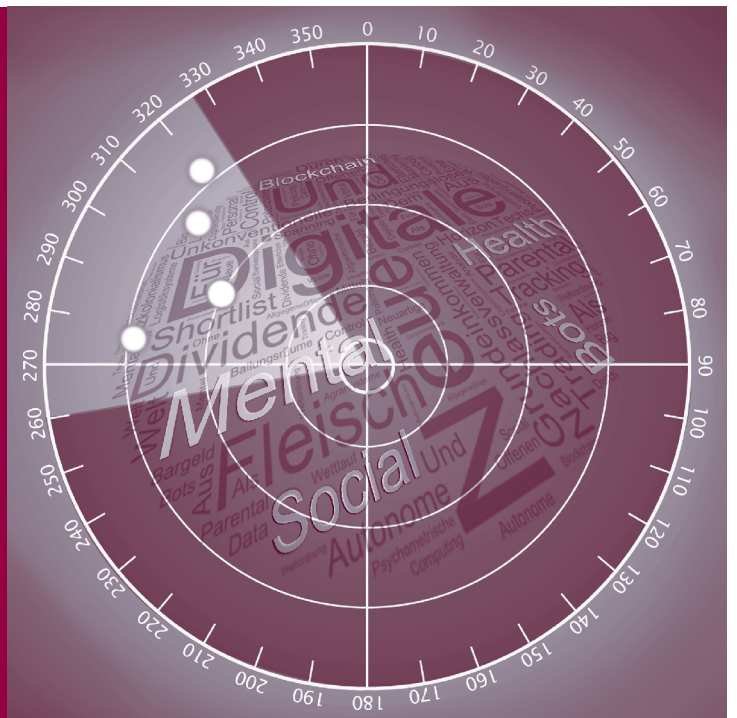




BÜRO FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG
BEIM DEUTSCHEN BUNDESTAG

Tobias Jetzke
Sebastian Weide

Wettlauf in eine neue Weltraumära



Wettlauf in eine neue Weltraumära

Kurzdarstellung des Themas

Die Aufmerksamkeit für bemannte und unbemannte Raumfahrt steigt seit Jahren merklich an. Getrieben von wissenschaftlichen, politischen und zunehmend auch wirtschaftlichen Interessen, lässt sich eine dynamische Entwicklung in der Raumfahrtbranche feststellen. Einzelne Visionäre haben dabei ihren Blick auf den Mars als eine Art zweite Erde gerichtet, dessen Erforschung und Besiedlung einen nächsten Schritt in der bemannten Raumfahrt darstellt. Andere Akteure suchen nach Mitteln und Wegen, die Ressourcen jenseits des Erdbits zugänglich zu machen, um die planetaren Grenzen weiter auszudehnen.

Realistischer erscheinen die Ziele der unbemannten Raumfahrt: Die Weiterentwicklung von Satelliten zur Erdbeobachtung, Wetter- und Klimafor- schung, Telekommunikation, Navigation, Spionage sowie Raumsonden zur Er- kundung des Weltalls und die zugehörigen Trägerraketen. Raumfahrttechnolo- gien sind seit langem wichtige Instrumente einer modernen Informations- und Industriegesellschaft.

Die USA und Russland sind längst nicht mehr die einzigen Nationen, die mit großen Sprüngen in Richtung Weltall streben. Neben der Europäischen Union treiben auch China, Japan und Indien die Entwicklung von Raketen, Sa- tellitensystemen und Raumsonden zur Erforschung des Sonnensystems und der Erde voran. Daneben hat sich in den vergangenen Jahren eine weitere Akteurs- gruppe etabliert: finanzstarke privatwirtschaftliche Akteure (z. B. SpaceX, Blue Origins und Google in den USA), die in der Lage sind die zukünftige Entwick- lungsdynamik der bemannten und unbemannten Raumfahrt zu prägen.

Kommerzielle Raumfahrt agiert auch in Deutschland als Treiber für Wirt- schaftswachstum (ca. 2,5 Mrd. Euro Umsatz in der Raumfahrtbranche im Jahr 2015; Ammon 2016b), Ressourcenunabhängigkeit und wissenschaftlichen Fort- schritt. Ein Wettlauf entsteht dabei einerseits zwischen Nationen und anderer- seits zwischen staatlichen und privatwirtschaftlichen Akteuren. Das Kurzprofil beleuchtet die Rolle Deutschlands im internationalen Kontext einer möglichen neuen Welträumära.

Hintergrund und Stand der Entwicklung

Der Beginn des ersten Wettlaufs ins All wurde hauptsächlich zwischen den USA und der damaligen Sowjetunion ausgetragen. Die Entwicklung der Raketen- technik während und nach dem Zweiten Weltkrieg ermöglichte erstmals größte-



re Lasten in Erdumlaufbahnen zu transportieren. Das Jahr 1957 markiert mit dem russischen Sputnik, dem ersten künstlichen Satelliten im Erdorbit, einen zentralen Meilenstein. Bis zur ersten, von insgesamt sechs, bemannten Mondlandung (Apollo 11 u. 12 sowie 14 bis 17) am 20. Juli 1969, lieferten sich die USA und die damalige Sowjetunion einen Zweikampf um die Vorherrschaft im All, maßgeblich vom damals herrschenden Kalten Krieg getrieben (Chaikin 2007). Parallel waren beide Nationen bestrebt, eine permanente Präsenz im Weltraum in Form einer Raumstation zu errichten. Das Skylab (1965–1979) der NASA (www.nasa.gov/) folgte auf die von Russland betriebene Raumstation Saljut 1 (1971) und stellte mit der Mir (1986–2001) einen wichtigen technologischen Meilenstein in der Entwicklung der International Space Station (ISS) dar (www.russianspaceweb.com/mir.html [24.3.2017]). Das Ende des Kalten Krieges markierte auch die Intensivierung kooperativer Bemühungen zwischen den USA und Russland.

Durch das Space-Shuttle-Programm der NASA (1972–2011, 135 Missionen), die Entwicklung von wiederverwendbaren Raumfähren, wurde der regelmäßige Besuch des Erdorbits möglich. Der Betrieb der Raumstation Mir und die Konstruktion der ISS wären ohne das Programm nicht realisierbar gewesen. Auch die Instandhaltung von Satelliten und Weltraumteleskopen zählt zu den Erfolgen der Shuttleära. Zwei katastrophale Rückschläge – die Explosionen der Raumfähren Challenger (1986) und Columbia (2003) – sowie vergleichsweise hohe Kosten für den dauerhaften Betrieb kennzeichneten das Programm. Schließlich führten sowohl budgetäre als auch sicherheitstechnische und strategische Gründe zu einer Einstellung des Space-Shuttle-Programms im Jahr 2011.

Seit 2011 verfügt die NASA nicht mehr über die Kapazität, Astronauten ins Weltall zu befördern, sondern ist auf die Kooperation mit der russischen Raumfahrtbehörde Roscosmos und deren Soyuz-Programm angewiesen, um insbesondere die seit 1998 im Erdorbit konstruierte Internationale Raumstation (ISS) zu betreiben (Foust 2016). Neben Russland beteiligen sich noch Japan (JAXA), Kanada (CSA) und die Europäische Union (ESA) am Betrieb der Raumstation. Durchschnittlich sechs Astronauten bzw. Kosmonauten leben und arbeiten permanent auf der ISS. Die European Space Agency (ESA) hat hier zuletzt mit dem deutschen Astronauten Dr. Alexander Gerst einen beachtenswerten Beitrag geleistet. Alexander Gerst hat zwischen Mai 2014 und November 2014 auf der ISS geforscht (Blue Dot Mission; No. 40/41; Dauer: 166 Tage; ESA 2014) und ist dafür vorgesehen, das Kommando der Raumstation bei seinem nächsten Aufenthalt Ende 2018 zu übernehmen (ESA 2016a).

Dieser kurze historische Abriss deutet bereits an, dass vielseitige Perspektiven, Interessen und Zielsetzungen existierten. Die folgenden Ausführungen skizzieren die *internationalen*, *europäischen* und *deutschen Perspektiven* auf die Raumfahrt.



Internationale Perspektive: Anders als die zivile Luftfahrt, ist die internationale Raumfahrt weniger durch einen ausgeprägten kommerziellen Markt gekennzeichnet, als vielmehr von staatlichen Raumfahrtstrategien und -zielen bestimmt. Diese sind teilweise aufeinander abgestimmt und verfolgen kooperative Ansätze, zum Teil existieren aber auch wettbewerbliche Strukturen zwischen nationalen Raumfahrtagenturen. Weltweit lässt sich ein Anstieg der staatlichen Investitionen in Raumfahrt allgemein und insbesondere in die zivile Raumfahrt beobachten. Rund ein Achtel (ca. 11 Mrd. US-Dollar) der insgesamt in 2014 investierten 81 Mrd. US-Dollar floss dabei in die bemannte Raumfahrt. Weltweit haben 2014 insgesamt 58 Länder jeweils 10 Mio. US-Dollar oder mehr in Raumfahrt investiert. Dies ist ein Anstieg um 20 Länder im Vergleich zum Jahr 2005 (Euroconsult 2017).

In den USA visiert die NASA Ziele jenseits des Erdorbits wie den Mond und den Mars für die bemannte Raumfahrt an, obwohl die Erforschung mit ferngesteuerten Raumsonden ebenfalls bedeutsame Erkenntnisse geliefert hat und deutlich kostengünstiger ist. Bereits in den 20er Jahren des 21. Jahrhunderts sollen Menschen wieder den Mond betreten, im Idealfall eine permanente Basis errichten und den Weg für eine Reise zum Mars ebnen (Lindinger 2017a, 2017b). Dazu erfolgt in großem Umfang die Förderung privatwirtschaftlicher Akteure, die zunehmend zu wichtigen Taktgebern des technologischen Fortschritts werden.

Russland strebt mit der 2015 neu gegründeten Behörde Roscosmos (<http://en.roscosmos.ru/>) den Aufbau einer permanenten Raumstation im Erdorbit nach dem Ende des ISS-Programms und eine Landung von Kosmonauten auf dem Mond bis 2030 an (ZEIT Online 2015). Obwohl Russland 2014 und 2015 mehr Raketenstarts durchgeführt hat als andere Länder, waren 15 davon Fehlschläge. Zudem trüben Korruptionsskandale, Budgetkürzungen, zum Teil veraltete Technik und die Abhängigkeit von Kasachstan – als einzigem Standort eines funktionsfähigen Weltraumbahnhofs – einen positiven Ausblick auf das russische Raumfahrtprogramm (Siddiqi 2017).

China verfolgt mit der China National Space Administration (www.cnsa.gov.cn/n6443408/n6465652/n6465653/c6768527/content.html [27.12.2016]) sowohl bemannte als auch unbemannte Raumfahrt und betreibt seit 2011 erste Raumstationen (Tiangong 1 u. 2), die mit der Raumfähre Shenzhou angesteuert werden. Bis 2030 sollen Taikonauten den Mond betreten. Bereits jetzt besitzt China mehr Satelliten im Weltall als Russland (Koren 2017).

Als vierte Nation strebt auch Indien die Beförderung von Astronauten ins Weltall an. Bereits 2014 konnte ein unbemannter Test der Raumfähre erfolgreich absolviert werden, jedoch verzögern politische Hürden das Vorhaben (Bagla 2016). 2016 erzielte Indien international beachtete Fortschritte und konnte beispielsweise 104 Satelliten mit einer einzigen Rakete ins Weltall befördern sowie



im ersten Versuch eine Raumsonde zum Mars schicken, deren Kosten nur rund ein Zehntel einer vergleichbaren NASA-Mission betragen (Greene 2017).

Auch Japan beteiligt sich mit der Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) an der internationalen Raumstation ISS und verfolgt darüber hinaus Ziele im Bereich der unbemannten Raumfahrt (<http://global.jaxa.jp/>).

Europäische Perspektive: Die europäischen Staaten kooperieren innerhalb der ESA bestehend aus 22 Mitgliedstaaten: Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Irland, Italien, Luxemburg, die Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, die Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und Ungarn (ESA 2017c) untereinander und mit anderen nationalen Raumfahrtagenturen. Das Budget für das Jahr 2017 beträgt 5,75 Mrd. Euro und wird anteilig durch die Mitgliedsstaaten entsprechend dem jeweiligen Bruttoinlandsprodukt gedeckt (ESA 2016b, 2017c). Die ESA soll dazu beitragen, die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft sowie die europäische Identität auf internationaler Ebene zu stärken, Märkte für Raumfahrtanwendungen zu entwickeln, den technologisch eigenständigen und unabhängigen Zugang zum Weltraum zu sichern und einen kohärenten, stabilen Regelungsrahmen zu errichten (EC 2013).

Der größte Erfolg der ESA dürfte das Ariane-Programm und der daraus resultierenden Serie von Trägerraketen sein, die schwere Nutzlasten in die Erdumlaufbahn befördern kann (Brändle 2017). Mit Ariane sicherten sich die europäischen Staaten die Unabhängigkeit von den USA und der ehemaligen Sowjetunion bei der Beförderung von Satelliten ins Weltall. Aus wirtschaftspolitischen Gründen setzt die ESA dabei auf das Prinzip des geografischen Mittelrückflusses (Geo-Return), d. h. sie investiert über Industrieaufträge in jedem Mitgliedstaat Beträge, die im Prinzip den Beitragsgeldern des jeweiligen Landes für Raumfahrtprogramme entsprechen (ESA 2017c). Somit fließt der Geldbetrag, mit dem sich beispielsweise Deutschland an der Entwicklung einer Rakete beteiligt, zu mindestens 90 % wieder an Firmen, die in Deutschland ansässig sind (ESA 2007; Knipfer 2015). Das System ist nicht unumstritten, weil unter Umständen wirtschaftlichere Angebote nicht berücksichtigt werden können. Eine Änderung des Systems zum Start der Entwicklung der Ariane-6-Rakete wurde aber unter anderem von Deutschland verhindert (Knipfer 2015). Auch wurden Überlegungen, Ariane 6 als wiederverwendbare Rakete zu konzipieren, zunächst verworfen. Gleichwohl ist dies für die ESA ein entscheidendes Ziel, um langfristig den kostengünstigen, unabhängigen Zugang zum All sicherzustellen. Mittelfristig setzt Europa auf Einwegraketen (ESA 2017b). Durch diese strategische Ausrichtung besteht die Gefahr, dass Entwicklungskosten und damit auch Startkosten im internationalen Vergleich nicht mehr konkurrenzfähig sind. Insbesondere die privatwirtschaftlichen Akteure in den USA und die aufstrebenden Raumfahrtnationen in Asien mischen den Markt auf.



Deutsche Perspektive: Deutschland spielt eine wichtige Rolle in der ESA und, durch die hier ansässige Luft- und Raumfahrtindustrie, auch als Innovations-treiber und Technologieentwickler. In der Schlüsseltechnologiebranche Raum-fahrt wurden in Deutschland 2015 ca. 2,5 Mrd. Euro umgesetzt und 8.500 Per-sonen beschäftigt (Ammon 2016b). Als Leitmotiv ist der Ausdruck »Für die Er-de ins All« handlungsleitend für die Bundesregierung (BMWVI 2017, S. 8). Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) setzt dieses im Auftrag der Bundesregierung um, übernimmt das Raumfahrtmanagement und unterhält auch eigene Forschungseinrichtungen (www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10002/). Zu den bedeutenden Erfolgen mit deutscher Beteiligung zählt, neben dem bereits erwähnten Aufenthalt von Alexander Gerst auf der ISS, die er-folgreiche Landung einer Sonde auf dem Kometen Tschurjumow-Gerassimen-ko im November 2014 (BMWVI 2017, S. 8). Mittelfristig strebt Deutschland zu-sammen mit den anderen europäischen Staaten die Einrichtung eines eigenen Satellitennavigationssystems an (Galileo; BMWVI 2017).

Die wichtigsten Anwendungsfelder für Raumfahrttechnologien in Deutsch-land sind Mobilität (Satellitennavigation), Telekommunikation und Sicherheits-technik sowie der Einsatz in Wissenschaft und Forschung (Ammon 2015). Die Branchenzusammensetzung der Raumfahrtindustrie hat sich in den letzten Jah-ren auch in Deutschland verändert. Neben etablierten Zulieferern und Herstel-lern verschiedenster Technologien, entwickeln zunehmend Start-ups innovative Lösungen für unterschiedliche Problemstellungen. Dies verdeutlichen folgende Beispiele:

1. Im März 2017 kamen Gründer, Investoren und politische Entscheidungsträger aus rund 25 Ländern bereits zum zweiten Mal im Rahmen des »Dis-rupt Space Summits« in Berlin zusammen (<http://disruptspace.io/summit2017/>; Hansen 2017).
2. Die deutsche Part-Time Scientists GmbH nimmt am Google-XPrize-Wettbe-werb teil. Ziel ist die Landung zweier Rover auf dem Mond. Dabei wird das Unternehmen unter anderem von Audi und Vodafone unterstützt (Seidler 2017).
3. Der von großem medialem Echo begleitete Start des Wettbewerbs »Die As-tronautin« (Heumer 2017; Schadwinkel 2017) verfolgt das Ziel, die erste deutsche Astronautin auszuwählen und zu trainieren, bevor sie einen Flug ins All absolviert und auf der ISS arbeitet.

Unabhängig von der Zielstellung einzelner Raumfahrtnationen, ist eine zentrale und gemeinsame Herausforderung der kostengünstige Transport von Nutzlas-ten (Personen und Fracht) in den Erdorbit. Der Transport von Nutzlasten er-möglicht nicht nur den weiteren Betrieb der ISS und die Einrichtung von satelli-tenbasierter Infrastruktur (Navigation, Telekommunikation, Erdbeobachtung),



sondern auch die kontinuierliche Erforschung des Sonnensystems. Um der Herausforderung einer Reduzierung von Startkosten zu begegnen, sind drei aktuelle Entwicklungen prägend:

1. Realisierung von Kostensenkungspotenzialen durch Wiederverwendbarkeit: Der wohl wichtigste zukünftige Meilenstein dürfte die erfolgreiche Nutzung wiederverwendbarer Raketenstufen sein. Durch die automatische Landung nach dem Start und die Aufbereitung zur mehrfachen Nutzung, können Kostensenkungspotenziale bei den Startkosten realisiert und die Anzahl möglicher Raketenstarts – und damit die transportierbaren Nutzlasten – erhöht werden. In den USA arbeiten die Unternehmen SpaceX und Blue Origins an derartigen Konzepten und konnten bereits mehrfach den Machbarkeitsnachweis einer automatisierten Landung erbringen (Stirn 2016). Der erneute Start und die anschließende Landung einer bereits zuvor genutzten Raketenstufe sind von SpaceX am 30. März 2017 erfolgreich durchgeführt worden (Buttler 2017).
2. Serienfertigung von Kleinsatelliten: Die Konstruktion, der Transport und die Wartung von Satelliten aller Art ist ein kostenintensives Unterfangen. Fortschritte in der Produktion ermöglichen seit kurzem erstmals die Serienfertigung von Kleinsatelliten. Damit können neue Potenziale in den Bereichen Telekommunikation und Erdbeobachtung erschlossen werden. Zugleich können mit einzelnen Raketenstarts mehr Satelliten transportiert werden. So plant das Joint Venture OneWeb beispielsweise 648 Telekommunikationssatelliten in den Erdorbit zu befördern, um den weltweiten Zugang zum Internet zu erleichtern (Calandrelli 2016). Konkurrent SpaceX beabsichtigt sogar 4.400 Satelliten zum selben Zweck einzusetzen (Brändle 2017). Das wären dann mehr Satelliten als derzeit überhaupt um die Erde kreisen (Mosher 2016). Die daraus resultierende Frage, wer eine derartige Infrastruktur eigentlich kontrolliert und wie sich der zunehmend gefüllte Erdorbit von den Gefahren des Weltraumschrotts befreien lässt, bietet ebenfalls Raum zur Diskussion. Hier zeigt sich ebenfalls der Wettlauf zwischen privatwirtschaftlichen Akteuren, der erst durch die Privatisierungstendenzen gefördert wurde.
3. Zunehmende Privatisierung bzw. Kommerzialisierung: Die Auslagerung von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten hin zu privatwirtschaftlichen Akteuren soll Kostensenkungen und Effizienzsteigerungen ermöglichen. So vergibt die NASA beispielsweise seit 2010 im Rahmen des Programms Commercial Crew Development (CCDev) Aufträge an Firmen, die Systeme und Dienstleistungen entwickeln sollen, mit der die NASA wieder in die Lage versetzt wird, Menschen in den Erdorbit und darüber hinaus sicher zu transportieren (Siceloff 2014). Derzeit arbeiten neben der NASA selbst (Raumfähre Orion MPCV [Garcia/Dunbar 2017] und die Trägerrakete



Space Launch System (SLS) [Mohon/Dunbar 2017]) auch die Unternehmen SpaceX und Boeing an Raumfähren (Dragon V2 und CST-100 Starliner), die für die Nutzung durch Astronauten eingesetzt werden können. Während Dragon V2 und Starliner zum Transport von Astronauten zur und von der ISS eingesetzt werden sollen, soll Orion bereits 2018 zum Mond fliegen und eventuell sogar darüber hinaus reisen (Foust 2016; Lindinger 2017a). Neben etablierten Unternehmen treten in den letzten 20 Jahren auch vermehrt Start-ups in den Wettbewerb. Diese werden auch als New-Space-Unternehmen bezeichnet. Seit dem Jahr 2000 wurden weltweit insgesamt rund 15 Mrd. US-Dollar in derartige Start-ups investiert (Weyrauch 2017).

Da die hier skizzierten Entwicklungen noch nicht umfassend etabliert sind, lassen sich neue, kostengünstige Transportmöglichkeiten ins Weltall bislang schwer realisieren. Dementsprechend wichtig sind etablierte Programme wie beispielsweise die europäische Ariane-Rakete, mit der bereits mehr als die Hälfte aller kommerziellen Satelliten in den Erdorbit transportiert wurde (ESA 2017a).

Zwischen den raumfahrenden Nationen, dort ansässigen politischen Institutionen und privatwirtschaftlichen Akteuren bestehen komplexe Wechselbeziehungen, die nicht länger nur auf einen bilateralen Wettstreit der zwei ehemals größten Weltraumnationen USA und Russland hindeuten. Auch wenn internationale Kooperationen – mit Ausnahme von China (Stofan 2017) – mittlerweile üblich und notwendig sind, behindern politische Vorfälle wie im Fall der USA und Russland immer wieder die dauerhafte Stabilisierung von Kooperationsbeziehungen (Kramer 2014). Im internationalen Vergleich sind widersprüchliche Entwicklungen zu beobachten: Einerseits nehmen nationale Anstrengungen, das Weltall zu erreichen, zu. Gründe hierfür sind unter anderem eine angestrebte Unabhängigkeit der technischen Infrastruktur und eine Erhöhung des politischen Einflusses gegenüber anderen Ländern. Ein Widerspruch zeigt sich jedoch durch die zunehmenden Privatisierungstendenzen andererseits. Privatwirtschaftliche Akteure bewegen sich auf globalen Märkten und können ihre Produkte und Dienstleistungen weltweit verkaufen und dabei auch mit gegensätzlich orientierten Raumfahrtagenturen kooperieren.

Gesellschaftliche und politische Relevanz

Öffentlichkeitswirksame Ereignisse, wie z. B. die Mission von Alexander Gerst (sein Blog hatte 200.000 Follower und rund 1 Mio. Aufrufe pro Woche; BMWI 2017, S. 8), der Wettbewerb »Die Astronautin« oder der deutsche Beitrag von der Part-Time Scientist GmbH zum Google-Xprize-Wettbewerb, vermögen die gesellschaftliche Wahrnehmung und damit auch die Akzeptanz und Unterstüt-



zung von Raumfahrt positiv zu beeinflussen. So könnte beispielsweise ein positiver Nebeneffekt des Wettbewerbs »Die Astronautin« sein, dass mehr Frauen dazu motiviert werden, MINT-Fächer zu studieren (BMW 2017, S. 15).

Während die bemannte Raumfahrt zwar beachtenswerte Leistungen hervorgebracht hat, besitzt insbesondere die unbemannte Raumfahrt besondere praktische gesellschaftliche und politische Relevanz. Viele moderne Technologien sind ohne Raumfahrt nicht denkbar, darunter: Kommunikationstechnologien, Navigationssysteme, Erdbeobachtungstechnologien (Klima, Wetter, Umweltkatastrophen), Satellitenfernsehen etc. Die Anforderungen moderner Gesellschaften an technische Infrastruktur – Verlässlichkeit, Verfügbarkeit und Sicherheit u. a. – können nur durch technische Innovationen bewältigt werden. So benutzen beispielsweise ca. 55 % aller Deutschen ein Smartphone mit einer Navigationsapplikation, deren Verwendung ohne die entsprechende Satelliteninfrastruktur nicht möglich ist (Bitkom/Deloitte 2015, S. 14). Weiterhin leisten Satelliten zur Erdbeobachtung wichtige Beiträge zur Frühwarnung vor Wetterkatastrophen und zum Verständnis des Klimawandels und seiner Folgen.

Neben technischen Innovationen hat die Raumfahrt in Deutschland auch wirtschaftliche Auswirkungen. Sie ist in Bundesländern wie Bremen, Bayern, Hessen und Sachsen ein wichtiger Arbeitgeber und Innovationsfaktor (Ammon 2016a). Airbus Defence and Space hat beispielsweise jüngst einen Auftrag über rund 200 Mio. Euro erhalten, um das Servicemodul für die neue Mondlandefähre Orion der NASA in Bremen zu konstruieren. Weiterhin ist der ebenfalls in Bremen ansässige Satellitenhersteller OHB ein wichtiger Partner für die Realisierung des europäischen Satellitennavigationssystems Galileo. Insgesamt sind allein in Bremen 12.000 Menschen im Bereich Luft- und Raumfahrtindustrie beschäftigt (Ammon 2016a, 26 ff.).

Ein zentrales Merkmal des neuen Weltraumwettlaufs ist das Auftreten von Start-ups (in den USA beispielsweise SpaceX und BlueOrigin). Derartige Geschäftsmodelle, die einen hohen Einsatz von Risikokapital erfordern, haben es in Deutschland nach wie vor schwer, insbesondere in einer derart von staatlichen Aufträgen abhängenden Branche wie der Raumfahrt. Die Aufrechterhaltung der wirtschaftlichen Konkurrenzfähigkeit gegenüber ausländischen Unternehmen durch geeignete strukturelle Maßnahmen (Förderprogramme, etc.) ist ein zentrales Ziel der deutschen und europäischen Raumfahrt (BDLI 2017). Einschätzungen einer vom Bundeswirtschaftsministerium in Auftrag gegebenen Studie zufolge, stellen die bislang fehlenden erforderlichen innovationsfördernden Strukturen in Deutschland eine Gefahr dar, dass die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Luft- und Raumfahrtunternehmen durch die zunehmenden Kommerzialisierungstendenzen in den USA negativ beeinflusst werden könnte (Horn et al. 2016).



Weitere politische Relevanz ergibt sich aus dem notwendigen Regulierungsbedarf im Hinblick auf den Zugang zu Ressourcen aus dem Weltall. Die gültige Rechtslage verbietet, dass einzelne Nationen oder nichtstaatliche Akteure Besitz von außerirdischen Territorien ergreifen. Unter dem wachsenden Einfluss privatwirtschaftlicher Akteure oder verstärkter nationaler Interessen kann sich diese Rechtslage verändern (Brogan 2017; UN 2002). Die USA und zuletzt auch Luxemburg haben bereits ihre nationale Gesetzeslage angepasst, um privatwirtschaftlichen Akteuren die Nutzung von Ressourcen zu ermöglichen (Scoles 2017). Auch hier besteht die Gefahr, dass Deutschland den Anschluss an Wettbewerbsvorteile verliert.

Eine Anpassung der Raumfahrtstrategie Deutschlands und der EU kann schließlich dazu dienen, bilaterale Abhängigkeiten, wie etwa von einzelnen Transportsystemen, Schlüsseltechnologieherstellern oder verfügbaren Raketenstartplätzen, zu reduzieren, um die Zielerreichung der ESA und ihrer Partner nicht zu gefährden. Die Notwendigkeit einer Reduzierung derartiger Abhängigkeiten ist erst jüngst wieder deutlich geworden, da gesellschaftliche Unruhen in Französisch-Guyana derzeit den einzigen europäischen Weltraumbahnhof Kourou lahmlegen und so bereits mehrere Raketenstarts ausfallen mussten (Schubert 2017). Die Einrichtung eines zusätzlichen Weltraumbahnhofs bzw. die Kooperation mit anderen raumfahrenden Nationen zur Nutzung vorhandener Weltraumbahnhöfe könnte helfen, dieses Risiko zu minimieren.

Mögliche vertiefte Bearbeitung des Themas

Aufgrund der Aktualität des Themas und der gesellschaftlichen und politischen Relevanz würde sich eine Innovationsanalyse grundsätzlich anbieten. Ziel wäre es, einen Überblick der deutschen Raumfahrtindustrie mit besonderem Fokus auf Start-ups zu erstellen sowie die wichtigsten technischen Innovationen und deren Anwendungsgebiete aufzuzeigen. Die technologischen Potenziale für unterschiedliche Sektoren sollten aufgezeigt und darauf aufbauend gesellschaftliche und politische Implikationen detailliert analysiert werden. Als Ausgangspunkt könnte die aktuelle Veröffentlichung von Horn et al. (2016) für das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie dienen. Auf dieser Basis könnten die folgenden zentralen (und offenen) Fragen identifiziert und beantwortet werden, z.B.

- > Wie entwickeln sich internationale Kooperationen vor dem Hintergrund zunehmender internationaler Konflikte und nationalistischer Tendenzen?
- > Welchen Wert hat die bemannte Raumfahrt insbesondere in Deutschland?
- > Welchen Risikofaktor stellt Weltraumschrott für die nationale Satelliteninfrastruktur im Erdorbit dar?



- › Welchen Einfluss haben die Ziele privatwirtschaftlicher Akteure auf staatliche Raumfahrtstrategien?
- › Welcher Regulierungsbedarf besteht bei der wachsenden Zahl finanzstarker privatwirtschaftlicher Akteure (z. B. mit Blick auf die Verteilung potenzieller Erträge)?

Zur ersten Vertiefung des Themas wäre es möglich, zunächst ein sondierendes Fachgespräch mit Experten der Raumfahrtbranche sowie mit Vertretern wichtiger Start-ups im Bundestag durchzuführen (im Format ähnlich wie das Fachgespräch im Januar 2017 zu Social Bots). Die inhaltliche Vorbereitung, die Ergebnisse des Fachgesprächs sowie konzeptionelle Überlegungen für weiterführende Untersuchungen würden dann in einer Kurzstudie aufbereitet.

Literatur

- Ammon, C. von (2015): Die deutsche Raumfahrtindustrie. Berlin
- Ammon, C. von (2016a): Die Luft- und Raumfahrtrepublik Deutschland. Land der Innovationen. Teil 1. Berlin
- Ammon, C. von (2016b): Wachstumsbranche Luft- und Raumfahrt. Berlin
- Bagla, P. (2016): Suit, Craft Ready, But India's Space Odyssey Gets A Go Slow Signal. 4.8., www.ndtv.com/india-news/suit-craft-ready-but-indias-space-odyssey-gets-a-go-slow-signal-1439992 (30.3.2017)
- BDLI (Bundesverband der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie e. V.) (2017): BDLI Positionspapier zur BDLI Positionspapier Bundestagswahl 2017. Berlin
- Bitkom (Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V.), Deloitte (2015): Zukunft der Consumer Electronics – 2015. Marktentwicklung, Schlüsselrends, Mediennutzung Konsumentenverhalten, Neue Technologien. Berlin
- BMVI (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur) (2017): GALILEO. Das globale Satellitennavigationssystem der Europäischen Union – das »europäische GPS«. www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Satellitennavigation/GALILEO/galileo.html (24.3.2017)
- BMWI (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) (2017): Bericht der Koordinatorin für die Deutsche Luft- und Raumfahrt. Berlin
- Brändle, S. (2017): Weltlauf im Weltall. In: Frankfurter Rundschau 28. 2.2., S. 13
- Brogan, J. (2017): Why Are India, Luxembourg, and Other Countries Getting Into the Space Race? 24.3., www.slate.com/articles/technology/future_tense/2017/03/why_are_india_luxembourg_and_other_countries_getting_into_space_exploration.html (24.3.2017)
- Buttler, M. (2017): SpaceX: Erste Recycling-Rakete ins All geschossen. 31.3., www.tageschau.de/ausland/space-x-recycling-101.html (31.3.2017)
- Calandrelli, E. (2016): OneWeb will mass-produce historic number of satellites with new Florida factory. <http://techcrunch.com/2016/04/19/oneweb-will-mass-produce-historic-number-of-satellites-with-new-florida-factory/> (20.4.2016)



- Chaikin, A. (2007): A man on the moon. The voyages of the Apollo astronauts. New York
- EC (European Commission) (2013): Entfaltung des Wachstumspotenzials im Raumfahrtsektor.
- ESA (2014): Blue Dot key dates and facts. 14.11., www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Blue_dot/Blue_Dot_key_dates_and_facts (23.3.2017)
- ESA (2016a): Alexander Gerst to be Space Station commander. 18.5., www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Astronauts/Alexander_Gerst_to_be_Space_Station_commander (23.3.2017)
- ESA (2016b): Funding. 18.1., [www.esa.int/About_Us/Welcome_to_ESA/Funding/\(print\)](http://www.esa.int/About_Us/Welcome_to_ESA/Funding/(print)) (23.3.2017)
- ESA (2017a): Ariane 5. 15.2., www.esa.int/Our_Activities/Launchers/Launch_vehicles/Ariane_5 (24.3.2017)
- ESA (2017b): Ariane 6. 23.1., [www.esa.int/Our_Activities/Launchers/Launch_vehicles/Ariane_6/\(print\)](http://www.esa.int/Our_Activities/Launchers/Launch_vehicles/Ariane_6/(print)) (24.3.2017)
- ESA (2017c): Die ESA: Fakten und Zahlen. www.esa.int/ger/ESA_in_your_country/Germany/Die_ESA_Fakten_und_Zahlen (17.3.2017).
- ESA (European Space Agency) (2007): Industrial policy and geographical distribution. 26.9., [www.esa.int/About_Us/Business_with_ESA/How_to_do/Industrial_policy_and_geographical_distribution/\(print\)](http://www.esa.int/About_Us/Business_with_ESA/How_to_do/Industrial_policy_and_geographical_distribution/(print)) (24.3.2017)
- Euroconsult (2017): Government Space Affairs. www.euroconsult-ec.com/government-space (24.3.2017)
- Foust, J. (2016): Commercial Spaceflight Hits a Milestone. 30.12., <http://spectrum.ieee.org/aerospace/space-flight/commercial-spaceflight-hits-a-milestone> (17.3.2017)
- Garcia, M.; Dunbar, B. (2017): Orion Spacecraft Overview. 31.7., www.nasa.gov/exploration/systems/orion/about/index.html (23.3.2017)
- Greene, K. (2017): Why India is investing in space. It isn't just about the country's rising nationalism. 17.3., www.slate.com/articles/technology/future_tense/2017/03/why_india_is_investing_in_space.html (23.3.2017)
- Hansen, L. (2017): Die fünf interessantesten Space-Startups aus Deutschland. 14.3., <https://www.wired.de/collection/business/disrupt-space-die-fuenf-interessanten-space-startups-aus-deutschland> (17.3.2017)
- Heumer, W. (2017): Diese Frau macht Astronautinnen. In: VDI nachrichten 10, S. 2
- Horn, R.; Frischauf, N.; Baumann, I.; Heinrich, O. (2016): NewSpace. Geschäftsmodelle an der Schnittstelle von Raumfahrt und digitaler Wirtschaft. Chancen für Deutschland in einer vernetzten Welt. SpaceTec Partners, BHO Legal, München/Köln
- Knipfer, M. (2015): Das Dilemma der europäischen Raumfahrt-1. 11.8., www.raumfahrer.net/news/raumfahrt/11082015114027.shtml (24.3.2017)
- Koren, M. (2017): China's Growing Ambitions in Space. 23.1., www.theatlantic.com/science/archive/2017/01/china-space/497846/ (23.3.2017)
- Kramer, M. (2014): NASA Suspends Most Cooperation With Russia; Space Station Excepted. 2.4., www.space.com/25339-nasa-suspends-russia-cooperation-ukraine.html (23.3.2017)
- Lindinger, M. (2017a): Amerikanische Raumfahrtpäne: Zum Mond und noch viel weiter. 17.3., www.faz.net/aktuell/wissen/weltraum/amerikanische-raumfahrtpaene-zum-mond-und-noch-viel-weiter-14881309.html (17.3.2017)



- Lindinger, M. (2017b): Raumfahrtziele 2.0: Zurück zum Mond. 12.2., www.faz.net/aktuell/wissen/weltraum/raumfahrtziele-2-0-zurueck-zum-mond-14860391.html (23.3.2017)
- Mohon, L.; Dunbar, B. (2017): Space Launch System. 15.2., www.nasa.gov/exploration/systems/sls/overview.html (23.3.2017)
- Mosher, D. (2016): SpaceX just asked permission to launch 4,425 satellites – more than currently orbit Earth. 17.11., www.businessinsider.de/spacex-internet-satellite-constellation-2016-11?r=US&IR=T (17.11.2016)
- Schadwinkel, A. (2017): »Die Astronautin«: Ich habe heute leider keinen Flug ins All für dich. 1.3., www.zeit.de/wissen/2017-03/die-astronautin-deutschland-iss-raumfahrt/komplettansicht (17.3.2017)
- Schubert, C. (2017): Unruhen in Französisch-Guyana: Europäische Satellitenstarts sind blockiert. 27.3., www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/unruhen-in-franzoesisch-guyana-europaeische-satellitenstarts-sind-blockiert-14943167.html (27.3.2017)
- Scoles, S. (2017): Luxembourg's Bid to become the Silicon Valley of Space Mining. 10.1., www.wired.com/2017/01/luxembourg-setting-silicon-valley-space-mining/ (27.3.2017)
- Seidler, C. (2017): Private Raummission: Mobilfunkler auf dem Mond. 19.3., www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/mond-mission-part-time-scientists-gewinnen-vodafone-als-partner-a-1139371.html (24.3.2017)
- Siceloff, S. (2014): Commercial Crew Program – The Essentials. 25.2., www.nasa.gov/content/commercial-crew-program-the-essentials/#.VjOJ3berRaT (20.3.2017)
- Siddiqi, A. (2017): Russia's Space Program Is Struggling Mightily. 21.3., www.slate.com/articles/technology/future_tense/2017/03/russia_s_space_program_is_in_trouble.html (23.3.2017)
- Stirn, A. (2016): Die Mehrweg-Rakete. In: Technology Review, S. 63
- Stofan, E. (2017): When You're Exploring Space, Going It Alone Isn't an Option. Leaving Earth requires international collaboration. 23.3., www.slate.com/articles/technology/future_tense/2017/03/space_exploration_requires_international_collaboration.html (23.3.2017)
- UN (United Nations) (2002): United Nations Treaties And Principles on Outer Space. Text of treaties and principles governing the activities of states in the exploration and the use of outer space, adopted by the United Nations General Assembly. New York
- Weyrauch, T. (2017): Millionen dringend gesucht - Little NewSpace Berlin. 20.3. <https://www.raumfahrer.net/news/raumfahrt/20032017204005.shtml> (24.3.2017)
- ZEIT Online (2015): Internationale Raumstation ISS: Russland baut eigene Raumstation. 25.2., <http://www.zeit.de/wissen/2015-02/iss-russland-raumstation> (23.3.2017)



**BÜRO FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG
BEIM DEUTSCHEN BUNDESTAG**

KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT)

Neue Schönhauser Straße 10
10178 Berlin

Tel. +49 30 28491-0
Fax +49 30 28491-119

buero@tab-beim-bundestag.de
www.tab-beim-bundestag.de