

Raumfahrt: Zeitenwende auch im All

Kurz & klar

- Der Ukraine-Krieg beendet auch das Zeitalter der internationalen Kooperation im Weltraum, künftig wird die militärische Raumfahrt eine bedeutende Rolle einnehmen.
- „New Space“ und die Mega-Konstellationen von SpaceX und Amazon geben der kommerziellen Raumfahrt neue Impulse.
- Angesichts der geopolitischen Blockbildung müssen die europäischen Staaten ihr Weltraumengagement deutlich verstärken, um die Abhängigkeit von den USA zu verringern.

Vom „Space Race“ zu „Star Wars“?

- ISS als Höhepunkt der internationalen Zusammenarbeit in der Raumfahrt

Nationale Sicherheitsinteressen waren in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts der Antrieb zum „Space Race“, dem militärisch-technologischen Wettlauf ins All zwischen den USA und der damaligen Sowjetunion. Mit dem Ende des „Kalten Krieges“ trat der Sicherheitsaspekt als wesentlicher Impulsgeber für die Raumfahrtaktivitäten in den Hintergrund und die kommerzielle und wissenschaftliche Nutzung von Weltraumanwendungen rückte verstärkt in den Fokus. Aufgrund der hohen Kosten für die Erforschung des Weltraums, waren die staatlichen Raumfahrtbehörden zunehmend zu Kooperationen bereit, was zu einer Intensivierung der internationalen Zusammenarbeit führte. Diese Zusammenarbeit war das prägende Element dieser Phase und erreichte mit der Internationalen Raumstation ISS ihren bisherigen Höhepunkt, an deren Aufbau insgesamt 15 Länder beteiligt waren, darunter Russland.

Vor dem Hintergrund großer und teurer Projekte waren es in erster Linie staatliche Behörden wie die National Aeronautics and Space Administration (NASA) in den USA oder die European Space Agency (ESA) in Europa, die öffentlich finanzierte Programme, wie beispielsweise das EU-Navigationssystem Galileo, in den Weltraum brachten. Gleichzeitig festigte sich angesichts der hohen Kosten und Risiken der Raumfahrt eine Industriestruktur, die von internationalen Großkonzernen dominiert war.

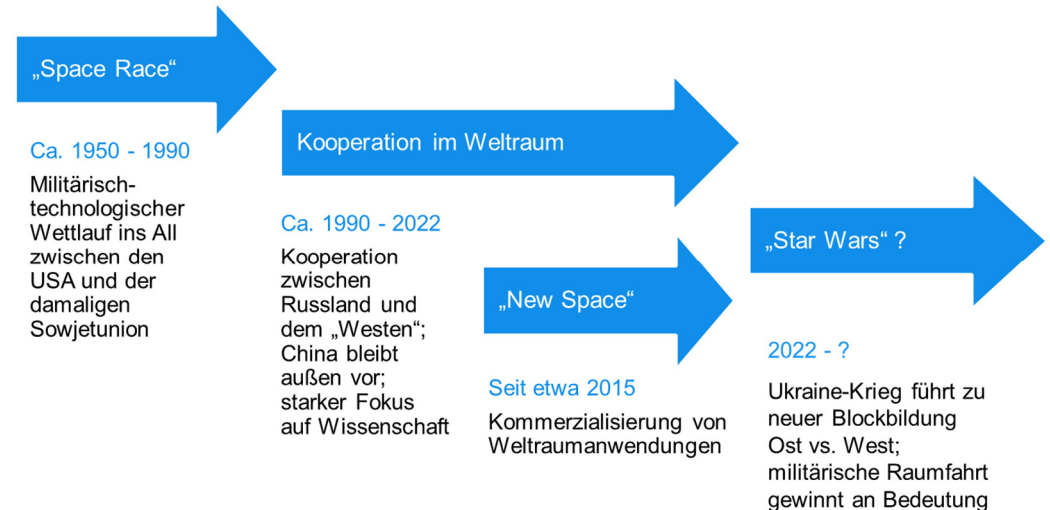
- „New Space“ bricht traditionelle Strukturen auf

Lange sah es danach aus, als ob sich an dieser Situation auf absehbare Zeit nichts ändern würde, ehe vor einigen Jahren das Zusammenspiel aus Digitalisierung, technischen Innovationen (in den Bereichen Software und Miniaturisierung) und neuen Geschäftsmodellen (auf Basis kommerzieller Raumfahrtanwendungen) dazu geführt hat, dass vor allem Technologie-Unternehmen mit risikoreichen Projekten und innovativen Geschäftsideen die starren Strukturen aufgebrochen und den Wettbewerb in der Raumfahrt mit neuem Leben erfüllt haben. Im Fokus dieser Geschäftsmodelle steht die weltweit stark wachsende Datenübertragung infolge einer zunehmenden Zahl an mobilen Anwendungen. So entfallen inzwischen zwischen 20 und 30% des Raumfahrtmarktes auf das in den letzten Jahren stark

- Innovationen in den Bereichen Herstellung, Antrieb und Wiederverwendbarkeit senken die Kosten für den Zugang ins All

gewachsene Geschäft mit satellitengestützten Daten. Diese Verzahnung von satellitenbasierten Dienstleistungen mit kommerziellen Anwendungen im IT-Sektor wurde unter dem Schlagwort „New Space“ bekannt und hat die Kosten und Preise für Raketenstarts und Weltraummissionen massiv reduziert, wodurch sich inzwischen immer mehr Unternehmen und wissenschaftliche Einrichtungen den Zugang zum All leisten können – ein Trend der sich fortsetzen wird.

Epochen der Raumfahrt im 20. und 21. Jahrhundert



Quelle: BayernLB Research

Angesichts knapper Raumfahrtbudgets nutzen zunehmend auch staatliche Raumfahrtorganisationen – allen voran die NASA – die vergleichsweise günstigen Angebote der privaten „Newcomer“ und beteiligen diese an Raumfahrtprojekten. So kehrten die USA 2020 mit der Falcon-9-Rakete und einem Raumschiff von SpaceX zur bemannten Raumfahrt zurück, und inzwischen ist die US-Raumfahrt ohne das Unternehmen von Elon Musk kaum mehr vorstellbar. Dementsprechend geht die NASA inzwischen auch davon aus, dass mittelfristig Weltraumtransporte in die erdnahe Erdumlaufbahn weitgehend von privaten Anbietern übernommen werden. Das wiederum intensiviert den Wettbewerb in der Raumfahrt und die starren Strukturen gehören endgültig der Vergangenheit an.

- Ukraine-Krieg läutet neues Kapitel der Raumfahrt ein

Mit dem Ausbruch des Ukraine-Kriegs dürfte nun ein neues Kapitel in der Raumfahrt eingeleitet sein. Eine weitere vertrauensvolle Zusammenarbeit zwischen Russland und den westlichen Staaten ist auf absehbare Zeit kaum vorstellbar. Inzwischen hat auch die russische Raumfahrtbehörde Roskosmos ihren Rückzug aus dem Betrieb der ISS angekündigt. Bis 2024 will Russland zwar allen Verpflichtungen gegenüber seinen Partnern nachkommen, doch ohne die russische Mitarbeit müssen die Abläufe auf der ISS neu organisiert werden. Die Zukunft des über 20 Jahre alten Außenpostens der Menschheit ist damit genauso in Frage gestellt, wie z.B. das europäisch-russische Raumsondenprojekt ExoMars. Ebenso unsicher ist, ob noch einmal russische Sojus-Raketen vom europäischen Weltraumbahnhof in Französisch-Guayana abheben werden. Es ist daher davon auszugehen, dass die Ära der internationalen Kooperation in der Raumfahrt vorerst beendet ist. Vielmehr dürften sich künftig zwei Blöcke gegenüberstehen – angeführt von den USA auf der einen Seite und China bzw. Russland auf der anderen Seite – von denen jeder seine eigenen Sicherheits- und Wirtschaftsinteressen im Weltraum verfolgt. Damit wird auch die militärische Raumfahrt verstärkt in den Fokus künftiger Vorhaben rücken. Und während Staaten wie die USA, Russland oder China den Weltraum schon lange in ihre militärischen Pläne integriert haben, muss gerade das auf zivile Projekte fokussierte Europa die Frage beantworten, wie es auf die veränderten Rahmenbedingungen reagieren will.

Raumfahrttechnologien bestimmen den Alltag – zivil und militärisch

Satellitenanwendungen und -technologien sind dank Fernsehübertragungen, Smartphones, Navigationssystemen etc. inzwischen ein fester Bestandteil unseres Alltags geworden. Darüber hinaus werden immer mehr Infrastruktureinrichtungen (militärisch und zivil) über Weltraumobjekte und -systeme gesteuert. Angesichts technologischer Megatrends wie Digitalisierung und Automatisierung sowie gesellschaftspolitischer Herausforderungen wie Klima- und Umweltschutz, Migration und innere Sicherheit ist zu erwarten, dass der Bedarf an modernen Weltraumdienstleistungen weiter stark zunimmt. Im Mittelpunkt stehen dabei die Erdbeobachtung und Kommunikation, denen im Weltall keinerlei regionale Grenzen gesetzt sind.

- ▶ Doppelter Verwendungszweck vieler Weltraumobjekte und -systeme

Das sorgt aber auch für eine Besonderheit der Raumfahrt, denn nahezu alle Anwendungen können sowohl zivil als auch militärisch genutzt werden („Dual use“). So können z.B. Erdbeobachtungssatelliten sowohl Migrationsbewegungen als auch militärische Truppenbewegungen verfolgen. Technologien, die das Annähern oder Ankoppeln eines Satelliten an einen anderen ermöglichen, können einerseits für Wartungsarbeiten im Orbit genutzt werden, andererseits kann damit auch ein Satellit zerstört oder sein Betrieb gestört werden. Dadurch werden Satelliten zu militärischen Zielobjekten, und für die weltraumfahrenden Länder wird es immer wichtiger, ihre Weltraumressourcen zu schützen.

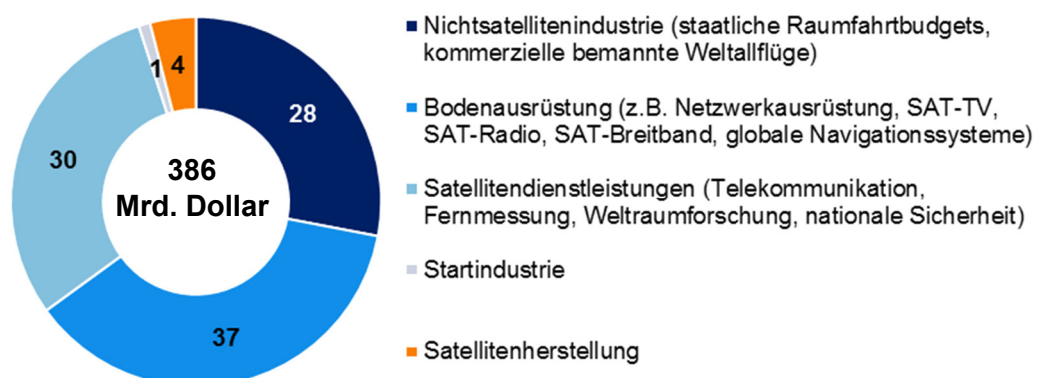
Zwischen traditionellen Strukturen und „New Space“

- ▶ USA als weltweit führende Raumfahrtnation

Die führende Raumfahrtnation sind die USA, und US-Behörden wie das Verteidigungsministerium oder die NASA sind für etwa die Hälfte der weltweiten Umsätze in der Raumfahrtindustrie verantwortlich. Russland folgt auf dem zweiten Platz und China hat sich inzwischen als dritte Macht im Weltraum etabliert. Auch europäische Staaten und Japan unterhalten Weltraumprogramme, sind bei vielen Projekten aber auf die Unterstützung der USA oder Russlands angewiesen. In Anbetracht der Möglichkeiten, die die Raumfahrt bietet, streben auch zahlreiche andere Staaten ins All. Insgesamt 90 Länder sind nach Angabe der Space Foundation inzwischen im Weltraum engagiert.

Der Großteil der Umsätze am globalen Weltraummarkt sind kommerzieller Natur und entfällt auf Dienstleistungen wie Telekommunikation und Rundfunk, Positionierung, Navigation, Zeitmessung und Erdbeobachtung.

Globaler Raumfahrtmarkt 2021 (Anteile in Prozent)



Quelle: Satellite Industry Association über Bryce Tech

Betrachtet man die Marktstrukturen, so entfällt der größte Anteil am globalen Raumfahrtmarkt auf das Segment der Bodenausrüstung. Hier wiederum dominiert mit einem Anteil

von 77% der Bereich der Navigationssysteme. Weitere umsatzstarke Segmente sind staatliche Raumfahrtprogramme (ohne Bezug zur Satellitenindustrie) und kommerzielle Flüge in den Weltraum sowie Satellitendienste, die wiederum zu über 80% von den Teilbereichen Internet, Radio und Fernsehen getragen werden. Die wichtigsten Satellitenkategorien sind daher Satelliten zur Erdbeobachtung und Fernerkundung, Satelliten für Navigationssysteme sowie Telekommunikationssatelliten.

Wichtige Satellitenkategorien

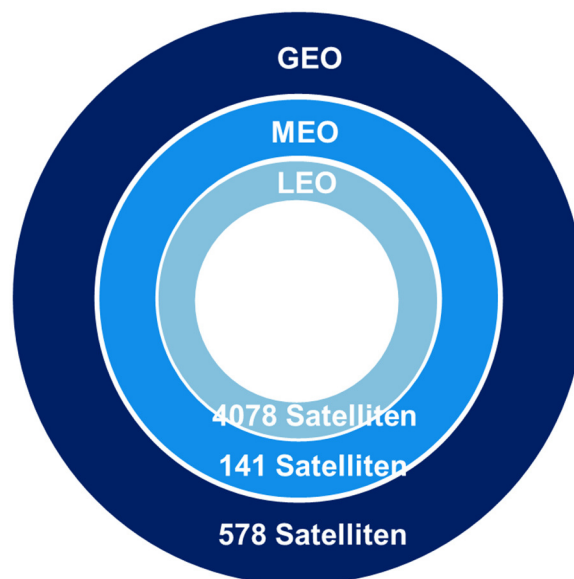
Satellitentyp	Anwendung
Erdbeobachtung und Fernerkundung	Sammeln von Bildern und Daten über das Land, das Meer und die Atmosphäre u.a. zum Klima-, Umwelt- und Katastrophenschutz oder zur militärischen Aufklärung.
Kommunikation	Globale Kommunikationsnetze für weltweite Sprachkommunikation, Fernsehübertragungen, Breitband-Internet, mobile Dienste und Datenübertragung (für zivile, militärische und kommerzielle Nutzer).
Ortung, Navigation und Zeitmessung	Satellitennavigationssysteme liefern Daten, die es zivilen, kommerziellen und militärischen Nutzern ermöglichen, ihren genauen Standort und die Ortszeit zu bestimmen.

Quelle: DIA (Challenges in Space 2022), BayernLB Research

- Kosten und Verwendungszweck bestimmen Umlaufbahn von Satelliten

Satelliten werden entsprechend ihrer Mission in verschiedene Umlaufbahnen der Erde gebracht. Lange Zeit waren die bevorzugten Satellitenbahnen die mittlere Erdumlaufbahn (Medium Earth Orbit, MEO) und die geosynchrone Umlaufbahn (GSO) bzw. deren Spezialform, die geostationäre Umlaufbahn (GEO). So befinden sich beispielsweise viele Kommunikationssatelliten in der geostationären Umlaufbahn, da in dieser Höhe eine umfangreiche Abdeckung mit wenigen, aber großen Satelliten möglich ist. Die mittlere Erdumlaufbahn stellt dagegen oftmals einen Kompromiss zwischen dem Aufwand für das Erreichen eines spezifischen Orbits und der dort möglichen Signalabdeckung dar. Dank Technologiesprünge in der Satellitentechnik können inzwischen auch kleinere Satelliten (500 kg und weniger) in der erdnahen Umlaufbahn (Low Earth Orbit, LEO) Aufgaben übernehmen, die ursprünglich nur von den größeren MEO- und GSO-Satelliten (über 500 kg) erledigt werden konnten.

Umlaufbahnen und deren typische Satelliten



Erdnahe Umlaufbahn (LEO)

- Kommunikationssatelliten
- Erdbeobachtungs- und Fernerkundungssatelliten
- Wettersatelliten
- Umlaufbahn der ISS

Mittlere Erdumlaufbahn (MEO)

- Navigationssatelliten, Umlaufbahn der GPS- und Galileo-Satelliten
- Globale Kommunikationssatelliten

Geostationäre Umlaufbahn (GEO)

- Kommunikationssatelliten
- Erdbeobachtungs- und Fernerkundungssatelliten
- TV-Satelliten
- Wettersatelliten

Quellen: Union of Concerned Scientists (Stand: Januar 2022), BayernLB Research

- Viele neue Satelliten in erdnahen Umlaufbahnen

Die Vorteile dieser Kombination liegen in deutlich geringeren Kosten für die Satelliten und den Zugang zum Weltraum. Unter anderem müssen die Satelliten aufgrund der Erdnähe nicht so stark vor Strahlung geschützt werden und weisen eine geringere Latenzzeit (Verzögerung des Signals bei der Übertragung) im Vergleich zu Satelliten in den MEO- oder GSO-Umlaufbahnen auf, wodurch sie vor allem für Anwendungen geeignet sind, bei denen es auf eine schnelle Kommunikation ankommt (z.B. Videoanrufe, Telefongespräche, Internetsuche, Online-Spiele). „Ridesharing“-Angebote in die niedrige Erdumlaufbahn tragen zu sinkenden Startkosten bei und die oft in Serie (und dadurch günstiger) gefertigten Klein- und Kleinstsatelliten können mittlere und große Satelliten ideal ergänzen. Dies ermöglicht den Anbietern von Satellitenkommunikationsdiensten die Erschließung neuer Märkte. Von Nachteil ist dagegen, dass LEO-Satelliten meist in großer Zahl in den Orbit gebracht werden müssen, um eine angemessene Abdeckung zu gewährleisten.

Bedeutende Erdumlaufbahnen

Umlaufbahn	Anwendungen und Beispiele
Erdnahe Umlaufbahn (LEO) 200 – 2.000 km Höhe	Die Erdnähe ermöglicht geringe Übertragungszeiten und hohe Bandbreiten bei der Kommunikation und genaue Ergebnisse bei der Erdbeobachtung; für eine globale Abdeckung ist aufgrund des niedrigen Orbits eine Vielzahl von Satelliten erforderlich, die wegen orbitalen Verfalls rasch ausgetauscht werden müssen.
Mittlere Erdumlaufbahn (MEO) 2.000 – 36.000 km Höhe	Kompromisslösung für Satellitennetze: die starken Signaldämpfungen und langen Latenzzeiten der GEO-Satelliten werden vermieden und es werden weniger Satelliten benötigt als bei LEO-Systemen.
Geosynchrone Umlaufbahn (GSO) etwa 36.000 km Höhe	Umfangreiche Abdeckung der Erdoberfläche: wenige Satelliten in dieser Höhe reichen aus, um die gesamte Erde mit Signalen zu versorgen.
Geostationäre Umlaufbahn (GEO); GSO-Umlaufbahn über dem Äquator	GEO: traditionelle Umlaufbahn für Kommunikations- und Wettersatelliten
Hochelliptische Umlaufbahn (HEO) Bis 40.000 km Höhe am höchsten Punkt	Erdbeobachtungs- und Fernerkundungssatelliten, Kommunikationssatelliten, Raketenwarnsystem.
Geostationäre Transferbahn (GTO; elliptische Umlaufbahn)	Erdumlaufbahn, auf der Satelliten von Trägerraketen ausgesetzt werden, um danach endgültig auf einer geosynchronen beziehungsweise geostationären Umlaufbahn positioniert zu werden.

China und Russland fordern die USA im Weltall heraus

- Hohe Weltrauminvestitionen von Russland und China

Russland und vor allem China haben in den vergangenen Jahren erheblich in den Ausbau und die Modernisierung ihrer Satellitenflotten und ihrer Fähigkeiten in der Weltraumtechnik investiert.

China auf dem Weg zur Weltraummacht

Die Volksrepublik China hat als drittes Land der Welt (nach den USA und Russland) eigenständig Menschen in den Weltraum gebracht, verfügt mit „Langer Marsch“ über eine leistungsfähige Trägerrakete, landete 2019 als erste Raumfahrtation auf der erdabgewandten Seite des Mondes und setzte 2021 Landfahrzeuge auf dem Mars aus. Das von China entwickelte Navigationssystem Beidou verfügt über eine hohe Positionsgenauigkeit und bietet seine Dienste für Navigation, Ortung und Zeitmessung inzwischen weltweit an. Bei der

Quantenkommunikation (superschnelle Datenübertragung via Satellit über Lichtteilchen) gilt China sogar als Vorreiter.

Bei der Entwicklung seiner Raumfahrtfähigkeiten ist die Volksrepublik – abgesehen von einer Kooperation mit Russland – weitgehend auf sich allein gestellt. Der NASA ist eine Zusammenarbeit mit chinesischen Behörden sogar gesetzlich verboten. Ungeachtet dessen treibt China seine Raumfahrtprogramme erfolgreich voran und hat ehrgeizige Pläne. So will China 2033 seine erste bemannte Mission zum Mars schicken und plant eine „kilometer-große“ Raumstation aus neuartigen Verbundwerkstoffen. Angesichts der Erfolge im zivilen Bereich ist davon auszugehen, dass China auch in der militärischen Raumfahrt große Fortschritte erzielt hat. Zwar setzt sich die Volksrepublik offiziell für eine friedliche Nutzung des Weltraums ein, geht aber gleichzeitig davon aus, dass weltraumgestützte Systeme bei der Verwirklichung militärischer Ziele eine immer wichtigere Rolle spielen werden. Vor diesem Hintergrund hat China in Anti-Satelliten-Technologien investiert und mobile Störsender entwickelt, um Satellitenkommunikation und GPS zu blockieren. Zudem verfügt China über die zweitgrößte Flotte an Aufklärungssatelliten nach den USA.

- Raumfahrt dient in Russland zivilen und militärischen Zielen

Russland sieht Weltraum als möglichen militärischen Schauplatz

Russland hat als Pionier der zivilen Raumfahrt (im Zeitalter der UdSSR) den ersten Satelliten und den ersten Menschen ins All geschickt, betrachtet den Weltraum aber auch seit jeher als möglichen Kriegsschauplatz und treibt die Entwicklung entsprechender Fähigkeiten voran. Vor diesem Hintergrund lassen sich zivile und militärische Raumfahrt in Russland kaum voneinander trennen. Die russischen Sojus-Trägerraketen gelten als äußerst zuverlässig und unterstützen seit vielen Jahren internationale Raumfahrtprojekte, u.a. zum Ausbau der ISS.

Die Sanktionen der USA, Westeuropas und Japans als Reaktion auf den Ukraine-Krieg belastet die russische Raumfahrtindustrie, da die Unternehmen auf westliche Technologien und Komponenten angewiesen sind. Ungeachtet dessen verfügt Russland über eine der leistungsfähigsten Satellitenflotten der Welt, die sowohl zivile als auch militärische Zwecke erfüllen. Auch Russland betreibt ein eigenes Satellitennavigationssystem (GLONASS), das weltweit im Einsatz ist und das sowohl die Wirtschaft als auch die Sicherheitsinteressen des Landes unterstützt. Nach dem verkündeten Ausstieg aus der Internationalen Raumstation will Russland bis Ende des Jahrzehnts eine eigene Raumfahrtstation in den Weltraum bringen. Aufgrund der Sanktionen westlicher Staaten dürfte sich die russische Raumfahrtbehörde Roskosmos verstärkt Kooperationen mit nicht-westlichen Raumfahrtländern zuwenden und insbesondere die Kooperation mit China intensivieren. Zudem wird die militärische Raumfahrt künftig deutlich mehr Gewicht bekommen, worauf auch die Neubesetzung der Spitze der Raumfahrtbehörde mit dem bisher für die Rüstungsindustrie zuständigen Vize-Vizegierungschef Borissow hindeutet.

Zivile Programme stehen im Mittelpunkt der europäischen Raumfahrt

Angesichts der hohen Kosten und Komplexität haben die europäischen Länder ihre Raumfahrtaktivitäten weitgehend unter dem Dach der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) zusammengeschlossen. Dabei gilt das Prinzip des „Geographic-Return“, was bedeutet, dass jedes Land, das sich finanziell an Raumfahrtprogrammen beteiligt, diesen Beitrag in Form von Industrieaufträgen wieder zurückerhält. Dieses Prinzip sichert einerseits die Finanzierung teurer Projekte, verkompliziert aber andererseits die Fertigungsprozesse und macht sie anfällig für Lieferverzögerungen durch Zulieferer, die quer über Europa verteilt sind.

- ▶ „Galileo“ und „Copernikus“ als europäische Leuchtturmprojekte

Die europäische Raumfahrt ist auf zivile Programme fixiert, wodurch die Raumfahrtunternehmen deutlich weniger von militärischen Aufträgen profitieren, als z.B. Unternehmen in den USA oder Russland. Mit Ariane 5 und künftig 6 verfügt Europa über zwei leistungsstarke Trägerraketen, die meist vom europäischen Startplatz in Französisch-Guyana abheben. Betreiber der Startdienste ist ArianeSpace, das neben den Ariane-Raketen auch VEGA-Raketen vermarktet.

Die beiden europäischen Leuchtturmprojekte sind das Navigationssystem „Galileo“ und das Erdbeobachtungsprogramm „Copernikus“. Angesichts der zunehmenden Bedeutung von sicherheitsrelevanten Informationen und deren Übertragung, ist eine sichere und jederzeit verfügbare Konnektivität in einem belastbaren Netz von hoher strategischer Relevanz. So wurden innerhalb der Galileo-Dienste auch Kapazitäten für eine staatliche Nutzung (z.B. Polizei, Katastrophenschutz) reserviert. In Anbetracht des technologischen Wettbewerbs im Weltraum soll die Modernisierung der Galileo-Satelliten nun vorgezogen werden und im Jahr 2024 beginnen.

- ▶ Europa plant eigene Megakonstellation

Mit der wachsenden Nutzung satellitengestützter Anwendungen durch die europäische Wirtschaft geht es für Europa künftig verstärkt auch darum, die Eigenständigkeit und Unabhängigkeit seiner Raumfahrt langfristig sicherzustellen. Um den Mega-Konstellationen der US-Konzerne SpaceX und Amazon im erdnahen Orbit etwas entgegenzusetzen, plant die EU eine eigene Satellitenkonstellation, die europäische Unternehmen mit Hochgeschwindigkeits-Breitbanddiensten und staatliche Nutzer mit zuverlässiger und sicherer Kommunikation versorgen soll. Die Bereitstellung erster Dienste ist für 2025 geplant, die Fertigstellung könnte 2028 erfolgen. Die Gesamtkosten werden auf etwa 6 Mrd. Euro geschätzt, wobei die Mittel aus verschiedenen Quellen des öffentlichen Sektors (EU-Haushalt, Mitgliedstaaten, ESA) und aus Investitionen des Privatsektors kommen sollen.

Unterschiedliche Ziele im Verfolgerfeld

Neben den führenden Raumfahrtnationen haben viele weitere Länder Weltraumprogramme gestartet, deren Zielsetzung sehr unterschiedlich ist. So verfügt **Indien** über ein eigenes regionales Navigationssystem und betreibt ein Marsprogramm. Zudem bietet das Land mit seiner Trägerrakete „Polar Satellite Launch Vehicle“ (PSLV) preisgünstige und zuverlässige Weltraumstarts in den erdnahen Orbit an und will seinen Marktanteil in diesem Bereich in den kommenden Jahren weiter ausbauen. Angesichts des angespannten Verhältnisses zu China dürfte Indien aber auch intensiv an der Verbesserung seiner militärischen Weltraumfähigkeiten arbeiten. **Japan** verfolgt mit seinem Raumfahrtprogramm vor allem wirtschaftliche Ziele und die **Vereinigten Arabischen Emirate** möchten sich als Exporteur von Raumfahrtssystemen und -dienstleistungen etablieren. Auch Länder wie der Iran oder Nordkorea haben Raumfahrtambitionen, die vermutlich vorrangig militärischen Zwecken dienen dürften.

Zivile Raumfahrt im „Datenrausch“ von New Space

- ▶ Raumfahrt profitiert vom wachsenden Konsum von Fernsehen und Internet

Die zivile Raumfahrt ist durch die Kommerzialisierung vieler Raumfahrtanwendungen durch Unternehmen aus dem Internet- und Technologiesektor in eine neue Ära eingetreten. Diesen Unternehmen ist es gelungen, durch Innovationen in den Bereichen Herstellung, Antrieb und Wiederverwendbarkeit die Kosten für den Zugang zum Weltall erheblich zu reduzieren. Im Mittelpunkt stehen dabei Technologien wie der 3D-Druck, die Verwendung von Gleichteilen (beim Satellitenbau) oder der Einsatz von Cloud-Computing. Zudem sind die Satelliten deutlich leistungsfähiger geworden. Für die kommenden Jahre ist mit einer steigenden Zahl an Weltraumstarts und der Verwendung zahlreicher kleinerer Satelliten für die erdnahe Umlaufbahn zu rechnen, was ebenfalls Druck auf die Kosten ausüben wird. Der

Trend sinkender Preise für den Zugang zum Weltraum dürfte sich somit fortsetzen. Dies wiederum ermöglicht neue, innovative und weltraumgestützte Geschäftsmodelle rund um Zukunftsthemen wie globale Datennetze, Breitbandversorgung, Internet der Dinge oder autonome Systeme, die unter dem Schlagwort „New Space“ bekannt geworden sind.

► SpaceX als „New Space“-Vorreiter

Vorreiter dieser Entwicklung ist das Unternehmen SpaceX, das für seine Satellitenkonstellation „Starlink“ in der Endstufe rund 40.000 Satelliten im All platzieren will, viele davon in der erdnahen Umlaufbahn. Damit soll nahezu jedem Ort der Welt ein Internetzugang ermöglicht werden, der sich durch hohe Übertragungsraten (bis 150 Mbit/s) und eine geringe Latenz auszeichnet. Da sich LEO-Satelliten aber nur wenige Jahre im Orbit halten, um danach in der Atmosphäre zu verglühen, benötigt die Starlink-Konstellation aufgrund der hohen Ersatzfrequenz günstige Satelliten und preiswerte, kleine Raketen für den Transport. Ähnliche Konstellationen planen Amazon und OneWeb.

Damit derartige Geschäftsmodelle auf lange Sicht profitabel und zukunftsfähig werden, müssen die Kosten weiter sinken. Der Fokus liegt dabei vor allem auf weiteren Senkungen der Startkosten (z.B. durch kleinere Trägerraketen), technischen Verbesserungen an den Satelliten und Antennen sowie der Nutzung von künstlicher Intelligenz und Skaleneffekten (u.a. durch die Standardisierung von Satellitenhardware). Auf der Nachfrageseite erwarten sich die Satellitenbetreiber in den kommenden Jahren Impulse durch ein Wachstum des Datenvolumens infolge immer mehr mobiler Anwendung wie z.B. das autonome Fahren.

Deutschland als wichtiger „New Space“-Standort in Europa

► Deutschland produziert „New Space“-Trägerraketen

Deutschland hat sich inzwischen zu einem bedeutenden „New Space“-Standort in Europa entwickelt, wobei der Schwerpunkt auf der Entwicklung neuer Trägerraketen liegt. Die bisher in der Raumfahrt genutzten Trägerraketen sind auf den Transport großer Satelliten mit mehr als 1.000 kg Gewicht ausgelegt. Wollen Unternehmen kleinere Satelliten in den Weltraum bringen, müssen sie bislang auf den jeweils nächsten Start einer Ariane oder Falcon-Rakete warten und ihre Satelliten als Zuladung anbringen. Das dauert lange und ist teuer und aufwendig, auch, weil für den Transport der Satelliten an die oft weit entfernten Startplätze besondere Exportgenehmigungen erforderlich sind. Darüber hinaus müssen die Betreiber von Kleinsatelliten den Anforderungen und dem Zeitplan des Hauptkunden folgen, insbesondere was die Umlaufbahn betrifft. In Summe führt dies zu langen Wartezeiten und oft unverhältnismäßig hohen Kosten für den Start kleiner Satelliten.

► Kleinere Satelliten im „New Space“ Fokus

Die auf kleinere Satelliten (500 kg und weniger) ausgelegten „New-Space“-Geschäftsmodelle benötigen daher auch kleinere Raketen (sog. „Microlauncher“), die schnell vollgeladen sind und oft ins All starten. Auf dieses Segment fokussieren sich deutsche Unternehmen wie Isar Aerospace oder Rocket Factory Augsburg, die passende Trägerraketen entwickeln, um ihren Kunden darauf Startplätze anzubieten. Beispielsweise ist die von Isar Aerospace gebaute, 27 Meter lange Trägerrakete „Spectrum“ darauf ausgelegt, kleine und mittelgroße Satelliten in eine erdnahe Umlaufbahn zu transportieren und Rocket Factory Augsburg plant langfristig mit wöchentlichen Starts.

Da der Transport kleinerer Satelliten in passende Umlaufbahnen auch von kontinentaleuropäischen Standorten aus möglich ist, wird über einen solchen Weltraumbahnhof nachgedacht, der die traditionellen außereuropäischen Startplätze ergänzen könnte. Unter anderem will das Unternehmenskonsortium „German Offshore Spaceport Alliance“ Starts für kleine Trägerraketen von schwimmenden Plattformen aus der Nordsee heraus ermöglichen, wobei ein Schiff als mobile Startrampe fungieren soll. Neben der Nordsee sind Startplätze in Großbritannien, Norwegen, Schweden und auf einer portugiesischen Azoreninsel im Gespräch.

- ▶ Satelliteninternet ergänzt Infrastrukturen am Boden

Ungeachtet seines Potenzials kann das Satelliteninternet aber nur eine Ergänzung zu bodengestützten Internet-Infrastrukturen sein, die in der Regel günstiger sind. Das Internet über Satellit ist daher v.a. eine Lösung für Menschen und Unternehmen in dünn besiedelten Gegenden, die nicht ausreichend über Glasfaser versorgt werden können oder für Anwendungen, die auf eine ununterbrochene Datenversorgung angewiesen sind, wie z.B. das autonome Fahren oder das Internet der Dinge. Hinzu kommen Endmärkte, bei denen terrestrische Lösungen nicht möglich sind, wie in der Luftfahrt oder auf See. Gleichzeitig ist davon auszugehen, dass nicht alle ehrgeizigen Pläne der Satellitenbetreiber umgesetzt werden, sondern einige der kommerziellen Satellitenbetreiber sowohl die angepeilte Größe ihrer Konstellation als auch ihren ursprünglichen Zeitplan verfehlen werden. Vor diesem Hintergrund wird auch nicht jeder Anbieter von Trägerraketen für mittelgroße und kleine Satelliten den kommerziellen Maßstab erreichen. Wir gehen davon aus, dass sich in den nächsten Jahren zwischen fünf und zehn Anbieter auf dem Markt etablieren, wovon zwei oder drei aus Europa stammen werden.

Insgesamt befindet sich der „New Space“-Markt noch in einem frühen Entwicklungsstadium und wird derzeit im Wesentlichen von einigen wenigen Projekten getragen, für die der Einsatz von tausenden Satelliten geplant ist. Dazu gehören die Mega-Konstellationen von OneWeb, Kuiper und Starlink. Die beide letzteren werden von Unternehmen betrieben (Amazon/Blue Origin und SpaceX), die vertikal in die Raumfahrt-Wertschöpfungskette integriert sind und die daher vorrangig ihre eigenen Startdienste nutzen dürften. Von besonderem Nachteil für EU-Unternehmen ist zudem, dass keines dieser Mega-Konstellationsprojekte in der EU angesiedelt ist. Damit fehlt den jungen EU-Akteuren weitgehend der Zugang zu den Mega-Projekten und sie müssen vor allem auf das geplante EU-Programm hoffen. Gleichzeitig entwickeln die etablierten Anbieter neue Angebote für den Kleinsatellitenmarkt und passen ihre großen Raketen entsprechend an.

Zukünftig wird es somit einen Mix aus kleinen, mittleren und großen Trägersystemen geben, um unterschiedlichen Kundenwünschen optimal Rechnung zu tragen und die europäischen „New-Space“-Unternehmen stehen vor der Herausforderung, sich auf diesem Markt zu etablieren.

Zeitenwende in der militärischen Raumfahrt durch geopolitische Blockbildung

- ▶ Militärische Raumfahrt gewinnt stark an Bedeutung

Weltraumbasierte Aufklärung, Kommunikation und Navigation ermöglichen modernen Streitkräften die erforderliche Reichweite, Präzision und Mobilität. So beobachten z.B. Fernerkundungssatelliten die Bewegung von Streitkräften, Satellitenkommunikation schafft sichere Kommunikationswege auch in abgelegenen Gebieten außerhalb des eigenen Hoheitsgebiets und Navigationssatelliten ermöglichen die Steuerung von bemannten und unbemannten Luft-, Land- und Seeinheiten und sind für die Waffensteuerung unerlässlich. Gleichzeitig bietet das Ausschalten dieser Systeme die Möglichkeit, im Konfliktfall entscheidende operative und taktische Vorteile gegenüber dem Gegner erzielen zu können. Angesichts der strategischen Vorteile, die weltraumbasierte Anwendungen ermöglichen, befassen sich immer mehr Länder mit der Entwicklung entsprechender Gegenmaßnahmen. Im Fokus steht dabei einerseits der Schutz der eigenen Weltraumkapazitäten, andererseits soll der Gegner an der Nutzung seiner Weltraumressourcen gehindert werden, was damit einhergeht, die gegnerischen Systeme zu stören, zu beeinträchtigen oder zu zerstören.

Nachweislich über „Hard-kill“-Fähigkeiten verfügen die USA, Russland, China und Indien. Tatsächlich eingesetzt werden in militärischen Operationen derzeit aber nur nicht-kinetische Technologien. Zahlreiche Länder dürften versuchen, insbesondere ihre Fähigkeiten bei elektronischen Störmethoden und bei Cyber-Angriffen weiter zu verbessern, da der

Einsatz dieser Mittel einerseits eine große Wirkung entfaltet und sich andererseits bereits gezeigt hat, dass mit derartigen Aktionen keine Grenzen überschritten werden, die zur Eskalation eines Konflikts führen.

Weltraumabwehrtechnologien

Kinetisch-physisch ("Hard Kill")

→ Zerstörung durch direkten Einschlag oder Zündung eines Sprengkopfs in der Nähe eines Satelliten oder einer Bodenstation

- **Aufsteigende Antisatelliten-Waffen** (ASAT-Waffen) werden von der Erde aus gestartet, um einen Satelliten mit einer Rakete oder einem Sprengkopf zu treffen (erdnahe Satelliten sind gefährdeter als Satelliten in höheren Umlaufbahnen).
- **Koorbitale ASAT-Waffen** werden zunächst in dieselbe Umlaufbahn wie der Zielsatellit gebracht, wo sie sich dann nahe genug an das Ziel heranbewegen, um z.B. Sprengsätze zu zünden oder den Zielsatelliten mit Robotermechanismen zu zerstören.
- **Angriffe auf Bodenstationen** zielen auf Standorte, die für die Steuerung und Kontrolle der Satelliten oder die Weiterleitung von Satellitendaten zuständig sind.

Nicht-kinetisch ("Soft Kill")

→ Einwirken auf Satelliten oder Bodensysteme, ohne physischen Kontakt

- **Elektronische Störungsmethoden** versuchen, die Übertragung von Signalen durch Jamming (Signalempfang wird gestört), Spoofing (Signal des Zielsatelliten wird gefälscht) oder Meaconing (Zeitverzögerung von Signalen) zu stören oder zu verändern.
- **„Directed Energy“**: Einsatz gebündelter Energie wie Laser- oder Mikrowellenstrahlen (terrestrisch oder von anderen Satelliten aus), um Weltraumsysteme (vorrübergehend) zu stören oder zu zerstören.
- **Cyber-Angriffe**: Software und Netzwerktechniken, die versuchen Computersysteme und Daten bzw. deren Übermittlung zu kompromittieren, zu kontrollieren, zu stören oder zu zerstören; dabei werden Daten abgefangen oder falsche bzw. gefälschte Daten in ein System eingefügt. Die Angriffe können sich gegen Bodenkontrollstationen, Endgeräte oder Satelliten richten. Häufig wird versucht, Informationen in ein System einzuspeisen, die zu einer unerwarteten Reaktion der Software führen.

- ▶ Wachsendes Misstrauen zwischen den Großmächten

Für die USA ist die „Weltraumüberlegenheit“ ein zentrales Element der nationalen Sicherheitspolitik. Daher wird der Ausbau der Weltraumkapazitäten durch China und Russland von den USA misstrauisch beobachtet und die Vereinigten Staaten sehen ihre Vormachtstellung im Weltraum zunehmend in Frage gestellt. Vor dem Hintergrund neuer Feindseligkeiten dürfte sich der militärische Wettbewerb im Weltraum zwischen den Großmächten in den kommenden Jahren weiter intensivieren. Ein Rüstungswettlauf im Weltraum zeichnet sich ab, falls er nicht schon im Gange ist.

NATO-Verbündete profitieren vom Führungsanspruch der USA

Ein schwerwiegender Angriff auf Satelliten oder andere Kapazitäten eines Mitgliedslandes im Weltall bzw. ein Angriff aus dem Weltraum heraus wird künftig den NATO-Bündnisfall auslösen, mit der Einschränkung, dass eine Entscheidung "von Fall zu Fall" getroffen werden soll. Dabei kommt den USA – als führender Weltraumnation der Welt – auch in der NATO die Führungsrolle zu. Die Vereinigten Staaten verfügen über die weltweit umfassendsten und modernsten militärischen Weltraumanwendungen – sowohl defensiv als auch offensiv – und setzen bei militärischen Operationen vor allem auf nicht-kinetische Technologien. Zudem bezieht das US-Militär einen Großteil seiner nachrichtendienstlichen Informationen von seiner Satellitenflotte und setzt zur Versorgung seiner Streitkräfte auf eine weltweite, sichere und störungsfreie Satellitenkommunikation. Auch bei Raketenabwehrsystemen spielen Satellitendaten eine immer wichtigere Rolle. Gleichzeitig birgt diese Abhängigkeit auch Risiken, so dass die Vereinigten Staaten einen hohen Aufwand zur Ab-

sicherung ihrer Weltraumkapazitäten betreiben und es ist davon auszugehen, dass sie angesichts des Großmachtwettbewerbs mit Russland und China ihre Weltraumabwehrfähigkeiten stetig weiterentwickeln.

► Wachsende Kooperationen zwischen USA und Verbündeten

Angesichts einer zunehmenden Komplexität und steigender Kosten setzen die USA inzwischen verstärkt auf Kooperationen mit anderen Ländern und nutzen zunehmend innovative Dienste privater Unternehmen (z.B. bei der Informationsgewinnung oder der Nutzung künstlicher Intelligenz), um die amerikanische Vormachtstellung im Weltraum auf lange Sicht sicherzustellen. So haben die Vereinigten Staaten neben der „Five Eyes“-Allianz mit Kanada, Großbritannien, Neuseeland und Australien u.a. Datenaustauschvereinbarungen zur Weltraumüberwachung mit Deutschland und Frankreich abgeschlossen. Der wichtigste militärische Beitrag dieser Bündnisse liegt in der nachrichtendienstlichen Erfassung und Analyse von Satellitendaten. Zudem wird die Kapazität der im Konfliktfall nutzbaren Satelliten und Anwendungen deutlich erhöht.

Die wachsende Bedeutung des Weltraums für die Verteidigungsfähigkeit der NATO-Staaten spiegelt sich auch in organisatorischen Veränderungen wider. So wurde 2020 auf dem deutschen US-Luftwaffenstützpunkt in Ramstein das NATO-Raumfahrtzentrum eingerichtet. Zu seinen wichtigsten Aufgaben gehören die Koordination der Aktivitäten der Verbündeten im Weltraum, der Austausch von Informationen und die Unterstützung von Einsätzen durch weltraumgestützte Fähigkeiten (die von NATO-Ländern bereitgestellt werden). Die USA haben die US-Space Force gegründet und auch die Bundeswehr hat im Juli 2021 ein eigenes Weltraumkommando erhalten. Dieses soll Satelliten schützen und überwachen, gefährlichen Weltraumschrott beobachten, aber auch militärische Aufklärungsaufgaben übernehmen. Damit wird auch der Schutz ziviler Weltraumkapazitäten zur militärischen Aufgabe (die Bundeswehr selbst verfügt über sechs eigene Satelliten in erdnahen Umlaufbahnen). Zudem beteiligt sich Deutschland an einem von der Europäischen Union unterstützten Projekt (TWISTER), das darauf abzielt, mit einem satellitengestützten Raketenabwehrsystem eine neue Generation von Hyperschallraketen abzufangen, die für die bestehenden Verteidigungssysteme zu schnell sind.

Auch Frankreich plant bis Ende des Jahrzehnts den Ausbau seiner militärischen Weltraumfähigkeiten (defensive Anti-Satelliten-Waffen) und sieht sich dabei zusammen mit Deutschland in einer europäischen Vorreiterrolle. Dabei zielt die französische Strategie auf eine Verbesserung des Lagebewusstseins im All und der Verteidigung seiner Weltraumressourcen ab (z.B. bodengestützte Laser zur Blendung und weltraumgestützte Inspektionssatelliten). Großbritannien spielt infolge der NATO-Mitgliedschaft und der engen bilateralen Beziehungen zu den Vereinigten Staaten bereits seit Jahren eine unterstützende Rolle bei militärischen Weltraumaktivitäten. Dazu wurden in den vergangenen Jahren die militärischen Weltraumkapazitäten ausgebaut, um sich insbesondere im Bereich des Situationsbewusstseins im Weltall besser aufzustellen.

► USA bleiben auf lange Sicht die dominierende Weltraummacht

Experten gehen davon aus, dass die USA trotz der russischen und chinesischen Bemühungen noch jahrzehntelang die dominierende Weltraummacht bleiben werden. Dagegen scheint das Maximum für souveräne militärische Weltraumkapazitäten der führenden europäischen Weltraumakteure (Deutschland, Frankreich, Großbritannien und Italien) in unabhängigen Kommando- und Kontrollsatelliten und in der Analyse weltraumgestützter Erkenntnisse zu liegen. Denkbar sind zudem gezielte Störaktionen der gegnerischen Kommunikation und Aufklärung im Weltraum oder am Boden. Um weiterhin von den Abwehrfähigkeiten der USA über das NATO-Bündnis profitieren zu können, müssen die europäischen Mitgliedsstaaten der NATO darauf achten, nicht den technologischen Anschluss an die USA zu verlieren.

- ▶ Russland und China bauen militärische Weltraumfähigkeiten aus

China als aufstrebende Militärmacht im Weltraum

China geht davon aus, dass der Weltraum in künftigen Konflikten eine wichtige Rolle spielen wird, und seine Bemühungen zur Verbesserung seiner offensiven und defensiven Fähigkeiten spiegeln dies wider. China betreibt eine große Flotte von Satelliten zur Aufklärung, Navigation, Kommunikation, Nachrichtengewinnung, Raketenwarnung und Weltraumlageerfassung und verfügt auch über die Technologie, die Hardware und das Know-how, um den Weltraum militärisch zu nutzen. Ebenso ist die Volksrepublik in der Lage, ihre Weltraumkapazitäten durch boden- sowie weltraumgestützte Abwehrwaffen zu schützen. Sieht man von elektronischen Störtechnologien und Cyber-Angriffen ab, dürften die derzeitigen Abwehrfähigkeiten Chinas hinter denen der USA oder Russlands zurückbleiben (z.B. beim Einsatz gebündelter Energiewaffen), was zugleich aber bedeutet, dass China seine militärischen Weltraumkapazitäten in den kommenden Jahren weiter ausbauen wird. Um der Weltraumüberlegenheit der USA etwas entgegensetzen zu können, dürfte sich China um die Entwicklung eines möglichst breiten Spektrums von Weltraumabwehrfähigkeiten bemühen. Angesichts der jüngsten politischen Spannungen kommt diesem Bereich eine große Bedeutung zu.

Russland: Rückkehr des kalten Krieges

Russland ist der Ansicht, dass der Einfluss von weltraumbasierten Technologien aufgrund der wachsenden Rolle von Präzisionswaffen und satellitengestützter Aufklärung auf alle Arten von Konflikten weiter zunehmen wird. Daher verfügt das Land über hochentwickelte Fähigkeiten zur Lageerfassung und Aufklärung im Weltraum, die nur von den USA übertroffen werden dürften. Russland ist seit Jahren darum bemüht, die Überlegenheit der US-Weltraumstreitkräfte durch den Einsatz entsprechender boden-, luft- und weltraumgestützter Anwendungen zu mindern. Gleichzeitig baut das russische Militär seine Präsenz im Weltraum und seine Fähigkeit zur Nutzung weltraumgestützter Kapazitäten aus, um die Möglichkeiten seiner Streitkräfte in Konflikten zu verbessern. Russland verfügt über umfangreiche Weltraumabwehrwaffen über alle Kategorien hinweg (z.B. Hochleistungslaser, Abschuss von Satelliten, Mikrowellenstrahlen), konzentriert sich bei seinen Bemühungen aber v.a. auf Technologien zur Informationsgewinnung sowie auf elektronische Störmaßnahmen und setzt diese auch aktiv in aktuellen militärischen Auseinandersetzungen ein. Bei seinen Bestrebungen zum Ausbau seiner militärischen Weltraumkapazitäten leidet die russische Raumfahrt allerdings unter den Sanktionen des Westens, denn dadurch haben russische Unternehmen nur eingeschränkten Zugang zu wichtigen elektronischen Komponenten u.a. für die Satellitenproduktion.

Indien reagiert auf das chinesische Raumfahrtprogramm

Indiens Weltraumkapazitäten sind auf den zivilen Bereich fokussiert, doch nicht zuletzt aufgrund der raschen Ausweitung des militärischen Raumfahrtprogramms Chinas hat auch Indien stark in seine sicherheitsrelevanten Kapazitäten im Weltraum investiert. Das Land hat seine Fähigkeiten zum Abschuss eines Satelliten nachgewiesen und befindet sich Berichten zufolge in einem frühen Stadium zur Entwicklung von Energiewaffen. Wir erwarten, dass Indien die Entwicklung und Nutzung militärischer Weltraumkapazitäten sowie deren Verteidigung fortsetzt, während es gleichzeitig seinen zivilen Weltraumsektor weiter ausbaut.

Die Zeitenwende in der Raumfahrt schafft neue Wachstumsperspektiven

Das Jahr 2022 dürfte sich angesichts des Ukraine-Kriegs und der daraus resultierenden neuen Blockbildung als Wendepunkt für die Raumfahrt erweisen. Künftig werden weniger wissenschaftliche Kooperationen die kommerziellen Entwicklungen begleiten, sondern die militärische Nutzung von Raumfahrtanwendungen wird verstärkt in den Fokus rücken. Angesichts der Tatsache, dass alle Weltraummächte dahingehend übereinstimmen, dass das

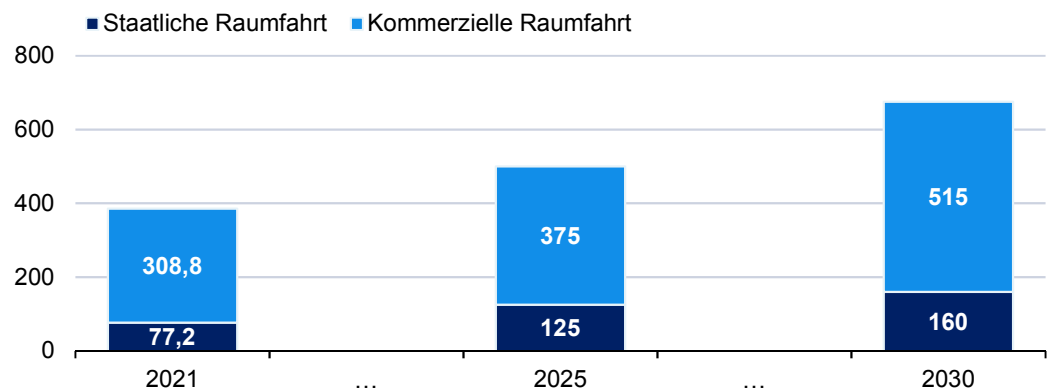
- ▶ Zeitenwende in der Raumfahrt bringt Chancen und Risiken

Weltall eine immer bedeutendere Rolle in künftigen Auseinandersetzungen spielen wird, ist damit zu rechnen, dass die „Dual-use“-Kapazitäten deutlich ausgebaut werden. Zudem dürfte im Zuge der absehbaren Blockbildung das gegenseitige Misstrauen der Großmächte und die Ambitionen bei den militärisch nutzbaren Weltraumkapazitäten und -technologien weiter zunehmen. Das zeigt nicht zuletzt der Aufbau von eigenen Weltraumstreitkräften. Auch wenn neue kinetische Waffen für den Einsatz im Weltraum entwickelt werden, liegt der aktuelle Fokus auf elektronischen Störtechnologien und Cyber-Angriffen (zu Verteidigungs- und Angriffszwecken), für den Einsatz am Boden und im Orbit. Hinzu kommen die Impulse durch „New-Space“, wodurch erdnahe Megakonstellationen mit einer Vielzahl von Kleinsatelliten in einigen Anwendungen den Vorzug vor großen Einzelanlagen erhalten bzw. Satellitentechnologien in anderen Umlaufbahnen ergänzen. Die Vorteile und die Leistungsfähigkeit dieser Anwendungen führt dazu, dass auch Verteidigungsbehörden zunehmend kommerzielle Ressourcen nutzen, um die eigenen Fähigkeiten zu ergänzen. Dabei stehen Aufklärungs- und nachrichtendienstliche Analysetechnologien (v.a. Analyse umfangreicher Mengen an Datenmaterial) im Fokus.

- ▶ Europa muss mehr in die Raumfahrt investieren

Für Europa stellt sich die Frage, wie viel es bereit ist, für die Sicherheit und Unabhängigkeit seiner Raumfahrt zu investieren, und wie stark man sich in der militärischen Raumfahrt engagieren möchte. Eine eigene Megakonstellation für eine sichere Übertragung von Breitbanddaten und eine abhörsichere Kommunikation wäre dabei sicher ein starkes Zeichen. Zwar sind erste Dienste für 2025 geplant, doch angesichts der umfangreichen Abstimmungsprozesse ist zu befürchten, dass es trotz des europäischen Rückstands noch sehr lange bis zur Realisierung dieses Vorhabens dauern wird. Gleichzeitig muss sich die europäische Raumfahrt darauf einstellen, auf absehbare Zeit ohne russische Sojus-Raketen auskommen zu müssen und auch die Einsatzfähigkeit der kleineren Vega-Rakete ist mittel- bis langfristig aufgrund eines in der Ukraine produzierten Motors unsicher. Als Vega-Ersatz kommen nun die Raketen deutscher „New Space“-Unternehmen wie Isar Aerospace, Rocket Factory Augsburg oder HyImpulse infrage.

Entwicklung des weltweiten Raumfahrtmarktes (Umsatz in Mrd. US-Dollar, nominal)



Quellen: Satellite Industry Association, Space Foundation, BayernLB Research

Da der Großteil der Wertschöpfung im Bereich der Datenanalyse und den daraus abgeleiteten Erkenntnissen erfolgt, dürfte sich hier ein wettbewerbsintensives Segment herausbilden, in dem sich auch Unternehmen aus anderen Teilen der Wertschöpfungskette verstärkt engagieren werden. Zudem erwarten wir zahlreiche Bereiche, bei denen sich die Geschäftsmodelle ergänzen. Auf der Ebene der Zulieferer verschärft sich ebenfalls der Wettbewerb, da auch hier neue Unternehmen mit innovativen Lösungen in den Markt eintreten.

► Weltraumwirtschaft
wächst langfristig

Vor diesem Hintergrund schätzen wir, dass der Markt der Weltraumwirtschaft von derzeit knapp 400 Mrd. Dollar bis zum Jahr 2030 auf etwa 675 Mrd. Dollar anwachsen wird, bei einem jährlichen Wachstum zwischen 6 und 6,5%.

Zudem deutet sich immer mehr an, dass künftig die traditionelle Raumfahrtindustrie und die Vertreter von „New Space“ nebeneinander agieren werden. Während die finanzstarken Traditionsunternehmen vor allem für staatlich finanzierte Großprogramme und Weltraumforschung, umfassende Telekommunikationsprojekte sowie die militärische Raumfahrt infrage kommen, werden die Start-ups vor allem den Markt für kommerzielle Datendienste bearbeiten.

Mittelfristig werden auch staatliche Raumfahrtinvestitionen verstärkt zum Wachstum des Sektors beitragen. Dabei dürften die Impulse verstärkt vom militärischen bzw. „Dual-use“-Segment ausgehen, womit der neuen Blockbildung Rechnung getragen wird. Insbesondere das Streben der USA zur Festigung seiner Vormachtstellung im Weltraum bzw. der Versuch Chinas und Russlands, eben diese Vormachtstellung zu brechen, werden vermehrt zu Investitionen führen.

Die europäische Raumfahrt wird weiterhin darunter leiden, dass das militärische Engagement im Weltraum weitaus geringer ausfällt als in den USA. Sie wird aber ungeachtet dessen von staatlichen Programmen profitieren, die einerseits darauf abzielen die Abhängigkeit von den USA zu reduzieren und andererseits die Bemühungen der NATO um Weltraumsicherheit zu unterstützen und auch die eigenen Weltraumressourcen zu schützen.

BayernLB Research**Dr. Jürgen Michels, Chefvolkswirt und Leiter Research, -21750****Anna Maria Frank, -21751**; Sekretariat**Ingo Bothner, -21787**; Medienfachwirt, Business Management**Christoph Gmeinwieser, -27053**; CIIA, Business Management**Dr. Ulrich Horstmann, -21873**; CEFA, CO2-Zertifikate, Business Management**Länderrisiko- und Branchenanalyse****Hubert Siplý, -21307****Manuel Schimm, -26845**

Asien, GUS

Gebhard Stadler, CFA, -28891

Euro-Raum, DE, EZB, Nord-/Osteuropa

Roland Gnan, -26658

USA, Fed, Nord-/Mittelamerika

Verena Strobel, -21320

Südeuropa, Naher und Mittlerer Osten, Afrika

Dr. Alexander Kalb, -22858

Maschinen-/Anlagenbau, Westeuropa, Südamerika

Wolfgang Linder, -21321

Mobilität

Thomas Peiß, -28487

Energie

Miraji Othman, -25888

Technologie, Grundstoffe

Dr. Sebastian Schnejdar, -26386

Immobilien, Bau

Investment Research**Emanuel Teuber, -27070**

Green Finance, Covered Bonds, Banken

Wolfgang Kiener, -27058

FX, Gold, Öl

Manfred Bucher, CFA, -21713

Zins- & Aktienstrategie, Asset Allokation

Dieter Münchow, -23384

Value Investing & Behavioral Finance

Georg Meßner, CFA, -26396

Banken

Pia Ahrens, -25727

Corporate Bonds & SSD, Strategie

Matthias Gmeinwieser, CIIA, -26323

Corporate Bonds & SSD

Christian Strätz, CEFA, CIIA, -27068

Corporate Bonds & SSD, Green Finance

E-mail: vorname.nachname@bayernlb.de**Telefon:** 089 2171 + angegebene Durchwahl

Disclaimer/Allgemeiner Hinweis:

Diese Publikation ist lediglich eine unverbindliche Stellungnahme zu den Marktverhältnissen und den angesprochenen Anlageinstrumenten zum Zeitpunkt der Herausgabe der vorliegenden Information am 07.09.2022. Die vorliegende Publikation beruht unserer Auffassung nach auf als zuverlässig und genau geltenden allgemein zugänglichen Quellen, ohne dass wir jedoch eine Gewähr für die Vollständigkeit und Richtigkeit der herangezogenen Quellen übernehmen können. Dieser Research-Bericht ist eine rein ökonomische Analyse, und kein Teil davon ist als Wertpapieranalyse oder Empfehlung zu verstehen. Insbesondere sind die dieser Publikation zugrunde liegenden Informationen weder auf ihre Richtigkeit noch auf ihre Vollständigkeit (und Aktualität) überprüft worden. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit können wir daher nicht übernehmen. Die vorliegende Veröffentlichung dient ferner lediglich einer allgemeinen Information und ersetzt keinesfalls die persönliche anleger- und objektgerechte Beratung. Für weitere zeitnähere Informationen stehen Ihnen die jeweiligen Anlageberater zur Verfügung.

Aufgrund gesetzlicher Vorgaben (Wertpapierhandelsgesetz bzw. MiFID II) dürfen Wertpapierdienstleistungsunternehmen im Zusammenhang mit einer von ihnen erbrachten Finanzportfolioverwaltung oder unabhängigen Honorar-Anlageberatung grundsätzlich keine Zuwendungen von Dritten annehmen oder behalten. Eine Weitergabe dieser Unterlage an Unternehmen oder Unternehmensteile, die Finanzportfolioverwaltung oder unabhängige Honorar-Anlageberatung erbringen, ist daher nur gestattet, wenn mit der BayernLB hierfür eine Vergütung vereinbart wurde.

Die im Text genannten Finanzmarktinformationen stammen von Bloomberg und Refinitiv, soweit nicht anders vermerkt.

Wolfgang Linder
Senior Economist

Telefon: 089 2171-21321
wolfgang.linder@bayernlb.de

Redaktion:
Bayerische Landesbank
Unternehmensbereich 5700
80277 München (=Briefadresse)
research@bayernlb.de

Geschäftsgebäude:
Bayerische Landesbank
Briener Straße 18
80333 München (=Paketadresse)
www.bayernlb.de