



Advanced Materials & Production – Crucial for Earth & Ready for Space

Schlüsseltechnologien: KI, klimaneutrale Energieerzeugung, Mikroelektronik, Biotechnologie

1) Executive Summary

Schlüsseltechnologien für die effiziente Energiewandlung und -speicherung, boden- wie luftgebundene (klimaneutrale) Mobilität, die Mikroelektronik ebenso wie die Biotechnologie oder die Raumfahrt sind essenziell auf fortschrittliche Materialien und Produktionstechnologien (**Advanced Materials & Production**) angewiesen. Entscheidende Erfolgsfaktoren im globalen Wettbewerb bilden dabei **Qualität, Effizienz und Schnelligkeit beim Technologietransfer**. Die Hebel sind konsequente **Digitalisierung, Automatisierung** und der Einsatz **Künstlicher Intelligenz (KI)**.

In der digitalen Materialforschung ist Deutschland derzeit in einer europäischen **Spitzenposition**, in der Produktionstechnik trotz aktueller Herausforderungen weiterhin weltweit an der Spitze. Um diese Positionen zu halten und in ertragstarke Geschäftsmodelle auszubauen, braucht es vermehrt und beschleunigt **Produkt- und Prozessinnovationen**. Diese müssen **energie-, material- und ressourceneffizient** sein. Das gilt insbesondere für Produkte auf Basis hochspezialisierter, hochleistungsfähiger Materialien/Materialsysteme und die damit untrennbar verknüpften Produktionsprozesse etwa für den **Wachstumsmarkt Raumfahrt und Weltraumwirtschaft, aber auch für den Mobilitätssektor, die Energiewende, den Sicherheits- und Verteidigungssektor oder die Bauwirtschaft der Zukunft**.

Produkte für diese Sektoren basieren vielfach auf komplexen **Materialsystemen** und hochwertigen **Verbundwerkstoffen**. Die Kreislaufführung solcher Advanced Materials ist aus ökonomischer und ökologischer Sicht höchst erstrebenswert, jedoch fehlen hierzu vielfach noch **skalierbare und damit wirtschaftlich tragfähige Konzepte (Design for Circularity)**. Auch steckt die digitale Transformation für diese Werkstoffe noch in ihren Anfängen. **Durchgängiges, digitales Abbilden relevanter Wertschöpfungsketten**, vom

Material über die Produktion bis zum Produkt und Rezyklat, idealerweise über mehrere Wertschöpfungszyklen hinweg, verspricht enorme Effizienz- und Innovationsschübe.

Fortschritte bei der Verfügbarkeit von strukturierten Materialdaten erlauben heute das **qualitätsgesicherte Training von KI-Modellen**. Der Einsatz solcher KI-Modelle eröffnet zahlreiche neue Möglichkeiten: wie zum Beispiel präzisere, schnellere und damit **kostengünstigere Materialentwicklung** für die jeweilige Zielanwendung, **prognosefähige Bauteilauslegung, sichere industrielle Nutzung kreislaufgeführter Materialien** (Sekundärmaterialien und -rohstoffe), skalierbare Produktionsprozesse. Durch Automatisierung, Digitalisierung und KI als **Effizienzmotoren**, verbunden mit innovativen Logistikkonzepten wird das enorme Potenzial von Advanced Materials & Production gehoben und für **neue, nachhaltige Geschäftsmodelle industriell relevant skaliert**. Durch die hohe Querschnittswirkung werden zahlreiche etablierte Märkte adressiert (s.o.) und neue Marktsegmente wie etwa New Space können wirtschaftlich erschlossen werden. **Neue Marktchancen** entstehen für Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette, sowohl für **OEM als auch für deren komplette Liefernetzwerke**. Hiervon profitieren insbesondere zahlreiche KMU.

2) Vorschlag

Ziel der Initiative »**Advanced Materials & Production – Crucial for Earth, Ready for Space**« ist es, eine **wirtschaftliche Circular Economy** für Advanced Materials zu etablieren, indem das Potenzial moderner Material- und Produktionsforschung synergistisch genutzt wird. Durch leistungsfähige Bauteile und Komponenten werden Innovationen in Wachstumsmärkten wie Raumfahrt, Sicherheit und Verteidigung oder klimaneutrale Mobilität beschleunigt. Hierbei stehen **Verbundmaterialien und komplexe Materialsysteme** im Fokus. Sie

werden für zahlreiche Zukunftstechnologien in steigenden Mengen und Varianten zwingend benötigt, sind gleichzeitig aber für die effiziente und automatisierte Produktion sowie für die Kreislaufführung besonders anspruchsvoll.

Der **globale Markt für Verbundwerkstoffe wurde im Jahr 2022 auf 93,7 Mrd. US-Dollar** geschätzt und soll zwischen 2023 und 2030 mit einer durchschnittlichen jährlichen Rate von 7,2 % wachsen (Grand View Research, 2023). Dies ist auf die branchenübergreifend **steigende Nachfrage nach ressourceneffizienteren und leichteren Bauteilen und Bauweisen** (Leichtbautechnologien), vor allem in der Luft- und Raumfahrt, der Transportindustrie aber auch im Bauwesen und anderen Branchen zurückzuführen. Der **globale Markt alleine für Raumfahrt und Weltraumwirtschaft** erlebt aktuell ein durchschnittliches jährliches Wachstum von bis zu 9 % und soll **bis zum Jahre 2035 ein Marktvolumen von bis zu 1,8 Bln. US-Dollar** erreichen (McKinsey & Company, 2024). In Deutschland umfasst der direkte **Wertschöpfungsbeitrag des Leichtbaus** inklusive der zugehörigen Dienstleistungen laut einer aktuellen Studie (econmove, 2024) branchenübergreifend rund 124 Mrd. Euro bzw. knapp **4 % der deutschen Wirtschaftsleistung**.

Durch »Advanced Materials & Production« können diese Marktchancen für Unternehmen, insbesondere für KMU entlang der Zulieferketten in den o.g. Märkten erschlossen werden. Gleichzeitig bietet diese Initiative zahlreiche Möglichkeiten für Start-ups. Bereits **vorhandene und mit der Forschung gut vernetzte Ökosysteme**, wie die deutsche Initiative Leichtbau, das Netzwerk der Fraunhofer-Allianz Aviation & Space und produktionstechnische Netzwerke etwa rund um Manufacturing-X bilden eine hervorragende Ausgangsbasis für den Technologietransfer. Auf europäischer Ebene bildet das Ökosystem des Vereins IAM-I (Innovative Advanced Materials Initiative) eine **ideale Plattform für den Transfer**.

Neue Funktionalitäten und hohe Funktionsintegration in Advanced Materials kombiniert mit passgenauen, KI-gestützten Produktionsverfahren nach einem Design for Circularity ermöglichen neue nachhaltige und **wettbewerbsfähige Produkte für die terrestrische Industrie wie auch für die Weltraumwirtschaft (NewSpace)**. Durch die Entwicklung und Nutzung von fortschrittlichen Materialien, Fertigungsprozessen und Logistikkonzepten können eine **Skalierung auf industrielle Maßstäbe** und eine **erhebliche Kostenreduktion** (Zielsetzung für Raumfahrtprodukte: -90%) unter Beibehaltung hoher Qualitätsstandards erzielt werden.

Insbesondere für Luft-, Raumfahrt- und NewSpace-Anwendungen besteht ein vielfältiger **Bedarf an Advanced Materials von konstant hoher Qualität**. Gleichzeitig müssen die entsprechenden **Produktionsprozesse** (in der Vergangenheit z. B. Manufaktur einzelner Satelliten) auf neue Größenordnungen (industrielle Serienfertigung) **hochskaliert** werden.

Diesem Bedarf kann Deutschland durch fokussiertes Zusammenführen des vorhandenen **exzellenten Know-hows in der digitalen Materialforschung und der Industrie 4.0/5.0** erfolgreich begegnen und eine international führende Wettbewerbsposition erreichen. Der durchgängige Einsatz modernster digitaler Technologien entlang von Wertschöpfungsketten und Materiallebenszyklen (Digital Twins) ist gleichzeitig auch essenziell für eine effiziente, wirtschaftliche und damit in der Breite wirksame **Circular Economy**. Durch Integration **ganzheitlicher prädiktiver Bilanzierungsmethoden** (ökonomische, ökologische und technische Bewertungen) in den Gesamtprozess bis hin zur Bewertung der Sicherheit und Zuverlässigkeit von Sekundärmaterialien und -produkten aus Kreislaufprozessen, wird ein maßgeblicher Beitrag zur grünen und digitalen Transformation (**Twin Green and Digital Transition**) der deutschen und europäischen Industrie (**Green Industrial Deal**) geleistet.

Wertschöpfungszeiträume für hochwertige Advanced Materials werden verlängert, Material-effizienz und Ressourcensouveränität gesteigert.

Ergebnisse aus bisherigen nationalen Forschungsförderprogrammen wie etwa »**Vom Material zur Innovation**« (jetzt »**Mat2Twin**«) des BMFTR, den Luftfahrtforschungsprogrammen **LuFo (aktuell »LuFo Klima«)** und dem »**Technologie-transferprogramm Leichtbau TTP LB**« des BMWI haben bereits eine sehr gute Basis für eine erfolgsversprechende Umsetzung des hier skizzierten Vorhabens geschaffen. Künftig zu erwartende Bekanntmachungen sowie Calls im Rahmen der **Europäischen Partnerschaft »Innovative Advanced Materials for EU - IAM4EU«** lassen weitere Möglichkeiten für FuE und Technologietransfer erhoffen.

Mit den **Fraunhofer-Verbünden Materials und Produktion** stehen, bezogen auf ihre jeweiligen wissenschaftlich-technischen Domänen, zwei der größten FuE-Einheiten in Europa als verantwortliche Treiber mit entsprechender **Transfer-Mission** für die Umsetzung des Vorhabens zur Verfügung. Die Institute sind sehr gut mit weiteren, in diesem Kontext **relevanten Leistungsträgern im deutschen**

Forschungssystem vernetzt. Hierzu zählen vor allem die in den entsprechenden Domänen operierenden Institute der Max-Planck-Gesellschaft, der Helmholtz-Gemeinschaft, Technische Universitäten und Einrichtungen wie das Deutsche Zentrum für Künstliche Intelligenz DFKI aber auch die Fraunhofer-Institute des IuK-Verbunds. Das Ökosystem wird durch die Vernetzung mit Unternehmen (KMU, Großunternehmen, Start-ups), Industrieverbänden und Vertretern der Politik in den o.g. Anwender- bzw. Bedarfsträger-Netzwerken komplettiert.

Zur Umsetzung des Vorhabens, insbesondere zum Aufbau passender digitaler Zwillinge von Materialien und Prozessen sowie zur Integration von Methoden der Künstlichen Intelligenz in die Prozesse werden eine **leistungsfähige IT-Infrastruktur** sowie entsprechende Software Lösungen benötigt. Angesichts der notwendigen industriellen Validierungen und Absicherungen besteht Bedarf an einem **längerfristigen Förderprogramm** von ca. 8 – 10 Jahren.

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. Seit ihrer Gründung als gemeinnütziger Verein im Jahr 1949 nimmt sie eine einzigartige Position im Wissenschafts- und Innovationssystem ein.

Knapp 32 000 Mitarbeitende an 75 Instituten und selbstständigen Forschungseinrichtungen in Deutschland erarbeiten das jährliche Finanzvolumen von 3,6 Mrd. €. Davon entfallen 3,1 Mrd. € auf das zentrale Geschäftsmodell von Fraunhofer, die Vertragsforschung. Im Vergleich zu anderen öffentlichen Forschungseinrichtungen bildet die Grundfinanzierung durch Bund und Länder lediglich das Fundament des jährlichen Forschungshaushalts. Sie ist die Basis für wegweisende Vorlauftforschung, die in den kommenden Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft bedeutend wird. Das entscheidende Alleinstellungsmerkmal ist der hohe Anteil an Wirtschaftserträgen, der Garant ist für die enge Zusammenarbeit mit Wirtschaft und Industrie und die stetige Marktorientierung der Fraunhofer-Forschung: 2024 beliefen sich die Wirtschaftserträge auf 867 Mio. € des laufenden Haushalts. Ergänzt wird das Forschungsportfolio durch im Wettbewerb eingeworbene öffentliche Projektmittel, wobei eine ausgewogene Balance zwischen öffentlichen und wirtschaftlichen Erträgen angestrebt wird.

Kontakt

Herausgeber

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.
Hansastraße 27 c, 80686 München
<https://www.fraunhofer.de>

Ansprechpersonen

Prof. Dr. Constantin Häfner
Vorstand für Forschung und Transfer
Constantin.haefner@zv.fraunhofer.de

Prof. Dr. Peter Gumbsch
Vorsitzender des Verbunds Werkstoffe, Bauteile - MATERIALS
Peter.gumbsch@iwvm.fraunhofer.de

© Fraunhofer-Gesellschaft e. V., München 2025