spezialisierungen gemeinsam alle vier Bereiche ab, während die USA nur auf den Transport und die Satellitenkommunikation spezialisiert sind.

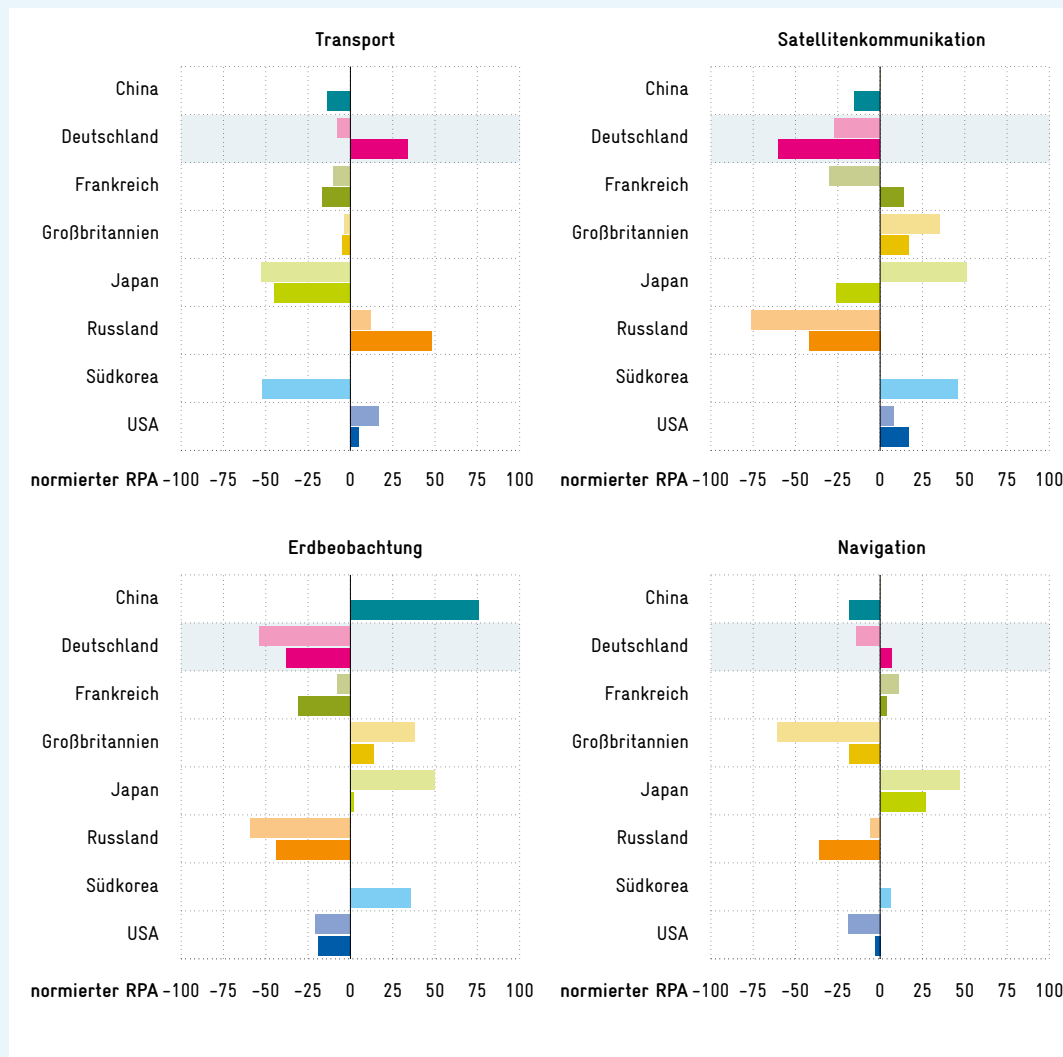
Großunternehmen und Raumfahrtagenturen bei Patentanmeldungen führend

Unter den Organisationen mit den meisten transnationalen Patentanmeldungen im Bereich der Raumfahrttechnologien führt Airbus mit 695 Patentanmeldungen mit deutlichem Abstand vor Thales und Boeing (vgl. Abbildung B3-7). Unter den 25 stärksten

Abb. B3-6 Normierte relative Patentanteile ausgewählter Länder nach Bereichen der OECD 1980–1999 und 2000–2018



[Download der Abbildung und Daten](#)



Normierte RPA der einzelnen Bereiche gemessen an allen Raumfahrtpatenten. Der hellere Farbton zeigt den normierten RPA für den Zeitraum 1980–1999, der dunklere Farbton den für den Zeitraum 2000–2018. Für China und Südkorea lässt sich im Zeitraum 1980–1999 kein RPA berechnen. Der (nicht-normierte) RPA für Technologiefeld j in Land i berechnet sich wie folgt: $RPA = (p_{ij} / \sum_j p_{ij}) / (\sum_i p_{ij} / \sum_i \sum_j p_{ij})$. Der normierte RPA berechnet sich aus dem (nicht-normierten) RPA wie folgt: Normierter RPA = $100 * \tanh \ln(RPA)$. Vgl. Sievers und Grimm, 2022.

Lesebeispiele: Die USA haben im Zeitraum 1980–1999 beim Transport einen normierten RPA von 17. Diesem liegt ein nicht-normierter RPA von 1,184 zugrunde. Dieser Wert gibt an, dass der Anteil der USA an allen Raumfahrtpatenten im Bereich Transport in diesem Zeitraum 118,4 Prozent des Anteils der USA an allen Raumfahrtpatenten beträgt – und damit überdurchschnittlich hoch ist. Deutschland hat im Zeitraum 2000–2018 bei der Erdbeobachtung einen normierten RPA von -38. Diesem liegt ein nicht-normierter RPA von 0,667 zugrunde. Dieser Wert gibt an, dass der Anteil Deutschlands an allen Raumfahrtpatenten im Bereich Erdbeobachtung in diesem Zeitraum 66,7 Prozent des Anteils Deutschlands an allen Raumfahrtpatenten beträgt – und damit unterdurchschnittlich hoch ist. Quelle: PATSTAT. Eigene Berechnungen.

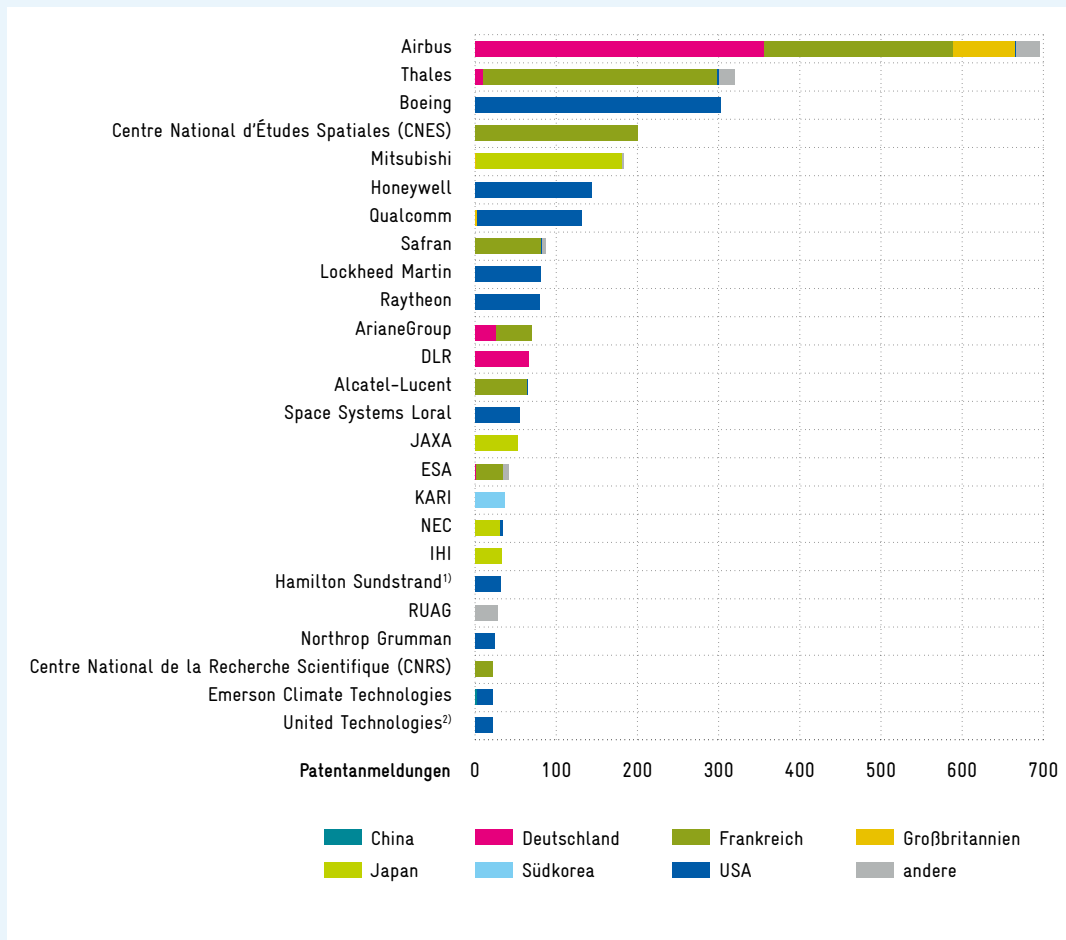
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2023.

Anmeldern finden sich neben den Großunternehmen, die meist nicht nur in der Raumfahrt, sondern auch in der Luftfahrt und Rüstung tätig sind, ein paar wenige Raumfahrtagenturen und Forschungseinrichtungen. Dazu zählt insbesondere die französische Raumfahrtagentur CNES auf Rang 4 und das DLR auf Rang 12.³⁸¹ Die 25 stärksten Anmelder machen einen Anteil von 50,7 Prozent an den gesamten transnationalen Patentanmeldungen von 2000 bis 2018 aus.

Betrachtet man die Patentanmeldungen mit deutscher Beteiligung, so finden sich unter den zehn stärksten Anmeldern hauptsächlich große Organi-

sationen, die ihre Hauptaktivität in der Luft- und Raumfahrt haben (vgl. Abbildung B3-8). Die Liste wird von Airbus angeführt, gefolgt vom DLR. Das DLR, die Fraunhofer-Gesellschaft und die Technische Universität Dresden sind dabei die einzigen Forschungseinrichtungen unter den Top-10-Anmeldern. Neben diesen Organisationen wird mit Henkel auch ein Unternehmen, das nicht direkt in der Raumfahrtindustrie tätig ist, geführt, und zwar auf Rang 7.³⁸² Die einzigen jungen deutschen Unternehmen,³⁸³ die im Zeitraum von 2000 bis 2018 transnationale Patente angemeldet haben, sind Exolaunch und Morpheus Space mit jeweils einer Patentanmeldung.

Abb. B3-7 Anzahl transnationaler Raumfahrtpatentanmeldungen der Top-Anmelder 2000–2018



[Download der Abbildung und Daten](#)

¹⁾ Hamilton Sundstrand wurde 2012 mit Goodrich Corporation zu UTC Aerospace Systems zusammengeführt.

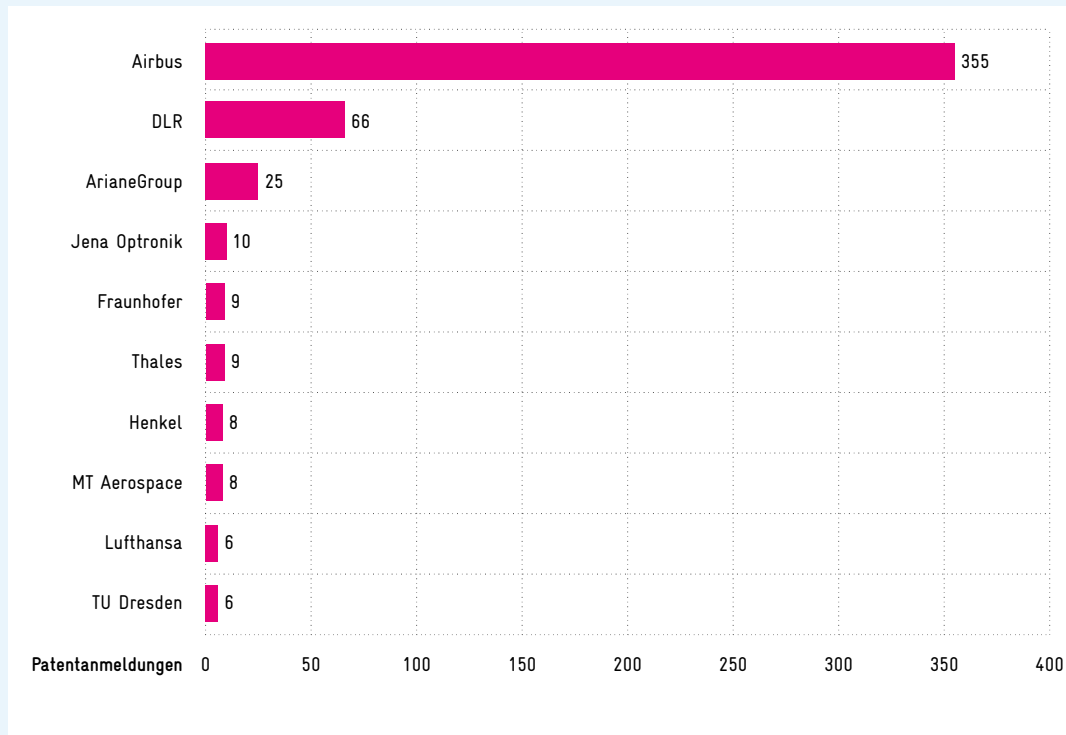
²⁾ United Technologies wurde 2020 mit Raytheon zusammengeführt.

Die Patentanmeldungen der Institutionen sind nach Beteiligung der ausgewählten Länder geordnet.

Quelle: PATSTAT. Eigene Berechnungen.

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2023.

Abb. B 3-8 Anzahl transnationaler Raumfahrtpatentanmeldungen deutscher Organisationen 2000-2018



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Für multinationale Unternehmen wie Airbus, ArianeGroup und Thales werden jeweils die Patentanmeldungen der deutschen Tochterunternehmen gezählt.
Quelle: PATSTAT. Eigene Berechnungen.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2023.

B 3-4 Rahmenbedingungen für die Raumfahrtwirtschaft in Deutschland

Neue Raumfahrtstrategie angestoßen

Die derzeit gültige Raumfahrtstrategie der Bundesregierung datiert aus dem Jahr 2010 und berücksichtigt daher viele aktuelle Entwicklungen, insbesondere die zunehmende Kommerzialisierung der Raumfahrt, nur unzureichend.³⁸⁴ Im Herbst 2022 startete die Raumfahrtkoordinatorin den Prozess zur Erarbeitung einer neuen Raumfahrtstrategie. Ein Impulspapier des BMWK zur neuen Raumfahrtstrategie vom Oktober 2022 legt sechs prioritäre Handlungsfelder fest.³⁸⁵ Die Kommerzialisierung der Raumfahrt steht im Impulspapier selbst und über alle dort benannten Handlungsfelder hinweg im Vordergrund. Im Gegensatz zur Raumfahrtstrategie von 2010 wird die Notwendigkeit eines deutschen Weltraumgesetzes jedoch nicht erwähnt. Da der Raumfahrtsektor stark von staatlichen Aufträgen lebt, erhöht der derzeitige noch bestehende

Mangel an Klarheit über die neue Raumfahrtstrategie insbesondere für KMU und Start-ups die ohnehin gegebenen Unsicherheiten über das Marktpotenzial ihrer Geschäftsmodelle.

Deutsches Weltraumgesetz noch nicht in Sicht

Der deutsche Staat trägt völkerrechtlich die Verantwortung für alle Raumfahrtaktivitäten auf deutschem Boden und von deutschen Akteuren, einschließlich der nicht-staatlichen Akteure. Diese Verantwortung schließt die Haftung für Schäden an Dritten ein. Ein nationales Weltraumgesetz, das zumindest Kernelemente wie eine Registrierungs- und Genehmigungspflicht sowie eine private (Mit-) Haftung regelt, fehlt jedoch bislang. Es existiert zwar ein nationales Register für Weltraumobjekte, aber es gibt ohne Gesetz keine Registrierungs- und Genehmigungspflicht. In dieser Hinsicht kommt Deutschland seinen völkerrechtlichen Verpflichtungen aus dem Weltraumvertrag von 1967 nur unzureichend nach. Ein einheitliches Weltraumgesetz auf EU-Ebene ist

nicht zu erwarten.³⁸⁶ Trotzdem gibt es Rufe nach Koordinierung auf europäischer und weitergehender internationaler Ebene, um einen Wettlauf um die schwächste Regulierung zu verhindern.³⁸⁷

Damit private Akteure die Risiken ihrer Raumfahrtprojekte angemessen berücksichtigen, sehen nationale Weltraumgesetze typischerweise eine (Mit-) Haftung gekoppelt mit einer Versicherungspflicht vor. Wird der Staat für einen Schaden durch einen privaten Akteur in Haftung genommen, kann der Staat den Verursacher bis zur Summe der Pflichtversicherung in Regress nehmen. Wird der Akteur zivilrechtlich für den Schaden haftbar gemacht, haftet er bis zur Summe der Pflichtversicherung, darüber hinaus haftet der Staat als Garant. Hohe Haftungsgrenzen können zu Versicherungskosten führen, die eine Markteintrittshürde beispielsweise für Kleinstsatellitenprojekte darstellen.³⁸⁸ International üblich sind Haftungsgrenzen um 60 Millionen Euro.³⁸⁹

Eine von der Expertenkommission in Auftrag gegebene Studie³⁹⁰ benennt weitere Elemente, die ein nationales Weltraumgesetz mindestens enthalten sollte, wie z. B. Regelungen zur Vermeidung und Beseitigung von Weltraumschrott. Außerdem wird für die Einrichtung einer mit hinreichendem Budget und Personal ausgestatteten Behörde plädiert, die für Genehmigungsverfahren sowie die Überwachung des Rechtsrahmens zuständig ist.

Das Satellitendatensicherheitsgesetz von 2007 regelt in Deutschland die private Erdfernerkundung und die Datenvermarktung. Das Gesetz sieht eine Genehmigungspflicht für die Generierung von sicherheitsrelevanten Daten mit hohem Informationsgehalt vor, wie etwa hochauflösendes Bildmaterial. Die technischen Schwellenwerte in der dazugehörigen Verordnung, ab denen eine Sensitivitätsprüfung von Erdbeobachtungsdaten erfolgen muss, sind jedoch nicht mehr zeitgemäß. So sind z. B. Daten, für die in Deutschland immer noch eine Genehmigungserfordernis besteht, am Markt frei verfügbar. Dies schwächt die Wettbewerbsposition deutscher Datenanbieter.³⁹¹

Öffentliche Förderung europäisch fokussiert

Die Förderung von Raumfahrtprojekten in Deutschland kann über den Bund, im Rahmen des Nationalen Programms für Weltraum und Innovation (NPWI), sowie über die EU und über die ESA erfolgen. Ein Querschnittsthema bei diesen Förderungen ist die

Kommerzialisierung der Raumfahrt, die zum einen durch Unterstützung von Start-ups und KMU und zum anderen durch Unterstützung des Technologietransfers vorangetrieben werden soll. Einige Beispiele für eine spezifische Förderung von jungen Unternehmen und KMU sind die ESA BICs und das eine Milliarde schwere CASSINI-Programm der EU sowie die INNOspace-Initiative und der Microlauncher-Wettbewerb der deutschen Raumfahrtagentur.³⁹²

Über das NPWI werden im Jahr 2023 Projekte und Aufträge im Umfang von 340 Millionen Euro in der deutschen Raumfahrt umgesetzt, wobei sich das NPWI derzeit noch an der Raumfahrtstrategie von 2010 orientiert. Eine Evaluation des NPWI für den Zeitraum von 2011 bis 2018 identifizierte einen Fokus auf Vorhaben im Upstream. Laut Evaluationsbericht wurden 44,7 Prozent der Programmmittel an Großunternehmen vergeben, während KMU lediglich 4,4 Prozent erhielten. 49,8 Prozent der Programmmittel flossen an Forschungseinrichtungen.³⁹³

Im Jahr 2022 betrug das deutsche Budget für die ESA 1.017,5 Millionen Euro. Frankreich war mit 1.178,2 Millionen Euro der stärkste Beitragszahler der ESA,³⁹⁴ obwohl Deutschland bei den vergangenen ESA-Ministerratskonferenzen höhere Beitragszahlungen in Aussicht gestellt hatte als Frankreich.³⁹⁵ Setzt man die Beiträge der Länder ins Verhältnis zum jeweiligen BIP, wird die hohe Bedeutung der Raumfahrt für Frankreich besonders sichtbar. So gaben Frankreich und Deutschland 0,043 Prozent bzw. 0,027 Prozent ihrer BIP im Jahr 2021 für die ESA aus.³⁹⁶

Über den geografischen Mittelrückfluss investiert die ESA im Rahmen von Industrieaufträgen in jedem Mitgliedstaat Beträge, die etwa dem nationalen Beitrag zum Budget der ESA entsprechen. Das Prinzip des geografischen Mittelrückflusses wird sowohl vonseiten der Politik als auch vonseiten der Industrie als notwendig angesehen, um insbesondere kleinen Mitgliedstaaten Anreize zu geben, sich an den Programmen der ESA zu beteiligen. Gleichzeitig haben Großunternehmen – insbesondere Thales und Airbus – Tochterunternehmen in verschiedenen Mitgliedstaaten und an unterschiedlichen Punkten der Wertschöpfungskette aufgebaut.³⁹⁷ Dadurch ist es möglich, dass ein Großteil der Aufträge der ESA unter Einhaltung des geografischen Mittelrückflusses an eben diese Großunternehmen vergeben wird. Die Großunternehmen vergeben wiederum Unteraufträge unter Berücksichtigung der ESA-Vergabe-

regeln – u. a. der Beteiligungsquote von KMU.³⁹⁸ Eine Kontrolle der Vergabeverfahren durch die ESA soll verhindern,³⁹⁹ dass Großunternehmen ihre eigenen Tochterunternehmen bei der Vergabe bevorzugen.

Das EU-Raumfahrtprogramm veranschlagt für den Zeitraum von 2021 bis 2027 ein Budget von 14,88 Milliarden Euro, an dem sich Deutschland gemäß seinem Anteil am EU-Haushalt indirekt mit rund einem Fünftel beteiligt.⁴⁰⁰ Es soll die europäische Weltrauminfrastruktur stärken, besonders in den Bereichen Erdbeobachtung, Satellitennavigation und Weltraumforschung.⁴⁰¹ Die Vergabe von Aufträgen bei der EU durch die EUSPA funktioniert nicht wie bei der ESA über einen geografischen Mittelrückfluss, sondern über wettbewerbliche Ausschreibungen.

Neben der begrenzten Beteiligung an den ESA- und EUSPA-Aufträgen wird die Entwicklung von Raumfahrt-Start-ups und KMU in Europa auch durch den mangelnden Zugang zu Wagniskapital erschwert. Dadurch steigen Anreize für Unternehmen, ihre Geschäftstätigkeiten zumindest teilweise in die USA zu verlegen – wie z. B. Morpheus Space.⁴⁰² Während Länder wie Frankreich und Luxemburg bereits staatliche Raumfahrt-Wagniskapitalfonds aufgesetzt haben, gibt es in Deutschland den DeepTech & Climate Fonds, der Unternehmen in der Wachstumsphase unterstützt. Dieser Fonds verfügt aber nicht über hinreichend hohe Mittel und die Expertise, um Deep-Tech Projekte in der Raumfahrt zu finanzieren.⁴⁰³

Staat als Ankerkunde von der Raumfahrtindustrie gefordert

Die Rufe der deutschen Raumfahrtindustrie nach Verträgen mit dem Staat als Ankerkunden nach US-amerikanischem Vorbild wurden in den letzten Jahren immer lauter (vgl. Box B 3-9).⁴⁰⁴ Die Industrie erhofft sich dadurch die nötigen finanziellen Mittel sowie eine gewisse Planungssicherheit für die Durchführung ihrer kommerziellen Projekte. Die Idee besteht darin, dass der Staat – anstatt öffentliche Zuwendungen an Unternehmen zu vergeben – Nachfrage erzeugt, indem er Raumfahrtprodukte und -dienstleistungen ordert, die von öffentlichem Nutzen sind. Solche staatlichen Ankerkundenaufträge können positive Signale an private Investoren senden, was insbesondere für junge Unternehmen von hoher Bedeutung ist.⁴⁰⁵ Andererseits besteht die Gefahr, dass Staaten dabei eine andauernde Bezuschussung von langfristig nicht marktfähigen Produkten erzeugen. Die NASA berücksichtigt dieses Problem in ihren Ankerkundenaufträgen bereits. So behält sie sich als staatliche Auftraggeberin die Möglichkeit vor, Verträge vorzeitig zu beenden, wenn vereinbarte Bedingungen bzw. Meilensteine vom Auftragnehmer nicht erfüllt werden (vgl. Box B 3-9). In Deutschland lässt sich das US-amerikanische Ankerkundenprinzip aufgrund von europäischen Ausschreibungsregeln allerdings nur bedingt replizieren.

Box B 3-9 Das US-amerikanische Ankerkundenprinzip⁴⁰⁶

Zur Unterstützung der Kommerzialisierung der Raumfahrt haben die USA das Ankerkundenprinzip als Beschaffungsinstrument für die NASA eingeführt. Als Ankerkunde beschafft die NASA bei Bedarf Produkte bei einem kommerziellen Unternehmen, sodass dieses Unternehmen rentabel wird.

Die Verträge haben eine maximale Laufzeit von zehn Jahren und beinhalten einen fixen Preis. Voraussetzungen für einen Vertrag mit der NASA als Ankerkunden sind, dass

- die (technischen) Anforderungen für die Mission erfüllt sind,

- das Produkt kosteneffizient ist,
- es für das Produkt einen potenziellen oder bestehenden Kundenstamm gibt,
- das Unternehmen nicht langfristig vom Staat als Kunden abhängig ist,
- das Produkt in einem Wettbewerbsverfahren beschafft wurde und
- privates Kapital eingesetzt ist.

Bei Nichterfüllung oder einer voraussichtlichen Nichterfüllung der vertraglichen Vereinbarung behält sich die NASA vor, den Vertrag zu kündigen. Beispiele für Unternehmen, die die NASA als Ankerkunden haben, sind Axiom Space und Collins Aerospace für die Entwicklung des Raumanzugs bei der geplanten Mond-Mission und SpaceX für den Crew-Transport zur ISS.

B 3-5 Handlungsempfehlungen

Im Zuge der Kommerzialisierung der Raumfahrt werden Produkte und Dienstleistungen aus der Raumfahrt zunehmend von privaten Unternehmen sowie Endkonsumentinnen und -konsumenten genutzt. Gleichwohl bleibt die öffentliche Nachfrage für die Raumfahrtindustrie auch in Zukunft wichtig – nicht zuletzt, weil die Raumfahrt eine hohe strategische Relevanz für den Staat hat und es technologische Souveränität zu bewahren gilt, insbesondere in den Bereichen Satellitenkommunikation, Navigation, Erdbeobachtung sowie Transport in den Weltraum. Hinsichtlich der Innovationstätigkeit in der Raumfahrt liegt Europa mit den USA gleichauf. Allerdings agieren die Unternehmen der Raumfahrtindustrie in Deutschland und Europa noch in einem Umfeld, das von ausgeprägten einzel- und überstaatlichen Interessen und einer komplexen Förderlandschaft bestimmt wird. In Deutschland sind die Unternehmen darüber hinaus mit Unsicherheit über den zukünftigen regulatorischen Rahmen konfrontiert. Außerdem kämpfen Start-ups und KMU in der Raumfahrtindustrie mit Finanzierungsschwierigkeiten, die bei technologisch anspruchsvollen Produkten mit langen Entwicklungszyklen besonders ausgeprägt sind. Aufgrund der zunehmenden Bedeutung der Raumfahrt für Staat, Wirtschaft und Gesellschaft empfiehlt die Expertenkommission folgende Maßnahmen:

Raumfahrtstrategie zügig auf den Weg bringen

- Vor dem Hintergrund der strategischen Relevanz und der international zunehmenden Bedeutung der Raumfahrt muss die Bundesregierung die Raumfahrtstrategie zügig verabschieden und umsetzen. Die Raumfahrtstrategie muss mit den Zielsetzungen der Zukunftsstrategie Forschung und Innovation eng abgestimmt werden.
- Die in der Raumfahrtstrategie zu berücksichtigenden aktuellen und zukünftigen Entwicklungsbereiche und Handlungsfelder betreffen verschiedene Ressorts. Daher muss die Bundesregierung geeignete Strukturen zur ressortübergreifenden Zusammenarbeit bei Umsetzung und Weiterentwicklung der Raumfahrtstrategie schaffen.
- Ebenso muss die Bundesregierung in ihrer Strategie Stellung beziehen, wie die Sicher-

heit kritischer Infrastrukturen im Weltraum erhöht werden kann.

Staatliche Nachfrage koordinieren und Zusammenarbeit ziviler und militärischer Akteure stärken

- Die Bundesregierung sollte die öffentliche Nachfrage nach innovativen Produkten und Diensten der Raumfahrtwirtschaft ressortübergreifend koordinieren. Dabei kann eine Einrichtung wie das Kompetenzzentrum innovative Beschaffung eine wichtige Rolle spielen.
- Die Zusammenarbeit von zivilen und militärischen Akteuren bei Bereitstellung und Betrieb von Weltrauminfrastruktur sollte intensiviert und Synergien durch gemeinsame Nutzung sollten geschaffen werden.
- Die Bundesregierung sollte in Erwägung ziehen, für klar spezifizierte, aber technologieoffene Aufträge mit Unternehmen der Raumfahrtwirtschaft und in Abstimmung mit den Raumfahrtagenturen Ankerkundenverträge abzuschließen. Einem Ankerkundenvertrag muss ein wettbewerbliches Verfahren vorgeschaltet sein und es müssen klare Kriterien festgelegt werden, wann eine Finanzierung fortgesetzt bzw. abgebrochen wird.

Rahmenbedingungen für private Akteure verbessern

- Deutschland sollte ein nationales Weltraumgesetz verabschieden, in dem die Genehmigung von und Aufsicht über Raumfahrtaktivitäten, die Registrierung von Weltraumobjekten sowie die Haftung bei Schäden geregelt sind.
- Die für die Umsetzung des Weltraumgesetzes nötige Infrastruktur sollte in die deutsche Raumfahrtagentur integriert werden. Diese wiederum sollte vom DLR entkoppelt und als eigenständiger Akteur aufgesetzt werden.
- Es sollte überprüft werden, wie die finanzielle und personelle Ausstattung des DeepTech & Climate Fonds aufgestockt werden kann, um Investitionen in Deep-Tech-Projekte in der Raumfahrt zu ermöglichen.

Raumfahrt europäisch denken

- Technologische Souveränität im Bereich der Raumfahrt ist europäisch zu denken, um sie mit möglichst geringen Effizienzverlusten zu erreichen.
- Die Bundesregierung sollte sich in der EU dafür einsetzen, dass die im europäischen Verbund genutzte kritische Weltrauminfrastruktur effektiv geschützt wird.
- Die Bundesregierung sollte auf eine klare und komplementäre Aufgabenteilung zwischen ESA und EUSPA hinwirken.
- Es sollte überprüft werden, ob das Prinzip des geografischen Mittelrückflusses der ESA zugunsten von Effizienzkriterien gelockert werden kann.
- Die Bundesregierung sollte darauf hinwirken, militärische Aufklärung im europäischen Verbund zu organisieren, und dabei Synergien zwischen ziviler und militärischer Nutzung ausschöpfen.
- Die Bundesregierung sollte sich zudem bei der EU für den freien Zugang zu im Weltraum generierten Daten stark machen, wie im Rahmen des Copernicus-Projekts bereits möglich.