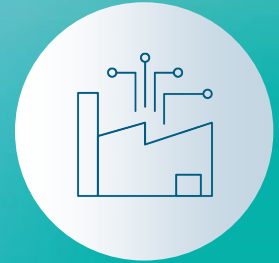


Wettbewerbsfaktor



Digitaler Industriestandort

Aktueller Stand

Die nachhaltige und resiliente digitale Transformation des Industrie- und Innovationsstandorts Deutschland ist essenziell für seine künftige Wettbewerbsfähigkeit. Von besonderer Bedeutung sind hierbei digitale Geschäftsmodelle, die klassische produktzentrierte Geschäftsmodelle weiterentwickeln. Auch Informations- und Kommunikationstechnik (IuK)-Technologien liefert einen entscheidenden Beitrag zu einem »Grand Plan« für Deutschland und lösen gesellschafts- und systemrelevante Herausforderungen.

Deutschland droht jedoch trotz zukunftsweisender Konzepte wie Industrie 4.0 und kollaborierenden Robotern im internationalen Wettbewerb weiter zurückzufallen. Diverse Digitalindikatoren attestieren sichtbare Defizite, vor allem bei der digitalen Infrastruktur. Auch die internationale Wettbewerbsfähigkeit verschlechtert sich. Dies belegt auch der weitere Abstieg Deutschlands beim World Competitiveness Ranking 2024 auf Platz 24.¹ Laut Projektionen des Sachverständigenrates Wirtschaft wird das Produktionspotenzial bei Fortführung des Status quo hierzulande bis 2030 nur noch um durchschnittlich 0,4 Prozent pro Jahr wachsen.²

Dennoch hat Deutschland seine technologischen und industriellen Stärken inklusive des menschlichen Know-hows im Kern bewahrt und erzielt trotz mittelmäßiger Gesamtwerte bei Rankings hohe Platzierungen in den Bereichen Hightech und Innovation. Umso mehr kommt es jetzt darauf an, dass gezielt ein Innovations- und Datenökosystem in Deutschland als wesentliche Innovationsgrundlage etabliert wird. Darauf aufbauend gilt es, digitale Schlüsseltechnologien wie menschenzentrierte (generative) KI, 5G/6G, Roboter und intelligente Automatisierungslösungen (RiA) oder das Industrial Metaverse auf die Bedürfnisse der hiesigen Industrie anzupassen und so in die Anwendung zu bringen. Angesichts der geopolitischen Lage sollte Deutschland alle wesentlichen Digitalisierungs- und Produktionsschlüsseltechnologien selbst beherrschen, diese zur Stärkung der Souveränität einsetzen und zukünftige Standards und Plattformen mitgestalten.

Mit der weiterhin gut aufgestellten Wissenschafts- und Forschungslandschaft sowie ausgeprägten Stärken im Bereich Hochtechnologiegüter kann ein erfolgreicher und nachhaltiger Digitalisierungsausbau in Deutschland gelingen.

¹ <https://www.imd.org/entity-profile/germany-wcr/>

² <https://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de/jahresgutachten-2023-pres-semitteilung/kapitel-2.html#:~:text=Gem%C3%A4%C3%9F%20der%20Mittelfristprojektion%20des%20Sachverst%C3%A4ndigenrates,durchschnittlich%200%2C4%20Prozent%20wachsen>

Unsere forschungspolitischen Empfehlungen

» Unsere Empfehlungen im Fokus

- Zentral für die Hebung datengetriebener Innovationen ist der **Zugang zu Datenräumen** und die frühzeitige Einbindung der zukünftigen Nutzenden. Kundengetriebene Anwendungsfälle müssen von vornherein mitgedacht werden und die Technologien im organisatorischen Kontext der Unternehmen entwickelt werden. Um den Zugang zu optimieren, müssen das **Forschungsdatengesetz (FDG)** erneut aufgegriffen und zu Ende gebracht sowie Datenräume für KI-Anwendungen praktisch nutzbar gemacht werden (**AI Data Pool**).
 - Zur weiteren Etablierung von sicheren **Datenräumen** bedarf es der Schaffung von **Interoperabilität der Manufacturing-X-Projekte**, der gezielten Förderung von technologischen Beiträgen für den **Aufbau von branchenübergreifenden Daten-Ökosystemen** sowie des **Wettbewerbs** für den **Betrieb von Basisinfrastruktur**.
 - Um die **5G- und 6G-Forschung** als Rückgrat der Digitalisierung zu stärken, benötigt es unter anderem die Förderung des Auf- und Ausbaus technologieutraler **5G- und 6G-Testumgebungen** sowie **öffentliche Investitionen** in für Deutschland relevante **Schlüsseltechnologien (ICAS, NTN, MEC)**.
 - Zentral, um **generative KI** in die Anwendung zu bringen, sind **groß angelegte Anwendungsfälle** im Kern der Wertschöpfungskette (mit der **öffentlichen Hand als Ankerkunden**) sowie die systematische Stärkung von **KlaaS** im Zusammenspiel mit **KI-Ökosystemen**.
 - **KI-Infrastrukturen** können gestärkt werden, unter anderem durch eine **Priorisierung von KI-Projekten an HPC-Zentren**, den **Aufbau mehrerer KI-Rechenzentren** sowie die kommerzielle KI-Berechnung bei der **Gauß-Allianz**.
- Um die Nutzung von **Robotern und intelligenten Automatisierungslösungen (RiA)** voranzubringen, sind eine **nationale Robotik-Strategie**, unterstützende Maßnahmen für **KMU** zur besseren und effizienten **Implementierung von RiA-Lösungen**, unter anderem durch hybride, menschenzentrierte Ansätze, sowie der Aufbau von Reallaboren erforderlich.
 - Damit das **Industrial Metaverse** verstärkt in die Anwendung gelangt, bedarf es breiter Anreize zum **Experimentieren mit Metaverse-Technologien**, gezielter Forschungsförderung zur **technischen Optimierung Digitaler Zwillinge** und von XR, der Entwicklung leistungsfähiger Mensch-Technik-Verbindungen wie kognitivem Teaming sowie der **Etablierung einer Daten- und Kommunikationsinfrastruktur**. Deutschland hat die einzigartige Möglichkeit, industrielle Anwendungsfälle entlang des gesamten Produktlebenszyklus von der Produktentwicklung bis zum Aftersales zu schaffen. Das Zusammenspiel der Technologien, Menschen und Organisationen sollte daher besonders fokussiert werden.
 - **Digitale Materialzwillinge** können künftig einen starken Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit der produzierenden deutschen Industrie leisten, wenn die **Plattform Material Digital (PMD)** gezielt weiterentwickelt wird, **generative KI im Kontext mit digitalen Materialzwillingen** Gegenstand der Forschungsförderung wird und **KlaaS** gefördert werden.
 - Um die Nutzung von **Robotern und intelligenten Automatisierungslösungen (RiA)** voranzubringen, sind eine **nationale Robotik-Strategie**, unterstützende Maßnahmen für **KMU** zur besseren und effizienten **Implementierung von RiA-Lösungen**, unter anderem durch hybride, menschenzentrierte Ansätze, sowie der Aufbau von Reallaboren erforderlich.

Im Fokus: Datenräume und -infrastruktur

Die digitale Transformation führt dazu, dass sich die Wertschöpfung hin zu Märkten verschiebt, die von Daten- und Serviceanbietern sowie Plattformbetreibern bedient werden. Daten spielen eine strategische Rolle als Ressource für digitale Services und KI-Anwendungen. Zu selten wird jedoch das volle Potenzial genutzt, welches Daten zur Innovationskraft beitragen können. Um dies zu ändern, müssen Daten noch konsequenter an den FAIR-Prinzipien³ ausgerichtet werden. Einen entscheidenden Anteil hierzu bieten das erneute Aufgreifen und die Umsetzung eines Forschungsdatengesetzes (FDG) samt Nutzung von DSGVO-Öffnungsklauseln.

Manufacturing-X hat als industriegeführte Initiative zur Schaffung von dezentralen, branchenspezifischen Datenökosystemen das Ziel, die Effizienz, Flexibilität, Sicherheit und Resilienz von Lieferketten und Produktionsprozessen durch die Integration fortschrittlicher Technologien wie IoT, KI und Digitale Zwillinge zu verbessern. Manufacturing-X basiert auf Open-Source-Prinzipien, bei denen Daten nach vordefinierten Regeln und branchenspezifischen Standards ausgetauscht werden.

Eine digitale Ausstattung von kritischen und produktiven Infrastrukturen ist notwendig, um Gebäude zu sichern und Anlagen zu steuern. Mit der fortschreitenden Digitalisierung kritischer Infrastrukturen wird der Mobilfunk als Rückgrat der Digitalisierung zunehmend zu einer kritischen Schlüsseltechnologie. Die globalen Kommunikationsstandards 5G und 6G ermöglichen hier eine schnelle, sichere und zuverlässige Datenübertragung. Hochrelevant ist dabei die Souveränität bei der Auswahl der Netzkomponenten, deren Modularität und Interoperabilität sowie die Möglichkeit der Anpassbarkeit der Infrastrukturen an die Bedürfnisse der Anwendungsdomänen.

Um gezielt Datenräume und -infrastrukturen als datengetriebene Innovationsmultiplikatoren zu stärken und darauf die 5G-/6G-Forschung als Rückgrat der Digitalisierung weiterzuentwickeln, benötigt es:

Datenräume: Datenzugang/FAIR Data

- Mit dem **Forschungsdatengesetz (FDG)** sollte ein wichtiger Schritt unternommen werden, um öffentlich verfügbare Daten für die Forschung auffindbarer zu machen. Die neue Bundesregierung muss dieses Projekt aufgreifen und zu Ende bringen. Wichtig ist das Mitdenken einer **Datenzulieferpflicht für öffentliche Stellen** in Bund und Ländern sowie die **Förderung von finanziellen Wertschöpfungsmodellen** für das Teilen und Nachnutzen von Daten (besonders aus der Wirtschaft).
- Um das Potenzial der Datennutzung in der Forschung weiter zu heben, müssen die in der **DSGVO** vorgesehenen **Öffnungsklauseln** stärker genutzt werden. So ist beispielsweise der **Broad Consent** in der DSGVO erlaubt, aber es fehlt an der praktikablen und rechtssicheren Umsetzung durch die nationalen Aufsichtsbehörden.
- **AI Data Pool:** Um die Datenräume für KI praktisch nutzbar zu machen, ist es unabdingbar, dass verteilte Repositorien auf einem Server parallel vorgehalten werden (AI Data Pool). So enthält beispielsweise die **Deutsche Digitale Bibliothek** zahlreiche für KI-Training nutzbare Ressourcen.⁴ Diese liegen jedoch auf den Servern der 30.000 Kultureinrichtungen verteilt und zum Teil hinter **Zugangsschranken**. Um KI-Innovationen auf Grundlage von Datenräumen zu ermöglichen, benötigt es einen **niedrigschwelligen, bürokratiearmen und kostenfreien Zugang für hiesige Forschungseinrichtungen** zu diesem AI Data Pool.

Dateninfrastrukturen: Manufacturing-X

- Um wertvolle Datensätze verfügbar zu machen, sollten noch stärker als bisher sichere **Datenräume** etabliert werden. Dies gelingt über eine **konsequente Erhöhung und Verstetigung der Forschungsförderung** zu Datenräumen und Datenökosystemen. Dabei sollte der Fokus liegen auf:
 1. **Beschleunigung bei der Interoperabilität von Manufacturing-X-Projekten**, die jeweils große und für Deutschland relevante Branchen repräsentieren.
 2. **Interoperabilität auf europäischer Ebene** (mit den dazu passenden Datenraum-Initiativen)

³ F – auffindbar, A – zugänglich, I – interoperabel, R – wiederverwendbar

⁴ <https://www.deutsche-digitale-bibliothek.de/>

- Unternehmen müssen sich verstärkt mit globalen Standards für eine umfassende Datenökonomie internationalisieren. Dazu müssen konkrete technologische Beiträge für den Aufbau von **branchenübergreifenden Datenökosystemen** – zur Steigerung der Resilienz industrieller Lieferketten – gefördert werden. Dies betrifft beispielsweise die **Implementierung Digitaler Produktpässe**, wie z. B. des Battery Passports, welche national durch geeignete politische Rahmenbedingungen vereinfacht werden können.
- Für den Betrieb der Basisinfrastruktur, bestehend aus Rechenzentren und Open Source Shared Services, muss ein **branchenübergreifender Wettbewerb** hergestellt werden. Dies gelingt durch die **politische Etablierung von mehreren Betreibergesellschaften**. Ein früher Fokus auf konkrete Unternehmensanwendungen, die Umsetzung in betriebliche Operating Models und die Nutzendarstellung für verschiedene Unternehmenstypen sind auch hier zentral, damit die Technologien schnell in die Anwendung kommen.

5G-/6G-Konnektivität

- Konsequente **Fortschreibung der Forschungsförderung** zu Mobilfunktechnologien und deren Anwendungen, z. B. beim **Einsatz von KI-Anwendungen** zur Energieeinsparung beim Betrieb der Netzinfrastrukturen.
- **Förderung des Auf- und Ausbaus technologieutraler 5G- und 6G-Testumgebungen** zur Beschleunigung der Umsetzung und zur Unterstützung der Anwendungsentwicklung. Insbesondere sollte das Open RAN-Konzept unterstützt werden, um den Wettbewerb bei Netzwerkkomponenten zu fördern.
- Gezielte Förderung von und **öffentliche Investitionen** in für Deutschland relevante **Schlüsseltechnologien** wie Integrated Communication and Sensing (ICAS), nicht-terrestrische Netze (NTN), Multi-Access Edge Computing (MEC) sowie eine flächendeckende Infrastruktur für 5G- und zukünftig 6G-basierte Positionierung.

» Im Fokus: KI⁵

KI ist eine Schlüsseltechnologie digitalisierter Produktions- und Wertschöpfungsprozesse. Dadurch bietet sie großes Potenzial für den deutschen und europäischen Industriestandort und muss ein Schwerpunkt deutscher Digitalpolitik sein. Mit der Veröffentlichung des KI-Chatbots ChatGPT sind große KI-Sprachmodelle in der Breite der Gesellschaft angekommen.

Für die künftige Wertschöpfung durch generative KI ist wichtig, dass große KI-Sprachmodelle »Made in Europe« die Grundlage bilden. Die Wissenschaft sowie das Handwerk, große KI-Sprachmodelle von Grund auf zu trainieren, sollten in Deutschland weiterhin wachsen. Bei Meta haben beispielsweise über 500 Programmierende an Llama3 gearbeitet.⁶ Bei dem bisher größten geförderten Projekt zum Training von LLMs in Europa (OpenGPT-X) arbeiten knapp zwei Dutzend Personen am Training der Modelle.⁷ Hierfür werden weitere Exzellenz-Förderprogramme benötigt (unmittelbar 20 Milliarden Euro für Personalressourcen, Infrastruktur, Transfer, Daten und Compliance-Prüfungen).

Wichtig für die deutsche Wirtschaft und auch den öffentlichen Sektor ist aus Sicht der Fraunhofer-Gesellschaft insbesondere das Finetuning bzw. die Augmentierung von KI-Modellen. Beim Finetuning gilt es, (große) KI-Modelle mithilfe domänenspezifischer Daten aus der jeweiligen Branche weiterzuentwickeln und in die Praxis zu überführen. Essenziell hierfür sind eine qualitativ und quantitativ gute Datenbasis sowie der Zugang zu kleinen, dezentralen KI-Rechenclustern. Dies ist insbesondere bei kritischen Anwendungen im Verwaltungs- und Sicherheitsbereich von großer Wichtigkeit. In diesem Kontext sollte, neben Big-Data KI-Anwendungen, auch die Entwicklung kombinierter wissens- und datenbasierter KI für industrielle Smart-Data Applikationen zum Aufbau kognitiver Mensch-Maschine-Teams forciert werden.

Um (generative) KI-Modelle von der Forschung in die Anwendung zu bringen, besitzen KI-as-a-Service-Anwendungen (KlaaS) eine besonders vielversprechende Hebelwirkung. Sie können einen zentralen Zugang für KI-Anwendungen darstellen, ohne dass Kunden hohe Investitionen in eigene Infrastrukturen tätigen müssen. Denn bei KlaaS-Anwendungen

⁵ Für eine tiefere Auseinandersetzung mit generativer KI hat die Fraunhofer-Gesellschaft hierzu ein Positionspapier veröffentlicht: https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/ueber-fraunhofer-wissenschaftspolitik/Positionen/240513_Fraunhofer%20Positionspapier_Generative%20KI.pdf

⁶ <https://arxiv.org/abs/2407.21783>

⁷ <https://arxiv.org/abs/2410.03730>

erwerben Kunden nicht das KI-Modell oder eine Lizenz, sondern nutzen das Produkt auf Servern der KlaaS-Anbieter.

Damit Deutschland und Europa bei der Wertschöpfung aus (generativen) KI-Anwendungen nicht weiter im internationalen Wettbewerb an Boden verlieren, benötigt es Folgendes:

Generative KI in die Anwendung bringen

- **Technisch machbarer Zugang zu großen Datenmengen:** Öffentlich verfügbare Daten sollten in **dedizierten AI Data Pools** einfach zugreifbar werden (siehe »Datenräume: Datenzugang / FAIR Data«).
- Zentrale Herausforderungen unseres Industriestandorts (z. B. Bürokratieabbau, Fachkräftemangel, technologische Unabhängigkeit bei Sicherheitsbehörden) können mithilfe von **generativer KI als Anwendungsfälle** angegangen werden.⁸ Die deutsche Forschung und Wirtschaft benötigen dringend Impulse, jenseits des Firmen-Chatbots, die entlang der Wertschöpfungskette ihre Wirkung entfalten können. Ein wichtiger Faktor ist die **öffentliche Hand als Ankerkunde** mit Ausstrahlungskraft auf die Volkswirtschaft.
- **KlaaS-Anbieter** als Brücke zwischen Wissenschaft und Markt durch die Weiterentwicklung von KI-Ökosystemen stärken:
 1. durch Bereitstellung von KI-Modellen (analog zu Huggingface und DeployAI),
 2. durch den gezielten **Aufbau von KI-Innovationsökosystemen**,
 3. durch weiteren Ausbau von Labs wie F13⁹ für eine schnelle Einführung der Technologie,
 4. durch die **frühzeitige Einbindung von KlaaS-Unternehmen** in KI-Ökosysteme,
 5. **durch rechtliche Flexibilisierung und Optimierung** der finanziellen Rahmenbedingungen (z. B. durch die Vereinfachung von Kapitalzugang) von KI-Ökosystemen.

Normen und Standards (NuS)

- NuS definieren Qualitätsmaßstäbe für KI-Systeme und stellen die Interoperabilität verschiedener Systeme sicher: Mit der Realisierung einer **KI-Prüfung »Made in Germany«** wird ein Level Playing Field für KI-Anwendungen geschaffen. Hierfür bedarf es einer gezielten, langfristigen und gut ausgestatteten Forschungsförderung. Gute Ansätze hierfür sind die beiden Projekte **ZERTIFIZIERTE KI** des Landes Nordrhein-Westfalen¹⁰ sowie das vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) geförderte **Projekt MISSION KI**¹¹ – diese gilt es nun zu verstetigen und weiter auszubauen.

KI-Infrastrukturen stärken

- Um den hohen Bedarf an **Compute-Ressourcen ab sofort bereitstellen** zu können, sind die Prioritäten von KI gegenüber anderen Disziplinen, die aktuell **GPU-Kapazitäten in HPC-Zentren** benötigen, zu prüfen und neu zu bewerten. Parallel sollte mit dem **Aufbau von mehreren KI-Rechenzentren** für Forschung¹² und Anwendung¹³ begonnen werden.
- Es muss sichergestellt werden, dass **kommerzielle KI-Berechnungen für Industrie und Forschungseinrichtungen** bei der Gauß-Allianz möglich sind.
- Es muss sichergestellt werden, dass für **KI-Forschung** in den nächsten zwei Jahren **500 Millionen GPU-Stunden (H100 oder besser)** und in etwa das Zehnfache an CPU-Ressourcen verfügbar gemacht werden, um an der nächsten Generation der Modelle zu forschen.
- **Dezentrale Recheninfrastrukturen:** Die Erleichterung des Zugangs relevanter Akteure zu KI-Recheninfrastrukturen, z. B. durch KI-Servicestellen für KMU, reicht nicht aus, um den strukturellen Nachteil für KMU auszugleichen. Um die Anwendung generativer KI-Modelle in der Praxis zu beschleunigen, ist ein **niedrigschwelliger Zugang zur KI-Infrastruktur für die anwendungsorientierte Forschung**, den öffentlichen Sektor und KMU von entscheidender Bedeutung.

⁸ Unlocking Europe's 8 Trillion€ Deep Tech Opportunity (<https://www.bcg.com/publications/2024/germany-unlocking-europes-8-trillion-deep-tech-opportunity>) und Time to place our bets: Europe's AI opportunity (<https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/time-to-place-our-bets-europes-ai-opportunity>)

⁹ <https://www.egovernment.de/f13-ein-ki-assistent-fuer-alle-verwaltungen-a-b3a3d781f7058b4b40d72a63cb260ac3/>

¹⁰ <https://www.iais.fraunhofer.de/de/forschung/kuenstliche-intelligenz/ki-zertifizierung.html>

¹¹ <https://mission-ki.de/de>

¹² <https://engineering.fb.com/2024/03/12/data-center-engineering/building-metas-genai-infrastructure/>

¹³ https://leam.ai/wp-content/uploads/2023/01/LEAM-MBS_KIBV_webversion_mitAnhang_V2_2023.pdf



Im Fokus: Kollaborative, vernetzte und autonome Produktions- und Logistiksysteme

Roboter und intelligente Automatisierungslösungen (RiA) sind ein globaler Wachstumsmarkt, der bis 2030 auf über 200 Milliarden Euro geschätzt wird.¹⁴ Jedoch fällt Deutschland bei der Nutzung von Robotern und KI im internationalen Vergleich zurück. Die RiA-Branche muss sich kontinuierlich an das schnelle Innovationsgeschehen anpassen. Durch die Entwicklung flexibler und agiler RiA-Lösungen, hybrider Mensch-Technik-/Mensch-Robotik-Systeme und smarterer Begleit- und Transferkonzepte kann der Transfer auch in den KMU-Sektor erhöht werden.

Das Industrial Metaverse sind virtuelle Erfahrungsräume, in denen Digitale Zwillinge der vernetzten industriellen Gegenstände bzw. Anlagen z. B. durch intelligente Extended Realities (XR) und mit Verbindung zum menschlichen Domänenwissen anschaulich und nutzbar werden (Simulation von und Interaktion mit physischen Objekten, Prozessen und Systemen sowie hybride kognitive Leistungsaugmentierung von Nutzenden, repräsentiert durch den Digitalen Zwilling, in einer virtuellen Umgebung). Der Digitale Zwilling kann den gesamten Produktlebenszyklus von der Materialentwicklung über Produktdesign, Engineering, Produktion und Betrieb bis hin zum Recycling umfassen. Digitale Zwillinge sind Teil des Industrial Metaverse, welches zum Austausch von Informationen über Unternehmensgrenzen hinweg dient. Eine kognitiv transparente Schnittstelle zum Menschen ist sicherzustellen.

Für das produzierende Gewerbe werden digitale Materialinformationen über den gesamten Lebenszyklus eines realen materiellen Objekts (Digitaler Materialzwilling) und die Verfügbarkeit dieser Daten künftig eine wettbewerbsentscheidende Rolle spielen. Die konsequente Digitalisierung ermöglicht eine beschleunigte Entwicklung neuer Materialien. Die Überführung dieser Materialeigenschaften in Produkte erfordert die digitale Verzahnung mit Produktionsprozessen bereits in einem frühen Entwicklungsstadium – beispielsweise bei der Entwicklung, Produktion und Nutzung von Batterien, um Ausschussraten zu senken und die Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen.

Um die Entwicklung kollaborativer, vernetzter und autonomer Produktions- und Logistiksysteme in Deutschland zu forcieren, um so den Wirtschaftsstandort langfristig zu stärken, benötigt es Folgendes:

Robotik (RiA)

- Ressortübergreifende Entwicklung einer nationalen **Robotik-Strategie** mit besonderem Fokus auf Zukunftstechnologien (z. B. KI-getriebene Robotik) und Ausbau einer **nationalen Produktionsindustrie für RiA-Technologien**.
- **Unterstützende Maßnahmen für KMU zur besseren und effizienten Implementierung von RiA-Lösungen** im eigenen Betrieb. Als Vorbild kann hier das KI-Fortschrittszentrum »Lernende Systeme und Kognitive Robotik« mit über 130 durchgeführten Quick Checks, überwiegend mit KMU im Bereich der KI und Robotik, dienen.¹⁵
- Aufbau und Verstetigung von **domänenspezifischen Reallaboren zur Erprobung neuer Roboteranwendung** und Klärung regulatorischer Fragen (z. B. AI Act, Maschinenverordnung).

Industrial Metaverse

- **Aufbau von Metaverse-Plattformen:** Der **industrielle Mittelstand** muss Digital Twin- und XR-Technologien so einfach wie möglich erstellen und handhaben können. Hierzu benötigt es in der Breite Anreize zum Experimentieren mit verschiedenen Metaverse-Technologien in deren jeweiligen Domänen und die menschenzentrierte Auslegung der Technologien, beispielsweise durch den **Aufbau applikationsspezifischer Transferzentren**. Metaverse-Plattformen sollten auf Basis industrieller Kernprozesse (z. B. Produktentstehungsprozess) anwendungsnah entwickelt und erprobt werden, um den deutschen industriellen Kern als Standort- und Wettbewerbsvorteil zu nutzen.
- **Forschungsförderung zur technischen Optimierung** Digitaler Zwillinge und von XR inkl. Unterstützung der

¹⁴ <https://www.bcg.com/publications/2021/how-intelligence-and-mobility-will-shape-the-future-of-the-robotics-industry#:~:text=We%20expect%20the%20global%20robotics%20market%20to%20climb,robot%20sales%20topping%20off%20at%20about%20%2480%20billion>

¹⁵ www.ki-fortschrittszentrum.de

Champions in den Querschnittstechnologien, z. B. in der Verbesserung von 3D-Modellen, Erhöhung der Nutzerfreundlichkeit durch kognitives Mensch-Maschine-Teaming und in der Integration von IT-Sicherheitsaspekten.

- **Forschungsförderung zur organisatorischen Einbindung** von Metaverse-Technologien in unternehmerische Kernprozesse: Metaverse-Technologien werden ihr volles Potential nur entfalten können, wenn sie passgenau in unternehmerische Kernprozesse integriert und mit ablauforganisatorischen Prinzipien abgestimmt sind.
- **Normen und Standards:** Es muss eine breite standardisierte Daten- und Kommunikationsinfrastruktur etabliert werden. Dazu sollten branchenübergreifende Standardisierungsaktivitäten zu einer **Metaverse-Normierungs-Roadmap** verstärkt werden.

Digitaler Materialzwilling

- **Weiterentwicklung und Ausbau der Plattform Material Digital (PMD)** unter verstärkter Einbindung von Stakeholdern entlang der Wertschöpfungskette. Einen hohen Stellenwert sollte dabei die **Entwicklung von Standards für Datenstrukturierung und -transfer**, von Architekturen und Ontologien sowie die Überführung prototypischer Infrastrukturlösungen und Tools in marktfähige Lösungen einnehmen.
- **Erprobung, Training und Nutzung von generativer KI (LLM)** sowie die Berücksichtigung von menschlichem Domänenwissen durch kombiniert wissens- und datenbasierte Ansätze zur **Entwicklung Digitaler Materialzwillinge** sowie zur schnelleren, zielgerichteten und verlässlichen Beantwortung spezifischer material-, werkstoff- und produktionsbezogener Fragestellungen sollten **Gegenstand der Forschungsförderung** werden.
- Im Sinne des Technologietransfers sollte die Überführung der hierbei gewonnenen Erkenntnisse in **niederschwellige KlaaS gefördert** und sie somit insbesondere für den Mittelstand im produzierenden Gewerbe nutzbar gemacht werden.

Schnittstellen

	Innovative Gesundheitsforschung	Circular Economy	Zukunftsfähige Wasserversorgung	Energiesystem der Zukunft	Leistungsfähige und nachhaltige Mobilitätswirtschaft	Digitaler Industriestandort	Cybersicherheit	Quantentechnologien	Verteidigungsforschung in der Zeitenwende	Luft- und Raumfahrt	ZukunftsMissionBau. Sicher.nachhaltig.bezahlbar.
● Hauptbezug											
○ Nebenbezug											
Innovative Gesundheitsforschung	●					○					
Circular Economy		●	○	○	○	○				○	○
Zukunftsfähige Wasserversorgung		○	●			○					
Energiesystem der Zukunft		○		●	○	○				○	○
Leistungsfähige und nachhaltige Mobilitätswirtschaft		○		○	●	○				○	
Digitaler Industriestandort	○	○	○	○	○	●	○	○	○		○
Cybersicherheit						○	●	○			
Quantentechnologien						○	○	●			
Verteidigungsforschung in der Zeitenwende						○			●	○	
Luft- und Raumfahrt		○		○	○				○	●	
ZukunftsMissionBau. Sicher.nachhaltig.bezahlbar.		○		○		○					●

Über die Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft mit Sitz in Deutschland ist eine der führenden Organisationen für anwendungsorientierte Forschung. Im Innovationsprozess spielt sie eine zentrale Rolle – mit Forschungsschwerpunkten in zukunftsrelevanten Schlüsseltechnologien und dem Transfer von Forschungsergebnissen in die Industrie zur Stärkung unseres Wirtschaftsstandorts und zum Wohle unserer Gesellschaft.

Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 76 Institute und Forschungseinrichtungen. Die gegenwärtig knapp 32 000 Mitarbeitenden, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Finanzvolumen von 3,4 Mrd. €. Davon fallen 3,0 Mrd. € auf den Bereich Vertragsforschung.

Kontakt

Herausgeber

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.

Im Auftrag des Vorstands

Hansastraße 27 c, 80686 München

<https://www.fraunhofer.de>

Ansprechperson

Pierre Prasuhn

Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft, Abteilung Wissenschaftspolitik

Telefon: +49 30 688 3759-1607

E-Mail: pierre.prasuhn@zv.fraunhofer.de

© Fraunhofer-Gesellschaft e. V., München 2024

Verzeichnis der Mitwirkenden

Dr.-Ing. Marcel Altendeitering, Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST

Dr.-Ing. Roland Behrens, Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

Vera Binz, Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft

Dr.-Ing. Pascal Birnstill, Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB

Dr. Franziska Bocklisch, Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU

Dr. Ursula Eul, Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS

Dr. Nicolas Flores-Herr, Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS

Michael Fritz, Fraunhofer Cluster of Excellence Cognitive Internet Technologies

Prof. Dr. Katharina Hölzle, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Prof. Dr. Steffen Ihlenfeldt, Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU

Dr. Jana Jost, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML

Dr.-Ing. Sören Kerner, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML

Dr. Peter Klein, Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM

Dr.-Ing. Werner Kraus, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Dr. Christoph Lange-Bever, Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT

Dr. Dietmar Laß, Fraunhofer-Verbund IUK-Technologie

Dr. Juliane Lutz, Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft

Prof. Dr. Simon Lux, Fraunhofer-Einrichtung Forschungsfertigung Batteriezelle FFB

Dr. Richard Johannes Luyken, Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft

Dr. Elisabeth Peinsipp-Byma, Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft

Dr.-Ing. Janko Petereit, Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB

Jan Plogsties, Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS

Pierre Prasuhn, Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft

Dr.-Ing. Olaf Sauer, Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB

Prof. Dr. Sonja Schimmler, Fraunhofer-Institut für offene Kommunikationssysteme FOKUS

Dr.-Ing. Andreas Schlegel, Fraunhofer-Allianz autoMOBILproduktion

Niels Schmidtke, Fraunhofer-Verbund Produktion

Maximilian Steiert, Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft

Michael Stiller, Fraunhofer-Institut für kognitive Systeme IKS

Prof. Dr.-Ing. André Stork, Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD

Dr.-Ing. Marcel Todtermuschke, Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU