



## **Zukunftskonzept: Weltraumwirtschaft in der maritimen Wissenschaftsstadt Wilhelmshaven und in der Region Weser-Ems**

**von Diplom-Physiker / Astrophysiker Andreas Schwarz**

### **Zukunftskonzept: Von „Energy-Hub“ zum „Energy- and Space-Hub“**

Innerhalb der nächsten Jahrzehnte dürfte die Bedeutung des Weltalls für die Entwicklung der Gesellschaft, insbesondere für die Wirtschaft, sehr stark zunehmen. Schon jetzt hat die Weltraumwirtschaft ein Volumen von über 600 Milliarden US-Dollar. Bis zum Jahr 2035 soll dieses Volumen nach einer Studie von McKinsey & Company und dem Weltwirtschaftsforum aus dem Jahr 2024 auf 1,8 Billionen US-Dollar anwachsen. Die Weltraumwirtschaft wächst jährlich um neun Prozent, deutlich mehr als die Wirtschaft auf der Erde.

Nach einer Definition der „Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung“ („OECD“) umfasst die Weltraumwirtschaft „alle Aktivitäten und die Nutzung von Ressourcen, die im Zuge der Erforschung, des Verständnisses, des Umgangs mit und der Nutzung des Weltraums Werte und Vorteile für den Menschen schaffen und bereitstellen“.

Die moderne Kommunikation und Navigation, die Wettervorhersage und die Erforschung des Erdklimas, erfolgen schon heute weltraumgestützt. Auch sicherheitspolitisch wächst die Bedeutung des Weltraums. In Zukunft werden der Abbau von fast unbegrenzten Mengen benötigter Rohstoffe von anderen Himmelskörpern, die Fertigung unter Bedingungen der Schwerelosigkeit, die weltraumgestützte Nutzung der Solarenergie und auch der Weltraumtourismus an Bedeutung gewinnen. Kolonisierung und Terraforming von Himmelskörpern dürften erst in ferner Zukunft eine Rolle spielen, doch werden die Grundlagen hierfür schon jetzt mit der aktuellen Forschung und Entwicklung von Technologien geschaffen. Der erste Schritt hierzu dürfte auch eine permanente, bemannte Station auf dem Mond sein.

Die Entwicklung der Weltraumwirtschaft erfordert auch neue Ausbildungs- und Studiengänge sowie neue Arbeitsplätze. Die bisher hauptsächlich an Universitäten angesiedelte Erforschung des Weltalls sollte überdies als „Technische Astronomie“ und „Weltraumwirtschaft“ in das Fächerkanon der Hochschulen für angewandte Wissenschaften Eingang finden. Neben den benötigten Technologien müssen auch die Gesellschaft und das Weltraumrecht weiterentwickelt werden, so dass wir als Menschheit insgesamt vor großen Herausforderungen in Raum und Zeit stehen. Mit der zunehmenden Bedeutung der Weltraumwirtschaft entwickelt sich auch eine Weltraumgesellschaft. Die ersten Grundlagen hierfür werden in unserer Gegenwart gelegt. An dieser Entwicklung sollen die maritime Wissenschaftsstadt Wilhelmshaven und die Region Weser-Ems partizipieren. In Kooperation mit Bremen als größtem europäischen Standort für Raumfahrt soll die Region insgesamt zu einer Schwerpunktregion für Raumfahrt und Wissenschaft entwickelt werden.

## **Rohstoffgewinnung im Weltraum**

Auf der Erde sind alle Rohstoffe begrenzt und endlich. Einige wertvolle Rohstoffe sind überdies äußerst selten. In unserem Sonnensystem sind auf den Kleinkörpern, Monden, Planeten und Zwergplaneten viele der benötigten Rohstoffe vorhanden. So erhalten Kleinplaneten (Asteroiden) größere Mengen an Metallen und Seltenen Erden. So können manche Kleinplaneten mit Durchmessern von etwa einem Kilometer den Metallbedarf der Erde für Jahrzehnte decken. Zu den Metallen gehören u. a. Eisen, Nickel und Platin. Selbst das vorhandene Wassereis auf anderen Himmelskörpern, etwa Mond und Mars, sind sehr wertvoll für die zukünftige bemannten Raumfahrtmissionen, welche auch zu permanenten, bemannten Stationen auf Mond und Mars führen sollen.

Die zunehmende Knappheit von begrenzten Rohstoffen auf der Erde kann den Abbau auf anderen Himmelskörpern in der Zukunft wirtschaftlich machen. Militärische, politische und wirtschaftliche Konflikte um knappe Ressourcen auf der Erde könnten durch die aussichtsreichere und auch erforderliche internationale Zusammenarbeit überwunden werden.

Allerdings müssen für die Rohstoffgewinnung auf anderen Himmelskörpern auch die entsprechenden Technologien und die zugehörigen Berufsbilder mit den dafür grundlegenden Ausbildungs- und Studiengängen entwickelt werden. Bis zu einer möglichen wirtschaftlichen Nutzung des Abbaus von Rohstoffen im Weltraum dürften Jahrzehnte vergehen. Auch die rechtlichen Grundlagen hierfür müssen auf internationaler Ebene noch geschaffen werden. Langfristig ist eine wirtschaftliche Rohstoffgewinnung erforderlich und wahrscheinlich, die Grundlagen hierfür müssen in der Gegenwart geschaffen werden.

## **Weltraumgestützte Solarenergie**

Die Sonne ist eine für menschliche Maßstäbe unerschöpfliche Energiequelle. Schon jetzt wird die Solarenergie auf der Erde genutzt. Allerdings hängt die Sonnenstrahlung für einen bestimmten Ort auf der Erde von der Rotation des Planeten (Nacht und Tag), von den Jahreszeiten (Umlauf der Erde um und Stellung der Erdachse relativ zur Sonne) und von der Erdatmosphäre (Bewölkungsgrad) ab. Im Ergebnis kann so ein Großteil der Sonnenenergie nicht genutzt werden.

Weltraumgestützte Systeme könnten die Sonnenstrahlung ohne diese Einschränkungen einfangen und in Mikrowellenstrahlung umwandeln. Diese wird wiederum von einer Bodenstation auf der Erde eingefangen. Auch für die weltraumgestützten Systeme mit Bezug zur Erde dürften noch jahrzehntelange Forschung und technologische Entwicklungen erforderlich sein. Im Weltraum selbst nutzen Raumfahrzeuge und -stationen, Raumsonden und Satelliten bereits Solarenergie.

## **Fertigung in der Schwerelosigkeit**

Bestimmte Fertigungsprozesse können im Weltraum unter Schwerelosigkeit (Mikrogravitation) optimiert werden. Es werden Produkte ermöglicht, welche unter Wirkung der Schwerkraft nicht hergestellt werden können oder qualitativ unterlegen sind. So verhindert die Schwerelosigkeit die Sedimentation (Absinken von Teilchen) und die Konvektion (dynamisches Aufsteigen von wärmeren und Absinken von kühleren Blasen aus Flüssigkeiten oder Gasen). Dies ermöglicht die Herstellung von perfekten Kristallen für Halbleitern oder extrem reiner ZBLAN-Glasfasern.

In Verbindung mit einem Vakuum kann eine ideale, kontaminationsfreie Umgebung für das Herstellen von Halbleitern und Dünnschichtkomponenten geschaffen werden. Größere Strukturen für die Raumfahrt können mit Hilfe von 3-D-Druckern in der Schwerelosigkeit erstellt werden. Das Baumaterial in Form von Pulvern hält die Beschleunigungskräfte und die Vibrationen beim Raketenstart leichter aus als fertige Großstrukturen.

## **Weltraumtourismus**

Die Faszination des Weltalls als Touristin bzw. Tourist erleben zu dürfen ist heute aufgrund der hohen Kosten noch eine absolute Ausnahme. Schon kurzzeitige Ausflüge von nur wenigen Minuten ins All kosten einige Hunderttausend Dollar. Ein Flug zur ISS kostet einige Zehnmillionen Dollar. Ziel ist es Raumflüge für Touristinnen und Touristen erschwinglich zu machen. In näherer Zukunft dürften Flüge in den Erdorbit realisierbar sein. Langfristig sind auch Ausflüge zum Mond und in noch weiterer Zukunft zum Mars denkbar. Dafür müssen entsprechende Raumfahrzeuge entwickelt werden. Diese müssen nachhaltig, umweltfreundlich und wieder verwendbar sein.

## **Kolonisation und Terraforming**

Das Artemis-Programm der NASA ist Raumfahrtprogramm für bemannte Flüge zum Mond. Dieses Programm ist eine Kooperation der NASA mit den Raumfahrtagenturen ESA (Europa), CSA (Kanada) und JAXA (Japan). Es der Beginn eines neuen Zeitalters im Weltraum, des permanenten Aufenthalts von Menschen auf anderen Himmelskörpern. Auf dem Mond wird der Anfang gemacht. Es soll eine bemannte Station auf dem Mond entstehen. Andere Staaten wollen folgen. Auch auf dem Mond sollen Rohstoffe gewonnen werden. Im Regolith, loses Gestein auf der Mondoberfläche, finden sich Aluminium, Eisen, Magnesium, Silizium, Sauerstoff, Titan und das Helium-Isotop-3. Des Weiteren befindet sich in den dunklen Kratern an den Polen des Mondes Wassereis.

Auf dem Mond könnten zu einem späteren Zeitpunkt auch größere Habitate entstehen, welche von Menschen bewohnte Siedlungen umfassen könnten.

Der Mond ist auch das Sprungbrett zum Planeten Mars. Auch dort könnten zunächst permanente, bemannte Stationen und später von Menschen bewohnte Habitate entstehen. Der Mars hat aufgrund einer entsprechenden Neigung der Planetenachse ebenso vier Jahreszeiten und auch einen ähnlich langen Tag- und Nacht-Rhythmus wie die Erde.

In ferner Zukunft könnte der Mars vielleicht einmal durch sogenanntes Terraforming zu einem lebensfreundlichen Planeten umgewandelt werden. Dazu müsste die sehr dünne Atmosphäre aus Kohlenstoffdioxid durch Freisetzung von zusätzlichem in Form von Trockeneis an den Polen gebundenem Kohlenstoffdioxid verstärkt werden. Durch Pflanzen, welche durch Photosynthese Sauerstoff erzeugen, könnte die Atmosphäre auch für Menschen lebensfreundlich gestaltet werden. Allerdings dürfte Terraforming technologisch und wissenschaftlich noch in sehr weiter Zukunft liegen. Hier dürften noch Jahrhunderte bzw. Jahrtausende vergehen. Innerhalb eines Jahrhunderts sind permanente bemannte Stationen und lokal begrenzte Habitate wahrscheinlicher.

## **Sicherheit auf der Erde und im Weltraum**

Schon jetzt wird für die Aufklärung, Kommunikation, Navigation, Steuerung und Vernetzung im militärischen Bereich weltraumgestützte Infrastruktur verwendet. Diese kann im Konfliktfall ein Angriffsziel sein und muss geschützt werden.

Dies gilt auch für die zivile weltraumgestützte Infrastruktur, von der wir als Menschen mittlerweile sehr abhängig sind. Aus diesem Grund werden von Staaten zunehmend auch Weltraumstreitkräfte aufgestellt, so z. B. das Weltraumkommando der Bundeswehr.

Weitreichende Raketen für Angriffsziele auf der Erde nutzen den Weltraum ebenfalls kurzzeitig. Prinzipiell ist es trotz Verbots auch möglich, Waffensysteme im Erdorbit bzw. im Weltall zu stationieren. Staaten könnten ihren Vorsprung im Bereich der Raumfahrt nutzen, um militärisch-strategisch im Vorteil zu sein und auch die wirtschaftliche Nutzung des Weltalls zu dominieren. Darauf müssen sich Deutschland und Europa einstellen und entsprechende Maßnahmen ergreifen.

Eine zunehmende Gefahr geht auch vom Weltraumschrott aus. Laut Modellen der ESA befanden sich Dezember 2023 rund 36.500 Objekte mit Durchmessern von mehr als 10 cm, eine Millionen Objekte mit Durchmessern von 1 bis 10 cm und 130 Millionen Objekte mit Durchmessern von 1 mm bis 1 cm im Erdorbit. Aufgrund der zunehmenden Raumfahrtaktivitäten steigt auch der Weltraumschrott an. Er ist eine zunehmende Gefahr für Raumfahrtmissionen aller Art. Er kann im schlimmsten Fall auch eine Kettenkollision auslösen und zu großen Zerstörungen führen. Hier müssen ebenfalls Lösungen gefunden werden.

### **Gefahren aus dem Weltraum**

Für die zukünftige Entwicklung des Menschen ist das Verständnis von Erde und Weltraum überlebenswichtig. Nicht nur auf der Erde drohen den Menschen Gefahren durch Kriege und Gewalt, Klimawandel und Naturkatastrophen. Es gibt auch Gefahren aus dem Weltraum, denen wir uns stellen müssen. Hierfür benötigen wir die entsprechenden Raumfahrttechnologien und eine internationale Zusammenarbeit zum Wohle der ganzen Menschheit.

Der Asteroid Day am 30.06. (in Erinnerung an das Tunguska-Ereignis am 30.06.1908) erinnert uns an die Gefahr eines möglichen Impakts, den Einschlag eines Kleinplaneten auf die Erde. Es ist nicht die Frage, ob ein solches Ereignis wieder stattfinden wird, sondern wann und was wir dagegen unternehmen werden. Statistisch gibt es schon etwa alle 100 Jahre einen Impakt mit lokaler zerstörerischer Wirkung (Kleinkörper mit einigen zehn Metern Durchmesser). Aus der Kraterstatistik lässt sich die Häufigkeit von Impakten in Abhängigkeit von der Größe des Kleinplaneten abschätzen. So sind Impakte von einem 1 km großen Körper 100-mal häufiger als welche von einem 10 km großen Kleinplaneten. Statistisch betrachtet wird die Erde etwa alle 100 Millionen Jahre von einem Kleinplaneten mit einer Größe von 10 km und mehr getroffen. Ein 1 km großer Körper schlägt statistisch betrachtet etwa einmal in einer Million Jahre auf der Erde ein. Für einen 100 m großen Kleinplaneten sind es statistisch alle 10.000 Jahre. Ganz allgemein gilt: Je kleiner der Kleinplanet ist, desto häufiger sind statistisch betrachtet die Impakte. Doch schon ein Körper mit etwa 10 m Durchmesser erreicht die Sprengkraft der Hiroshima-Kernspaltungsbombe. Kleinplaneten mit mehreren 100 m Durchmesser können globale Zerstörungen mit großen nachhaltigen Einschnitten für die Menschheit anrichten.

Auf der Erde kann uns das Wetter auch Unwetter bescheren. Das ist bekannt. Doch gibt es auch ein sogenanntes Weltraumwetter, den Sonnenwind, ein Teilchenstrom von der Sonne. Der wird ebenfalls kontinuierlich beobachtet wie das Wetter auf der Erde. Auch beim Weltraumwetter kann es zu Unwettern, sogenannten Sonnenstürmen kommen. Sie sind für die schönen Polarlichter verantwortlich, können jedoch auch zu massiven Schäden und Störungen unserer elektronischen Infrastruktur führen. Seit 1859 hat uns bisher kein massiver Sonnensturm mehr direkt getroffen. Doch auch hier ist es nicht eine Frage, ob so ein Ereignis stattfinden wird, sondern wann. Darauf müssen wir ebenfalls reagieren können.

Selbst der aus heutiger Sicht sehr unwahrscheinliche Fall eines Erstkontakts mit einer außerirdischen Zivilisation hätte eine sehr große Tragweite für die Menschheit. Hierbei kommt es nicht einmal darauf an, ob dieser Erstkontakt über eine große Distanz oder direkt erfolgen würde. Er hätte sehr großen Einfluss auf die Menschheit, ob negativ oder positiv oder auch beides, es würde eine größtmögliche Herausforderung für uns als Menschheit bedeuten. Auch mit diesem Thema müssen wir uns auseinandersetzen und tun es im Rahmen einer interdisziplinären Forschung auch.

### **Weltraumwirtschaft als Chance für Wilhelmshaven und Weser-Ems**

Die maritime Wissenschaftsstadt Wilhelmshaven und die Region Weser-Ems können sich durch ihre maritime Infrastruktur, ihre Rolle als Energiedrehscheibe sowie bestehende Forschungs- und Bildungsnetzwerke als aktive Akteure in der Weltraumwirtschaft etablieren und von ihr profitieren. Die Stadt und die Region sind durch verschiedene Netzwerke mit Bremen als größter europäischer Standort für Raumfahrt verbunden. In Bremen als „City of Space“ sind 20 wissenschaftliche Einrichtungen und 140 Unternehmen mit der Raumfahrt assoziiert. 12.000 Menschen arbeiten in diesem Bereich und erwirtschaften einen Umsatz von vier Milliarden Euro im Jahr. An den Hochschulstandorten in Oldenburg, Emden / Leer und Wilhelmshaven gibt es im Bereich der Forschung und Lehre ebenfalls Schnittstellen mit der Raumfahrt sowie mit der Astronomie und den Geowissenschaften.

Die Universität Bremen, die Hochschule Bremen, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) – Nord, die Universität Oldenburg, die Hochschule Emden Leer, die Jade Hochschule Wilhelmshaven/Oldenburg/Elsfleth, elf astronomische Vereinigungen und eine astronomische Stiftung bilden als Astronomie Netzwerk Weser-Ems (ANWE) einen Kooperationsverbund. Dieser Verbund ist eine dynamische Infrastruktur, welche Wissenschaft und Forschung, Citizen Science, Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit und Wissenstransfer in die Gesellschaft, sowie ehrenamtlich und hauptberuflich darin Tätige, miteinander auf Augenhöhe verbindet und für alle Synergien fördert. Diese Vielseitigkeit ist die Stärke des Astronomie Netzwerks Weser – Ems. Es ist fest in unserer Gesellschaft und Region verankert. Die Fachgebiete des ANWE sind Astronomie und Astrophysik, Gravitationsphysik, Geowissenschaften, Raumfahrtwissenschaften und Weltraumforschung. Der Sitz des ANWE ist an der Jade Hochschule in der maritimen Wissenschaftsstadt Wilhelmshaven.

Im Ergebnis kann die ganze Region Weser-Ems mit Schwerpunkten in Bremen, Emden / Leer, Oldenburg und Wilhelmshaven von der Entwicklung der Weltraumwirtschaft profitieren. Bremen als City of Space wäre der Hauptschwerpunkt in einer „Region of Space“ in Bremen und Nordwest-Niedersachsen, mit „Local focal points of Space“ wie Emden / Leer, Oldenburg und Wilhelmshaven.

Die maritime Wissenschaftsstadt Wilhelmshaven kann zu einem „Energy and Space Hub“ entwickelt werden. Über den einzigen deutschen Tiefseewasserhafen „Jade Weser Port“ und die darüber hinaus bestehende Verkehrsinfrastruktur können große Komponenten der Raumfahrt transportiert werden. Des Weiteren eignet sich der Tiefseewasserhafen zur Beladung, Reparatur und Wartung von schwimmenden Startrampen für Raketen (Mobile Launch Platforms), von welchen in der Nordsee Raketen aus gestartet werden können.

Grüner Wasserstoff, wie er im Rahmen des Energie Hub Wilhelmshaven produziert und vertrieben werden soll, kann als umweltfreundlicher Raketentreibstoff verwendet werden. Dies ist vor allem für die Raketenstarts von schwimmenden Plattformen in der Nordsee notwendig. Mit der zunehmenden Entwicklung der Raumfahrt und der Weltraumwirtschaft steigt auch der Bedarf an Energie und Wasserstoff als Treibstoff.

Insgesamt kann der Energy Hub zu einer zentralen Tankstelle für Raketen werden. Des Weiteren kann der grüne Wasserstoff über den Tiefseewasserhafen und die bestehende Infrastruktur zu anderen Startplätzen für Raketen transportiert werden. Die Überwachung der kritischen Infrastruktur für Energie und Raumfahrt kann durch weltraumgestützte Systeme wie Satelliten zusätzlich optimiert werden. Hierfür könnte ein entsprechendes Zentrum in Wilhelmshaven eingerichtet werden. Der Energie Hub Wilhelmshaven kann ein wichtiger Baustein für ein Space Hub werden.

In Wilhelmshaven und der Region Weser-Ems könnten sich Unternehmen (z. B. aus den Branchen Chemie und Metall) als Zulieferer für Raumfahrt- und Treibstoffkomponenten etablieren und sich auch entsprechend spezialisieren. Hierfür gibt es mit „Niedersachsen Aviation“ eine entsprechende Initiative des Landes Niedersachsen. Des Weiteren unterstützt der „Space Innovation Hub“ den Transfer von Raumfahrttechnologien in regionale Unternehmen. Die zunehmende wirtschaftliche Nutzung des Weltraums durch Raumfahrt bedingt auch eine Zunahme der damit verbundenen Dienstleistungen, woraus sich ebenfalls unternehmerische Aktivitäten und Start-ups ergeben.

An den Universitäten und Hochschulen für angewandte Wissenschaften können die Kapazitäten für Anwendung, Forschung, Lehre und Studium in Bereich der Astronomie und Astrophysik, Gravitationsphysik, Geowissenschaften, Raumfahrtwissenschaften und Weltraumforschung entsprechend erweitert werden. Schon jetzt gibt es entsprechende Schwerpunkte und Entwicklungen.

Neben der klassischen Forschung in den oben genannten Gebieten sind auch anwendungsbezogene Forschung und technologische Entwicklungen erforderlich. Zum Beispiel ist die optische Messtechnik, wie sie an der Hochschule Emden Leer entwickelt wird, eine Voraussetzung für Forschung im Bereich des Weltalls. So können die Atmosphären von Extrasolaren Planeten nur durch hochempfindliche Spektrografen untersucht werden. Die Hochschulen für angewandten Wissenschaften in der Region sollten die klassischen Forschungsgebiete durch anwendungsbezogene Bereiche ergänzen. So könnte im Bereich der klassischen Astronomie und Astrophysik der Bereich „Technische Astronomie“ eine wichtige Ergänzung darstellen. Hier werden dann die Messtechniken und technologische Infrastruktur für die dazugehörige klassische Forschung entwickelt und gelehrt.

Die Jade Hochschule Wilhelmshaven/Oldenburg/Elsfleth könnte Vorreiter im anwendungsbezogenen Bereich der Weltraumwirtschaft werden. Meeresforschung in der Tiefsee und robotische Systeme für diese Forschungen können im Hinblick auf die Weltraumforschung weiterentwickelt werden. Es gibt ohnehin viele Parallelen zwischen maritimer Forschung und Weltraumforschung, Seefahrt und Raumfahrt. Navigation und Logistik spielen in der Seefahrt und in der Raumfahrt eine Rolle. Hier könnte der entsprechende Bereich an der Jade Hochschule entsprechend auf den Weltraum ausgedehnt werden. Die bereits an der Jade Hochschule etablierte Geoinformatik und angewandte Geodäsie, welche ja auch durch Satelliten erfolgt, könnten entsprechend um weitere Fachgebiete aus der Raumfahrt und Weltraumforschung erweitert werden. Die Bereiche Weltraumgesellschaft, Weltraumrecht und Weltraumwirtschaft könnten als anwendungsbezogene Fächer in bestehende Studiengänge als Angebote bzw. Module integriert werden. Doch auch die Entwicklung und Akkreditierung von entsprechenden Studiengängen wäre in Hinblick auf die zukünftige Entwicklung der Weltraumwirtschaft sinnvoll und zielführend. Letztendlich hat selbst der Weltraumtourismus einen Anknüpfungspunkt in den Tourismuswissenschaften an der Jade Hochschule.

Die zunehmende Bedeutung der Weltraumwirtschaft führt auch zur Zunahme der damit verbundenen Arbeitsplätze und Dienstleistungen.

Das bedeutet einen zunehmenden Bedarf an entsprechend qualifizierten Arbeitskräften. Des Weiteren entwickeln sich aufgrund der spezifischen Anforderungen auch neue Berufsbilder. Hierfür müssen entsprechende Ausbildungs- und Studiengänge entwickelt werden. In den Schulen sollte der MINT-Bereich entsprechend gefördert werden, damit schon frühzeitig Menschen für entsprechende Ausbildungs- und Studiengänge gewonnen werden können. Zusätzlich ist eine entsprechende Öffentlichkeitsarbeit erforderlich, wie sie bereits schon heute durch die Hochschulen, Institutionen und Vereinigungen sowie durch deren Netzwerke wie das Astronomie Netzwerk Weser-Ems (ANWE) betrieben werden. Wichtige Weichenstellungen müssen schon jetzt getroffen werden, damit wird nicht das Nachsehen haben.

Fazit: Die Energie- und Rohstoffgewinnung, die Fertigung, die Sicherheit und der Tourismus im Weltraum benötigen hochentwickelte Technologien und hochqualifizierte Fachkräfte, welche derzeit noch nicht in ausreichender Form zur Verfügung stehen. Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft müssen durch geeignete Kooperationen und Transformationen frühzeitig die Grundlagen hierfür schaffen. Über geeignete Infrastrukturen, Hochschulen, Institutionen, Unternehmen und Vereinigungen sowie daraus resultierende Wertschöpfungen können die Region und ihre Einwohner partizipieren und profitieren. Im Rahmen eines Strategieplans sollte gewährleistet werden, dass die maritime Wissenschaftsstadt Wilhelmshaven und die Region Weser-Ems mit an der Entwicklung und zunehmenden Bedeutung der Weltraumwirtschaft aktiv partizipieren. Bremen ist als größter europäischer Standort für Raumfahrt ein sehr wichtiger Akteur und kann wiederum von einer entsprechenden Entwicklung in der Region Weser-Ems profitieren.

## **Ausblick**

Die zunehmende Bedeutung der Weltraumwirtschaft führt insgesamt dazu, dass sich die Menschheit zu einer Weltraumgesellschaft entwickelt. Sowohl auf der Erde als auch im Weltraum entstehen entsprechende Arbeitsplätze. Dafür muss das Weltraumrecht und die weltraumspezifische biologische und medizinische Forschung weiterentwickelt werden.

Der zunehmende Bedarf an Raketen, Satelliten und sonstigen Raumfahrtsystemen für eine Weltraumgesellschaft kann nur zuverlässig gedeckt und rentabel werden, wenn von der Einzelfertigung in eine Serienfertigung übergegangen wird. Dies kann durch eine modulare Fertigung und Standardisierung erreicht werden. Wichtig ist auch eine Gewichtsreduktion von Raketen, Satelliten und anderen Raumfahrtsystemen.

Die Raumfahrt muss zwingend nachhaltig und umweltfreundlich werden. Es sollte ausschließlich grüne Energie in der Raumfahrt und bei wirtschaftlichen Aktivitäten verwendet werden. Des Weiteren ist durch eine entsprechende Entwicklung der Raumfahrtsysteme (vollständige Wiederverwendbarkeit) Weltraummüll zu vermeiden. Für bereits bestehenden Weltraummüll sollten Systeme und Technologien zu deren Beseitigung entwickelt werden. Zur Qualitätssicherung der Produktion von Raumfahrtkomponenten und Fertigungen im Weltraum ist eine entsprechende Prozessüberwachung erforderlich, die zu entwickeln ist.

Energie- und Rohstoffgewinnung sowie die Fertigung im Weltraum sollten zunehmend in rein automatisierte Prozesse überführt werden. Zu Beginn wird noch der Einsatz von Menschen notwendig sein, um entsprechende Systeme aufzubauen. Unabhängig davon müssen die Infrastruktur für Menschen im Weltraum und Lebenserhaltungssysteme weiterentwickelt werden. Es sollten Methoden zur Produktion im Weltraum mit lokalen und regionalen Ressourcen entwickelt werden. Des Weiteren muss eine wirtschaftliche Infrastruktur für den Transport von großen Nutzlasten in den Weltraum, insbesondere zwischen verschiedenen Stationen im Erdorbit und zu anderen Himmelskörpern entwickelt werden.

Die maritime Wissenschaftsstadt Wilhelmshaven und die Region Weser-Ems, ihre Gesellschaften, mit ihren Hochschulen, Institutionen und Unternehmen sollten in Kooperation mit der Freien und Hansestadt Bremen als größter europäischer Raumfahrtstandort eine Vorreiterrolle bei der Entwicklung der Weltraumgesellschaft und -wirtschaft einnehmen. Das Potential ist da und sollte zum Wohle aller genutzt werden. Im Rahmen eines Strategieplanes sollte der Weg in eine entsprechende prosperierende Zukunft durch alle Beteiligte festgelegt werden.

## **Literatur und Quellen**

Kurt Baldenhofer, Nicolas Marschall; Lexikon der Fernerkundung – Weltraumwirtschaft; abgerufen 02/2026.

Prof. Dr. Oliver Bendel; Gabler Wirtschaftslexikon – Weltraumwirtschaft; abgerufen 02/2026.

Prof. Dr. Hubertus Bardt; Institut der deutschen Wirtschaft. Weltraumwirtschaft, abgerufen 02/2026.

Alizée Acket-Goemaere, Ryan Brukart, Jesse Klempner, Andrew Sierra, Brooke Stokes; McKinsey & Company und Weltwirtschaftsforum: Weltraumwirtschaft wächst stark: 2035 bis zu 1,8 Billionen US-Dollar Umsatz möglich; April 2024.

Prof. Dr.-Ing. Achim Kampker, Prof. Dr.-Ing. Heiner Hans Heimes, Julius Hausmann (Production Engineering of E-Mobility of Components, PEM), Prof. Dr.-Ing. Johannes Henrich Schleifenbaum, Diplom-Ing. Lucas Jauer, Klaus Büßenschütt (Digital Additive Production, DAP), Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen; Produktion für den / im / mit dem Weltraum – 2 Weltraumproduktion – Chancen und Potentiale; 2025.

Wolfgang W. Osterhage, Christian Gritzner; Die Geschichte der Raumfahrt; 2022.

Prof. Dr. Michael Komorek, Andreas Schwarz (Redaktion); Astronomie Netzwerk Weser-Ems (ANWE); 10/2025.

Dr. Thomas Koch (Koordinator); APOC Bremen (Aerospace Point Of Contact); 01/2025 – heute.

Marc-Oliver Hauswald (Geschäftsführer); JadeWeserPort; abgerufen 02/2026.

Alexander Leonhardt (Geschäftsführer Wirtschaftsförderungsgesellschaft Wilhelmshaven); Energy Hub Wilhelmshaven; abgerufen 02/2026.

Andreas Schwarz; Zwergplaneten und Kleinkörper; 2017.

Andreas Schwarz; Geophysik, Meteorologie und Klimatologie; 2025.

Andreas Schwarz; Astrobiologie; 2017.

Buten und Binnen, Radio Bremen; Felix Krömer fragt: Welche Rolle spielt Bremen in der Raumfahrt, Herr Monser?; 11/2025.