

# RAUMFAHRT IN BADEN-WÜRTTEMBERG

ZUKUNFTSPERSPEKTIVEN UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN





## Vorwort

Diese Studie wurde im Rahmen der **Stuttgarter Raumfahrtkonferenz 2019** im Zeitraum November 2019 bis Februar 2020 im Auftrag des baden-württembergischen Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau erstellt.

Auftragnehmer ist die Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR).

*Autor: Torsten Schilling, M. A.*





# Inhalt

<b>1. Hintergrund und Studieninhalt</b>	<b>6</b>
<b>2. Trends und Entwicklungen in der Raumfahrt</b>	<b>8</b>
Paradigmenwechsel	8
Akteure und neue Märkte	10
Erfolgsfaktoren	11
<b>3. Raumfahrt in Deutschland</b>	<b>12</b>
Chancen des NewSpace	12
ESA und die Ministerratskonferenz 2019	14
Gesetzliche Rahmenbedingungen	16
<b>4. Raumfahrt in Baden-Württemberg</b>	<b>20</b>
Forschung	20
Industrie	21
Start-up-Förderung	23
<b>5. Handlungsempfehlungen und Ausblick</b>	<b>26</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>30</b>
<b>Beteiligte und Interview-Partner / Impressum</b>	<b>31</b>

# 1. Hintergrund und Studieninhalt

Die Raumfahrtbranche ist für Baden-Württemberg ein bedeutender Wirtschaftsfaktor und bietet auch in Zukunft großes Potenzial. Gemeinsam mit der Luftfahrt liegt der Umsatz bei etwa 4,8 Milliarden Euro jährlich<sup>1</sup> – mit steigender Tendenz. Das Land ist neben Bayern und Bremen die wichtigste Raumfahrtregion in Deutschland. Vor kurzem veröffentlichte Bayern eine groß angelegte Strategie für die Raumfahrt – „Bavaria One“ –, an der sich andere Raumfahrtregionen messen werden. Sie ist in ihrem Umfang bisher einmalig in Deutschland und wird bei Experten überwiegend positiv bewertet.

Die deutschen Bundesländer müssen aber nicht nur die nationale, sondern verstärkt auch internationale Konkurrenz langfristig ins Auge fassen. Die Raumfahrtbranche ist einem enormen Wandel unterlegen. Der kommerzielle bzw. nicht-staatliche Teil der Raumfahrt wird in den nächsten Jahren weiter anwachsen und starke Veränderungen der Anforderungen an Kosteneffizienz, Entwicklungs- und Produktionsgeschwindigkeiten und die Anpassungsfähigkeit der Systeme mit sich bringen.

Diese Studie soll dabei helfen, Industrie und Politik in Baden-Württemberg auf diese Herausforderungen vorzubereiten und den Raumfahrtstandort Baden-Württemberg strategisch auszubauen. Aufgrund der Komplexität der Raumfahrtwirtschaft und ihrer Anwendungsmöglichkeiten kann sie nicht jeden Aspekt der Entwicklungen beleuchten und konzentriert sich daher auf jene, die von besonderer Relevanz für die baden-württembergische Wirtschaft sind. Sie umfasst zunächst eine Analyse der aktuellen Trends und Entwicklungen der Raumfahrt. Dazu gehören zum Beispiel: die Miniaturisierung und Kostensenkung von Satelliten und Subsystemen, neue Herstellungsverfahren wie Additive Manufacturing, Antriebs- und Trägersysteme, Robotik und der stark wachsende Markt der Raumfahrtanwendungen. Dabei werden die technologischen Kompetenzen, rechtliche und finanzielle Rahmenbedingungen, Infrastruktur und Zusammenarbeit sowie sonstige Voraussetzungen für eine erfolgreiche Raumfahrtwirtschaft beleuchtet. Zu den neuesten Entwicklungen zählen beispielsweise die Ergebnisse der Ministerratskonferenz der *European Space Agency (ESA)* vom November 2019, die eine deutliche Steigerung des deutschen Beitrags beinhalten und einen stimulierenden Effekt auf die Branche, insbesondere in den raumfahrtstarken Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern und Bremen erwarten lassen. ■

## 2. Trends und Entwicklungen in der Raumfahrt

### Paradigmenwechsel

Für die Raumfahrt besteht in der Verschmelzung mit der Informationstechnik der wesentliche Grund für den aktuellen Paradigmenwechsel.

Wir befinden uns inmitten eines technologischen Strukturwandels, der wesentlich von der Digitalwirtschaft vorangetrieben wird. Auch für die Raumfahrt besteht in der „Verschmelzung mit der Informationstechnik“<sup>2</sup> der wesentliche Grund für den aktuellen Paradigmenwechsel. Zugleich tritt sie als „Innovationstreiber“ für die gesamte Wirtschaft auf, in der ihre Daten, Dienste und Technologien bereits heute branchenübergreifend Anwendung finden.<sup>3</sup> In Zukunft werden auch solche Branchen davon profitieren, die zunächst nicht mit Raumfahrt in Verbindung gebracht werden. Daher ist es sinnvoll, in der Analyse zunächst zwischen traditioneller Raumfahrt, welche vom Streben nach öffentlichen Aufträgen und langen Planungs- und Testphasen für hohe technische Perfektion und Zuverlässigkeit geprägt ist, und dem sogenannten NewSpace zu unterscheiden. Es wird selbstverständlich auch weiterhin Bedarf an klassischen Raumfahrtaktivitäten geben, allerdings werden sich diese durch NewSpace mit seinen neuen Technologien und Verfahren sowie höheren Anforderungen an Flexibilität und Kosteneffizienz verändern. Die Dynamik des Informations- und Kommunikationstechnik-Sektors (IKT), der zurzeit die wesentliche treibende Kraft für die kommerzielle Raumfahrt ist, ist durch die Orientierung an Massenmärkten mit ihrem starken Wettbewerbs- und Innovationsdruck sehr viel höher als in der klassischen Raumfahrt.

Das Entwicklungspotenzial des NewSpace entsteht vornehmlich durch das Wechselspiel von neuen und kosteneffizienteren Technologien und Verfahren und zugleich stetig wachsenden kommerziellen Anwendungsmöglichkeiten in der global vernetzten Welt. So führt beispielsweise die additive Fertigung nicht nur zu Kosten- und Gewichtseinsparungen in der Fertigung, sondern ermöglicht durch „Rapid Prototyping“ auch eine deutliche Verkürzung des Entwicklungsprozesses, die im Wettbewerb auf dem globalen Markt von entscheidendem Vorteil ist.

Eine weitere technikgetriebene Entwicklung ist die Verschiebung von Aufgaben von der Hardware zur Software, welche durch eine höhere Rechenleistung der Prozessoren bei geringerer Größe ermöglicht wird. Auch dies hat eine Beschleunigung der Entwicklungsprozesse sowie größere Flexibilität und Kostenreduktion zur Folge, da Software-Anpassungen (agile Softwareentwicklung und „SW-Patching“) eine aufwendige Änderung der Hardware ersetzen können.



Zusammenfassend lässt sich sagen, dass NewSpace sowohl durch neue Märkte für Dienste und Anwendungen, als auch durch die Entwicklung disruptiver Technologien und Produkte getrieben wird. Anders als in der klassischen Raumfahrt liegt der Fokus allerdings nicht auf der Entwicklung dieser neuen Technologien, sondern auf dem Markterfolg durch innovative Anwendungen.

**NewSpace wird sowohl durch neue Märkte für Dienste und Anwendungen, als auch durch die Entwicklung disruptiver Technologien und Produkte getrieben.**

Typisch hierfür sind die Projekte der „Megakonstellationen“, die neue Technologien nutzen, um in den neuen Anwendungsbereich der globalen Breitbandversorgung vorzudringen. Weltweit sind 120 Projekte mit Satellitenkonstellationen für bessere Internetverbindungen und neue Dienste mit Digitalisierungstechnik in Planung.<sup>4</sup> Allein die Unternehmen SpaceX (Starlink), OneWeb, Telesat und Amazon (Kuiper) wollen in den nächsten Jahren insgesamt 46.100 Satelliten in den Orbit bringen.<sup>5</sup> Auch wenn davon auszugehen ist, dass einige der Projekte scheitern werden, lässt sich das enorme wirtschaftliche Potenzial dieser Entwicklung erahnen. Denn sie alle benötigen günstigen Raumtransport in den „Low Earth Orbit“ (LEO), elektrische Antriebe zur Lageregelung und zum De-Orbiting, Telekommunikationstechnologien, Energieversorgung sowie sonstige Komponenten, Spezialsoftware und Bodenstationen. SpaceX schätzt, dass die Einrichtung ihres Dienstes mindestens 10 Milliarden US-Dollar kosten wird.<sup>6</sup>

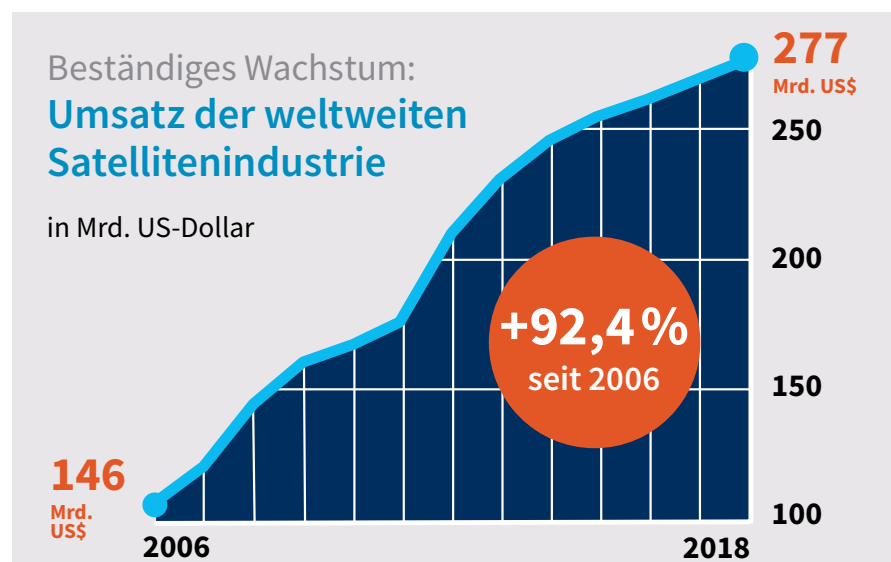
Die Realisierung und der Erfolg der Konstellationen hängen allerdings auch von internationalen Übereinkünften ab. Denn der Raum im LEO ist begrenzt und die Kollisionsgefahr wächst mit jedem Objekt weiter. Bisher umkreisen rund 2.000 Satelliten die Erde, in Zukunft wird es ein Vielfaches davon sein. Insbesondere die erhöhte Gefahr von Kettenreaktionen nach Kollisionen (Kessler-Effekt) ist ein unerwünschter Nebeneffekt. Hinzu kommt die Störung von Teleskopen durch die vielen Satelliten, die Licht reflektieren und Radiowellen abstrahlen. Die *Internationale Astronomische Union (IAU)* hat bereits ihre Besorgnis über die Auswirkungen auf astronomische Beobachtungen vom Boden aus zum Ausdruck gebracht.<sup>7</sup> Den Megakonstellationen müssen daher in absehbarer Zeit Grenzen gesetzt werden. ■

## Akteure und neue Märkte

Die Raumfahrt befindet sich in einem tiefgreifenden technologischen, wirtschaftlichen und auch politischen Wandel. Neben neu auftretenden Raumfahrtationen, wie China und Indien, sind es vor allem private Akteure, die einen Markt für sich entdeckt haben oder zukünftige Märkte erschließen wollen. Während die klassische Raumfahrt zunächst vor allem der Wissenschaft, aber auch dem nationalen Prestige und militärischen Zwecken diente, haben die Aufgaben der Satellitenkommunikation, Navigation und Erdbeobachtung („Downstream-Sektor“) immer mehr an Bedeutung gewonnen und dienen zunehmend kommerziellen Zwecken. Technologische Spin-offs haben dabei zu jeder Zeit auch viele andere Bereiche von Wirtschaft und Gesellschaft belebt. Der NewSpace-Sektor lebt darüber hinaus von einer viel stärkeren Vernetzung in andere Technologiebereiche und schafft eine Vielzahl neuer Anwendungsmöglichkeiten. Diese Anwendungsmöglichkeiten liegen vor allem in den Bereichen Big Data, Autonome Systeme, weltweite Datennetze und Breitbandversorgung, dem Mobilitäts- und Transportsektor sowie überall dort, wo Geoinformationen benötigt werden, wie beispielsweise im Versicherungssektor, in der Öl- und Gasindustrie oder der Landwirtschaft. Zudem sind die neuen Möglichkeiten des globalen Datentransfers dazu geeignet, weitere Industriezweige zu stimulieren im Sinne der „Machine to Machine“-Kommunikation (M2M) und dem „Internet of Things“ (IoT) in der Industrie 4.0. Bei der kommerziellen Nutzung der Raumfahrt geht es also vor allem um die Nutzung von Satelliten – deren Entwicklung, Produktion sowie Transport und Betrieb. Weitere kommerzielle Felder, wie Weltraumtourismus oder der Abbau von Rohstoffen – beispielsweise auf dem Mond – sind zwar teilweise in Planung, haben aber derzeit noch keine wirtschaftliche Relevanz. ■

Anwendungsmöglichkeiten liegen vor allem in den Bereichen Big Data, Autonome Systeme, weltweite Datennetze und Breitbandversorgung, dem Mobilitäts- und Transportsektor sowie überall dort, wo Geoinformationen benötigt werden, wie beispielsweise im Versicherungssektor, in der Öl- und Gasindustrie oder der Landwirtschaft.

Bei der kommerziellen Nutzung der Raumfahrt geht es vor allem um die Nutzung von Satelliten und deren Entwicklung, Produktion sowie Transport und Betrieb.



## Erfolgsfaktoren

In den USA, wo NewSpace bisher am stärksten gewachsen ist, herrschen deutlich andere Voraussetzungen als in Europa. Abgesehen von einer erfolgreichen traditionellen Raumfahrtlandschaft, sind die wesentlichen Erfolgsfaktoren: ein ambitionierter Unternehmergeist, eine florierende IT-Branche, das Vorhandensein von Wagniskapital und weiteren Finanzierungsmöglichkeiten, die Standortattraktivität für hochqualifizierte Fachkräfte sowie vorteilhafte gesetzliche Regelungen.

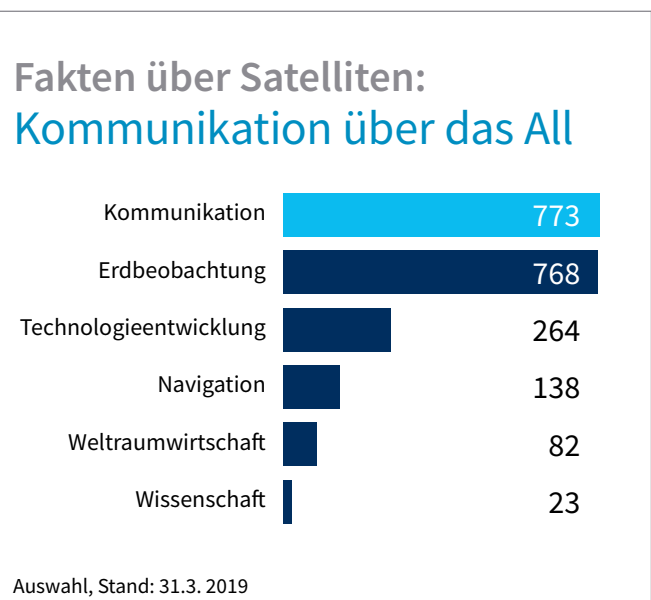
Trotz neuer Märkte bleibt dabei die staatliche Aktivität ein elementarer Baustein in der wirtschaftlichen Entwicklung. Denn der Erfolg der amerikanischen Konzerne basiert zum Teil auf staatlichen Ankerkunden und Abnahmegarantien ohne die die Attraktivität für Investitionen deutlich geringer wäre. Die Programme der amerikanischen Weltraumbehörde NASA zum kommerziellen Transport zur *Internationalen Raumstation ISS* und der Einkauf von Erdbeobachtungsdaten durch die *National Geospatial-Intelligence Agency (NGA)* sind bekannte Beispiele. Behördliche Zusagen für Aufträge machen neue Firmen für Investoren und Risikokapitalgeber interessant und sorgen für einen Vertrauensvorschuss in ihre Produkte. Auch bei den rechtlichen Rahmenbedingungen haben die USA vorgelegt. So wurde bereits in den 1980er Jahren der Betrieb von Kommunikations- und Erdbeobachtungssatelliten für private Betreiber geöffnet. Mit dem *Commercial Space Launch Competitiveness Act* wurde 2015 der rechtliche Rahmen um Trägersysteme, Geoinformationen und den Ressourcenabbau im All erweitert. Dem Eindruck der wachsenden privatwirtschaftlichen Raumfahrt zum Trotz, spielt staatliches Handeln auch in den USA also eine wesentliche Rolle. ■

**Abgesehen von einer erfolgreichen traditionellen Raumfahrtlandschaft, sind die wesentlichen Erfolgsfaktoren: ein ambitionierter Unternehmergeist, eine florierende IT-Branche, das Vorhandensein von Wagniskapital und weiteren Finanzierungsmöglichkeiten, die Standortattraktivität für hochqualifizierte Fachkräfte sowie vorteilhafte gesetzliche Regelungen.**

### 3. Raumfahrt in Deutschland

#### Chancen des NewSpace

Das *Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)* sieht besonders die neuen Akteure, wie China und Indien, und die zunehmende Kommerzialisierung als Herausforderungen für die deutsche Raumfahrtindustrie.<sup>8</sup> Trotz der weitgreifenden Veränderungen ist der kommerzielle Markt in der deutschen Raumfahrt – anders als im Luftfahrtbereich – noch immer weit aus weniger ausgeprägt und wird durch staatliche Raumfahrtstrategien bestimmt. Der deutschlandweite Umsatz lag in den letzten vier Jahren bei etwa 2,9 Milliarden Euro bei einer leicht steigenden Beschäftigtenzahl von aktuell 9.300.<sup>9</sup> Die Möglichkeiten der kommerziellen Raumfahrt schlagen sich offenbar noch nicht in steigenden Umsätzen nieder. So ist der Erfolg des amerikanischen NewSpace auch nicht reproduzierbar, denn er hängt unmittelbar mit der Dynamik der amerikanischen IT-Branche und den dazugehörigen BigTech-Konzernen Google, Apple, Facebook, Amazon und Microsoft (GAFAM) zusammen. Hier zeigt sich, dass in Deutschland wesentliche Voraussetzungen fehlen. Besonders der Mangel an vergleichbaren BigTech-Unternehmen – mit Ausnahme von SAP – und Wagniskapitalgebern verhindert eine vergleichbare Entwicklung wie in den USA.



Dennoch gibt es vielfältige Möglichkeiten, die vorhandenen Stärken der deutschen Wirtschaft mit dem Aufschwung der Raumfahrt zu kombinieren. Die Chancen liegen besonders in der Digitalisierung der Industrie durch raumfahrtunterstützte Automatisierungs- und Maschinensteuerungssoftware und das „Internet of Things“ (IoT). In diesen Bereichen ist Deutschland nach der Studie „New Space – Geschäftsmodelle an der Schnittstelle zwischen Raumfahrt und digitaler Wirtschaft“ im Auftrag des BMWi bestens aufgestellt: *„deutsche IT-Firmen sind als Anbieter von Plattformen, Middleware oder Kommunikationsserverdienstleistungen an den Schaltstellen vieler industrieller Internet of Things Anwendungen positioniert. [...] Mit NewSpace besteht eine einzigartige Chance für eine industrieübergreifende Zusammenarbeit von Industrie 4.0 und raumfahrtgestützten Lösungen. Hier kann Deutschland dem US NewSpace etwas Einzigartiges entgegensetzen“*.<sup>10</sup>

**Die Chancen liegen besonders in der Digitalisierung der Industrie durch raumfahrtunterstützte Automatisierungs- und Maschinensteuerungssoftware und das „Internet of Things“ (IoT).**

Aus den **Entwicklungsmöglichkeiten** der Raumfahrtwirtschaft lassen sich für Deutschland eine Reihe von **Potenzialbereichen** identifizieren:

- Komponenten und Subsysteme
- Antriebs- und Trägersysteme
- Robotik, autonome Systeme und künstliche Intelligenz
- Additive Fertigung und Leichtbau
- Anwendungen der Erdbeobachtung und Navigationssysteme
- Kommunikationsdienste und Plattformen der Industrie 4.0

Angesichts der Lage der deutschen Industrie sieht die Bundesregierung keinen Bedarf an staatlichen Subventionen nach amerikanischem Vorbild: *„Deutschland setzt dabei auf seine vielschichtige Industriestruktur, es wird nicht auf das Mittel der US-amerikanischen Subventionspolitik zurückgegriffen.“*<sup>11</sup>

Über den Weg der ESA profitieren die etablierten heimischen Unternehmen allerdings durchaus von staatlichen Mitteln. Auch das „Nationale Programm für Weltraum und Innovation“, das aktuell Finanzmittel in Höhe von 285 Millionen Euro bereitstellt,<sup>12</sup> trägt neben der Förderung der Wissenschaft zum Ausbau der Kompetenzen der Raumfahrtwirtschaft bei. ■

## ESA und die Ministerratskonferenz 2019

Nach Abschluss der ESA-Ministerratskonferenz im November 2019 ist Deutschland zum größten Beitragszahler aufgestiegen und investiert 3,3 Milliarden Euro in die neuen Programme der Europäischen Weltraumorganisation. Mit 22,9 % der vereinbarten Finanzmittel liegt Deutschland nun vor Frankreich (18,5 %) und Italien (15,9 %).<sup>13</sup> Die Schwerpunkte der Programmbeteiligungen liegen bei Erdbeobachtung, Telekommunikation, Technologieförderung und Kommerzialisierung (NewSpace).<sup>14</sup>

ESA-Ministerratskonferenz 2019 – Beteiligungen Deutschlands	
Programme	Deutscher Anteil (in Euro)
<b>Pflichtprogramm</b>	
Allgemeiner Haushalt, Wissenschaftsprogramm und Weltraumbahnhof Kourou	1 Milliarde
<b>Optionale Programme</b>	
Erdbeobachtung (z.B. Copernicus)	720 Millionen
Raumtransport und -betrieb	490 Millionen
Astronautische Raumfahrt, Mikrogravitation und Exploration	550 Millionen
Telekommunikation	330 Millionen
Technologieprogramme	160 Millionen
Weltraumlage und Weltraumsicherheit	84 Millionen

Quelle: DLR ([https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2019/04/20191128\\_esa-ministerratskonferenz-2019.html](https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2019/04/20191128_esa-ministerratskonferenz-2019.html), abgerufen am 24.2.2020)



Diese Beteiligungen sind maßgeblich für den sogenannten „Geographic-Return“ der ESA, der dafür Sorge trägt, dass Investitionen eines Mitgliedsstaats in die ESA durch dazugehörige Aufträge in die eigene Wirtschaft zurückfließen. Ohne diese Garantien würden gerade kleinere Nationen eher vor finanziellen Beteiligungen zurückschrecken, da die Wahrscheinlichkeit entsprechender Aufträge für sie geringer ist. Aber auch für Deutschland erhöht das Prinzip des Geo>Returns die Attraktivität des Engagements und ermöglicht auf diesem Weg eine Förderung des Hightech-Sektors der Industrie. Der Nachteil ist eine Erhöhung der Entwicklungskosten, die dadurch entsteht, dass keine freie Vergabe möglich ist und daher Einsparungsmöglichkeiten ungenutzt bleiben. Im Einzelfall, wie zum Beispiel bei Trägerraketen, könnte sich dies negativ auswirken, wenn die europäischen Technologien sich als weniger wettbewerbsfähig erweisen sollten.<sup>15</sup>

**Die Erhöhung der deutschen Beteiligungen an ESA-Programmen wird besonders den etablierten Unternehmen in den Raumfahrtregionen Baden-Württemberg, Bayern und Bremen zugutekommen.**

Über die Förderung der etablierten Raumfahrtindustrie hinaus, widmet sich die ESA dem NewSpace-Bereich mit einer neuen Herangehensweise. Das BMWi schreibt dazu: „[Die] ESA bezweckt die Zusammenführung verschiedener Akteure (Anwender, Dienste-Anbieter, Raumfahrt/Nichtraumfahrt-Industrie), um, ausgehend von gemeinsamen Interessen, mithilfe von Demonstrationsvorhaben die Entwicklung von Geschäftsmodellen zu unterstützen. Im Vordergrund stehen dabei operationelle, kommerzielle Dienstleistungen, die Raumfahrtinfrastrukturen wie Satellitennavigation, Erdbeobachtung und Satellitenkommunikation nutzen.“<sup>16</sup> Aber auch im Raumtransportbereich, insbesondere bei „Mikrolaunchern“, ist die kommerzielle Verwertbarkeit in den Fokus gerückt. So soll das Programm (Commercial Space Transportation Services and Support) die Industrie bei der Entwicklung von wettbewerbsfähigen Raumtransportdienstleistungen unterstützen. Hier beteiligt sich Deutschland mit 28 Millionen Euro.<sup>17</sup>

Die Erhöhung der deutschen Beteiligungen an ESA-Programmen wird besonders den etablierten Unternehmen in den Raumfahrtregionen Baden-Württemberg, Bayern und Bremen zugutekommen. Allerdings erhofft man sich auch Anknüpfungspunkte für kleine und mittelständische Unternehmen, die besonders von den Technologieprogrammen zu erwarten sind. Deutschland hat hier mit rund 160 Millionen einen erheblichen Anteil von etwa 27,5 % an der Finanzierung. ■

**Veraltete Rahmenbedingungen können die Marktentwicklung behindern und zu einem Standortnachteil führen.**

## Gesetzliche Rahmenbedingungen

Die Entwicklung neuer Technologien und deren Anwendung ist heute meistens schneller als die nötige Rechtsetzung. Veraltete Rahmenbedingungen können jedoch die Marktentwicklung behindern und zu einem Standortnachteil führen. Die internationalen weltraumrechtlichen Regelungen sind komplex und setzen weitere Regelungen auf nationaler Ebene voraus, denn zur Umsetzung des internationalen Weltraumvertrags wird ein jeweiliges nationales Weltraumgesetz benötigt, das für die Aktivitäten kommerzieller Unternehmen den Rahmen setzt. In Deutschland gibt es in diesem Kontext bisher nur das „Gesetz zum Schutz vor Gefährdung der Sicherheit der Bundesrepublik Deutschland durch das Verbreiten von hochwertigen Erdfernerkundungsdaten“ – das Satellitendatensicherheitsgesetz (SatDSiG). Danach bedarf „der Betrieb eines hochwertigen Erdfernerkundungssystems“ einer Genehmigung. Durch die relativ hohen Sicherheitsanforderungen stellt es für etwaige Betreiber in Deutschland ein Hindernis dar.

In einigen Ländern, wie USA und Frankreich, ist die Umsetzung des Weltraumrechts deutlich schneller und umfassender durchgeführt worden. Sogar Luxemburg sorgte 2017 für Aufsehen, indem es als erstes europäisches Land ein Gesetz für den Abbau von Rohstoffen außerhalb der Erde verabschiedete. Aber nicht nur die Rohstofffrage ist für die Zukunft interessant. Neben dem Weltraumrecht und völkerrechtlichen Regelungen wirken sich Exportbestimmungen, Handels- und Vergaberecht, Beihilferecht, Patentrecht und vermehrt auch das IT-Recht auf die deutsche Raumfahrtwirtschaft aus. Da die zunehmende Zahl von Weltraumprojekten einen neuen Rechtsrahmen benötigt, hat Bundeswirtschaftsminister Peter Altmaier für das Frühjahr 2020 die Eckpunkte für ein nationales Weltraumgesetz angekündigt. Das Gesetz, das schon als Ziel im Koalitionsvertrag steht, soll besonders in Haftungs- und Sicherheitsfragen Klarheit schaffen und die Marktchancen deutscher Unternehmen damit erhöhen. Das BMWi schreibt dazu:

**Neben dem Weltraumrecht und völkerrechtlichen Regelungen wirken sich Exportbestimmungen, Handels- und Vergaberecht, Beihilferecht, Patentrecht und vermehrt auch das IT-Recht auf die deutsche Raumfahrtwirtschaft aus.**

*„Damit soll einerseits sichergestellt werden, dass die nicht staatlichen Weltraumaktivitäten nach Maßgabe der Vorgaben des Weltraumvertrages erfolgen. Andererseits sollen Sicherheitsrisiken, die bei zunehmenden privatwirtschaftlichen Weltraumaktivitäten zu erwarten sind, adressiert und minimiert werden. Haftungsfragen privatwirtschaftlicher Weltraumaktivitäten sollen rechtssicher geregelt werden, soweit diese im Rahmen der UN-Weltraumverträge national regelungsbedürftig sind. Angestrebt wird ein Basisgesetz, dass die Regulierung von nationalen nicht staatlichen Weltraumaktivitäten auf einen völkerrechtlich und sachlich notwendigen Umfang beschränken. Die Standortbedingungen werden dabei adäquat weiterentwickelt.“<sup>18</sup>*

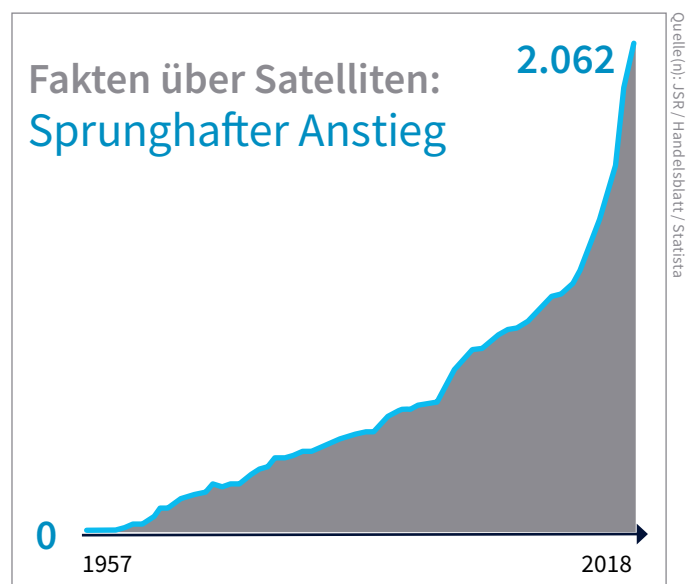
**Dr. Ulrich Nußbaum**  
Staatssekretär im BMWi

»

Die Regelung der Haftung der Unternehmen ist für den Wirtschaftsstandort von großer Bedeutung, denn die Schäden, die durch die Raumfahrt entstehen können, sind enorm und entsprechend schwer zu versichern.

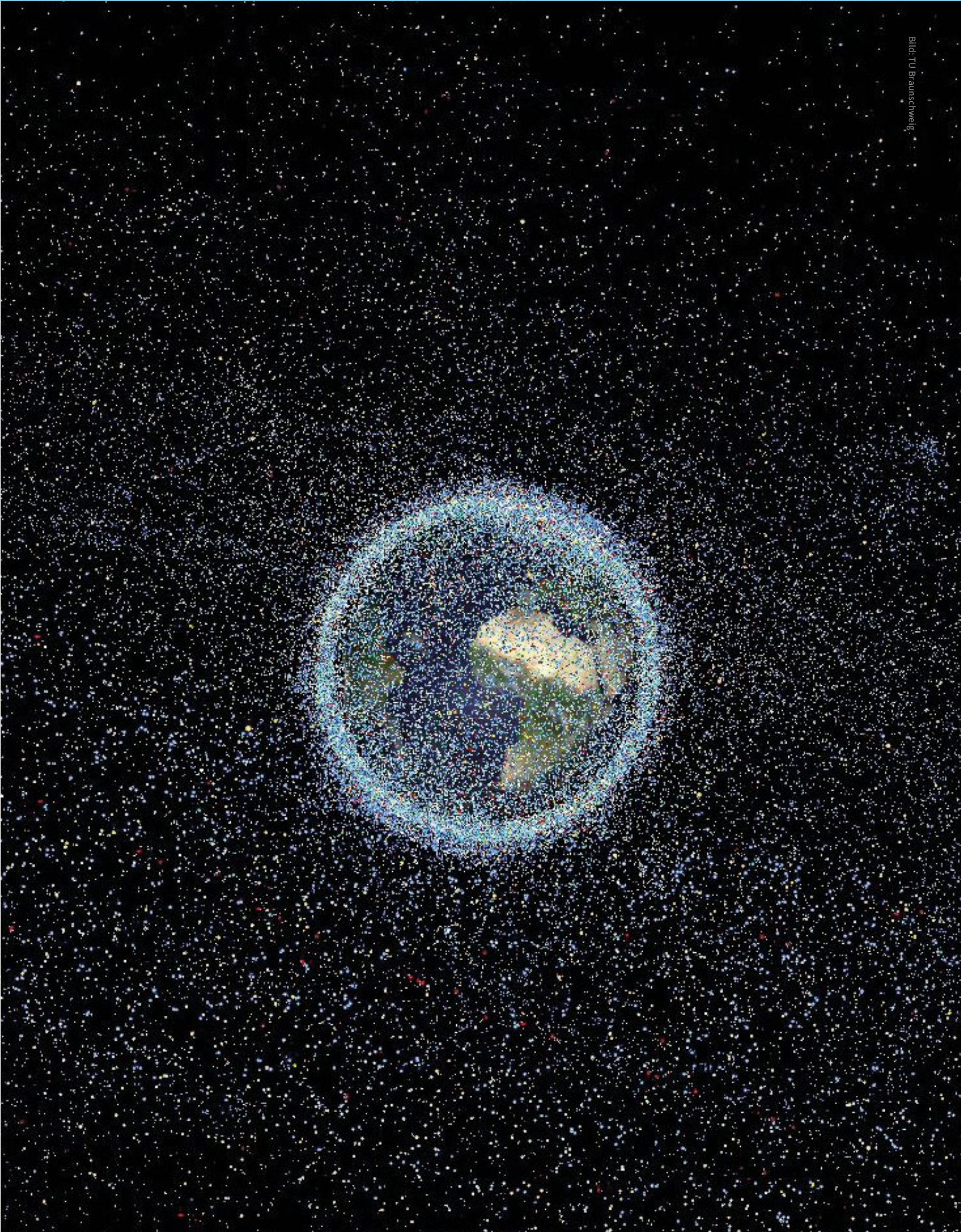
Die Regelung der Haftung der Unternehmen ist für den Wirtschaftsstandort von großer Bedeutung, denn die Schäden, die durch die Raumfahrt entstehen können, sind enorm und entsprechend schwer zu versichern. Gerade für Unternehmen und Universitäten, die Kleinsatelliten ins All schicken, ist dies eine große Hürde, da die Versicherungsprämien die Gesamtkosten für das Projekt deutlich übersteigen können.<sup>19</sup> Eine unbegrenzte Haftung würde einen privaten Raumfahrtmarkt gar nicht erst entstehen lassen, sodass einige Länder Haftungsobergrenzen und Versicherungspflichten bereits heruntergesetzt haben. Ebenso werden die Beschleunigung von Genehmigungsverfahren und die Senkung von Sicherheitsanforderungen in Erwägung gezogen, um Standortnachteile zu verhindern. Unbeachtet darf dabei nicht bleiben, dass eine vermehrte Tätigkeit im Erdorbit das Kollisionsrisiko steigern und die Frage von Weltraummüll in den Vordergrund rücken wird. Auch hierzu muss es Regelungen geben, die aber zurzeit noch in internationalen Gremien bearbeitet werden müssen.

Das von der Bundesregierung geplante Weltraumgesetz wird mit Spannung erwartet. Sollte das Gesetz nicht wirtschaftsfreundlich ausfallen, ist eine Abwanderung von Unternehmen zu befürchten. Denn diese gehen dorthin, wo sie die günstigsten Bedingungen vorfinden. Entsprechend warnt das Vorstandsmitglied des *Bundesverbands der Deutschen Luft- und Raumfahrt-industrie e. V. (BDLI)*, Andreas Hammer: „Wir müssen verhindern, dass eine Gesetzeslage geschaffen wird, bei der Start-Ups in andere Länder abwandern“.<sup>20</sup> Sollte sich das Gesetz jedoch als Standortvorteil erweisen und die gewünschte Planungssicherheit schaffen, würde es die erhoffte Investitionstätigkeit hervorbringen, insbesondere bei Wagniskapital. ■



Mehr als 45.000 neue Satelliten sind in Planung.







## 4. Raumfahrt in Baden-Württemberg

Von den rund 9.300 direkt Beschäftigten in der deutschen Raumfahrt arbeiten etwa 40 % in Baden-Württemberg

Baden-Württemberg ist schon jetzt eine der wichtigsten Raumfahrtregionen in Europa und wird weiter wachsen. Von den rund 9.300 direkt Beschäftigten in der deutschen Raumfahrt arbeiten etwa 40 % in Baden-Württemberg.<sup>21</sup> Dabei sind viele indirekt mit der Branche verbundene Unternehmen für Kleinteile oder Software noch nicht enthalten. Eine klare Abgrenzung ist angesichts der Fülle von Zulieferprodukten und Dienstleistungen, die von Unternehmen hergestellt werden, die oft mehrere unterschiedliche Branchen beliefern, schwierig. Die Bedeutung der Branche darf also nicht unterschätzt werden.

### Forschung

Ein Hochtechnologiestandort lebt vom regen Austausch zwischen Wirtschaft und Wissenschaft. Hier hat Baden-Württemberg viel zu bieten. Die Universität Stuttgart hat die größte Luft- und Raumfahrt fakultät in Europa und ermöglicht damit nicht nur Forschung, sondern auch die Ausbildung zukünftiger Ingenieure und Wissenschaftler. Hinzu kommen viele weitere Hochschulen und ein dichtes Netz aus wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen. Dazu gehören die drei Standorte des *Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR)* in Lampoldshausen, Stuttgart und Ulm sowie einige Institute der Fraunhofer-Gesellschaft und die *Innovationsallianz Baden-Württemberg (innBW)* mit ihren 13 außeruniversitären anwendungsorientierten Forschungsinstituten. Allein das DLR und das innBW beschäftigen zusammen mehr als 2.000 Mitarbeiter. Auch das Land Baden-Württemberg leistet seinen Beitrag an der Forschung: 2019 beteiligte es sich mit einer Förderung in Höhe von rund 9,2 Millionen Euro an der Grundfinanzierung des DLR.<sup>22</sup> Unter anderem wurde das Projekt *Integrated Research Platform for Affordable Satellites (IRAS)* zur Herstellung kostengünstiger Satelliten mit einer Fördersumme von insgesamt vier Millionen Euro ins Leben gerufen. In Zusammenarbeit von Industrie und Forschung wird dabei eine integrierte Entwicklungsplattform für kostengünstige Satelliten aufgebaut, die mithilfe neuer Technologien in den Bereichen Antrieb, Strukturen, Elektronik und Produktionstechnologien einen alternativen Weg zur heutigen kostenintensiven Entwicklung eröffnen soll. Beteiligt sind das DLR-Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie, das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA sowie das *Institut für Raumfahrtsysteme (IRS)* der Universität Stuttgart gemeinsam mit führenden Raumfahrtunternehmen. ■



## Industrie

Im Bereich der Industrie beheimatet Baden-Württemberg eine Vielfalt von technologischen Kompetenzen, unter anderem in der Satellitennavigation, -kommunikation, Erdbeobachtung, Robotik, Mechatronik und bei den Raumfahrtantrieben. Hinzu kommen weitere Kompetenzen und Weltmarktführerschaften in den industriellen Bereichen Automobil-, Maschinen- und Anlagenbau. „Die Stärke der baden-württembergischen Luft- und Raumfahrt liegt in der integrierten Wertschöpfungskette von der Schraube bis hin zum Forschungssatelliten“<sup>23</sup>, schreibt das Forum Luft- und Raumfahrt Baden-Württemberg e. V. (LR BW). Allerdings liegt die Raumfahrtbranche aufgrund ihrer derzeitigen Größe bisher kaum im Fokus der Öffentlichkeit. Sie kommt beispielsweise in der Publikation „Industrieperspektive Baden-Württemberg 2025“ des damaligen Ministeriums für Finanzen und Wirtschaft von 2015 als Industriezweig, im Gegensatz zum Fahrzeug- und Maschinenbau sowie der Chemie-, Elektronik- und Metallindustrie, gar nicht vor.

Die traditionelle Raumfahrt in Baden-Württemberg ist sehr gut aufgestellt. In den nächsten Jahren wird sie von den deutschen Zeichnungen der Ministerratskonferenz 2019 deutlich profitieren können. Zu den großen Standorten gehören Lampoldshausen (ArianeGroup) für Raumtransport und Satellitenantriebe, Friedrichshafen (Airbus Defence and Space) als die große Satellitenschmiede Deutschlands und Backnang (Tesat-Spacecom), das sich zu einem europäischen Zentrum für Satellitenkommunikation entwickelt hat. Die hiesige Luft- und Raumfahrtindustrie gibt durchschnittlich 17,5 % ihres Umsatzes für Innovation aus und rüstet sich damit für die Zukunft. Die internationale Wettbewerbsfähigkeit dieser Unternehmen ist schon jetzt stark ausgeprägt und wird sich auch im fortschreitenden New-Space weiterentwickeln. Tesat-Spacecom hat sich beispielsweise in den letzten Jahren zum größten Ausrüster für Telekommunikationskomponenten entwickelt. Das Unternehmen ist der weltweit einzige Serienhersteller von in-Orbit-zertifizierten und getesteten Laserkommunikationsterminals.<sup>24</sup> Mehr als die Hälfte aller Telekommunikationssatelliten im Orbit verfügt über Tesat-Geräte.<sup>25</sup> ArianeGroup ist nicht nur im Raumtransport gut aufgestellt, sondern tritt mit dem neu entwickelten Xenon-basierten Satellitenantrieb auf den schnell wachsenden Markt der Satellitenkonstellationen.<sup>26</sup> Airbus Defence and Space ist mit seinen fast 2.500 Mitarbeitern DIE Adresse für Satellitenherstellung in Europa. >>

**Im Bereich der Industrie beheimatet Baden-Württemberg eine Vielfalt von technologischen Kompetenzen, unter anderem in der Satellitennavigation, -kommunikation, Erdbeobachtung, Robotik, Mechatronik und bei den Raumfahrtantrieben.**

**Neben Raumfahrtinfrastruktur und -komponenten sind es gerade Anwendungen und Nutzungsmöglichkeiten, die das wirtschaftliche Potenzial der Zukunft ausmachen.**

Neben Raumfahrtinfrastruktur und -komponenten sind es allerdings gerade Anwendungen und Nutzungsmöglichkeiten, die das wirtschaftliche Potenzial der Zukunft ausmachen. In der Studie „New Space – Geschäftsmodelle an der Schnittstelle zwischen Raumfahrt und digitaler Wirtschaft“ im Auftrag des BMWi von 2016 werden als „grundsätzlich attraktive Standorte“ nur Berlin, München und Bremen, nicht aber baden-württembergische Städte genannt. Mit der Ausrichtung der Start-up- und Innovationsveranstaltung „Disrupt Space“ haben sich Bremen (2016) und Berlin (2017) besonders für das Thema engagiert. Hinzu kommen in Berlin und München florierende IT-Szenen, die für NewSpace-Anwendungen von zentraler Bedeutung sind. Mit der nötigen Öffentlichkeitsarbeit und Start-up-Förderung könnte auch in Stuttgart ein neuer NewSpace-Hotspot entstehen. ■

## Start-up-Förderung

Während etablierte Raumfahrtunternehmen von den neuen Marktchancen bereits profitieren, tun sich Start-ups in Deutschland noch immer schwer. Das liegt vor allem an Finanzierungsproblemen und fehlenden Investoren. „Herkömmliche Investoren in Deutschland interessieren sich für diese Branche bislang nur wenig“, sagt beispielsweise der Unternehmer Sebastian Straube, der vor kurzem mit Interstellar Ventures einen auf NewSpace spezialisierten Wagniskapitalfonds gegründet hat.<sup>27</sup>

In Baden-Württemberg versucht man mit dem 2018 gegründeten *ESA Business Incubation Centre (ESA BIC)* gegenzusteuern. Der baden-württembergische Bereich ist Teil des bereits seit 2007 etablierten ESA BIC Darmstadt und wird vom *Centrum für Satellitennavigation Hessen (cesah)* betreut. Unterstützung erhält das Zentrum am Standort Reutlingen von der IHK und in Friedrichshafen von Airbus Defence and Space. Das ESA BIC „unterstützt junge technologieorientierte Unternehmen und Neugründungen bei der technischen Entwicklung, Realisierung und Markteinführung neuer Produkte“. <sup>28</sup> Neben der intensiven Betreuung der Start-ups „von der Idee bis hin zum inkubationsfähigen Unternehmen“<sup>29</sup>, spielen sich ergänzende Veranstaltungsformate eine wichtige Rolle. Sie bestehen aus Ideenwettbewerben, Start-up-Workshops, „Matching“- und „Speed-Pitching“-Veranstaltungen sowie Messeauftritten und Informationsveranstaltungen. In Zusammenarbeit mit Hochschulen, Industrie, Verwaltung und Investoren werden so Gelegenheiten geschaffen, gemeinsam innovative Ideen zu verfolgen. Dabei werden nicht nur Raumfahrtunternehmen mit eingebunden. Schließlich ist es das Zusammenspiel unterschiedlicher Disziplinen und Branchen, das im NewSpace-Bereich für die Dynamik sorgt. Aus diesem Grund ist die Vernetzung der Akteure ein essenzieller Baustein. Die Zusammenarbeit mit branchenübergreifenden Projekten, wie zum Beispiel dem „Cyber Valley“ zur Erforschung Künstlicher Intelligenz, wäre daher sinnvoll. >>

**Das Zusammenspiel unterschiedlicher Disziplinen und Branchen sorgt im NewSpace-Bereich für die Dynamik.**

Im Zeitraum von zwölf Jahren wurden durch das ESA BIC in Hessen rund 100 Unternehmen gefördert und mehr als 550 Arbeitsplätze geschaffen.<sup>30</sup> In Baden-Württemberg erhalten bis Ende 2021 30 Start-ups die Möglichkeit zur Inkubation und durchlaufen die Förderphase von bis zu zwei Jahren. Dabei geht es stets um technische, planerische und finanzielle Unterstützung zugleich, „um durch innovative Produkte und Dienstleistungen Raumfahrttechnologie für allgemeine nicht weltraumbezogene industrielle, wissenschaftliche und kommerzielle Zwecke nutzbar zu machen (Spin-off), oder einen Beitrag zur Kommerzialisierung der Raumfahrt zu leisten (Spin-in)“<sup>31</sup>.

**Nach der Inkubation des Unternehmens entsteht häufig eine riskante Finanzierungslücke – das Valley of Death –, die Zeit, zu der eine ausreichende Kapitalfähigkeit noch nicht gegeben ist und die nötigen Kunden fehlen.**

Die technische Beratung wird von Bosch Automotive Electronics (AE) und Airbus Defence and Space übernommen und kann durch weitere Partner ergänzt werden. Neben dieser Beratungsleistung stehen die Betreuung in jeder Entwicklungsphase und die finanzielle Absicherung im Vordergrund. Die Gründungsunternehmen erhalten eine Förderung von 50.000 Euro, die je zur Hälfte von der ESA und vom Land Baden-Württemberg bereitgestellt wird. Nach der Inkubation des Unternehmens entsteht leider häufig eine riskante Finanzierungslücke – das *Valley of Death* –, die Zeit, zu der eine ausreichende Kapitalfähigkeit noch nicht gegeben ist und die nötigen Kunden fehlen. Wagniskapitalgeber sind in Deutschland, insbesondere im Raumfahrtbereich, noch eher selten. Hier können aber auch Business-Angel-Netzwerke oder Projektförderungen, zum Beispiel von der ESA oder aus dem Nationalen Raumfahrtprogramm helfen. Das Land Baden-Württemberg könnte an dieser Stelle weitere Fördermittel in Form von Projektförderungen zur Verfügung stellen, um beispielsweise in den Bereichen Digitalisierung, Landwirtschaft, Verkehr oder Katastrophenschutz Mehrwerte zu schaffen und gleichzeitig den Technologietransfer zu unterstützen.

Frank Zimmermann von cesah nennt insgesamt **sechs relevante Erfolgsfaktoren für Raumfahrt-Start-ups:**<sup>32</sup>

1. Vorsprung durch Technologie und Innovation
2. Gründer ergänzen sich in ihren Kompetenzen
3. Engagierte Mitarbeiter
4. Investoren müssen frühzeitig angesprochen werden
5. Frühzeitiges Marketing erlaubt rechtzeitige Gewinnung von Pilotkunden
6. Vernetzung innerhalb des Gründernetzwerks zur Ausnutzung von Synergien und Erweiterung der Kundenbasis

Der Vertrag über das ESA BIC in Baden-Württemberg läuft Ende 2021 aus und muss von den beteiligten Partnern ESA, DLR und dem Land Baden-Württemberg neu verhandelt werden. Dabei muss besonders berücksichtigt werden, dass der Bedarf an Betreuungsleistungen bei zunehmender Aktivität steigt. Hier müssen höhere Kapazitäten eingeplant werden, um auch zukünftig die jungen Unternehmen angemessen unterstützen zu können. ■

## 5. Handlungsempfehlungen und Ausblick

Die Rahmenbedingungen für einen erfolgreichen Raumfahrtstandort Baden-Württemberg hängen nicht nur von der Landesregierung ab, sondern werden auch auf Bundes- und EU-Ebene geschaffen. Dennoch gibt es Möglichkeiten, zum Beispiel im Drei-Länder-Verbund mit Bayern und Bremen für eine **wirtschaftsfreundliche Ausgestaltung der raumfahrt-bezogenen Gesetze** einzutreten. Die von Bundeswirtschaftsminister Altmaier für das Frühjahr 2020 angekündigte Veröffentlichung der **Eckpunkte des neuen Weltraumgesetzes** wird Anknüpfungspunkte dazu liefern. Zudem könnten Exportprojekte der Raumfahrt besser politisch flankiert und gegebenenfalls durch **Exportkredite** unterstützt werden, so wie es beispielsweise in den USA und in Frankreich durch öffentliche Förderbanken geschieht.



Mit der höheren Zeichnung bei der letzten Ministerratskonferenz hat die Bundesregierung deutlich gemacht, dass sie die Raumfahrt in Deutschland unterstützt. Diese Zeichnungen führen jetzt zu einer höheren deutschen Beteiligung an den ESA-Programmen was einen Aufschwung insbesondere der etablierten Unternehmen bringen wird. Start-ups werden es hier jedoch schwer haben. Die Förder- und Vergabebedingungen erfordern leider einen hohen administrativen Aufwand, der durch kleine Unternehmen kaum geleistet werden kann. Um diese zu unterstützen müssen Fördermaßnahmen entwickelt werden.

Eine gezielte **Projektförderung**, die nicht nur die Technologie-, sondern auch die Anwendungsförderung berücksichtigt, könnte helfen, diese Lücke zu schließen. Die Unternehmen brauchen dafür, anstelle von detailreichen Spezifikationen, **funktionale Leistungsbeschreibungen**, die ihnen einen größeren Freiraum in der Gestaltung der technischen Lösungen ermöglichen. **Staatliche Behörden als Ankerkunden** hätten hier die Chance, sowohl den staatlichen Bedarf an zum Beispiel digitalem Infrastrukturausbau zu decken und gleichzeitig neue Unternehmen und Geschäftsfelder zu fördern. Dazu ist die Offenheit der Behörden für die am Markt angebotenen und vielleicht auch unkonventionellen Lösungen gefragt. Häufig fehlt es hier jedoch an Wissen, wie der **öffentliche Bedarf** mit Raumfahrtendiensten gedeckt werden könnte. Ein verstärkter **Dialog zwischen Politik, öffentlicher Verwaltung und Wirtschaft**, flankiert mit gezielten Weiterbildungsseminaren für die betreffenden Mitarbeiter, könnte diese Wissenslücke schließen. Die **Nutzungsmöglichkeiten von Raumfahrtendiensten** sind vielfältig und reichen von der Digitalisierung über Verkehrs-, Landnutzungs- und Stadtplanung bis hin zum Katastrophenschutz. Auch eine **länderübergreifende Zusammenarbeit** sollte nicht ausgeschlossen werden, um Synergieeffekte zu erzielen und eine möglichst langfristige Planbarkeit zu erreichen. Im Dialog zwischen Wirtschaft und Politik können **Kernthemen für Leuchtturmprojekte** festgelegt werden, die staatliche Bedarfe sichern und Strahlkraft auf die gesamte Branche ausüben. Haushalts- und Vergaberecht setzen allerdings einen engen Rahmen für Risiken der öffentlichen Hand, wodurch die Zusammenarbeit mit neuen Unternehmen stark eingeschränkt wird. Daher sollten die **Vergabebedingungen** möglichst so ausgestaltet werden, dass neue Unternehmen nicht von vornherein an zu hohen Anforderungen für Mindestumsätze, Referenzprojekte oder Beschäftigtenzahlen scheitern. >>

Neben der Raumfahrtindustrie selbst, werden sich auch Chancen für andere Industriezweige eröffnen. Für die baden-württembergischen Unternehmen ergeben sich also viele Möglichkeiten, von einer **engen Zusammenarbeit mit der Raumfahrt** zu profitieren. Schon jetzt ist die Industrie im Bereich von Automatisierungs- und Maschinensteuerungssoftware sowie IoT-Anwendungen gut aufgestellt. Dieser Markt wird sich durch eine weltweite Breitbandanbindung enorm vergrößern.

Wegen der bisher starken Bindung an regionale Kunden und Absatzmärkte, besteht im Bereich der **europäischen und internationalen Ausrichtung** des Geschäfts ein großes Potenzial für die Raumfahrtanwendungsunternehmen. Gerade kleine und mittelständische Betriebe benötigen aber **Unterstützung bei der Finanzierung und dem Aufbau von Netzwerken und Partnerschaften**. Die bestehenden Cluster-Verbände der Luft- und Raumfahrt – das Forum *Luft- und Raumfahrt Baden-Württemberg (LR BW)*, das *Deutsche Zentrum für Satelliten-Kommunikation (DeSK)* und *BodenseeAIRea* – könnten hierzu sowohl innerhalb Baden-Württembergs mit weiteren Branchenforen zusammenarbeiten als auch die internationale Vernetzung stärken. Um die zukünftigen Potenziale der Raumfahrt zu nutzen, muss ein **Bewusstsein für NewSpace und seine Vorteile** geschaffen werden. Die politische Sichtbarkeit der Raumfahrt muss erhöht werden, damit sie nicht mehr als ein in sich geschlossener Nischensektor wahrgenommen wird. Aktionen wie **Ideenwettbewerbe** können ihren Teil dazu beitragen – im Fall von Googles Lunar X-Prize haben sie zu weltweiter Aufmerksamkeit geführt. Aber auch im kleineren Maßstab wirken Wettbewerbe im Start-up-Bereich und in der Forschung stimulierend. Das Innospace Masters, der Innovationswettbewerb des DLR Raumfahrtmanagements, und die Ideenwettbewerbe des ESA BIC sind ein guter Anfang und können um weitere ergänzt werden. Auch fachbezogene Veranstaltungen, wie Mission Zukunft und die Stuttgarter Raumfahrtkonferenz, tragen ihren Teil zur **Wahrnehmung der Raumfahrt als faszinierende Branche** in der Öffentlichkeit bei. Diese Faszination ist nötig, um die Fachkräfte von morgen zu gewinnen. Denn nur **hochspezialisierte Fachkräfte** können die Zukunft des Raumfahrtsektors der Region sichern. Das betrifft sowohl klassische Raumfahrtingenieure als auch IT-Spezialisten, die durch die zukünftige Verlagerung auf Digitalisierung und Anwendungen vermehrt gebraucht werden. Die **Verstärkung der IT-Fähigkeiten** ist daher ein wichtiger Baustein für den Erfolg im NewSpace-Bereich.

Baden-Württemberg hat alle Voraussetzungen, eine Hochburg der Raumfahrt zu bleiben und in vielen Bereichen von den neuen Entwicklungen zu profitieren. Zu einer florierenden NewSpace-Branche ist es aber noch ein weiter Weg, der durch eine ganze Reihe von Maßnahmen erleichtert werden kann. ■

## Literaturverzeichnis

1. **Forum Luft- und Raumfahrt Baden-Württemberg:** [www.lrbw.de](http://www.lrbw.de)
2. **Messerschmid, E.; Fasoulas, S.:** „Raumfahrtssysteme“, Lehrbuch im Springer Verlag, 5. Auflage, 2017, S. 18
3. **Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI):** „Zukunftsmarkt Weltraum“, <https://bdi.eu/publikation/news/zukunftsmarkt-weltraum/>; S. 11
4. **Hegmann, G.:** „Elon Musk als Verkehrsrowdy im All“, 4.9.2019, [https://www.welt.de/print/welt\\_kompakt/debatte/article199662234/Elon-Musk-als-Verkehrsrowdy-im-All.html](https://www.welt.de/print/welt_kompakt/debatte/article199662234/Elon-Musk-als-Verkehrsrowdy-im-All.html)
5. **Sheetz, M; Petrova, M.:** „Why in the next decade companies will launch thousands more satellites than in all of history“, 15.12.2019, <https://www.cnbc.com/2019/12/14/spacex-oneweb-and-amazon-to-launch-thousands-more-satellites-in-2020s.html>
6. **Sheetz, M.:** „SpaceX is looking to raise about \$250 million, valuing Elon Musk's space company at \$36 billion“, 21.2.2020, <https://www.cnbc.com/2020/02/21/spacex-raising-250-million-elon-musks-company-valuation-36-billion.html>
7. **Schadwinkel, A.:** „Megakonstellationen von Satelliten sind »Besorgnis erregend«“, 13.2.2020, <https://www.spektrum.de/news/megakonstellationen-von-satelliten-sind-besorgnis-erregend/1705616>
8. **Dörr-Voß, C.:** Antwort auf „Kleine Anfrage betr: Ziele und Zeitplan des angekündigten Weltraumgesetzes und weitere Vereinbarungen im Bereich Raumfahrt“, BT-Drucksache 19/3296
9. **BDLI-Branchendaten:**  
<https://www.bdli.de/sites/default/files/2019-05/Branchendaten2018.pdf>  
[https://www.bdli.de/sites/default/files/2018-04/Branchendaten\\_final.pdf](https://www.bdli.de/sites/default/files/2018-04/Branchendaten_final.pdf)  
[https://www.bdli.de/sites/default/files/2017-04/Branchendaten\\_final\\_0.pdf](https://www.bdli.de/sites/default/files/2017-04/Branchendaten_final_0.pdf)
10. **Space Tec und BHO Legal:** „New Space – Geschäftsmodelle an der Schnittstelle von Raumfahrt und digitaler Wirtschaft“, S. 98
11. **Dörr-Voß, C.:** Antwort auf „Kleine Anfrage betr: Ziele und Zeitplan des angekündigten Weltraumgesetzes und weitere Vereinbarungen im Bereich Raumfahrt“, BT-Drucksache 19/3296
12. **DLR:** <https://www.dlr.de/content/de/downloads/publikationen/broschueren/2018/das-dlr-in-zahlen-und-fakten.pdf>; S.12
13. **ESA:** [https://esamultimedia.esa.int/docs/corporate/Space-19plus\\_charts.pdf](https://esamultimedia.esa.int/docs/corporate/Space-19plus_charts.pdf)
14. **DLR:** [https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2019/04/20191128\\_esa-ministerratskonferenz-2019.html](https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2019/04/20191128_esa-ministerratskonferenz-2019.html)
15. **Enders, T.:** „Europa braucht in der Raumfahrt einen radikalen Umbruch“, 3.7.2018, <https://www.welt.de/debatte/kommentare/article178656568/Tom-Enders-Europa-muss-sich-in-der-Raumfahrt-neu-erfinden.html>
16. **Dörr-Voß, C.:** Antwort auf „Kleine Anfrage betr: Ziele und Zeitplan des angekündigten Weltraumgesetzes und weitere Vereinbarungen im Bereich Raumfahrt“, BT-Drucksache 19/3296
17. **DLR:** „Deutschland investiert 3,3 Milliarden Euro in die europäische Raumfahrt und ist stärkster Beitragszahler der ESA“, [https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2019/04/20191128\\_esa-ministerratskonferenz-2019.html](https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2019/04/20191128_esa-ministerratskonferenz-2019.html)
18. **Nußbaum, U.:** Antwort auf „Kleine Anfrage betr: Rechtsgrundlage und Finanzierungssicherheit für die Weltraumforschung“, BT-Drucksache 19/12817
19. **Space Tec und BHO Legal:** „New Space – Geschäftsmodelle an der Schnittstelle von Raumfahrt und digitaler Wirtschaft“, S. 59
20. **Süddeutsche Zeitung:** <https://www.sueddeutsche.de/wissen/raumfahrt-wie-deutschland-im-weltall-punkten-will-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-190131-99-792310>
21. **BDLI:** „Baden-Württemberg: Präzision und Zuverlässigkeit“, [https://www.bdli.de/sites/default/files/2017-12/BaW%C3%BC\\_Druckdaten.pdf](https://www.bdli.de/sites/default/files/2017-12/BaW%C3%BC_Druckdaten.pdf); S.5
22. **Clusterportal Baden-Württemberg:** <https://www.clusterportal-bw.de/aktuelles/spezielle-mitteilungen/spezielle-detailseite/news/land-unterstuetzt-deutsches-zentrum-fuer-luft-und-raumfahrt-mit-92-millionen-euro/>
23. **LR BW:** <https://www.lrbw.de/de/standort-bw/luft-und-raumfahrt-in-bw/>
24. **Tesat-Spacecom:** <https://www.tesat.de/de/media-center/presse/767-laserkommunikationstechnologie-von-tesat-setzt-neue-massst%C3%A4be>
25. **BDLI:** „Baden-Württemberg: Präzision und Zuverlässigkeit“, [https://www.bdli.de/sites/default/files/2017-12/BaW%C3%BC\\_Druckdaten.pdf](https://www.bdli.de/sites/default/files/2017-12/BaW%C3%BC_Druckdaten.pdf); S. 14
26. **ArianeGroup:** <https://www.ariane.group/wp-content/uploads/2019/06/ArianeGroup-at-Satellite-2019.pdf>
27. **Stüber, J.:** „Mit 100 Millionen will ein Berliner Investor Raumfahrt-Startups großmachen“, 15.4.2019, <https://www.gruenderszene.de/technologie/new-space-interstellar-ventures>
28. **Zimmermann, F.; Pedrazzani, D.; et al.:** Wachstum und neue Märkte durch Innovation aus der Raumfahrt. Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt - Lilienthal-Oberth e.V., 2019; S. 1
29. ebd.
30. ebd.
31. ebd.; S. 2
32. **Zimmermann, F.:** „Technologietransfer aus der Raumfahrt – innovative Startups nutzen Raumfahrttechnologie für irdische Anwendungen“, Gastvortrag im Rahmen der Vortragsreihe „IT-Gründung & Entrepreneurship“, Technische Universität Darmstadt, 20. Mai 2015

## An der Raumfahrtkonferenz 2019 waren beteiligt:

**Stefanos Fasoulas**, Universität Stuttgart (Programmleitung)

**Heinz Voggenreiter**, DLR (Programmleitung)

**Walter Cunningham**, NASA ret., Apollo 7

**Reinhold Ewald**, Universität Stuttgart

**Berndt Feuerbacher**, ehem. DLR

**Stefan Hässler**, ArianeGroup

**Michael Kleiner**,

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg

**Sabine Klinkner**, Universität Stuttgart

**Matthias Maurer**, ESA

**Ernst Messerschmid**, ehem. Universität Stuttgart

**Klaus Michel**, Tesat-Spacecom

**Markus Schelkle**, Airbus Defence and Space

**Wolfgang Schleich**, DLR

**Peter M. Schneider**, Autor

**Tina Stäbler**, DLR

**Johann-Dietrich Wörner**, ESA

## Weitere Interviewpartner der Studie:

**Eva-Maria Aicher**, Hensoldt

**Stefan Engelhard**, IHK Reutlingen, ESA BIC

**Mathias Spude**, ArianeGroup

**Frank Zimmermann**, Telespazio Vega, ESA BIC

## IMPRESSUM:

Autor: **Torsten Schilling, M. A.**

Lektorat: **Dorothea Lauer**  
**Alisa Griebler, M. Sc.**

Grafik: **Kerstin Fuchs**  
[www.salzwasserfuchs.com](http://www.salzwasserfuchs.com)

**Deutsche Gesellschaft für Luft- und  
Raumfahrt – Lilienthal-Oberth e.V. (DGLR)**

Godesberger Allee 70

DE-53175 Bonn

Tel.: +49 228 30805-0

Fax: +49 228 30805-24

E-Mail: [info@dglr.de](mailto:info@dglr.de)

Internet: [www.dglr.de](http://www.dglr.de)



**DGLR – Deutsche Gesellschaft für  
Luft- und Raumfahrt Lilienthal-Oberth e.V.**

Godesberger Allee 70 / 53175 Bonn

Tel.: (+49) 228 / 30805-0

Fax: (+49) 228 / 30805-24

Mail: [info@dglr.de](mailto:info@dglr.de)