Expertendossier

Innovationsplattform
Bayern

Raumfahrt und Raumfahrtanwendungen

Klimaschutz, Energie und Landwirtschaft

Gefördert durch
Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

Herausgegeben von
acatech
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

2026

Innovationsplattform Bayern

Raumfahrt und Raumfahrtanwendungen

Klimaschutz, Energie und Landwirtschaft

Innovationsplattform Bayern/
acatech (Hrsg.)

acatech
DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN

Die Dossiers der Innovationsplattform Bayern

In dieser Reihe erscheinen Veröffentlichungen der *Innovationsplattform Bayern*. Sie erörtern Handlungsempfehlungen und richten sich an politische Entscheidungsträgerinnen und -träger. Die Dossiers liegen in der inhaltlichen Verantwortung der jeweiligen Autorinnen und Autoren.

Zum Fokusthema 2025 *Raumfahrt und Raumfahrtanwendungen* sind erschienen:

- *Transport, Automotive und Logistik*
- *Klimaschutz, Energie und Landwirtschaft*
- *Gesundheit, Sicherheit und Katastrophenschutz*
- *Finanzierung, Geschäftsmodelle und Rahmenbedingungen*

Alle bisher erschienenen acatech Publikationen stehen unter www.acatech.de/publikationen zur Verfügung.

Inhalt

Vorwort 7

Innovationsplattform Bayern – Struktur und Arbeitsweise 8

Mitwirkende 10

Zusammenfassung 12

1 Ausgangslage und Zielsetzung 14

2 Themenfelder 15

2.1 Energiewirtschaft 15
2.1.1 Status quo und aktuelle Herausforderungen 15
2.1.2 Potenziale und Anwendungsmöglichkeiten 16

2.2 Landwirtschaft 17
2.2.1 Status quo und aktuelle Herausforderungen 17
2.2.2 Potenziale und Anwendungsmöglichkeiten 18

2.3 Klimamonitoring, -schutz und -anpassung 19
2.3.1 Status quo und aktuelle Herausforderungen 19
2.3.2 Potenziale und Anwendungsmöglichkeiten 19

3 Handlungsoptionen und -empfehlungen 21

Übergeordnete Handlungsempfehlungen zum Fokusthema 2025 26

Anhang 28

Literatur 32

Vorwort

Innovationsstandort Bayern stärken

Bayern zählt seit Jahren zu den leistungsstärksten und innovationsfreudigsten Regionen Europas. Der Freistaat vereint exzellente Forschungseinrichtungen, international wettbewerbsfähige Unternehmen und eine mittelständisch geprägte Industrielandschaft mit hoher technologischer Kompetenz. Diese Verbindung schafft die Grundlage für wirtschaftlichen Erfolg, Fortschritt und gesellschaftliche Entwicklung. In einer Zeit tiefgreifender globaler Umbrüche ist es jedoch wichtiger denn je, Innovationsprozesse gezielt zu steuern, Synergien zu nutzen und strategische Zukunftsfelder konsequent zu fördern.

In diesem Kontext leistet die *Innovationsplattform Bayern* einen entscheidenden Beitrag: Sie vernetzt Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik, fördert den Dialog und schafft Raum für neue Ideen. Die Plattform fokussiert sich dabei auf strategisch relevante Innovations- und Technologieansätze und setzt als agiles Beratungsgremium systemische Impulse für die Zukunft des Wirtschaftsstandorts.

Als erstem wichtigem Themenkomplex widmet sich die Plattform im Jahr 2025 der Raumfahrt – einem Sektor, der für den Freistaat von herausragender Bedeutung ist. Mit über 8.000 Beschäftigten in rund 200 Unternehmen, darunter Weltmarktführer, Hidden Champions und spezialisierte Start-ups, gehört Bayern bereits jetzt zu den Vorreitern im europäischen Raum. Auch aufgrund ihrer weitreichenden Anwendungsfelder sowie ihrer starken internationalen Vernetzung zählt die Raumfahrt zu den wesentlichen Schlüsselbranchen für die Zukunftsfähigkeit des Freistaats.

Besonders der Bereich New Space mit der Öffnung des Raumfahrtsektors für neue, nicht staatliche Akteure, Geschäftsmodelle und Technologien bietet enorme Potenziale. Unternehmen aller Art entwickeln gemeinsam mit Forschungseinrichtungen innovative Anwendungen, wie etwa in der Erdbeobachtung, Kommunikation oder Navigation, die auch auf andere Wirtschaftszweige übertragen und genutzt werden können. Gleichzeitig fließen technologische Fortschritte aus unterschiedlichen Bereichen in die Raumfahrt ein und ermöglichen dort neue Entwicklungen und Effizienzsteigerungen. Diese Entwicklungen schaffen nicht nur neue Märkte, sondern erhöhen auch die Wettbewerbsfähigkeit klassischer Industrien – von der Automobilwirtschaft über das Gesundheitswesen bis hin zur Energietechnik. Laut den aktuellen Prognosen wird sich der Markt für kommerzielle Raumfahrtanwendungen bis 2040 vervierfachen.

Noch ein weiterer entscheidender Aspekt spricht dafür, sich eingehender mit diesem Themenschwerpunkt zu beschäftigen: die Resilienz unserer Infrastrukturen und Systeme. Raumfahrttechnologien ermöglichen eine präzisere Analyse von Klimaveränderungen, verbessern die Früherkennung von Naturkatastrophen und tragen zur Absicherung kritischer Versorgungsstrukturen bei. Damit wird die Raumfahrt zu einem unverzichtbaren Instrument für die Herausforderungen unserer Zeit sowie zur Krisenbewältigung.

Gleichzeitig bietet die Raumfahrt durch ihren ausgeprägten Dual-Use-Charakter – das heißt die Nutzbarkeit für sowohl zivile als auch militärische Anwendungen – ein enormes Innovationspotenzial. Technologien, die für den Weltraum oder für sicherheitskritische Bereiche entwickelt werden, finden zunehmend Eingang in andere Branchen und können damit strategische Souveränität sichern sowie zugleich gesellschaftlichen Mehrwert schaffen.

Mit der *Innovationsplattform Bayern* als Kompetenz- und Wissensbasis bietet sich dem Freistaat Bayern die Chance, dieses strategische Handlungsfeld aktiv mitzugestalten und seine Position als führender Standort für Innovation, Sicherheit und nachhaltige Zukunftstechnologien auszubauen.

Prof. Dr. Claudia Eckert
acatech Präsidentin und Vorsitzende
des Steuerkreises

Innovationsplattform Bayern – Struktur und Arbeitsweise

Die *Innovationsplattform Bayern* ist ein agiles und partizipatives Netzwerk mit führenden Fachleuten aus Wissenschaft und Wirtschaft, welches das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie (StMWi) zu innovationspolitischen Themen berät und Empfehlungen zur Stärkung des Innovationsstandorts Bayern ausspricht. Die Plattform nimmt zu diesem Zweck neue Entwicklungen, Erkenntnisse und Trends im Innovationskreislauf in den Blick und erarbeitet Vorschläge, wie diese bestmöglich gefördert und zur Anwendung gebracht werden können. Sie ist als Kompetenz- und Wissensbasis angelegt, die vielfältige Optionen eröffnet, um komplexe innovationspolitische Themen aufzuarbeiten, unterschiedliche Wahrnehmungen und Interessen zusammenzuführen sowie komplementäre Ansatzpunkte zu entwickeln.

Struktur der Innovationsplattform

Die breit angelegte Ausrichtung der Innovationsplattform spiegelt sich in ihrer Struktur wider, die aus Steuerkreis, Projektgruppen und der acatech Geschäftsstelle besteht.

- **Steuerkreis**
  Der Steuerkreis ist der fachlich-inhaltliche Impulsgeber der Plattform für strategische Entscheidungen. Er macht Vorschläge für die Themenbearbeitung und berät über die Arbeitsergebnisse. Die Handlungsempfehlungen der Plattform werden durch den Steuerkreis beschlossen und ausgesprochen. Den Vorsitz des Steuerkreises übernimmt acatech Präsidentin Claudia Eckert.

- **Projektgruppen**
  Die inhaltliche Arbeit der Innovationsplattform findet in den Projektgruppen statt. Diese diskutieren und formulieren ergebnisoffen mögliche Entscheidungsgrundlagen und formulieren darauf basierend Handlungsoptionen und -empfehlungen. Sie stimmen ihre Zielsetzungen sowie ihre Arbeitsagenda mit dem Steuerkreis ab und berichten ihre Ergebnisse an diesen. Die Mitglieder werden hinsichtlich ihrer inhaltlichen Fachkenntnis ausgewählt, um relevante Aspekte aus Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft in die Projektgruppe einzubringen. Die an der Plattform beteiligten Akteure arbeiten unabhängig und unentgeltlich.

- **acatech Geschäftsstelle**
  Die bei acatech angesiedelte Geschäftsstelle der Innovationsplattform agiert als neutrale Maklerin und gewährleistet, dass trotz divergierender Erwartungen und Interessen innerhalb der Innovationsplattform zielgerichtete Arbeitsergebnisse erreicht werden. Die Geschäftsstelle stellt in ihrer Koordinationsfunktion die vertrauensvolle und effiziente Zusammenarbeit innerhalb der Plattform sicher und unterstützt die Erarbeitung von Dossiers mit Handlungsempfehlungen.

Fokusthema 2025

Die Innovationsplattform ist darauf ausgelegt, unterschiedliche Themenkomplexe zu bearbeiten, die ein hohes Innovationspotenzial für den Standort Bayern bergen. Hierzu wird für jedes Jahr ein Fokusthema identifiziert, das innerhalb der Plattformstrukturen bearbeitet wird. Für das Jahr 2025 wurde das Thema Raumfahrt und Raumfahrtanwendungen – Identifikation von Synergien und Schnittstellen zwischen dem Space- und Non-Space-Bereich als zu bearbeitendes Innovationsthema ausgewählt. Die Struktur der Plattform mit den 2025 eingesetzten Projektgruppen ist in folgender Abbildung dargestellt.

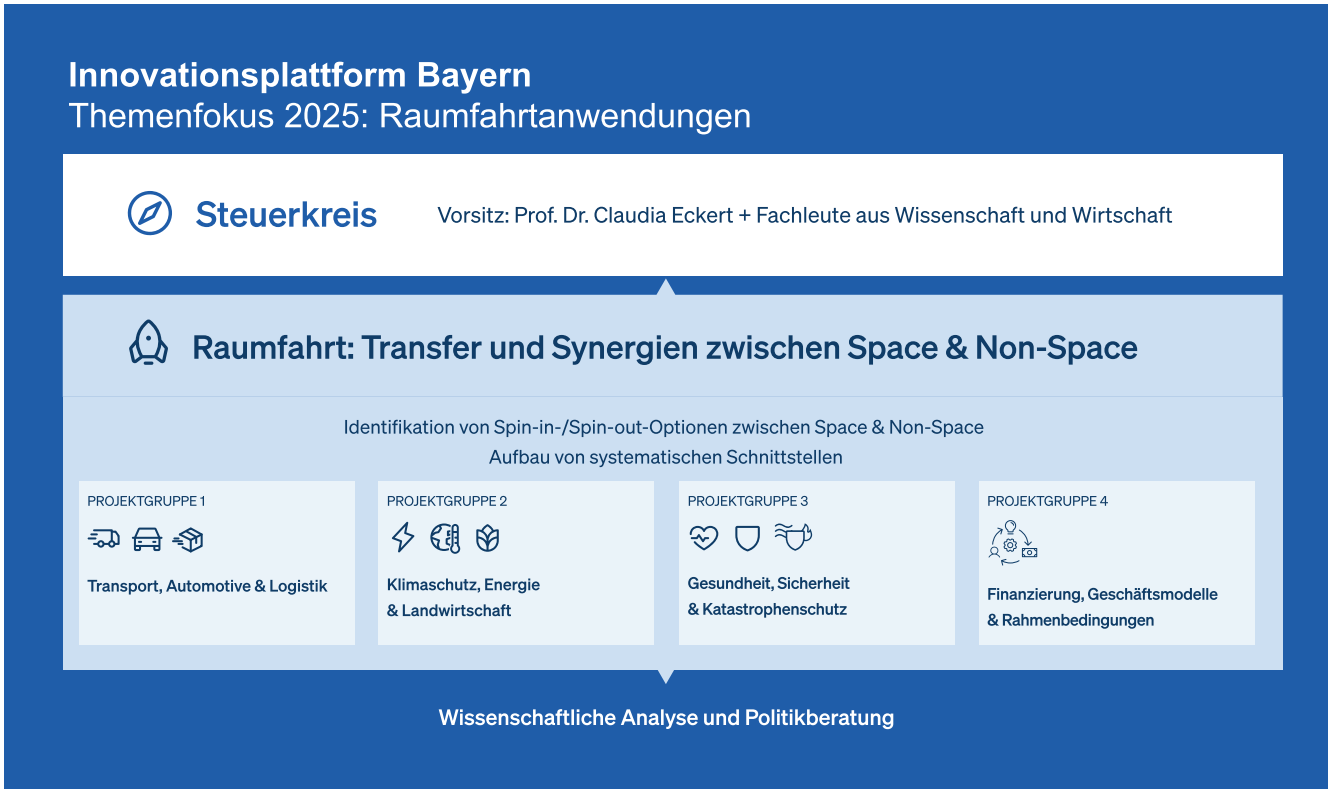

Abbildung 1: Struktur der Innovationsplattform Bayern (Quelle: eigene Darstellung)

Mitwirkende

Das vorliegende Dossier wurde im Zeitraum von Januar bis November 2025 erarbeitet. Die genannten Institutionen und Funktionen der Mitwirkenden beziehen sich auf den Erarbeitungszeitraum.

Projektleitung/Vorsitzende des Steuerkreises

- Prof. Dr. Claudia Eckert, acatech Präsidentin

Steuerkreis

- Prof. Dr. Dr. Ann-Christin Achleitner, Technische Universität München
- Christoph Angerbauer, IHK für München und Oberbayern
- Rainer Birkenbach, Brainlab AG
- Prof. Dr. Martina Brockmeier, Leibniz-Gemeinschaft
- Prof. Dr. Alena Buyx, Technische Universität München
- Lea Frank, Bundesverband Deutsche Startups e. V. – Landesgruppe Bayern
- Dr. Norbert Gaus, Siemens AG
- Prof. Dr. Veronika Grimm, Technische Universität Nürnberg
- Prof. Dr. Sibylle Günter, Max-Planck-Institut für Plasmaphysik
- Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka, Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.
- Prof. Ph.D. Dietmar Harhoff, Max-Planck-Institut für Innovation und Wettbewerb
- Prof. Dr. Thomas Hofmann, Technische Universität München
- Prof. Dr.-Ing. Anke Kaysser-Pyzalla, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)
- Dr. Martin Keller, Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e. V.
- Dr. Kal Mos, Siemens AG
- Dr. Grzegorz Ombach, Airbus SE
- Maximilian Schöberl, BMW Group
- Prof. Dr. Markus Schwaiger, Bayerische Akademie der Wissenschaften
- Prof. Dr.-Ing. Rudolf F. Schwarz, Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH
- Dr. Rainer Seßner, Bayern Innovativ GmbH
- Christine Völzow, vbw – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V.
- Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner, acatech

Projektgruppe

- Dr. Gerd-Achim Gruppe, ArianeGroup GmbH, ehem. DLR/Raumfahrtmanagement (Projektgruppensprecher)
- Dr. Munib Amin, E.ON Group Innovation GmbH
- Dr. Heike Bach, VISTA Geowissenschaftliche Fernerkundung GmbH
- Dr. Christian Burmeister, AIRMO GmbH
- Prof. Dr. Andrea Büttner, Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV
- Prof. Dr. Stefanos Fasoulas, Universität Stuttgart
- Max Gulde, ConstellR GmbH
- Markus Häuser, Space Cooperative Europe mbH
- Dr. Manfred Krischke, CloudEO
- Dr. Günther Kohlhammer, bavAIRia e. V.
- Prof. Dr. Oliver Mayer, Bayern Innovativ GmbH
- Walter Päffgen, Gesellschaft für Raumfahrtanwendungen DLR e. V.
- Dr. Eva Schmid, Deutsche Energie-Agentur GmbH
- Univ.-Prof. i. R. Dr.-Ing. Ulrich Wagner, Technische Universität München

Weitere Fachleute

- Walter Ballheimer, Reflex Aerospace GmbH
- Michael Ebner, FfE – Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V.
- Dr. Andreas Geisler, Agentur für Luft- und Raumfahrt (ALR) der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG)
- Anton Huber, Bayerischer Bauernverband
- Dr. Renato Krpoun, Swiss Space Office (SSO)
- Dr.-Ing. Martin Langer, OroraTech GmbH
- Dr. Jan Helge Mey, BHO Legal

Leitung der Geschäftsstelle der Innovationsplattform Bayern bei acatech

- Simone Neumann, acatech Geschäftsstelle
- Alexander Vetter, acatech Geschäftsstelle

Redaktionsteam

- Maurice Prosotowitz, acatech Geschäftsstelle
- Elisa Reker-Gluhic, acatech Geschäftsstelle

Mit Unterstützung durch

- Verena Bartels, acatech Geschäftsstelle
- Manuela Castro Bolivar, acatech Geschäftsstelle
- Karin Hegenbart, acatech Geschäftsstelle
- Leonie Kern, acatech Geschäftsstelle
- Leon Maixner, acatech Geschäftsstelle

Projektlaufzeit

10/2024–12/2028

Förderung

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

Förderkennzeichen: 07 03/686 70/17/24 1/26 2/27 3/28

Zusammenfassung

Angesichts zunehmender Extremwetterereignisse, steigender Nachhaltigkeitsanforderungen und in der Folge stärkerer Berichtspflichten befinden sich die Land- und Energiewirtschaft in einem Transformationsprozess. Satellitenbasierte Erdbeobachtung (EO), Navigation und Kommunikation bieten wichtige Lösungsansätze für beide Wirtschaftszweige: Indem Satelliten flächendeckend und kontinuierlich Daten liefern, bilden sie die Grundlage für Anwendungen, die für eine resiliente Energieversorgung, nachhaltige Agrarsysteme sowie Klimamonitoring, -schutz und -anpassung essenziell sind.

Der Freistaat Bayern verfügt über ein starkes Raumfahrtökosystem mit international wettbewerbsfähigen Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Netzwerken. Dennoch bleiben vorhandene Raumfahrtinfrastrukturen und konkrete Dienstleistungen privater Anbieter in Energiewirtschaft, Landwirtschaft sowie Klimamonitoring, -schutz und -anpassung bislang weitgehend ungenutzt. Ziel muss es sein, satellitenbasierte Dienstleistungen gezielt in Nachfragemärkten zu verankern, sie kommerziell stärker zu nutzen und sie als ein Schlüsselwerkzeug für Bayerns Transformation zu etablieren. Folgende Handlungsoptionen und -empfehlungen bieten sich zur Marktentwicklung und Standortstärkung an:

- Der Freistaat Bayern soll sich das Ziel setzen, **bis 2035 bei der Bereitstellung und Nutzung von raumfahrtbasierten Diensten und Raumfahrtinfrastruktur zu den weltweit führenden Standorten zu zählen.** Indikatoren für den Erfolg sind die Zahl der genutzten Anwendungen je Dienstleistungssegment, die Anzahl der öffentlichen und privaten Nutzer, die tatsächliche Verwendung der Daten (Nutzungsstatistiken) sowie die Umsatzzahlen des Up- und Downstreams in Bayern. Um das Ziel zu erreichen, soll die Bayerische Staatsregierung in der **ersten Jahreshälfte 2026 eine Raumfahrtstrategie verabschieden**, die auf Kommerzialisierung, die Stimulation der Nachfrage und den Marktaufbau sowie eine Ansiedlung der gesamten Liefer- und Wertschöpfungsketten (Upstream und Downstream) in Bayern setzt – also eine **Raumfahrtwirtschaftsstrategie**. Diese muss die veränderten Rahmenbedingungen des „New Space“[1] berücksichtigen und Raumfahrt nicht mehr primär als Forschungs- und Entwicklungsaufgabe, sondern als global konkurrierenden Wirtschaftssektor begreifen, dessen Privatunternehmen durch gezielte Förderung und wettbewerbliche Ausschreibungen zu stärken sind.
- Öffentliche **Ankerkundenschaft nach dem Vorbild der USA** ist ein entscheidendes Instrument, um die eigene Industrie durch größere Abnahmeverpflichtungen beim Marktaufbau zu unterstützen. Die staatliche Förderung muss darauf ausgerichtet werden, alle bayerischen Ministerien und Behörden so mit Mitteln auszustatten, dass sie ihre Bedarfe mit Raumfahrtanwendungen aus dem Markt decken können. In **zwei exemplarischen Ausschreibungen bis Ende 2026 mit einem Volumen von jeweils 5 Millionen Euro** sollte das StMWi gemeinsam mit anderen Ministerien erste Modelle zur Ankerkundenschaft erproben. Potenzielle **Anwendungsfälle bieten sich entlang der Themen Landwirtschaft, Energiebereitstellung sowie Klimaschutz und -anpassung an** (Beispiele sind Grünland Bayern, Quartiersmanagement und Zertifikathandel). Der Hauptfokus sollte zunächst auf dem **Einkauf von Dienstleistungen liegen – dieser hat Vorrang vor der Eigenentwicklung durch öffentliche Stellen**. Mittel- und langfristig ist es sinnvoll, sich zielgerichtet bei nachgewiesenem Bedarf auch am Aufbau von Hardware (zum Beispiel Kleinsatelliten und Satellitenschwärme) beziehungsweise Infrastruktur zu beteiligen und Public-Private-Partnership-Modelle in Verbindung mit Ankerkundenverträgen zu nutzen.
- Aufgrund ihrer Komplexität und sektoralen Verflochtenheit muss das StMWi den Förderfokus im Bereich Raumfahrt gezielt an den aktuellen Bedarfen entlang der Liefer- und Wertschöpfungsketten ausrichten:
  - Die **angebotsorientierten Förderungen** (Push- beziehungsweise Forschungs- und Technologieprogramme) dürfen **nicht isoliert auf Raumfahrt fokussiert sein, sondern müssen vernetzt mit anderen Schlüsselbereichen** wie der KI-, Chemie- und Materialbranche gedacht werden. **Ausschreibungen sollten bevorzugt an Konsortien mit sektoralem Bezug vergeben werden, die aus mehreren Akteuren entlang der Liefer- und Wertschöpfungsketten bestehen.** Vom Satellitenbauer über den Softwareanbieter bis hin zu Infrastrukturdienstleistern, Endgeräteherstellern und Nutzern müssen alle Akteure in den Entwicklungsprozess eingebunden werden. Durch den zusätzlichen **Aufbau eines bayerischen Kompetenzzentrums für kommerzielle Forschung in der Schwerelosigkeit** lassen sich weitere wirtschaftliche Potenziale erschließen, beispielsweise in den Bereichen Biologie, Medizin sowie Lebensmittel- und Materialwissenschaft.

1 | New Space bezeichnet die zunehmende Kommerzialisierung der Raumfahrt. Der Begriff umfasst nicht nur Start-ups, sondern auch etablierte Firmen und Institutionen, die neue privatwirtschaftliche Ansätze in der Raumfahrt verfolgen.

- Im Sinne einer adäquaten Pull- beziehungsweise Anwendungsförderung **soll das StMWi monetäre Anreize für die Einführung von Raumfahrtdiensten in der Land- und Energiewirtschaft schaffen**. Anwendungsorientierte Förderprogramme dürfen nicht nur die alleinige Hardwarebeschaffung adressieren, sondern müssen zur Nutzung von raumfahrtbasierten Services befähigen und beispielsweise landwirtschaftlichen Betrieben sowie Stromversorgern praktische Softwaretools zur Verfügung stellen. Für den verbesserten Kundenzugang müssen potenzielle **Anwendergruppen konsequenter in die bestehenden Netzwerke und Programme der Raumfahrt eingebunden werden**, zum Beispiel den Copernicus Energy Hub oder das Copernicus Netzwerkbüro Wald. Es wäre eine hilfreiche flankierende Maßnahme, die Veranstalter nationaler oder internationaler Kongresse wie das Nationale Forum für Fernerkundung einzuladen, dazu in Bayern zu tagen.

- Das StMWi sollte einen bundeslandweiten und nationalen Dialog anstoßen, um **die jeweiligen Rollen und Beiträge privater und öffentlicher Akteure der Raumfahrtwirtschaft zu koordinieren beziehungsweise das Rollenverständnis und die Erwartungshaltung für Beiträge privater und öffentlicher Akteure zu schärfen**. Parallel dazu soll das StMWi die **eigene Förderpraxis und den Einsatz von Haushaltsmitteln für die Raumfahrt überprüfen sowie die Entwicklung von Kooperationsmodellen in Bayern vorantreiben**, die exemplarisch eine Rollenverteilung sowie Rechte und Pflichten klar benennen und die Bedingungen für eine effiziente Zusammenarbeit auf dem Weltmarkt erproben.
- Die Bayerische Staatsregierung soll sich dafür engagieren, eine einheitliche Grundlage für den **Einsatz raumfahrtbasierter Messverfahren als valide Emissionsmonitoring-Methode** zu schaffen, zum Beispiel bei der Überprüfung von Flächenstilllegung oder CO_2-Senken und in der Folge im CO_2-Zertifikathandel. Um diese Anerkennung zu fördern sowie vorhandene Potenziale zu nutzen, sollten in Bayern **gezielt Anwendungsfelder definiert und Pilotprojekte initiiert** werden.
- Darüber hinaus sollte das StMWi die bayerischen **Raumfahrtaktivitäten ressortübergreifend abstimmen, klare Verantwortlichkeiten festlegen und den Standort deutlich stärker international repräsentieren**. In Bezug auf die Themen der Land- und Energiewirtschaft bietet sich vor allem eine überregionale Zusammenarbeit und **Clusterbildung mit Österreich und der Schweiz** an.

1 Ausgangslage und Zielsetzung

Angesichts zunehmender Wetterextreme, internationalen Wettbewerbsdrucks und neuer datenbasierter Technologien befinden sich der Energiesektor und die Landwirtschaft in einem Transformationsprozess – auch in Bayern. Sie müssen zugleich resilienter und nachhaltiger werden und sich an veränderten Technologie- sowie Marktbedingungen ausrichten. Durch erneuerbare Energien und klimaresiliente Landwirtschaft können beide Sektoren einen wertvollen Beitrag zur Versorgungssicherheit, zu effizienterer Ressourcennutzung und zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen leisten. Daneben steigt aber auch der Bedarf nach einem effektiven Klimamonitoring sowie konkreten Schutz- und Anpassungsstrategien – also der Umsetzung von Maßnahmen, mit denen gesellschaftliche, wirtschaftliche und ökologische Folgen des Klimawandels für die Sektoren erkannt, bewertet und aktiv bewältigt werden können.

Satellitenbasierte Erdbeobachtung, Navigation und Kommunikation – sprich Downstream[2]-Technologien und -Dienste – liefern in diesem Kontext nicht nur wertvolle Informationen. Raumfahrt bildet zunehmend auch die Grundlage für Anwendungen, die auf komplexe gesellschaftliche, ökologische oder wirtschaftliche Fragestellungen antworten, sei es in der Präzisionslandwirtschaft, bei der Überwachung von Energieinfrastrukturen oder bei innovativen Anwendungsfällen wie der Züchtung resilienterer Pflanzen im Weltraum. Sie gibt einen Schub in Richtung Vernetzung und Innovation – durch die Digitalisierung bestehender Prozesse, die Erschließung neuer Märkte und die Ermöglichung neuer Geschäftsmodelle.

Die Wertschöpfungskette der Erdbeobachtung[3] wird voraussichtlich von 4,6 Milliarden US-Dollar im Jahr 2022 auf rund 8 Milliarden US-Dollar bis 2032 anwachsen.[4] Mit Galileo und Copernicus steht Europa weltweit an der Spitze im Bereich der staatlich finanzierten Erdbeobachtung. Auch der Raumfahrtwirtschaftsstandort[5] Bayern verfügt mit seinen Wissenschaftseinrichtungen, Netzwerken und Unternehmen über eine gute Ausgangsbasis. Aufgrund struktureller Hürden und fehlender Nachfrage gelingt es jedoch bisher nur unzureichend, das bestehende Potenzial weiter zu kommerzialisieren.

Für eine nachhaltige Entwicklung und breite Nutzung von raumfahrtbasierten Dienstleistungen ist der Aufbau eines soliden Abnehmermarkts erforderlich. Hierfür müssen die drei Bereiche Raumfahrt, KI/IT und (staatliche) Anwender systematisch zusammengeführt werden. Über Schnittstellenthemen wie die Land- und Energiewirtschaft lässt sich das Potenzial der Raumfahrt sowohl für private Geschäftsmodelle als auch für zentrale Transformationsaufgaben des Freistaats erschließen. Wenn die Hardware in Bayern gefertigt, Daten aus dem All gewonnen, Softwarelösungen vor Ort entwickelt und von regionalen Anwendern sowie der öffentlichen Hand genutzt werden, lassen sich die gesamten Liefer- und Wertschöpfungsketten in Bayern abbilden. Die entsprechenden Kompetenzen sind bereits vorhanden.

2 | Downstream bezeichnet die Nutzung von Raumfahrttechnologien und -daten für Anwendungen auf der Erde, Upstream die dafür nötigen vorgelagerten Infrastrukturen und Aktivitäten wie Launcher- und Satellitenbau. Bodensegmente und Datenverarbeitung können abhängig vom Kontext beiden Bereichen zugerechnet werden (siehe Anhang). Je nach Definition variiert die Abgrenzung: Sie kann – wie hier – nach dem Anwendungsbereich erfolgen oder nach der Finanzierungslogik, wobei Upstream typischerweise aus Raumfahrtbudgets gespeist wird, während der Downstream häufig aus Anwendungsbudgets finanziert ist.

3 | Laut ESA gehören zur Wertschöpfungskette der Erdbeobachtung Satelliten, Sensoren und Datenübertragung, das Bodensegment und Kundenanwendungen sowie innovative Geschäftsmodelle (vgl. ESA 2023a).

4 | Vgl. ESA 2023b.

5 | Im Anhang des Dossiers findet sich neben einer Definition des Begriffs Raumfahrtwirtschaft auch eine Grafik zur Darstellung der Komplexität, welche die verschiedenen Dimensionen und angrenzenden Themenfelder visualisiert.

2 Themenfelder

2.1 Energiewirtschaft

Mit über 37.000 Beschäftigten ist die Energiewirtschaft nicht nur Bestandteil der Daseinsvorsorge, sondern auch ein bedeutender Wirtschaftszweig in Bayern. Sie spielt eine zentrale Rolle für die Versorgungssicherheit, Infrastruktur und regionale Wertschöpfung.[6] Raumfahrtbasierte Dienste stellen angesichts steigender Umweltauflagen eine wichtige Grundlage für die Energiewirtschaft dar, da sie eine objektive, großflächige und kontinuierliche Datenerfassung erlauben. Sie haben sich immer mehr zu einem strategischen Instrument entwickelt, um die Energiewende resilienter, effizienter und somit nachhaltiger und profitabler zu gestalten.

2.1.1 Status quo und aktuelle Herausforderungen

Der aktuelle Status der Nutzung von raumfahrtbasierten Anwendungen in der bayerischen Energiebranche weist unter anderem folgende Hürden und Herausforderungen auf:

Mangelndes Bewusstsein für die Bedeutung von Fernerkundung und Raumfahrt

Raumfahrt wird meist mit Weltraummissionen und Grundlagenforschung im All gleichgesetzt – dabei bildet sie heute die Basis für zahlreiche Anwendungen auf der Erde. Insbesondere beim Mittelstand und bei kleineren Marktakteuren der Energiewirtschaft wie Heizungsinstallateuren, potenziellen Eigenstromnutzern oder Hausverwaltungen, aber auch bei kommunalen und regionalen Energieerzeugern herrscht oftmals noch Unklarheit über Bedeutung und Anwendungsmöglichkeiten von zum Beispiel Erdbeobachtungsdiensten. Dies gilt auch für die sogenannten Prosumer (Mischform aus Produzenten und Konsumenten) im Bereich der Eigenstromversorgung, die von kommerzialisierten Lösungen profitieren und durch Erdbeobachtungsdaten ihre Standortpotenziale besser einschätzen und gezielt nutzen können.

Hohe Nutzungshürden

Produkte und Technologien der Raumfahrt stoßen bei potenziellen Anwendern oft auf hohe Einstiegshürden. Ein Problem ist die wechselseitige Unkenntnis: Während Anbieter häufig kein genaues Bild von den konkreten Bedarfen und Arbeitsprozessen potenzieller Kunden in der Energiewirtschaft haben, fehlt es diesen wiederum an fachspezifischen Kenntnissen über die Möglichkeiten einer Integration raumfahrtgestützter Technologien in ihre Geschäftsmodelle und Arbeitsprozesse. Teilweise werden die betroffenen Nutzergruppen auch nicht früh genug in Gespräche miteinbezogen, was es erschwert, ihre tatsächlichen Bedarfe rechtzeitig zu erkennen. Dieses gegenseitige Verständnisdefizit erschwert die Kommerzialisierung und den Verkauf von Produkten. Außerdem ist die Anwendung satellitenbasierter Softwaredienste – etwa aus LiDAR[7]-, InSAR[8]- oder optischen Daten sowie die Zusammenführung von Satelliten-, Flugzeug-, Drohnen- und Bodendaten – technisch anspruchsvoll, erfordert spezielles Fachwissen und ist häufig mit hohen Kosten verbunden. Diese strukturellen und technischen Herausforderungen hemmen die breite Nutzung und wirtschaftliche Verwertung von Erdbeobachtungsdiensten im Alltag von Netzbetreibern oder Energieversorgern.

Unzureichend organisierte Nachfrage in Bayern

Trotz des hohen Innovationspotenzials raumfahrtbasierter Dienste gelingt es bisher nicht, sie nachhaltig in Nachfragemärkten wie der Energiewirtschaft zu etablieren. Die Herausforderung liegt weniger in der technischen Entwicklung oder Förderung neuer Produkte und Dienstleistungen als vielmehr in der Marktaktivierung, der systematischen Vernetzung zwischen Angebot und Nachfrage sowie dem erfolgreichen Verkauf. Es gibt zwar praxistaugliche Softwarelösungen von regionalen Anbietern, doch bisher keinen zahlungsfähigen Endnutzermarkt in Bayern, der diese Anwendungen in ausreichendem Maße nachfragt und langfristig trägt.

6 | Vgl. Bayerisches Landesamt für Statistik 2023.

7 | Die Abkürzung LiDAR steht für Light Detection and Ranging und bezeichnet ein Messinstrument zur Fernerkundung der Erdoberfläche und Erdatmosphäre, das mit Laserstrahlen Entfernungen und Bewegungen in Echtzeit misst.

8 | InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar, zu Deutsch: Radarinterferometrie) ist eine Technik zur Kartierung von Bodenverformungen mithilfe von Radarbildern der Erdoberfläche. Im Gegensatz zu sichtbarem und infrarotem Licht durchdringen Radarwellen die meisten Wetterwolken und sind auch bei Dunkelheit wirksam.

Koordinierungsbedarf zwischen privaten Anbietern und öffentlichen Institutionen

Die Aufgaben und Sichtweisen privater Anbieter von raumfahrtbasierten Diensten und öffentlichen Forschungseinrichtungen überschneiden sich – insbesondere im Hinblick auf Datenbereitstellung, Rollen der Marktteilnehmer, Technologieentwicklung und Anwendungstransfer. Öffentliche Institutionen sollen Entwicklungen für eine hochwertige, wissenschaftlich validierte Datenbasis bereitstellen, auf der sowohl neue Forschungsprojekte als auch Entscheidungen politischer Stakeholder in staatlichen Behörden und kommerzielle Downstream-Lösungen aufbauen. Als neutraler, staatlich mandatierter Akteur hat das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) den expliziten Auftrag seiner Zuwendungsgeber, Daten der Erdbeobachtung in hochwertige, kontinuierlich verfügbare Produkte zu wandeln und möglichst breit zugänglich zu machen. Für Privatanbieter von raumfahrtbasierten Diensten führt diese kostenlose Bereitstellung von staatlich finanzierten Daten und Services durch öffentliche Institutionen und Forschungseinrichtungen jedoch zu einer nachteiligen Wettbewerbssituation. Dies betrifft Bereiche, in denen das Technology Readiness Level (TRL) weit vorangeschritten ist, alternative private Lösungen zur Verfügung stehen und in anderen Ländern bereits kommerziell betrieben werden. Zudem entsteht bei potenziellen Nutzern die Erwartungshaltung, Erdbeobachtungsdienste seien grundsätzlich unentgeltlich verfügbar, was negative Auswirkungen auf den Kundenakquisitionszyklus hat und den Marktaufbau erschwert.[9] Diese Situation ist unter anderem auf einen generellen New-Space-Wandel im Raumfahrtsektor zurückzuführen und spiegelt sich auf mehreren Ebenen wider: Sowohl in Vergabeverfahren für Produkte und Wettbewerben staatlicher Forschungsförderung als auch in Ausschreibungen der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) treten öffentliche Einrichtungen und private Anbieter je nach Ausschreibungskontext als Partner oder Wettbewerber in verschiedenen Konsortien auf.

2.1.2 Potenziale und Anwendungsmöglichkeiten

Raumfahrtbasierte Dienste wie die Erdbeobachtung bieten vor allem in ihrer Integration mit anderen Daten – etwa Netzzustands- und Verbrauchsdaten – zahlreiche konkrete Möglichkeiten, um Betriebsabläufe zu verbessern, Ressourcen effizienter zu nutzen oder die Energiewende voranzubringen. Potenziale und Anwendungsmöglichkeiten bestehen unter anderem in den folgenden Bereichen:

Optimierung von Projektierung, Bau und Wartung erneuerbarer Energieanlagen

Hochauflösende Erdbeobachtungsdaten ermöglichen präzisere Ertragsprognosen für die Wind- und Solarenergie und helfen dabei, geeignete Standorte für zum Beispiel Photovoltaikanlagen zu identifizieren. Dabei verbessern sie nicht nur die Planung, sondern auch die Steuerung und Netzintegration erneuerbarer Stromquellen. Die volatile Einspeisung erneuerbarer Energien kann dadurch besser antizipiert und stabilisiert werden. So können Speichersysteme optimal integriert sowie Netzüberlastungen und -unterdeckungen vermieden werden. Fernerkundung unterstützt darüber hinaus die Früherkennung von Effizienzverlusten bei Solarpaneelen.

Überwachung von Infrastruktur

Die Kombination von Erdbeobachtungsdaten mit IoT (Internet of Things)-Technologien, die Objekte der physischen und digitalen Welt über das Internet intelligent vernetzen, ermöglicht die Echtzeitbeobachtung und -analyse von (kritischer) Infrastruktur, Ressourcen und Lieferketten. Satellitendaten können zur Überwachung eingesetzt werden, während IoT-Sensoren vor Ort detaillierte Daten liefern und damit eine schnelle Reaktion auf Veränderungen erlauben. So können Leckagen an Gaspipelines oder Extremwettereinflüsse auf Offshore-Windparks frühzeitig identifiziert werden. Auch Vegetationsveränderungen entlang von Stromtrassen lassen sich überwachen, um etwa Brandrisiken oder Leitungsschäden vorzubeugen. Temperaturabweichungen in Stromnetzen, Kraftwerken oder Verkehrsinfrastrukturen können ebenfalls über Erdbeobachtung frühzeitig erfasst werden. Das ermöglicht die proaktive Wartung und Instandhaltung, noch bevor es zu Ausfällen kommt.

Gebäude- und Quartiersverwaltung

Die digitale Kartierung von Gebäudebeständen, insbesondere die Analyse von Dämmqualitäten und Wärmeverlusten, erlaubt eine präzisere Verwaltung von Gebäuden und trägt erheblich zur Steigerung der Energieeffizienz bei. Diese Daten unterstützen dabei, energetische Schwachstellen zu identifizieren und gezielte Sanierungsmaßnahmen zu planen. Satellitensysteme ermöglichen

9 | Oft wird übersehen, dass private Anbieter einen erheblichen Mehrwert schaffen: Während öffentliche Stellen etwa frei verfügbare Potenzialkarten für erneuerbare Energien bereitstellen, liefern spezialisierte Unternehmen darauf aufbauend passgenaue Softwarelösungen – etwa zur Überwachung von Infrastruktur oder zum Anlagenmanagement. Gerade diese Kombination aus Datenverarbeitung, Nutzerfreundlichkeit und Prozessintegration macht den entscheidenden Unterschied für Kundinnen und Kunden und rechtfertigt die Nachfrage nach kommerziellen Dienstleistungen.

zudem die flächendeckende Wärmeanalyse ganzer Quartiere oder Stadtteile. Erdbeobachtung trägt durch die Identifikation von Hitzeinseln (Urban Heat Islands[10]), die städtische Planung von Kaltluftschneisen, die Messung von Verkehrsemissionen und Oberflächentemperaturen sowie ein intelligentes Vegetationsmanagement dazu bei, Städte nachhaltiger zu gestalten und an veränderte Klimabedingungen anzupassen. Dank der Identifikation spezifischer Hotspots können Interventionsmaßnahmen zielgerichtet erfolgen und knappe kommunale Budgets bestmöglich allokiert werden. Die SAR-Interferometrie, bei der Radarwellen von Satelliten genutzt werden, um kleinste Boden- und Objektbewegungen über die Zeit zu messen, wird seit vielen Jahren zur Überwachung von Infrastruktur (Brücken, Dämmen, Straßen) und der Gebäudesicherheit sowie deren Veränderung im Millimeterbereich eingesetzt.[11]

Technologietransfer

In der Raumfahrt verfügt man durch den Einsatz von flüssigem Wasserstoff als Raketentreibstoff über langjährige Erfahrung im sicheren und effizienten Umgang mit kryogenen Flüssigkeiten – von Speichersystemen über präzise Betankung bis hin zu fortschrittlicher Sicherheitstechnik. Dieses Wissen kann gezielt in andere Sektoren übertragen werden, etwa zur Optimierung von Wasserstoffspeichern oder zur Entwicklung robuster Materiallösungen gegen Leckagen oder Versprödung. Umgekehrt kann die Raumfahrt durch die Verwendung von grünem Wasserstoff als Treibstoffbasis klimafreundliche Antriebsmöglichkeiten erproben. Die Energiewirtschaft kann hierzu tragfähiges Wissen zur Herstellung von strombasierten Kraft-, Brenn- und Grundstoffen liefern. Erkenntnisse aus der terrestrischen Solarenergie können zudem auf die Energieversorgung von Satelliten übertragen werden, beispielsweise für effizientere Solarpaneltechnologien im All.

2.2 Landwirtschaft

Bayern gehört mit über 103.000 landwirtschaftlichen Betrieben und vielfältigen Produktionszweigen zu den bedeutendsten Agrarregionen Europas. Mit rund 2,5 Millionen Hektar Wald verfügt Bayern über die größte Waldfläche in Deutschland und ist somit ein wichtiger Standort der Forstwirtschaft.[12] Zunehmende Wetterextreme sowie steigende Umwelt- und Nachhaltigkeitsanforderungen verlangen hier jedoch nach neuen, datenbasierten Lösungen.

2.2.1 Status quo und aktuelle Herausforderungen

Der aktuelle Status der Nutzung von raumfahrtbasierten Anwendungen in der bayerischen Forst- und Landwirtschaft weist unter anderem folgende Hürden und Herausforderungen auf:

Unzureichender Abnahmemarkt

Ähnlich wie in der Energiebranche fehlt es auch in der Forst- und Landwirtschaft an ausreichend organisierter Nachfrage nach raumfahrtbasierten Diensten. Viele Technologien sind bereits entwickelt, aber finden in der Praxis kaum Anwendung. Hindernisse bestehen in fehlendem Vertrauen in digitale Tools sowie Bedenken hinsichtlich der eigenen Souveränität, wenn Serviceprovider zugleich Handelspartner der Landwirtschaftsbetriebe sind und durch den Informationsaustausch detailliertes Wissen über die Beschaffenheit der Felder ihrer Kundinnen und Kunden erhalten (Problematik des „gläsernen Landwirts“). Der Erfolg hängt entscheidend davon ab, ob Dienste nutzerzentriert entwickelt und über vertrauensvolle Softwarelösungen oder integrierte Produktpakete zugänglich gemacht werden.

Fehlende Anreize

Studien haben gezeigt, dass raumfahrtgestützte Smart-Farming-Lösungen Effizienz und Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft verbessern und somit mittelfristig die Kosten senken können.[13] Die Produktion von Nahrungsmitteln wird klimaschonender und die Umweltbelastung geht zurück. Höhere Erträge, Qualitätssteigerungen und reduzierte betriebliche Risiken machen sich aber erst im Nachhinein und langfristig bemerkbar – die Aussicht allein gibt keine ausreichenden direkten Anreize für konkrete Akteure der Landwirtschaft, zum Beispiel regionale Höfe, staatliche Betriebe oder große Genossenschaften, welche die Angebote einkaufen und in neue Technologien investieren müssen. Die detaillierten positiven Effekte, zum Beispiel Einsparungen von Dünger, Pflanzenschutzmitteln, Wasser und Zeit, sind zudem für einzelne und kleinere landwirtschaftliche Betriebe nicht immer akkurat zu beziffern, da jährlich schwankende Bedingungen belastbare Vorher-Nachher-Vergleiche erschweren.

Unpassende Förderausrichtung

Der Mangel an zielgerichteten Förderprogrammen und Partnerschaften von Anbietern raumfahrtbasierter Lösungen mit

10 | Vgl. NASA ARSET 2023.
11 | Vgl. DLR 2025b; Universität Stuttgart 2024.
12 | Vgl. LWF 2021.
13 | Vgl. unter anderem Liepa et al. 2025; Karunathilake et al. 2023.

etablierten Agrarunternehmen hemmt den Aufbau tragfähiger Geschäftsbeziehungen. Es fehlen abgestimmte Formate, die sowohl die Angebote von New-Space-Unternehmen als auch die Bedarfe der landwirtschaftlichen Endanwender berücksichtigen. Dieses Problem wird durch die traditionelle Förderung nicht adressiert. Statt ganzheitlicher Ansätze fördern bestehende Programme oft nur die Anschaffung einzelner Maschinen, zum Beispiel teilflächenspezifischer Düngerstreuer, unterstützen aber nicht die notwendige Befähigung zur Nutzung und zum Roll-out der Technologie in einen langfristigen Dienst.

2.2.2 Potenziale und Anwendungsmöglichkeiten

Potenziale und Anwendungsmöglichkeiten reichen von der Früherkennung von Dürre- und Krankheitsrisiken über die Optimierung von Bewässerung und Düngemitteleinsatz bis hin zu Wettervorhersagen oder der Planung landwirtschaftlicher Infrastruktur. Wichtige technologische Trends für die Landwirtschaft sind nachfolgend beschrieben.

Smart Farming

Smart Farming, auch Landwirtschaft 4.0 genannt, nutzt Simulationen, digitale Zwillinge und KI, um landwirtschaftliche Prozesse effizienter und nachhaltiger zu gestalten.[14] Satellitenbilder ermöglichen durch Echtzeitüberwachung der Felder eine datenbasierte Entscheidungsfindung; sie zeigen die charakteristische Leistungsfähigkeit der Böden im Detail. So können beispielsweise Düngemittel bedarfs- und flächenspezifisch eingesetzt werden (Precision Farming), was Verbrauch und Kosten senkt, die Umwelt und das Grundwasser schont und die Erntequalität sowie die Biodiversität auf den Feldern steigert. Auch Aussaat und Ernte lassen sich besser terminieren, Schädlingsbefall und Nährstoffmangel der Pflanzen werden frühzeitig erkannt. Durch die präzise Kartierung der Bodenbeschaffenheit kann auch innerhalb eines Feldes die Pflanztiefe von Saatgut so gestaltet werden, dass Pflanzen gleichmäßig wachsen. Thermale Satellitendaten liefern Informationen zur Pflanzengesundheit und ermöglichen gezieltere, ressourcenschonende Bewässerung und Pflanzenschutz, sodass frühzeitig auf beginnende Dürren reagiert werden kann.

Erdbeobachtung und Drohnenschwärme

Zukunftstechnologien wie Roboter- oder Drohnenschwärme auf GNSS-Basis[15] bieten großes Potenzial, landwirtschaftliche Prozesse weiter zu optimieren, Arbeitsaufwand zu reduzieren und zum Beispiel zur Wildtierschonung beizutragen. Ein etabliertes Anwendungsbeispiel ist die Identifikation von Rehkitzen in den Erntefeldern anhand von Drohnen mit Wärmebildkameras, um die Tiere vor dem Tod durch Mähdrescher zu schützen.[16] Auch der gezielte Einsatz biologischer Pflanzenschutzmittel, etwa gegen den Maiszünsler, wird mit Drohnen umgesetzt. Derzeit ist der Einsatz von Drohnen mit einem Startgewicht von über 50 Kilogramm jedoch durch zeit- und kostenaufwendige Genehmigungsverfahren gekennzeichnet.[17] Für entsprechende Anwendungen könnten sich Satellitendienste und Drohnen sinnvoll ergänzen.

Satellitenbasierte Anwendungen zu Waldmonitoring und Waldbrandüberwachung

Optische Sensoren vom sichtbaren Licht bis zum mittleren beziehungsweise langwelligen Infrarot auf Satelliten ermöglichen die frühzeitige Erkennung von Waldbränden und Trockenheitsrisiken, in einigen Fällen noch bevor diese vom Boden aus sichtbar oder durch konventionelle Systeme erfassbar sind. Raumfahrtbasierte Dienste ergänzen hier bestehende Frühwarnmethoden und erhöhen die Reaktionsgeschwindigkeit. Ein Beispiel ist die Copernicus-Satellitenmission Sentinel 2: Auf Sardinien unterstützen die optischen Daten lokale Organisationen bei der Erstellung des täglichen Gefahrenindex Daily Fire Hazard Index[18], der Waldbrandrisiken präzise bewertet. Die Daten werden außerdem verwendet, um Feuerverläufe in Echtzeit zu modellieren. Doch nicht nur zur Waldbrandüberwachung, sondern auch im langfristigen Waldmonitoring spielen Erdbeobachtungsdaten eine zentrale Rolle: Mit der ESA-Mission Biomass wurde ein neuartiger Satellit ins All gebracht, der die globale Erfassung pflanzlicher oberirdischer Biomasse und Kohlenstoffspeicher in Wäldern ermöglicht.[19] Zudem können Satellitendaten genutzt werden, um die Vitalität von Wäldern zu monitoren und zum Beispiel beginnenden Schädlingsbefall, etwa durch den Borkenkäfer, zu identifizieren. Entsprechende Anwendungen werden bereits heute von privaten Dienstleistern aus Bayern für ganz Europa und weltweit angeboten.

14 | Vgl. DLR 2018.
15 | Global Navigation Satellite Systems (GNSS) sind satellitengestützte Navigationssysteme wie GPS (USA), GLONASS (Russland), Galileo (Europa) und Beidou (China). Sie ermöglichen metergenaue Standortbestimmungen auf der ganzen Welt (vgl. BKG 2025).
16 | Vgl. BLE 2025.
17 | Vgl. Bayerische Staatsregierung 2023.
18 | Vgl. Copernicus 2022.
19 | Vgl. ESA 2025.

2.3 Klimamonitoring, -schutz und -anpassung

Durch den Klimawandel ist auch der Freistaat Bayern zunehmend von Extremwetterereignissen wie Hitzewellen, Starkregen und Dürreperioden betroffen, die unter anderem die Landwirtschaft und die Energieversorgung sowie die natürlichen Ökosysteme belasten. Mithilfe raumfahrtbasierter Dienste können durch den Klimawandel verursachte Risiken frühzeitig erkannt und daraufhin Anpassungsstrategien entwickelt sowie gezielt entlastende Maßnahmen umgesetzt werden. Satellitengestütztes Emissionsmonitoring kann dazu genutzt werden, die sektoralen Treibhausgasemissionen zu verringern, und damit zum Klimaschutz beitragen.

2.3.1 Status quo und aktuelle Herausforderungen

Der aktuelle Status der Nutzung von raumfahrtbasierten Anwendungen für Klimamonitoring, -schutz und -anpassung in Bayern weist unter anderem folgende Hürden und Herausforderungen auf:

Kooperationsbedarf

Anwendungsfälle für Klimamonitoring, -schutz und -anpassung mittels Erdbeobachtung könnten potenziell ein Alleinstellungsmerkmal für den bayerischen Standort darstellen. Sie betreffen verschiedene Branchen und Bereiche – von Landwirtschaft über Energie bis hin zur Raumplanung und Finanzwirtschaft. Doch in der Praxis agieren viele Institutionen und Behörden bisher isoliert. Es fehlen erste kommerzielle Leuchtturmanwendungen, die die Potenziale der Raumfahrt als Dienstleistung systemisch zusammenführen und exemplarisch demonstrieren.[20] Um die grundsätzliche Realisierbarkeit möglicher Anwendungsfälle abzuschätzen, besteht ein erhöhter Kooperationsbedarf zwischen den Stakeholdern von der Forschung bis zur Entwicklung und Anwendung.[21]

Fehlende institutionelle Verankerung

Trotz der zunehmenden Bedeutung von Erdbeobachtungsdaten gibt es kaum einheitliche Standards für ihre Nutzung beim ESG-Reporting[22], beim Zertifikathandel oder bei kommunalen Klimaanpassungsstrategien. Auch in Förderprogrammen und Planungsvorhaben sind sie bisher nicht systematisch integriert. Indirekt fehlt dadurch auch potenziellen Anwendern aus der Land- und Energiewirtschaft ein Anreiz zur Nutzung von Erdbeobachtungsdiensten.

2.3.2 Potenziale und Anwendungsmöglichkeiten

Erdbeobachtung als Datenlieferant

Erdbeobachtungsdaten sind für Behörden, Städte, große landwirtschaftliche Betriebe und Energieversorger eine sehr wichtige Grundlage, um Emissionen zu dokumentieren, wirksame Klimaschutzmaßnahmen zu identifizieren und Regularien einzuhalten. Die Relevanz einer raumfahrtbasierten Datengrundlage kann im Rahmen des ESG-Reportings noch zunehmen, da hierbei eine nachvollziehbare Dokumentation konkreter Umweltauswirkungen und die Überwachung der Einhaltung von Verpflichtungen – zum Beispiel über Maßnahmen zur Emissionsminderung oder Kohlenstoffbindung – zentral sind. Bisher werden diese durch Vor-Ort-Kontrollen überprüft. In Kombination mit KI können Erdbeobachtungsdaten zudem in konkrete Entscheidungshilfen übersetzt werden: im Klimamonitoring, bei der Planung resilienter Infrastrukturen oder der Risikobewertung von Extremwetterereignissen durch Versicherungen.

Erdbeobachtung als Baustein einer akkuraten CO_2-Sequestrierung[23]

Satellitenbasierte Erdbeobachtung wird zunehmend zu einem integralen Bestandteil der CO_2-Sequestrierung und Kohlenstoffbilanzierung, insbesondere bei natürlichen Senken wie Mooren, Auen oder Wäldern. Satelliten wie Rose L von Copernicus werden zum Beispiel hochauflösende Informationen zu Bodenfeuchte, Vegetationsstruktur und Biomasse liefern, die Rückschlüsse auf

20 | Zum Beispiel die satellitenbasierte Identifikation überhitzter Flussabschnitte, um Fischbestände zu schützen und die Abwärme für städtische Wärmenetze zu nutzen.

21 | In Projekten wie dem vom StMWi geförderten Earth Observation Laboratory for Climate Adaptation and Mitigation (vgl. DLR 2025a) arbeiten zum Beispiel behördliche Stakeholder und Expertengruppen an der Entwicklung von Informationsprodukten, die helfen sollen, notwendige Anpassungen an den Klimawandel zu meistern. Die Themenschwerpunkte umfassen unter anderem Land- und Forstwirtschaft, den urbanen Raum oder Querschnittsthemen wie Biodiversität, Naturgefahren und Gesundheit.

22 | ESG-Reporting ist die Offenlegung von Informationen über die Auswirkungen eines Unternehmens auf Umwelt (Environmental), Soziales (Social) und Unternehmensführung (Governance).

23 | Umfasst das Abscheiden, Aufbereiten und Komprimieren von CO_2 (vgl. Deutscher Bundestag 2023, S. 135).

die Kohlenstoffbindung in Pflanzen ermöglichen. Technologien wie hyperspektrale Fernerkundung, zum Beispiel EnMAP[24], oder radarbasierte Systeme (SAR) ermöglichen darüber hinaus ein detailliertes, kontinuierliches Monitoring von natürlichen Senken und Emissionsquellen. Sie können dazu beitragen, die CO_2-Sequestrierung transparent zu quantifizieren und als Ökosystemdienstleistung sichtbar zu machen, die sowohl von politischer als auch von fachplanerischer Relevanz für Umweltstrategien ist.

Erdbeobachtung als Werkzeug für Zertifikathandel

Im wachsenden Markt für Klimazertifikate kann die Erdbeobachtung sogar wirtschaftliche Wertschöpfung ermöglichen. Sie liefert objektive, physikalisch messbare Daten – keine bloßen Bilder –, die weltweit vergleichbar und standardisiert erhoben werden. Damit kann sie die Basis für glaubwürdige, skalierbare Zertifikatsmodelle schaffen. Schon heute beeinflussen verifizierte Satellitendaten wirtschaftliche Entscheidungen, sei es bei Ernteprognosen, die sich auf Rohstoffpreise auswirken, oder um Flächenstilllegungen im Rahmen von EU-Subventionen[25] zu überprüfen.

Botanik im All

In der Schwerelosigkeit zeigen Pflanzen veränderte Zellteilungen, Wurzelbildung, Hormonverteilung und mikrobiologische Wechselwirkungen. Diese Prozesse können gezielt genutzt werden, um neue Sorten mit erhöhter Widerstandskraft gegen Dürre, Hitze oder Pflanzenkrankheiten wie etwa Mehltau zu entwickeln. Auch die molekulare Wirkung von Biostimulanzien, Nährstoffverfügbarkeit und Fotosyntheseverhalten lässt sich im Orbit anders beobachten und analysieren als auf der Erde. Ursprünglich für geschlossene Kreislaufsysteme im All entwickelt, fließen die Prinzipien dieser Forschung heute in hochproduktive Controlled-Environment-Agriculture-Systeme (CEA), Vertical Farming und die innovative Saatgutentwicklung ein. CEA-Technologien ermöglichen den präzisen Anbau unterschiedlichster Kulturen – von Salat und Kräutern bis hin zu Mikroalgen, Pilzen, Insekten und Fisch – unter vollständig kontrollierten Bedingungen.[26] Besonders relevant ist das Potenzial für Grundnahrungsmittel wie Weizen, der in Indoor-Farmen bis zu fünfmal jährlich geerntet werden kann – bei gleichzeitiger Reduktion des Wasserverbrauchs.[27] Durch vertikal gestapelte Anbauflächen entstehen dabei außergewöhnlich hohe Ertragspotenziale auf minimalem Raum. Der Orbit wird so zum Labor für resiliente Ernährungssysteme auf der Erde, die auch unter extremen Umweltbedingungen und Ressourcenknappheit eine zuverlässige Nahrungsmittelversorgung ermöglichen. Die Forschung an pflanzenbasierten Ernährungssystemen im All ist deshalb kein Selbstzweck, sondern ein strategisches Innovationsfeld mit direktem Nutzen für Landwirtschaft, Industrie und Gesellschaft.

24 | EnMAP ist der erste in Deutschland entwickelte Hyperspektralsatellit. Mit zwei Spektrometern erfasst er reflektierte Sonnenstrahlung vom sichtbaren bis in den kurzwelligen Infrarotbereich in bislang unerreichter Auflösung. So lassen sich präzise Aussagen über den Zustand und Veränderungen der Erdoberfläche treffen, etwa in den Bereichen Umwelt, Landnutzung, Landwirtschaft, Wasserqualität oder Geologie (vgl. DLR 2023).

25 | Satelliten- und Luftbilder werden in der Agrarpolitik schon seit Langem zur Kontrolle der flächenbezogenen Beihilfen eingesetzt, die heute fast 80 Prozent der EU-Förderung für die Landwirtschaft und die Entwicklung des ländlichen Raums ausmachen (vgl. Europäischer Rechnungshof 2022).

26 | Vgl. Calvo-Baltanás et al. 2025.

27 | Vgl. Asseng et al. 2020.

3 Handlungsoptionen und -empfehlungen

Der Freistaat Bayern soll sich das Ziel setzen, **bis 2035 bei der Bereitstellung und Nutzung von raumfahrtbasierten Diensten und Raumfahrtinfrastruktur zu den weltweit führenden Standorten zu zählen.** Indikatoren für den Erfolg sind

- die Zahl der genutzten Anwendungen je Dienstleistungssegment,
- die Anzahl der öffentlichen und privaten Nutzer,
- die tatsächliche Verwendung der Daten (Nutzungsstatistiken) sowie
- die Umsatzzahlen des Upstreams und Downstreams in Bayern.

Dieses übergeordnete und klar kommunizierte wirtschaftspolitische Vorhaben gibt eine Orientierung für staatliche Maßnahmen, die strategische Ausrichtung Bayerns sowie die Konzeptionierung von Förderinstrumenten und -programmen. Es sendet ein positives Signal an die bayerische Raumfahrtbranche und erkennt **Raumfahrt in ihrer neuen Bedeutung als Dienstleistungssektor auf der Erde** an.

Folgende Handlungsoptionen und -empfehlungen bieten sich zur Marktentwicklung und Standortstärkung an:

1. Raumfahrtwirtschaftsstrategie

Die Bayerische Staatsregierung soll zum Erreichen dieses Ziels **in der ersten Jahreshälfte 2026 eine eigene bayerische Raumfahrtstrategie für die kompletten Liefer- und Wertschöpfungsketten** verabschieden **– mit einer gezielten wirtschaftspolitischen Schwerpunktsetzung**, also eine **Raumfahrtwirtschaftsstrategie**. In ihrem Zentrum steht der Aufbau eines wettbewerbsfähigen bayerischen Raumfahrtwirtschaftsstandorts, der Serviceprovider für andere Branchen ist und auch Beiträge zur geopolitischen Souveränität sowie zur Versorgungssicherheit und Verteidigungsfähigkeit Deutschlands leistet.[28] Raumfahrt (und insbesondere satellitenbasierte Erdbeobachtung) ist in dieser Strategie als zukünftige **Schlüsselindustrie mit Wachstumspotenzial** für den gesamten Standort Bayern zu betrachten. Sie muss **aktiv in die Industrie- und Innovationspolitik integriert** werden. Dafür müssen in die Strategie explizit öffentliche Kunden wie Städte und Kommunen oder private Nutzer aus verschiedenen Sektoren etwa der Land- und Energiewirtschaft miteinbezogen werden. Auch wenn der Großteil des Umsatzes im Downstream liegt, sollte die Strategie mit ihren Instrumenten **jeweils bedarfsgerecht die einzelnen Segmente der gesamten Liefer- und Wertschöpfungsketten abdecken**, damit also auch den Upstream adressieren. Der souveräne Zugang zum Weltraum ist genauso wie die Hardwareproduktion von Raketen und Satelliten eine unabdingbare Voraussetzung für einen wettbewerbsfähigen Raumfahrtwirtschaftsstandort.

2. Konkrete Ausschreibungen zur Ankerkundenschaft

Das Konzept öffentlicher **Ankerkundenschaft**[29] **sollte als zentraler Hebel einer bayerischen Raumfahrtwirtschaftsstrategie genutzt werden**, um Innovationen und die weitere Standortbildung zu ermöglichen. Nur mit einer starken öffentlichen Ankerkundenschaft kann ein tragfähiger Markt für Raumfahrtanwendungen in Bayern entstehen:

- Das Ziel einer Ankerkundenschaft besteht darin, **öffentliche Bedarfe in marktwirksame Nachfrage zu überführen und Dienste in die tatsächliche Nutzung zu bringen**. Durch langfristige, verlässliche Abnahmeverpflichtungen schafft der Staat eine Anschubfinanzierung für Unternehmen, senkt Markteintrittshürden und gibt Planungssicherheit. Potenzielle Ankerkunden wie bayerische Behörden mit sektoralem Bezug – zum Beispiel das Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (LDBV), das Landesamt für Umwelt (LfU), die Landesanstalten für Wald und Forstwirtschaft (LWF) sowie für Landwirtschaft (LfL) oder die Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in Bayern – treten in dieser Funktion nicht nur als **Hauptkunden und Auftraggeber** auf, sondern auch als **Makler und Ermöglicher** neuer Wertschöpfungsketten zwischen Unternehmen und öffentlicher Hand. Das schafft einen **Rahmen für die Etablierung neuer Geschäftsbeziehungen**.
- Das Vergabemodell der Ankerkundenschaft sollte **modular, wettbewerblich und innovationsförderlich** gestaltet werden. Gesellschaftlich relevante Herausforderungen, zum Beispiel Klimaanpassung in Städten oder Landwirtschaftsmonitoring,

28 | Vgl. auch die Berichte der Projektgruppen Gesundheit, Sicherheit und Katastrophenschutz sowie Finanzierung, Geschäftsmodelle und Rahmenbedingungen (vgl. Innovationsplattform Bayern 2026a; Innovationsplattform Bayern 2026b).

29 | Ankerkundenschaft bedeutet im Raumfahrtkontext, dass der Staat – also Ministerien oder Behörden – eine strategische und aktive Rolle als erster und langfristiger Auftraggeber und Kunde von privatwirtschaftlichen Dienstleistern einnimmt.

werden vorab definiert, Lösungsanbieter in einem wettbewerblichen Verfahren ausgewählt und für einen Zeitraum von bis zu zwei Jahren durch staatliche Mittel unterstützt. **Die öffentliche Hand fungiert in dieser Phase als Pilotkunde.** Unternehmen erhalten so die Möglichkeit, ihre Produkte anwendungsnah zu adaptieren und zur skalierbaren Marktreife zu führen. Die anwenderfreundlichen Daten- und Serviceelemente (zum Beispiel KI-gestützte Risikoprofile für die landwirtschaftliche Produktion, Satellitenkarten für Quartiersanalysen, interoperable EO-Schnittstellen) der Ankeraufträge sollten als Module ausgeschrieben werden. So können sie anschließend als Standardkomponenten in digitalisierten Plattformen und Geräten verankert werden – zum Beispiel in Landmaschinen, kommunalen GIS[30]-Systemen oder einer Gebäudemanagement-Software.

- Der Staat agiert mit einem klaren Exit-Mechanismus: **Nur marktttaugliche Module werden anhand vordefinierter Key-Performance-Indikatoren (KPIs) wie Nutzerzahl, Kosten-Nutzen-Relation oder Integrationsgrad weiterverfolgt; nicht angenommene Module laufen strukturiert aus.** Leistungskriterien wie der Innovationsgehalt, die regionale Wirkung (zum Beispiel Einbindung regionaler landwirtschaftlicher Betriebe für eine bedarfsgerechte Lösung), die Interoperabilität mit bestehenden Systemen sowie Verwertbarkeit und Skalierungsmöglichkeiten sind ebenfalls ausschlaggebend und erzeugen gezielten Innovationsdruck: Anbieter haben einen verbindlichen Zeitrahmen, innerhalb dessen sie anwendungsfreundliche, interoperable und marktfähige Lösungen entwickeln müssen – auch über Sektoren wie Gesundheit, Energie, Landwirtschaft hinweg.
- Ein weiteres Ziel ist die regionale Verankerung: **Ankerkundenschaften decken lokale Bedarfe ab und tragen dazu bei, dass sich Unternehmen in Bayern niederlassen, qualifizierte Arbeitsplätze aufbauen und aktiv am regionalen Innovationsökosystem teilnehmen.** Dabei können sich aus den zu deckenden Bedarfen sowie lokalen und regionalen Gegebenheiten sachlich gerechtfertigte geografische Leistungsanforderungen ableiten, zum Beispiel Ansprechpartner vor Ort oder eine regionale Vertretung in Bayern. Auf diese Weise wird nicht nur die breite Anwendung raumfahrtbasierter Dienste gefördert, sondern zugleich ein nachhaltiger Mehrwert für die öffentliche Hand und den Technologiestandort erzielt – etwa durch Wertschöpfung und zusätzliche Steuereinnahmen.
- Der Hauptfokus sollte zunächst auf dem **Einkauf von Dienstleistungen liegen –, dieser hat Vorrang vor der Eigenentwicklung durch öffentliche Stellen**. Die gebündelte öffentliche Nachfrage bildet die Grundlage für die initiale Etablierung der Angebotsseite und ermöglicht es den Auftragnehmern, weitere Märkte zu erschließen und zusätzliche Kunden zu gewinnen. **Mittel- und langfristig ist es sinnvoll, sich zielgerichtet bei nachgewiesenem Bedarf auch am Aufbau von Hardware am Standort Bayern (wie zum Beispiel Kleinsatelliten und Satellitenschwärme, beziehungsweise Infrastruktur) zu beteiligen** und Public-Private-Partnership-Modelle in Verbindung mit Ankerkundenverträgen zu nutzen. Zudem ist es ratsam, für öffentliche Kunden in Bayern **Rahmenvereinbarungen über Standarddienstleistungen** zu schließen, damit in der Folge nicht mehr jede Behörde selbst eine Vereinbarung treffen muss und Vergaben mit dem ausgewählten Anbieter schneller umgesetzt werden können.
- **Ankerkundenschaftsmodelle sollten zukünftige Szenarien antizipieren**, zum Beispiel Leben unter extremen Umweltbedingungen, und prioritär Anbieter für die Raumfahrtwirtschaft in Bayern verankern. Die Szenarien sind in langfristigen Zeithorizonten zu denken, ohne dass dies die Laufzeit der Ankerkundenschaft selbst vorgibt. Damit nicht nur Technologien genutzt werden, sondern auch Arbeitsplätze in Bayern entstehen und hier produziert wird, gilt es, **alle Glieder der Liefer- und Wertschöpfungsketten** miteinzubeziehen – vom Up- und Downstream bis hin zum konkreten Anwender (siehe Anhang). Die Basis, um produzierende Unternehmen in Bayern anzusiedeln, bilden Bedarfs- und Potenzialanalysen bestehender Satellitenanwendungen. Diese wurden bereits von Unternehmen, Agenturen und Forschungseinrichtungen durchgeführt, sind aber in der bisherigen Strategieentwicklung noch nicht berücksichtigt. **Das StMWi sollte daher mit Dienstleistern und Anwendern eine Auftakt-Informationsveranstaltung zu den grundsätzlichen Optionen, Bedarfen sowie Potenzialen raumfahrtbasierter Anwendungsfälle in Energie- und Landwirtschaft organisieren.**
- Um den benötigten **Pull-Effekt auf der Nachfrageseite zu erzeugen, soll das StMWi bis Ende 2026 zwei konkrete Ankeraufträge mit einem Volumen von jeweils 5 Millionen Euro** ausschreiben. Folgende beispielhafte Anwendungsfälle bieten sich an:
  - **Anwendungsfall 1 Grünland Bayern**: Mithilfe satellitenbasierter Erdbeobachtung können in Bayern die Waldbrandfrühwarnung, das Waldschadensmanagement (Borkenkäfer, Trockenheit etc.) und die Hochwasserbeziehungsweise Hangrutschdetektion gestärkt werden. Die Grünlandnutzung ist für den Freistaat als bedeutender Agrarregionen Europas von hoher Relevanz, bisher gibt es hierzu jedoch keine etablierten Services, etwa zum Monitoring der Bodenqualität. Die Bayerische Landesanstalt für

30 | Geografische Informationssysteme (GIS) sind Computersysteme, die vernetzte Visualisierungen von Geodaten – also Daten mit räumlichem Bezug zur Erde – erstellen (vgl. IBM 2023).

Landwirtschaft (LfL) oder das Landesamt für Umwelt (LfU) könnten speziell fürs Grünlandmanagement im Rahmen einer Ankerkundenausschreibung einen Service von privaten Anbietern einkaufen und damit Marktimpulse für die Nutzung innovativer Downstream-Produkte setzen.

- **Anwendungsfall 2 Quartiersmanagement**: Für Städte leisten satellitenbasierte Dienste einen wertvollen Beitrag zum Schutz von Infrastruktur und zum Quartiersmanagement, beispielsweise beim Urban Heat Management. Satellitendaten ermöglichen es, Temperaturunterschiede innerhalb von Städten präzise zu kartieren und sogenannte Wärmeinseln zu identifizieren. Über eine Ankerkundenschaft, zum Beispiel in der Stadtplanung, könnten entsprechende Services von privaten Anbietern eingekauft und in die breite Nutzung gebracht werden.
- **Anwendungsfall 3 Zertifikathandel**: Eine Ankerkundenschaft könnte den Einsatz von Erdbeobachtungsdiensten im Handel von CO_2- und Nachhaltigkeitszertifikaten fördern, indem entsprechende Monitoring-Leistungen eingekauft werden und so Vertrauen in deren Verlässlichkeit geschaffen wird.

3. Anpassung des Förderfokus

Wo in Industrie- und Dienstleistungsbereichen bereits marktfähige Lösungen von privaten Anbietern vorliegen, sollte die Kommerzialisierung durch eine gezielte Anwenderförderung vorangetrieben werden. Das StMWi sollte hier den **Förderfokus von der Technologieentwicklung (Push-Förderung aus der Raumfahrttechnologie) hin zu einer gezielten Generierung und Stimulation der Nachfrage (Pull auf der Nutzerseite) umstellen.** In der Grundlagenforschung bedarf es hingegen weiterer Kooperationsprojekte, um den Technologietransfer von der Raumfahrt zu Erdanwendungen und umgekehrt zu fördern.

a. Pull-Förderung

- **Monetäre Anreize für die Nutzung**: Häufig sind Investitionen in neue Technologien und Services der Raumfahrt mit sehr hohen finanziellen Mitteln verbunden, die viele potenzielle Nutzer nicht direkt aufbringen können. **Das StMWi sollte deshalb monetäre Anreize für die Einführung von Erdbeobachtungsdiensten im Rahmen von nutzerzentrierten Förderprogrammen und Konsortien schaffen.** Zum Beispiel könnten öffentlich geförderte Konsortien so gestaltet werden, dass Serviceanbieter von Beginn an mit den späteren Anwendern, zum Beispiel landwirtschaftlichen Betrieben, kooperieren. Auf diese Weise werden die Nutzer direkt am Anwendungsprozess beteiligt und könnten über einen fest vorgesehenen Anteil des Gesamtfördervolumens, beispielsweise zehn Prozent, die Anschaffung finanzieren.
- **Nutzerzentrierte Gestaltung der Förderprogramme**: Anwendungsorientierte Förderprogramme müssen sicherstellen, dass Technologien nicht nur verfügbar sind, sondern auch tatsächlich genutzt und in Geschäftsmodelle integriert werden. Deshalb sollten sie nicht auf die alleinige Beschaffung von Hardware abzielen und insbesondere **die finalen Endnutzer (zum Beispiel landwirtschaftliche Betriebe, Energieversorger, öffentliche Planer) bei der Integration raumfahrtbasierter Lösungen unterstützen**. Entscheidend ist der Übergang von bestehenden Verfahren hin zu neuen Technologien. Dafür müssen sie die Bedarfe der Kundenseite systematisch berücksichtigen und auch Maßnahmen wie **Schulungen und Beratungsangebote für potenzielle Anwender** beinhalten. Der Wandel erfordert nicht nur Investitionen in neue Geräte, sondern vor allem methodische und organisatorische Anpassungen auf Anwenderseite, was neues Wissen, veränderte Abläufe und entsprechende Kompetenzen voraussetzt.
- **Einfacherer Zugang**: Förderprogramme sollten gezielt über Multiplikatoren wie Verbände bekannt gemacht werden.[31] Die Teilnahme muss dabei für Antragsteller möglichst unbürokratisch bleiben. Als positives Beispiel gilt das **digitale Serviceportal iBALIS der bayerischen Staatsregierung**, das sich laut Verbänden und Nutzern bewährt hat und breites Vertrauen genießt. Der vereinfachte Zugang zu Fördermitteln ließe sich künftig mit einem weiteren Nutzen verbinden: In dem geschützten Rahmen könnten Nutzer ihre Zustimmung zur anonymisierten Verwendung landwirtschaftlicher Daten geben. So entstünde die Möglichkeit, terrestrische Daten über eine neutrale Plattform oder eine unabhängige Institution zu teilen – frei von Serviceprovidern und Handelspartnern (siehe Problematik des „gläsernen Landwirts", Kapitel 2.2.1). Darüber hinaus sollte der Förderrahmen künftig auch die Option einbeziehen, Anträge über Fördermittelberatungsstellen oder über Anbieter der geförderten Technologien abwickeln zu lassen.
- **Anwendereinbindung**: Zentral ist die **konsequente Einbindung von Anwendergruppen wie Landwirten, Försterinnen, Umwelt- und Planungsdiensten sowie Energieversorgern in bestehende Entscheidungsforen und Arbeitskreise**, wie zum Beispiel den Copernicus Energy Hub[32] oder das Copernicus Netzwerkbüro Wald[33]. Mehrmals im Jahr finden Informationsveranstaltungen

31 | Vgl. hierzu die Empfehlung zu Space Scouts in der Projektgruppe Finanzierung, Geschäftsmodelle und Rahmenbedingungen (vgl. Innovationsplattform Bayern 2026b).
32 | Vgl. Copernicus 2025a.
33 | Vgl. Copernicus 2025b.

zu aktuellen Förderprogrammen und Kooperationsmöglichkeiten statt. Allerdings sind diese **Angebote außerhalb der Raumfahrtcommunity kaum sichtbar** und erreichen nur selten diejenigen, die von den Anwendungen am meisten profitieren können – dafür braucht es eine **Öffnung bestehender Netzwerke sowie eine Aktivierung auf Kundenseite**. Eine weitere flankierende Maßnahme bestünde darin, die Veranstalter nationaler oder internationaler Kongresse, wie zum Beispiel des Nationalen Forums für Fernerkundung, einzuladen, zu diesen Themen auch in Bayern zu tagen und gezielt potenzielle Nutzer anzusprechen.

b. Push-Förderung

- **Förderung von Pilot- und Kooperationsprojekten:** Branchenübergreifende Pilot- und Kooperationsprojekte spielen eine wichtige Rolle bei der Entwicklung raumfahrtbasierter Anwendungen für einen breiten Adressatenkreis. Neben der Energie- und Landwirtschaft gilt dies insbesondere für die IT-, Robotik- und KI-Branche, da in dieser Zusammenarbeit neue Produkte und Anwendungen entstehen. **Technologieprogramme sollten deshalb nicht isoliert auf Raumfahrt fokussiert sein, sondern vernetzt mit anderen Schlüsselbereichen** wie der KI- oder der Chemie- und Materialbranche gedacht werden. Um die Transfermöglichkeiten und Synergieeffekte aus der Nutzung von KI in Verbindung mit der Raumfahrtdatenauswertung zu erschließen, sollten der gezielte Austausch zwischen lokalen Raumfahrt-, IT- und KI-Akteuren gefördert, gemeinsame Standards entwickelt und die Entstehung neuer datenbasierter Produkte, Softwarelösungen und Dienstleistungen aktiv unterstützt werden.[34] **Ausschreibungen sollten bevorzugt an Konsortien mit sektoralem Bezug vergeben werden, die aus mehreren Akteuren entlang der Liefer- und Wertschöpfungsketten bestehen.** Vom Satellitenbauer über den Softwareanbieter bis hin zum Infrastrukturdienstleister, Endgerätehersteller und Nutzer müssen alle Akteure in den Entwicklungsprozess eingebunden werden. **Wichtig ist ein gemeinsames Angebot von Datenprovidern und Servicefirmen, zugeschnitten auf die Bedarfe der Kundenseite.**
- **Kompetenzzentrum für kommerzielle Forschung in der Schwerelosigkeit:** Um das Potenzial raumfahrtbasierter Innovationen für Landwirtschaft, Ernährung und Biotechnologie voll auszuschöpfen, bedarf es geeigneter Infrastrukturen für Forschung und Entwicklung im Weltraum. Das StMWi soll sich deshalb für den **Aufbau eines bayerischen Kompetenzzentrums für kommerzielle Forschung in der Schwerelosigkeit** einsetzen. Das Projekt knüpft an die bestehende Exzellenz in der bayerischen Forschungslandschaft an und ist offen für weitere Partner aus Wissenschaft, Industrie und Praxis.[35] Es soll auf bereits vorhandenen Kapazitäten aufbauen beziehungsweise bestehende Kapazitäten stärker für kommerzielle Forschung öffnen. So kann das Zentrum die wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Potenziale der pflanzenbasierten Weltraumforschung, zum Beispiel Vertical Farming, Biostimulanzien und Mikroalgen für Sauerstoffproduktion, für die bayerische Agrar- und Ernährungswirtschaft systematisch erforschen.

4. Koordination von privaten Anbietern und öffentlichen Institutionen

Um als bayerischer Standort in der global konkurrierenden Raumfahrtwirtschaft wettbewerbsfähig zu sein, müssen sowohl Forschungseinrichtungen als auch private Dienstleister ihre Stärken in komplementärer Weise einbringen. In Vergabeverfahren für Produkte, in Wettbewerben staatlicher Forschungsförderung sowie in Ausschreibungen der ESA bestehen Konkurrenzsituationen, die durch eine moderierende Rolle des Staats aufgelöst werden sollten:

- **Das StMWi soll sich dafür einsetzen, eine Arbeitsgruppe auf nationaler Ebene zu schaffen. Diese hat die Aufgabe, die jeweiligen Rollen und Beiträge privater und öffentlicher Akteure der Raumfahrtwirtschaft zu koordinieren beziehungsweise das Rollenverständnis sowie die Erwartungshaltung für Beiträge privater und öffentlicher Akteure zu schärfen. Auf Landesebene soll das StMWi die eigene Förderpraxis kritisch überprüfen und Haushaltsmittel in der Raumfahrt an den Bedarfen der Industrie ausrichten und entsprechend einsetzen, damit keine konkurrierenden Parallelstrukturen entstehen.** Eine Ausdifferenzierung des Sachverhalts würde nicht nur die internationale Wettbewerbsfähigkeit stärken, sondern auch das gegenseitige Vertrauen zwischen öffentlichen und privaten Akteuren nachhaltig festigen – eine wesentliche Voraussetzung für effektive Kooperationen und künftige Erfolge auf dem Weltmarkt.
- Ein entscheidender Schritt ist der frühzeitige **Abgleich von Zuständigkeiten und Verwertungsrechten, der auf die**

34 | Zu nennen ist beispielsweise Edge-Computing im Weltraum. Hierdurch können Daten direkt im Orbit verarbeitet werden, wodurch die Notwendigkeit entfällt, große Datenmengen zur Erde zu übertragen. Das spart Bandbreite und reduziert die Latenz.

35 | Vgl. Bericht der Projektgruppe Gesundheit, Sicherheit und Katastrophenschutz (vgl. Innovationsplattform Bayern 2026a).

spezifischen Ziele eines Projekts abgestimmt ist – insbesondere im Hinblick auf Datenzugang und Ergebnisverwertung. Beim Einkauf einer Anwendung bestehen unterschiedliche Bedarfe, je nachdem, ob es sich um einen standardisierten, marktorientierten Einsatz oder um ein wissenschaftliches, technologieorientiertes Entwicklungsvorhaben mit detaillierten Spezifikationen handelt. Häufig entsprechen Bildqualität und Auflösung von öffentlichen Satelliten sowie deren Abdeckung beziehungsweise Überflughäufigkeit nicht den Anforderungen privatwirtschaftlicher Anwender, zum Beispiel in der Landwirtschaft.

- Pauschallösungen greifen in der heterogenen und komplexen Raumfahrtwirtschaft zu kurz. Stattdessen bedarf es einer fallbezogenen Klärung je nach Dienstleistungssegment und Stufe auf der Wertschöpfungskette (siehe Anhang). Das **StMWi sollte deshalb die Entwicklung von Kooperationsmodellen in Bayern vorantreiben**, die exemplarisch eine Rollenverteilung sowie Rechte und Pflichten klar benennen und die Bedingungen für eine effiziente Zusammenarbeit auf dem Weltmarkt erproben.

5. Etablierung von Erdbeobachtung als Monitoring-Methode zum Zertifikathandel

Die bayerische Staatsregierung soll sich dafür engagieren, eine einheitliche Grundlage für die Nutzung **satellitenbasierter Erdbeobachtung im Emissionsmonitoring** zu schaffen. Insbesondere im internationalen Kontext gilt es, **raumfahrtbasierte Messverfahren als valide Monitoring-Methode** anzuerkennen, zum Beispiel bei der Überprüfung von Flächenstilllegung oder CO_2-Senken. Um diese Anerkennung zu fördern, sollten in Bayern **gezielt Anwendungsfelder definiert und Pilotprojekte** initiiert werden. Mit der wachsenden regulatorischen Verbindlichkeit von ESG-Standards und der zu erwartenden Einpreisung von Klimafolgeschäden gewinnt Erdbeobachtung an strategischem Wert, insbesondere für Marktpositionierung und Investitionsentscheidungen. Bereits jetzt haben bayerische Firmen die Technik und das Know-how, um diesen weltweiten Markt zu bedienen.

6. Koordination und Kooperation im In- und Ausland

Um die strategischen Ziele wirkungsvoll umzusetzen, ist sowohl eine enge interne Abstimmung als auch eine gezielte Zusammenarbeit mit internationalen Partnern erforderlich. Indem die Koordination verbessert und grenzüberschreitende Kooperationen ausgebaut werden, können Synergien genutzt und die Außenwirkung der bayerischen Raumfahrt nachhaltig gestärkt werden.

- **Koordination der Raumfahrtaktivitäten**: Die **Raumfahrtinitiativen und -projekte auf Landesebene müssen koordiniert und mit nationalen und europäischen Strategien abgestimmt** werden. Das StMWi sollte in einer Raumfahrtwirtschaftsstrategie neben zentralen sektoralen Handlungsfeldern und Instrumenten auch die Verantwortlichkeiten und Rollen definieren.[36] Notwendig sind stärkere ressortübergreifende Abstimmungen sowohl zwischen Ministerien auf Landesebene, zum Beispiel zwischen dem StMWi und dem bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus, als auch auf Bundesebene. Die staatliche Förderung muss darauf ausgerichtet werden, **die relevanten Ministerien und Behörden so mit Mitteln auszustatten, dass sie ihre Bedarfe mit Raumfahrtanwendungen aus dem Markt decken können**.
- **Ausbau der nationalen und internationalen Kooperationen**: Das StMWi soll zur Stärkung der gemeinsamen Marktbasis und zur besseren Positionierung am Weltmarkt einen engen **Schulterschluss mit europäischen Partnern** suchen, insbesondere mit Österreich, der Schweiz, Frankreich und Tschechien. In Bezug auf die regional verankerten Themen der Land- und Energiewirtschaft bietet sich vor allem eine überregionale Behandlung und **Clusterbildung mit Österreich und der Schweiz** an. Vertreterinnen und Vertreter der jeweiligen Raumfahrtagenturen haben in Gesprächen mit der *Innovationsplattform Bayern* Interesse an vertieften Kooperationen geäußert, die in einer bayerischen Raumfahrtwirtschaftsstrategie angedacht werden könnten. Auch national sollte Bayern **keinesfalls isoliert handeln**, sondern verstärkt den Austausch und die Zusammenarbeit mit anderen Raumfahrtregionen in Deutschland forcieren. So können die Standorte ihre jeweiligen Kompetenzen und Alleinstellungsmerkmale in einem kooperativ-kompetitiven Ökosystem weiter ausbauen.

36 | Vgl. hierzu die Empfehlung zur Berufung eines Raumfahrt-Beirats als begleitendes und beratendes Gremium in der Projektgruppe Finanzierung, Geschäftsmodelle und Rahmenbedingungen (vgl. Innovationsplattform Bayern 2026b).

Übergeordnete Handlungsempfehlungen zum Fokusthema 2025

Die *Innovationsplattform Bayern* hat im Rahmen des Fokusthemas 2025 *Raumfahrt und Raumfahrtanwendungen – Transfer und Synergien zwischen Space & Non-Space* vier Projektgruppen gebildet, die aus unterschiedlichen Perspektiven Handlungsempfehlungen formuliert haben. Dabei wurden auch thematische Schnittstellen und Gemeinsamkeiten in den Herausforderungen der jeweiligen Anwendungsgebiete identifiziert. Im Folgenden werden Handlungsempfehlungen für das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie (StMWi) benannt, die in allen Projektgruppen übergeordnet diskutiert wurden.

1. Entwicklung einer bayerischen Raumfahrtstrategie

Aufgrund der zentralen und weiter zunehmenden Bedeutung der Raumfahrt sowie ihrer vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten für den Wirtschafts- und Forschungsstandort Bayern sollte das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie gemeinsam mit weiteren relevanten Ressorts zeitnah eine eigene **bayerische Raumfahrtstrategie** mit folgenden Schwerpunkten entwickeln:

a. Wirtschaftspolitische Schwerpunktsetzung

Für die Schaffung eines wettbewerbsfähigen bayerischen Raumfahrtstandorts bedarf es einer **wirtschaftspolitischen Ausrichtung der Raumfahrtstrategie (Raumfahrtwirtschaftsstrategie)**. Ein passgenauer, innovationsfreundlicher und anwendungsorientierter Rechts- und Finanzierungsrahmen sollte geschaffen werden, um Raumfahrt **als bayerische Schlüsselindustrie** zu fördern, **nutzerzentrierte Anwendungen und Dienste** zu kommerzialisieren und den **Technologietransfer** zu fördern. Die Vernetzung mit weiteren Schlüsselbereichen wie der **KI-, Software- und Robotik-Branche** ist dabei mitzuberücksichtigen. Das enorme Wachstumspotenzial der Raumfahrtwirtschaft kann dadurch gesichert und das bereits jetzt beachtliche Marktvolumen weiter ausgebaut werden.

b. Raumfahrt als kritische Infrastruktur benennen

Raumfahrtanwendungen und -dienste sind heute essenziell für das Funktionieren moderner Gesellschaften. Raumfahrtbasierte Systeme spielen eine immer wichtigere Rolle in der **Erdbeobachtung, Navigation und Kommunikation**. Dabei sind sie aber auch anfällig für Bedrohungen, sowohl durch physische als auch durch Cyberangriffe. Um eine verbesserte Sicherheit und Resilienz zu gewährleisten, sollte die Bayerische Staatsregierung darauf hinwirken, dass die Raumfahrt auf nationaler Ebene klar **als kritische Infrastruktur eingestuft wird**. Es gilt, eine hohe Systemsicherheit zu erreichen, wodurch wissenschaftliche und wirtschaftliche Unternehmungen allerdings nicht behindert werden dürfen, sondern gezielt gefördert werden sollten. Eine Überarbeitung der **Dual-Use-Einstufung und Exportregularien** ist in diesem Kontext notwendig.

c. Zugang zum Weltraum sicherstellen

Ein **souveräner, ungehinderter und flexibler Zugang** zum Weltraum ist von höchster wissenschaftlicher, wirtschaftlicher sowie militärischer Bedeutung und wesentlicher Bestandteil einer zukünftigen **strategischen Souveränität Europas**. Aktuell stehen Deutschland und Europa bei Trägersystemen und Startkapazitäten in einem umkämpften weltweiten Wettbewerb, der noch weiter an Dynamik gewinnen wird. Die Bayerische Staatsregierung sollte daher auf nationaler wie europäischer Ebene aktiv darauf hinwirken, einen souveränen Zugang zum Weltraum sicherzustellen, beispielsweise durch eine vereinfachte **Nutzung von Weltraumbahnhöfen**, die Schaffung **flexibler Startsysteme** (Micro-Launcher) sowie die **Weiterentwicklung bestehender Systeme**.

2. Koordination der Raumfahrtaktivitäten

Die Bayerische Staatsregierung sollte ihre Raumfahrtaktivitäten noch **stärker ressortübergreifend bündeln** und sich **national wie international positionieren**, um die Wettbewerbsfähigkeit des bayerischen Raumfahrtökosystems weiter zu stärken.

a. Einsetzung eines Raumfahrtbeirats

Zur erfolgreichen Umsetzung der Raumfahrtstrategie sollte ein bayerischer **Raumfahrtbeirat bis Mitte 2026 benannt und handlungsfähig** sein, der das StMWi aktiv bei der Gestaltung der Raumfahrtpolitik berät und unterstützt. Ziel ist es, eine abgestimmte strategische Ausrichtung zu gewährleisten, weitere Synergien zu identifizieren und wenn nötig Korrekturempfehlungen auszusprechen.

b. Politische Unterstützung in Auslandsmärkten

Die bayerische Raumfahrtbranche sollte stärker über die **Auslandsrepräsentanzen des Freistaats Bayern sichtbar** gemacht und bei der Akquise neuer internationaler Kunden unterstützt werden – insbesondere in strategisch wichtigen Märkten wie den USA. Von

gemeinsamen **Delegationsreisen**, gezielter Kontaktanbahnung zu ausländischen Institutionen oder bilateralen Innovationsformaten können Unternehmen aus dem Raumfahrtsektor sowie Anbieter von Raumfahrtlösungen und -diensten profitieren.

c. Aktive bayerische Positionierung auf Bundes-, europäischer und internationaler Ebene

Um die Sichtbarkeit und Einflussmöglichkeiten Bayerns im Raumfahrtsektor zu erhöhen, sollte die Bayerische Staatsregierung aktiv an der Gestaltung von nationalen und europäischen Raumfahrtstrategien mitwirken. Dies beinhaltet auch die **bayerische Präsenz in relevanten Gremien**, die **Einbringung bayerischer Industrieinteressen in Förderprogrammen** sowie die **Förderung von Leuchtturmprojekten**. Eine bayerische Repräsentanz auf Raumfahrtmessen, Fachkongressen und in internationalen Innovationsnetzwerken kann die Sichtbarkeit Bayerns als Raumfahrtstandort zusätzlich erhöhen.

3. Rolle des Staates

Eine **unterstützende Rolle des Staates** trägt in einem dynamischen Marktumfeld wie dem Raumfahrtökosystem maßgeblich zur Marktaktivierung sowie zur Schaffung von Planungs- und Investitionssicherheiten bei.

a. Etablierung von Ankerkundenschaftsmodellen

Der Staat als **Erstkunde (Ankerkundenschaft)** fördert strategisch den Wirtschaftsstandort und unterstützt gezielt den Aufbau eigener Unternehmen. Durch staatliche Nachfrage nach raumfahrtbasierten Lösungen entsteht ein **verlässlicher Marktimpuls**, der Unternehmen in der Wachstumsphase Planungssicherheit gibt und sie bei der Skalierung innovativer Technologien unterstützt. Dazu sollten **bedarfsorientierte und technologieoffene Ausschreibungen** für staatliche Institutionen entwickelt werden, zum Beispiel in den Bereichen Landwirtschaft, Energie oder Katastrophenmanagement. Indem sie die gesamte Wertschöpfungskette abbilden, können sowohl Produzenten von Raumfahrtequipment als auch neue Anbieter von Raumfahrtdienstleistungen in Bayern verankert werden.

b. Anpassung der Förderlandschaft

Zur Stärkung des bayerischen Raumfahrtökosystems sollten **staatliche Förderprogramme bedarfsgerecht angepasst werden**. In bestimmten Branchen, zum Beispiel in der Landwirtschaft, ist die technische Entwicklung von Raumfahrtanwendungen schon weit vorangeschritten, sodass Unternehmen mit marktfähigen Lösungen bereitstehen. Um diese einem breiten Anwenderkreis zugänglich zu machen, sollte der Förderfokus weg von **technologisch getriebenen „Push"-Ansätzen** stärker hin **zu marktorientierten „Pull"-Ansätzen (Anwendungsförderung)** gelenkt werden. Endanwender können dadurch zur Nutzung von Raumfahrtdiensten angeregt werden und zur Marktaktivierung beitragen.

c. Förderung von Reallaboren und Experimentierräumen

Zur Beschleunigung des Technologietransfers zwischen Space und Non-Space sollten gezielt **Reallabore und Experimentierräume** geschaffen werden, die die spezifischen Weltraumanforderungen abbilden. Diese ermöglichen es Unternehmen und Forschungseinrichtungen, **innovative Anwendungen unter realen Bedingungen zu testen, regulatorische Hürden frühzeitig zu identifizieren und marktfähige Lösungen schneller zur Reife zu bringen**. Wichtig ist dabei die sektorübergreifende Zusammenarbeit mit Anwenderbranchen, zum Beispiel der Logistikwirtschaft, um innovationsfreundliche Testfelder zu ermöglichen.

4. Umgang mit Daten

Um das volle Potenzial satellitengestützter Daten für Wissenschaft und Wirtschaft nutzbar zu machen, sind **klare Rahmenbedingungen sowie technische und infrastrukturelle Maßnahmen** erforderlich.

a. Rechtliche Rahmenbedingungen

Es sollte ein klarer und einheitlicher rechtlicher Rahmen für den Umgang mit raumfahrtbasierten Daten geschaffen werden, der Aspekte wie **Zugänglichkeit, Verfügbarkeit, Interoperabilität, Datennutzung, Verarbeitung, Schutz und Haftung** transparent regelt. Als Grundlage für die Weiterentwicklung rechtlicher Rahmenbedingungen haben der Bund und Bayern Gestaltungsspielräume über das **Geodatenzugangsgesetz (GeoZG)**. Um den Zugang zu Erdbeobachtungsdaten (zum Beispiel Copernicus EMS) zu verbessern, sollte der Freistaat Bayern zusätzlich auf die europäische Raumfahrtagentur ESA und Europäische Kommission einwirken, um den **Zugang für Nutzungslizenzen – unter Beachtung von Sicherheitsaspekten –** zu vereinfachen.

b. Schutz von Satellitendaten und -signalen

GNSS-Signale sind grundsätzlich frei verfügbar und lassen sich leicht abfangen, manipulieren oder sogar abschalten. Der **Schutz von Satellitendaten** muss daher flächendeckend gewährleistet sein. Dazu zählt zum Beispiel die Entwicklung und Herstellung der nächsten Generationen von **Galileo-PRS-Empfängern sowie von Inertialsensorik**, welche unter Einbindung bayerischer Unternehmen und Forschungseinrichtungen gezielt vorangetrieben werden sollte.

Anhang

Darstellung der Komplexität der Raumfahrtwirtschaft

Der Begriff der Raumfahrtwirtschaft umfasst sämtliche wirtschaftlichen Aktivitäten, Dienstleistungen und Produktionsfähigkeiten, die unmittelbar oder mittelbar mit dem Weltraum in Verbindung stehen. Gemäß der Definition der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) umfasst die Raumfahrtwirtschaft „alle Aktivitäten und Ressourcen, die durch die Erforschung, Untersuchung, Erschließung, Bewirtschaftung und Nutzung des Weltraums zum Fortschritt der Menschheit beitragen".[37] Die Raumfahrtwirtschaft lässt sich grob in drei Bereiche unterteilen:

- **Upstream**: Aufbau und Betrieb von Raumfahrtinfrastrukturen mit Raketen, Satelliten, Raumstationen sowie Bodensegmenten, finanziert durch sogenannte Raumfahrtbudgets.
- **Downstream**: Nutzung von raumfahrtbasierten Diensten wie Erdbeobachtung, Navigation und Kommunikation für Anwendungen auf der Erde, meist finanziert durch andere Wirtschaftszweige.
- **Anwendungsbezogene Schnittstellen zu Endnutzern**: zum Beispiel Informatik, Raumfahrtmedizin, Umweltmanagement.

Die Raumfahrtwirtschaft ist ein **hochkomplexes und interdisziplinäres Feld, das grundsätzlich Dual-Use-Charakter besitzt, da die Technologien und Infrastrukturen gleichermaßen für zivile wie für militärische Zwecke genutzt werden können**. Sie umfasst sowohl **technologische Entwicklungen** wie Raketenbau, Sensorik oder Satellitenbau als auch **datenbasierte Anwendungen**, zum Beispiel Monitoring-Dienste zur Waldbrandprävention. Zudem nimmt die **Verflechtung mit klassischen Nicht-Raumfahrtbranchen** wie Mobilität, Energiewirtschaft oder Industrie 4.0 stetig zu.

Der Wettbewerb in der Raumfahrtwirtschaft findet global statt. New-Space-Unternehmen konkurrieren nicht lokal, sondern auf einem internationalen Weltmarkt. Gleichwohl ist Vorsicht geboten gegenüber pauschalen Verallgemeinerungen: **Eine homogene Raumfahrtwirtschaft im engeren Sinne existiert nicht.** Vielmehr handelt es sich um ein vielschichtiges, international und regional unterschiedlich beschaffenes System, das von rechtlichen, finanziellen, kulturellen und politischen Rahmenbedingungen geprägt ist – je nach Wirtschaftsstandort, Marktsegment und Betrachtungsperspektive einzelner Akteure. Ein vereinfachender Visualisierungsansatz, der diese Komplexität darzustellen versucht, nutzt ein dreidimensionales Koordinatensystem:

- **X-Achse**: Die Achse repräsentiert die Marktsegmente und Schnittstellen zur Raumfahrt, etwa Endnutzer aus der Telekommunikation, Medizin, Land- oder Energiewirtschaft.
- **Y-Achse**: Die jeweiligen Symbole zeigen die verschiedenen Bestandteile der Liefer- und Wertschöpfungsketten im Raumfahrtsegment von der Upstream-Produktion bis hin zur Downstream-Anwendung.
- **Z-Achse**: Die hintereinander liegenden Karten stellen je eine Wirtschaftsregion dar, zum Beispiel USA, Frankreich, Deutschland oder im Kleinen: Bayern.

Jeder einzelne Segmentbereich innerhalb dieses vielschichtigen Systems – dargestellt als „Kästchen" auf einer Karte – ist durch eigene Marktlogiken, regulatorische Rahmenbedingungen und Finanzierungsmechanismen gekennzeichnet. So unterscheidet sich beispielsweise die Situation (und damit auch der Bedarf) eines privaten Erdbeobachtungsdienstleisters in München grundlegend von jener eines französischen Unternehmens in Paris, das Trägerraketen für den Transport von Schwerlasten entwickelt. Und ein Softwareanbieter, der die Copernicus-Daten für eine Anwendung in der Landwirtschaft nutzbar macht, befindet sich in einem anderen Kästchen auf der Karte als diejenigen Akteure, welche auf der vorherigen Stufe der Wertschöpfungskette die entsprechenden Satelliten gebaut haben. **Die Struktur der Raumfahrtwirtschaft bringt die Herausforderung mit sich, dass jedes Segment eine individuell adaptierte Förderpolitik benötigt, die den spezifischen Anforderungen von Akteuren, Technologien und Märkten gerecht wird.** Förderstrategien einzelner Wirtschaftsregionen müssen diese sektoralen Besonderheiten und Dynamiken entlang der Liefer- und Wertschöpfungsketten mit den darauffolgenden Bedarfen für die einzelnen Akteure mitbedenken.

37 | Vgl. OECD 2025.

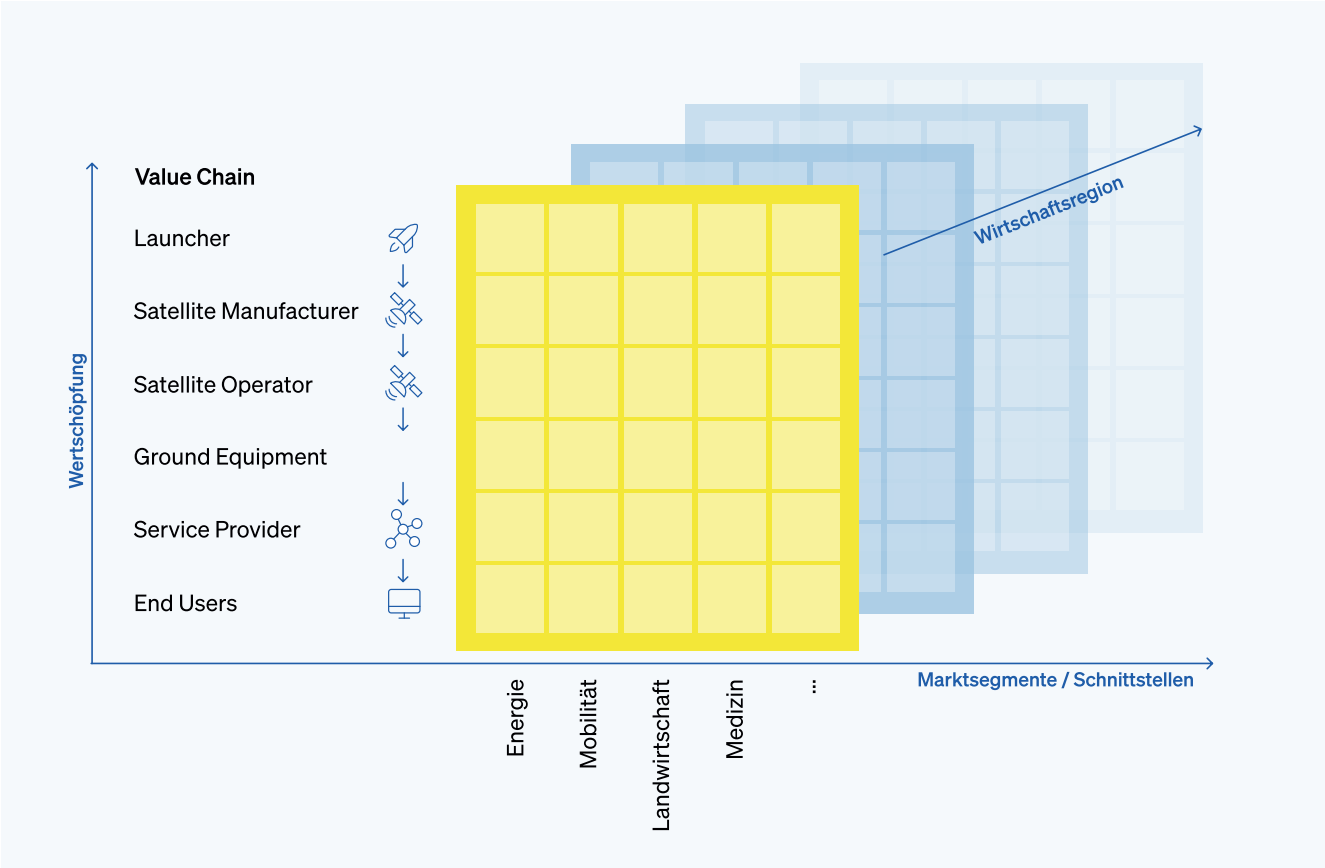

Abbildung 2: Modell der Raumfahrtwirtschaft (Quelle: eigene Darstellung)

Glossar

Agrophotovoltaik (Agri-PV)
Solaranlagen in Kombination mit einer landwirtschaftlichen Bewirtschaftung.

Ankerkundenschaft
Bei der staatlichen Ankerkundenschaft treten staatliche Stellen als Erstkunden beziehungsweise erste größere Kunden für Services und Produkte von Unternehmen auf.
Die Existenz eines Ankerkunden erhöht sowohl Planungssicherheit für Unternehmen und Investoren als auch Glaubwürdigkeit für potenzielle Neukunden und -investoren und stellt damit eine Basis für weiteres Wachstum sowie eine Marktetablierung im In- und Ausland dar.

Carbon Farming
Eine Reihe von landwirtschaftlichen Techniken, die die Fähigkeit des Bodens erhöhen, Kohlenstoff aus der Atmosphäre zu binden.

Digitale Zwillinge
Virtuelle Repräsentationen eines physischen Objekts, Prozesses oder Systems.
Digitale Zwillinge werden in der Regel in Echtzeit mit Daten aktualisiert, die von Sensoren und anderen Erfassungsgeräten im physischen Gegenstück gesammelt werden. Diese Daten ermöglichen eine genaue Nachbildung und Überwachung des realen Objekts oder Prozesses.

Energiesystemmodelle
Energiesystemmodelle berücksichtigen eine Vielzahl von Komponenten in Energiesystemen. Sie können die Entscheidungsfindung bei Veränderungen im Betrieb und im Management von Energieinfrastrukturen wie beispielsweise Kraftwerken, Speichersystemen oder Energienetzen unterstützen.

Global Navigation Satellite Systems (GNSS)
Satellitenkonstellationen, die globale Ortungs-, Navigations- und Zeitbestimmungsdienste bereitstellen.
Mithilfe von Signalen aus dem Weltraum überträgt jedes dieser Systeme Entfernungs- und Zeitdaten an GNSS-fähige Empfänger, um diese Daten dann zur Standortbestimmung zu verwenden.

Multi- und hyperspektrale Bilder
Das Ergebnis der gleichzeitigen Aufnahme geometrisch identischer Bilder in mehreren Spektralbereichen; erfassen nicht nur sichtbares Licht, sondern auch andere Bereiche des Spektrums.

Netzintegration
Regelkonforme und koordinierte Einbindung eines technischen Systems oder einer Anlage in ein konkretes lokales Energieversorgungsnetz.

New Space
New Space bezeichnet eine neuartige Wirtschaftsweise bei Raumfahrtaktivitäten, die durch Kommerzialisierung, eine stärkere Rolle privater Investoren, hohe Innovationsgeschwindigkeit und mehr Risikobereitschaft gekennzeichnet ist.

Resilienz
Resilienz ist die Fähigkeit, tatsächlich oder potenziell widrige Ereignisse vorherzusehen und einzukalkulieren, ihr Auftreten frühzeitig zu erkennen und deren Entstehen zu verhindern, ihre Intensität abzumildern, ihre Schäden zu dämpfen, sich schnell davon zu erholen und sich ihnen erfolgreich anzupassen und daraus zu lernen.

SAR-Interferometrie
SAR-Interferometrieverfahren (InSAR) nutzen die in SAR-Bildern (Synthetic Aperture Radar) enthaltene Phaseninformation zur millimetergenauen Messung von Entfernungsdifferenzen. Diese können für verschiedene Anwendungen genutzt werden, zum Beispiel zur bildhaften Erfassung von Deformationen der Erdoberfläche oder zur Erzeugung von digitalen Geländemodellen.

Smart Farming
Smart Farming (auch Digital Farming, Precision Farming oder Landwirtschaft 4.0) zeichnet sich durch den intensiven Einsatz von digitalen Technologien aus.

Upstream- und Downstream-Technologien
Upstream bildet die technologische Grundlage für Weltraumprogramme und Raumfahrtaktivitäten und umfasst unter anderem die Forschung zu sowie die Entwicklung und Herstellung von Trägerraketen, Raumfahrzeugen, Satelliten, Kontroll- und Kommandozentren sowie der dazugehörigen Teile und Komponenten.
Der Upstream stellt die Grundlage für die Produkte im Downstream dar, welcher jede Form der terrestrischen Nutzung von Weltraumkapazitäten wie Daten und Signale der Satelliten umfasst.

Abkürzungsverzeichnis

CEA	Controlled Environment Agriculture
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.
ESA	European Space Agency
ESG	Environmental, Social and Governance
EU	Europäische Union
EO	Earth Observation (Erdbeobachtung)
GNSS	Global Navigation Satellite System (Globales Navigationssatellitensystem)
InSAR	Interferometric Synthetic Aperture Radar
IOT	Internet of Things (Internet der Dinge)
IT	Informationstechnologie
KI	Künstliche Intelligenz
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KPI	Key Performance Indikator
LEO	Low Earth Orbit
LDBV	Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung
LfL	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
LfU	Landesamt für Umwelt
LiDAR	Light Detection and Ranging
LSI	Landesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
LWF	Landesanstalten für Wald und Forstwirtschaft
NASA	National Aeronautics and Space Administration
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PPP	Public Private Partnerships (öffentlich-private Partnerschaften)
StMWi	Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie
TRL	Technological Readiness Level (Technologie-Reifegrad)
USA	United States of America
TUM	Technische Universität München

Literatur

Asseng et al. 2020
Asseng, S./Guarin, J. R./Raman, M./Monje, O./Kiss, G./Despommier, D. D./Meggers, F. M./Gauthier, P. P. G.: „Wheat Yield Potential in Controlled-Environment Vertical Farms". In: *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 117:32, 2020, S. 19131–19135.

Bayerisches Landesamt für Statistik 2023
Bayerisches Landesamt für Statistik: *Energiewirtschaft in Bayern Teil I: Monatsergebnisse – 2. Quartal 2023*, 2023. URL: https://www.statistik.bayern.de/mam/produkte/veroffentlichungen/statistische_berichte/e4200c_202342.pdf [Stand: 07.10.2025].

Bayerische Staatsregierung 2023
Bayerische Staatsregierung: „Drohnen in der Landwirtschaft" (Pressemitteilung vom 03.07.2023). URL: https://www.bayern.de/drohnen-in-der-landwirtschaft/ [Stand: 07.10.2025].

BKG 2025
Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG): *Global Navigation Satellite Systems (GNSS)*, 2025. URL: https://www.bkg.bund.de/DE/Themen/Geodaesie-Vermessung/Beobachtungsverfahren/Global-Navigation-System/global-navigation-system.html [Stand: 07.10.2025].

BLE 2025
Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE): *Bundesförderprogramm für Drohnen mit Wärmebildkamerasystem zur Rehkitzrettung 2025*, 2025. URL: https://www.ble.de/DE/Projektfoerderung/Foerderungen-Auftraege/Rehkitz/Rettung_node.html [Stand: 07.10.2025].

Calvo-Baltanás et al. 2025
Calvo-Baltanás, V./Vilcinskas, A./Brück, T./Kloas, W./Wilke, T./Rufino, M./Henkel, M./Zorn, H./Monje, O./Asseng, S.: „The Future Potential of Controlled Environment Agriculture". In: *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) Nexus*, Issue 4, 2025, Art. pgaf078.

Copernicus 2022
Copernicus: *Copernicus Sentinel-2 Supports Sardinia in the Management of Forest Fires*, 2022. URL: https://sentinels.copernicus.eu/de/web/success-stories/-/copernicus-sentinel-2-supports-sardinia-in-the-management-of-forest-fires [Stand: 07.10.2025].

Copernicus 2025a
Copernicus: *Energy Hub – Datenplattform für den Energiesektor*, 2025. URL: https://energy.hub.copernicus.eu/ [Stand: 07.10.2025].

Copernicus 2025b
Copernicus: *Netzwerk Wald – Plattform zur forstlichen Nutzung von Satellitendaten*, 2025. URL: https://netzwerk-wald.d-copernicus.de/info [Stand: 07.10.2025].

DLR 2018
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR): *Satellitenkarten für die heimische Landwirtschaft (Copernicus)*, 2017. URL: https://www.d-copernicus.de/fileadmin/Content/pdf/Postkarten_Landwirtschaft_051117_klein.pdf [Stand: 07.10.2025].

DLR 2023
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR): *EnMAP – Die deutsche Umweltmission*, 2025. URL: https://www.dlr.de/de/forschung-und-transfer/projekte-und-missionen/enmap [Stand: 07.10.2025].

DLR 2025a
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR): *Earth Observation Laboratory for Climate Adaption and Mitigation – EO4CAM*, 2025. URL: https://www.dlr.de/de/site/eo4cam/ueber-eo4cam [Stand: 07.10.2025].

DLR 2025b
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR): *Team: SAR-Interferometrie*, 2025. URL: https://www.dlr.de/de/eoc/ueber-uns/institut-fuer-methodik-der-fernerkundung/sar-signalverarbeitung/sar-interferometrie [Stand: 07.10.2025].

Deutscher Bundestag 2023
Deutscher Bundestag: *Evaluierungsbericht der Bundesregierung zum Kohlendioxid-Speicherungsgesetz* (Drucksache 20/5145), Berlin 2023. URL: https://dserver.bundestag.de/btd/20/051/2005145.pdf [Stand: 07.10.2025].

ESA 2023a
European Space Agency (ESA): *Nourishing Commercial Growth in Earth Observation*, 2023. URL: https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Nourishing_commercial_growth_in_Earth_observation [Stand: 07.10.2025].

ESA 2023b
European Space Agency (ESA): *Six Trends to Watch in Commercial Earth Observation*, 2023. URL: https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Six_trends_to_watch_in_commercial_Earth_observation [Stand: 07.10.2025].

ESA 2025
European Space Agency (ESA): *Biomass ESA's Forest Mission*, 2025. URL: https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/Biomass [Stand: 07.10.2025].

Europäischer Rechnungshof 2022
Europäischer Rechnungshof: *Neue Monitoring-Technologien im Agrarbereich – Sonderbericht*, Luxemburg 2022. URL: https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/new-tech-in-agri-monitoring-4-2020/de/ [Stand: 07.10.2025].

IBM 2023
IBM: *Was ist ein geografisches Informationssystem (GIS)*, 2023. URL: https://www.ibm.com/de-de/think/topics/geographic-information-system [Stand: 07.10.2025].

Karunathilake et al. 2023
Karunathilake, E. M. B. M./Le, A. T./Heo, S./Chung, Y. S./Mansoor, S.: „The Path to Smart Farming: Innovations and Opportunities in Precision Agriculture". In: *Agriculture*, 13, 2023, Art. 1593.

LWF 2021
Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF): *Waldbesitz und Forstpolitik*, 2024. URL: https://www.lwf.bayern.de/waldbesitz-forstpolitik/waldbesitz/index.php [Stand: 07.10.2025].

Liepa et al. 2025
Liepa, A./Thiel, M./Taubenböck, H./Klein, D./Steffan-Dewenter, I./Peters, M. K./Schönbrodt-Stitt, S./Otte, I./Landmann, T./Khan, Z./Ochieng Obondo, M./Chidawanyika, F./Martin, E./Ullmann, T.: „Earth Observations Reveal Impacts of Climate Variability on Maize Cropping Systems in Sub-Saharan Africa". In: *GIScience & Remote Sensing*, 62:1, 2025.

NASA ARSET 2023
NASA Applied Remote Sensing Training (ARSET): *Satellite Remote Sensing for Urban Heat Islands*, Greenbelt, MD: NASA 2023. URL: https://appliedsciences.nasa.gov/get-involved/training/english/arset-satellite-remote-sensing-urban-heat-islands [Stand: 07.10.2025].

OECD 2025
Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD): *Space Economy*, 2025. URL: https://www.oecd.org/en/topics/space-economy.html [Stand: 07.10.2025].

Universität Stuttgart 2024
Universität Stuttgart, Fakultät Luft- und Raumfahrttechnik und Geodäsie: *Persistent Scatterer Interferometrie für das Bauwerksmonitoring*, Stuttgart 2024. URL: https://www.f06.uni-stuttgart.de/studium/studium_gug/allgemein/fernerkundung/ [Stand: 07.10.2025].

Projektpublikationen

Innovationsplattform Bayern 2026a
Innovationsplattform Bayern/acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V. (Hrsg.): *Raumfahrt und Raumfahrtanwendungen – Gesundheit, Sicherheit und Katastrophenschutz* (Expertendossier), München 2026.

Innovationsplattform Bayern 2026b
Innovationsplattform Bayern/acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V. (Hrsg.): *Raumfahrt und Raumfahrtanwendungen – Finanzierung, Geschäftsmodelle und Rahmenbedingungen* (Expertendossier), München 2026.

Über acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

acatech berät Politik und Gesellschaft, unterstützt die innovationspolitische Willensbildung und vertritt die Technikwissenschaften international. Ihren von Bund und Ländern erteilten Beratungsauftrag erfüllt die Akademie unabhängig, wissenschaftsbasiert und gemeinwohlorientiert. acatech verdeutlicht Chancen und Risiken technologischer Entwicklungen und setzt sich dafür ein, dass aus Ideen Innovationen und aus Innovationen Wohlstand, Wohlfahrt und Lebensqualität erwachsen. acatech bringt Wissenschaft und Wirtschaft zusammen. Die Mitglieder der Akademie sind herausragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Ingenieur- und den Naturwissenschaften, der Medizin sowie aus den Geistes- und Sozialwissenschaften. Die Senatorinnen und Senatoren sind Persönlichkeiten aus technologieorientierten Unternehmen und Vereinigungen sowie den großen Wissenschaftsorganisationen. Neben dem acatech FORUM in München als Hauptsitz unterhält acatech Büros in Berlin und Brüssel.

Weitere Informationen unter www.acatech.de

Impressum

Herausgeber:

Innovationsplattform Bayern
Geschäftsstelle | c/o acatech
Karolinenplatz 4
80333 München

Reihenherausgeber:

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2026

Geschäftsstelle
Karolinenplatz 4
80333 München
T +49 (0)89/52 03 09-0
F +49 (0)89/52 03 09-900

Hauptstadtbüro
Georgenstraße 25
10117 Berlin
T +49 (0)30/2 06 30 96-0
F +49 (0)30/2 06 30 96-11

Brüssel-Büro
Rue d'Egmont/Egmontstraat 13
1000 Brüssel (Belgien)
T +32 (0)2/2 13 81-80
F +32 (0)2/2 13 81-89

info@acatech.de
www.acatech.de
acatech @ LinkedIn | Instagram

(Vize-)Präsidentinnen und Präsidenten: Prof. Dr. Claudia Eckert, Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber, Prof. Dr. Ann-Kristin Achleitner, Prof. Dr. Ursula Gather, Dr. Stefan Oschmann, Prof. Dr.-Ing. Siegfried Russwurm, Prof. Dr. Christoph M. Schmidt

Registergericht AG München VR 20 20 21
Vorstand i.S.v. §26 BGB: Prof. Dr. Claudia Eckert, Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber, Wolfgang Siegel

Empfohlene Zitierweise:
Innovationsplattform Bayern/acatech (Hrsg.): *Raumfahrt und Raumfahrtanwendungen – Klimaschutz, Energie und Landwirtschaft* (Expertendossier), München 2026. DOI: https://doi.org/10.48669/ipb_2026-2

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften • 2026

Koordination: Verena Bartels
Redaktion: Alrun Straudi
Lektorat: Isabel Pfeiffer (textpfeiffer)
Layout-Konzeption, Konvertierung und Satz: GROOTHUIS. Gesellschaft der Ideen und Passionen mbH für Kommunikation und Medien, Marketing und Gestaltung; groothuis.de
Titelgrafik: Bernadette Zobel

Die Originalfassung der Publikation ist verfügbar auf www.acatech.de

Gefördert durch

Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

Herausgegeben von

acatech
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN