



Brüssel, den 29. Februar 2024
(OR. en)

7172/24

RECH 94
IND 118
MI 231
COMPET 248

ÜBERMITTLUNGSVERMERK

Absender: Frau Martine DEPREZ, Direktorin, im Auftrag der Generalsekretärin der Europäischen Kommission

Eingangsdatum: 28. Februar 2024

Empfänger: Frau Thérèse BLANCHET, Generalsekretärin des Rates der Europäischen Union

Nr. Komm.dok.: COM(2024) 98 final

Betr.: MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN
Fortgeschrittene Werkstoffe für eine industrielle Führungsrolle

Die Delegationen erhalten in der Anlage das Dokument COM(2024) 98 final.

Anl.: COM(2024) 98 final



EUROPÄISCHE
KOMMISSION

Brüssel, den 27.2.2024
COM(2024) 98 final

**MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN
RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIAUSSCHUSS UND
DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN**

Fortgeschrittene Werkstoffe für eine industrielle Führungsrolle

DE

DE

MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN

Fortgeschrittene Werkstoffe für eine industrielle Führungsrolle

1. EINFÜHRUNG

Mit dieser Mitteilung legt die Kommission eine europäische Strategie dar, mit der die industrielle Führungsrolle im Bereich fortgeschrittene Werkstoffe, einer Schlüsseltechnologie, sichergestellt werden soll. Seit der Steinzeit haben Werkstoffe die menschliche Entwicklung geprägt. Dank des heutigen wissenschaftlichen Verständnisses und der heutigen Rechenleistung können Werkstoffe mit höherer Leistungsfähigkeit oder für besondere Funktionen schneller denn je entwickelt werden. **Diese bewusst entwickelten und konzipierten Werkstoffe werden von der OECD als fortgeschrittene Werkstoffe¹ bezeichnet.**

Fortgeschrittene Werkstoffe sind ein wichtiger Faktor für die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie² und stellen wichtige Bausteine für die **Widerstandsfähigkeit und offene strategische Autonomie der EU** dar. Sie sind in der Liste der zehn Technologiebereiche aufgeführt, die für die wirtschaftliche Sicherheit der Union von entscheidender Bedeutung sind.³

Fortgeschrittene Werkstoffe ermöglichen eine Fülle von Lösungen für eine erfolgreiche Umsetzung des europäischen Grünen Deals. Sie fördern Innovationen im Bereich der neuen sauberen Energietechnologien, die in der Netto-Null-Industrie-Verordnung vorgesehen sind, und haben das Potenzial, bestimmte kritische Rohstoffe zu ersetzen und so zu den Zielen des Gesetzes über kritische Rohstoffe beizutragen. Fortgeschrittene Werkstoffe können auch gefährliche Stoffe ersetzen, die Umweltleistung von Produkten und Prozessen verbessern und die Kreislaufwirtschaft fördern. Sie fördern daher den Wandel unserer Wirtschaft und Industrie in vielerlei Hinsicht; sie tragen zur Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit, zum Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft und zur Umsetzung der Rechtsvorschriften im Rahmen des Pakets „Fit für 55“ bei. Aufgrund ihrer Rolle in der nächsten Generation von Halbleitertechnologien sind sie auch im Zusammenhang mit dem Chip-Gesetz von wesentlicher Bedeutung. Fortgeschrittene Werkstoffe spielen auch in Bereichen wie Weltraum und Verteidigung eine entscheidende Rolle, da sie in anspruchsvollen Umgebungen bessere Eigenschaften aufweisen, die Sicherheit und den Schutz des Personals erhöhen und die Funktionalität von Ausrüstung und strategischer Infrastruktur ermöglichen. Fortgeschrittene Werkstoffe haben auch potenzielle Anwendungen in der Landwirtschaft (z. B. für die Ersetzung von Pestiziden), in der Agrar- und Lebensmittelwirtschaft (z. B. für Verpackungen) oder im

¹ Fortgeschrittene Werkstoffe sind Werkstoffe, die so konzipiert sind, dass sie i) neue oder verbesserte Eigenschaften haben und/oder ii) gezielte oder verbesserte strukturelle Merkmale haben, um eine spezifische oder verbesserte funktionale Leistung zu erreichen. Dazu gehören sowohl neu hergestellte Werkstoffe (High-Tech-Werkstoffe) als auch Werkstoffe, die aus herkömmlichen Werkstoffen hergestellt werden (Low-Tech-Werkstoffe). OECD working description on advanced materials: [https://one.oecd.org/document/ENV/CBC/MONO\(2022\)29/en/pdf](https://one.oecd.org/document/ENV/CBC/MONO(2022)29/en/pdf).

² Materials 2030 Manifesto: <https://www.ami2030.eu/wp-content/uploads/2022/06/advanced-materials-2030-manifesto-Published-on-7-Feb-2022.pdf>.

³ Technologiebereiche, die für die wirtschaftliche Sicherheit der EU von entscheidender Bedeutung sind, zwecks weiterer Risikobewertung mit den Mitgliedstaaten, C(2023) 6689 final.

Arzneimittelsektor und Gesundheitswesen. Diese Mitteilung wird durch die bevorstehende Initiative zu Biotechnologie und Bioproduktion bei der Umstellung auf alternative Rohstoffe zur Herstellung fortgeschrittenen Werkstoffe und auf die verstärkte Nutzung erneuerbarer Quellen und Werkstoffe für ihre Herstellung ergänzt.

Die Nachfrage nach fortgeschrittenen Werkstoffen dürfte in den kommenden Jahren in den folgenden Bereichen erheblich steigen⁴: Erzeugung von Energie aus erneuerbaren Quellen⁵, Batterien⁶, emissionsfreie Gebäude⁷, Halbleiter⁸, Arzneimittel und Medizinprodukte, Satelliten, Trägerraketen, Flugzeuge oder andere Anwendungen mit doppeltem Verwendungszweck sowie Verteidigungsausrüstung.

Europa muss den zweifachen ökologischen und digitalen Wandel vollziehen, um **seine weltweite industrielle Führungsrolle aufrechtzuerhalten und eine offene strategische Autonomie zu erreichen**. Um zu diesem Ziel beizutragen, sollte die EU **i) ihre Forschung und technologische Entwicklung im Bereich fortgeschrittene Werkstoffe beschleunigen, ii) ihre Innovations- und Produktionskapazitäten ausbauen und iii) die industrielle Einführung fortgeschrittener Werkstoffe beschleunigen**. Dies erfordert die Schaffung eines Umfelds, das auf bestehenden Stärken aufbaut, Investitionen in Forschung und Innovation sowie die Produktion in der EU aufrechterhält und die Wettbewerbsfähigkeit, die Widerstandsfähigkeit und das Wachstum im Bereich der fortgeschrittenen Werkstoffe und der Fertigung fördert.

Das **übergeordnete Ziel** dieser Mitteilung besteht daher darin, **ein dynamisches, sicheres und inklusives Ökosystem für fortgeschrittene Werkstoffe in Europa** zu schaffen, das sowohl eine Führungsrolle in der Forschung gewährleistet als auch die Einführung von Innovationen in den Binnenmarkt beschleunigt. Dazu soll wie folgt vorgegangen werden:

- (1) Die Prioritäten der EU, der Mitgliedstaaten und der Regionen für Forschung und Innovation im Bereich fortgeschrittene Werkstoffe müssen im Rahmen eines europäischen Ansatzes koordiniert und die privaten Investitionen erheblich erhöht werden.
- (2) Innovatoren sowie kleine und mittlere Unternehmen müssen dabei unterstützt werden, Werkstoffe mit höherer Leistung und besseren Eigenschaften für Kreislauffähigkeit und Nachhaltigkeit zu konzipieren und zu testen.
- (3) Die umfassendere und schnellere Einführung fortgeschrittener Werkstoffe muss als Marktkatalysator für den ökologischen und den digitalen Wandel wirken und die Widerstandsfähigkeit und die wirtschaftliche Sicherheit der EU erhöhen.

⁴ Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, 2023, doi:10.2760/386650, JRC132889.

⁵ Europäischer Windkraft-Aktionsplan, COM(2023) 669 final.

⁶ https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/batteries_en

⁷ <https://www.consilium.europa.eu/de/press/press-releases/2023/12/07/fit-for-55-council-and-parliament-reach-deal-on-proposal-to-revise-energy-performance-of-buildings-directive/>

⁸ Chip-Gesetz (Verordnung (EU) 2021/694).

2. HERAUSFORDERUNGEN BEI DER SCHAFFUNG EINES INKLUSIVEN ÖKOSYSTEMS FÜR FORTGESCHRITTENE WERKSTOFFE

Um dieses Ziele zu erreichen, muss Europa die folgenden Herausforderungen bewältigen:

- (1) **Fragmentierung des Ökosystems für Forschung und Innovation (FuI):** Die EU hat traditionell eine führende Stellung in der Materialwissenschaft innegehabt, und zwar durch i) starke Unterstützung im Rahmen nationaler Programme, die verschiedene Anwendungsbereiche abdecken, und ii) die EU-Rahmenprogramme für FuI. Allerdings verfügt nur eine kleine Minderheit der Mitgliedstaaten über spezifische Werkstoffstrategien, während andere die Werkstoffforschung in allgemeinen nationalen Programmen abdecken. Ohne eine gemeinsame und koordinierte Strategie sind die öffentlichen Mittel für FuI im Bereich fortgeschrittene Werkstoffe fragmentiert und stärken die Wettbewerbsfähigkeit und Innovationsfähigkeit der EU im Hinblick auf den ökologischen und den digitalen Wandel sowie die Widerstandsfähigkeit der EU nicht ausreichend.
- (2) **Private Investitionen sind dem steigenden Bedarf nicht angemessen:** Im Industrieplan zum Grünen Deal wird betont, dass die EU sicherstellen muss, dass ihre Kapitalmärkte das Volumen und die Vielfalt der von EU-Unternehmen in strategischen Sektoren benötigten Finanzmittel unterstützen können. Die industriellen FuI-Investitionen der EU im Bereich fortgeschrittene Werkstoffe betragen nicht einmal die Hälfte der Investitionen in den USA (19,8 Mrd. EUR im Jahr 2020 gegenüber 50,3 Mrd. EUR), dicht gefolgt von Südkorea und Japan (mit 19,6 Mrd. EUR bzw. 14,0 Mrd. EUR), während in der chinesischen Industrie geringere Investitionen getätigt werden (7,7 Mrd. EUR).⁹ Darüber hinaus wird die globale Position der EU in Bezug auf Industriepatente schwächer – die EU lag 2019 hinter den USA, Japan, Südkorea und China an fünfter Stelle.⁹
- (3) **Mangelnde Fortschritte in den Bereichen Kreislauffähigkeit und Materialeffizienz:** Die kreislauforientierte Materialnutzung in der EU stagniert derzeit bei unter 12 %,¹⁰ und Forschung und Innovation im Werkstoffbereich konzentrieren sich nach wie vor nicht ausreichend auf die Kreislauffähigkeit, beispielsweise weil es an fundierten Kenntnissen über Materialströme mangelt. Nachhaltigkeit und Kreislauffähigkeit sind wichtig, um den Wandel unserer Wirtschaft und Industrie zu fördern und die Wettbewerbsfähigkeit unserer Unternehmen auf dem Weltmarkt zu erhalten. Sie sind von entscheidender Bedeutung für die Verwirklichung der Ökodesign-Verordnung für nachhaltige Produkte und des Gesetzes über kritische Rohstoffe. Neue fortgeschrittene Werkstoffe sollten möglichst „inhärent sicher und nachhaltig“¹¹ sein, um das Null-Schadstoff-Ziel des Grünen Deals und eine schadstofffreie Umwelt zu erreichen.
- (4) **Lange Innovationsprozesse und unzureichende Digitalisierung:** Die Zeit, die für die Entwicklung fortgeschrittener Werkstoffe mit konventionellen Methoden

⁹ Industrial R&D&I investments and market analysis in advanced materials: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/document/8f77caee-3a2c-4ef9-8ca2-65fd6c900581_en. Die Zahlen umfassen Investitionen in industrielle fortgeschrittene Werkstoffe ohne den pharmazeutischen Sektor.

¹⁰ Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/monitoring-framework>.

¹¹ Empfehlung (EU) 2022/2510 der Kommission vom 8. Dezember 2022 zur Schaffung eines europäischen Bewertungsrahmens für „inhärent sichere und nachhaltige“ Chemikalien und Materialien.

erforderlich ist, kann zwischen 10 und 30 Jahren betragen.¹² Die Digitalisierung von Forschung und Entwicklung hat das Potenzial, die Entdeckung innovativer Werkstoffe zu beschleunigen, und Europa könnte von einer besseren Nutzung digitaler Instrumente in diesem Bereich profitieren. So haben beispielsweise Forschende kürzlich mithilfe der künstlichen Intelligenz fast 400 000 stabile Kristallstrukturen vorhergesagt, wodurch der Weg für erhebliche Fortschritte in den Bereichen saubere Energie und Elektronik geebnet wurde.¹³ Die Geschwindigkeit und die Komplexität von Innovationen nehmen zu, und für die Hochskalierung und Fertigung fortgeschrittener Werkstoffe sind erhebliche Kapitalinvestitionen erforderlich.

- (5) **Kluft zwischen innovativer Forschung und Einführung in industriellen Anwendungen und Prozessen:** Die Kluft zwischen bahnbrechender Forschung und industrieller Anwendung führt zu einer Begrenzung der Zusammenarbeit und der strategischen Ausrichtung, wodurch die Integration fortgeschrittener Werkstoffe in die Industrie behindert wird. Ohne enge Verbindungen und Synergien zwischen dem Bedarf der Industrie und den Forschungszielen ist die Position der Europäischen Union als Innovationsführer gefährdet, sodass die Industrie Schwierigkeiten hat, fortgeschrittene Werkstofflösungen zu nutzen.
- (6) **Fehlen von Test- und Versuchseinrichtungen:** Technologieinfrastrukturen mit Einrichtungen für Versuche, Prototyperstellung, Tests und Pilotprojekte tragen dazu bei, Produkte schneller auf den Markt zu bringen. Die Technologieindustrien, insbesondere Start-up-Unternehmen und kleine und mittlere Unternehmen (KMU), können sich häufig keine interne Infrastruktur leisten und benötigen daher einen besseren Zugang zu solchen Einrichtungen, um neue und wichtige Technologien vor der Vermarktung validieren und optimieren zu können. Um Exzellenz in ganz Europa zu verbreiten und eine breitere Beteiligung am Europäischen Forschungsraum zu fördern, ist es wichtig, bestehende Infrastrukturen in verschiedenen Regionen untereinander zu vernetzen und ihre intelligente Spezialisierung zu unterstützen.¹⁴
- (7) **Notwendigkeit harmonisierter Normen:** Normen sind besonders wichtig für i) die Stärkung des Vertrauens von Investoren und Verbrauchern in neue innovative Lösungen und ii) die Förderung der Digitalisierung. So werden Fortschritte beim digitalen Wandel beispielsweise durch die Vielzahl unterschiedlicher Digitalisierungsansätze, z. B. Datenbeschreibungen und -formate, behindert. Um die Marktakzeptanz zu fördern und den Regulierungsprozess zu erleichtern, ist es gleichermaßen wichtig, die Harmonisierung der Normen für die Charakterisierung von Werkstoffen, die Werkstoffleistung sowie die Methoden zur Bewertung der Sicherheit und der Nachhaltigkeit sicherzustellen.
- (8) **Mangelnde Kompetenzen:** Um die Innovationskapazität und die Produktion fortgeschrittener Werkstoffe zu steigern, sind in der EU technische Kompetenzen von Forschenden und Arbeitnehmern in einer Vielzahl von Disziplinen

¹² Muench, S., Stoermer, E., Jensen, K., Asikainen, T., Salvi, M. und Scapolo, F., *Towards a green and digital future*, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, 2022, doi:10.2760/54, JRC129319.

¹³ Peplow, M., *Google AI and robots join forces to build new materials*, Nature, 2023, doi: <https://doi.org/10.1038/d41586-023-03745-5>, <https://www.nature.com/articles/d41586-023-03745-5>.

¹⁴ https://ec.europa.eu/regional_policy/policy/communities-and-networks/s3-community-of-practice_en

erforderlich. Der im Rahmen des Industriepans zum Grünen Deal¹⁵ erwähnte Arbeitskräfte- und Fachkräftemangel hat sich jedoch zwischen 2015 und 2021 in Sektoren verdoppelt, die für den ökologischen Wandel als wesentlich erachtet werden. Dies wird durch die Unterrepräsentation von Frauen in den Teilbereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT) noch verstärkt, die für fortgeschrittene Werkstoffe von großer Bedeutung sind. Der Ausbau des Fachkräfteangebots ist besonders wichtig für technologieintensive Bereiche und saubere Technologien, und kompetente Gründer werden für Startup-Unternehmen¹⁶ sowie für die Weiterqualifizierung von Forschenden und Arbeitnehmern bei der Nutzung digitaler Instrumente, einschließlich KI, benötigt.

Vor diesem Hintergrund stützt sich diese Mitteilung auf fünf Säulen: i) europäische FuI zu fortgeschrittenen Werkstoffen: eine Basis für den ökologischen und den digitalen Wandel, die Widerstandsfähigkeit der EU und eine offene strategische Autonomie, ii) einen schnellen Übergang vom Labor zur Fertigung, iii) Erhöhung der Kapitalinvestitionen und Verbesserung des Zugangs zu Finanzmitteln. iv) Förderung der Herstellung und Verwendung fortgeschrittener Werkstoffe. und v) den allgemeinen Governance-Rahmen.

3. EUROPÄISCHE FU I ZU FORTGESCHRITTENEN WERKSTOFFEN: EINE BASIS FÜR DEN ÖKOLOGISCHEN UND DEN DIGITALEN WANDEL, DIE WIDERSTANDSFÄHIGKEIT UND EINE OFFENE STRATEGISCHE AUTONOMIE DER EU

Um die Einführung sauberer Technologien und technologieintensiver Innovationen in Europa zu beschleunigen und die Widerstandsfähigkeit und eine offene strategische Autonomie der EU bei kritischen Technologien zu erreichen, sind gezielt eingesetzte öffentliche und private Mittel für Grundlagenforschung und angewandte Forschung von großer Bedeutung. Voraussetzung dafür ist, dass die EU-Mitgliedstaaten, die assoziierten Länder und die Interessenträger gemeinsame Ziele und Prioritäten festlegen, um i) die Innovations- und Produktionskapazitäten für fortgeschrittene Werkstoffe zu fördern, ii) die wissenschaftliche und die industrielle Basis Europas zu stärken, iii) die Abhängigkeit von kritischen Ressourcen zu verringern und iv) Synergien bei Tätigkeiten im Zusammenhang mit fortgeschrittenen Werkstoffen in allen Sektoren anzustreben.

Europa wird von einem inklusiven Ökosystem für fortgeschrittene Werkstoffe profitieren, in dem die Interessenträger zusammenarbeiten können, verstreute und unkoordinierte Initiativen vermieden werden und der Wissensaustausch und Peer-Learning-Aktivitäten gefördert werden.

Ein gemeinsamer strategischer Ansatz wird auch die dynamische Koordinierung und Abstimmung im Hinblick auf zentrale Ziele erleichtern. Ein solcher gemeinsamer strategischer Ansatz wird die Zusammenarbeit, das Voneinander-Lernen und die Entwicklung von allseits vorteilhaften FuI-Strategien für fortgeschrittene Werkstoffe fördern. Im Rahmen der Tätigkeiten des Technologierates (siehe Abschnitt 7) und im Einklang mit dem strategischen Planungsprozess von „Horizont Europa“ wird die Kommission mit den Mitgliedstaaten und den mit „Horizont Europa“ assoziierten Ländern zusammenarbeiten, um **eine Reihe gemeinsamer Ziele und Prioritäten für Forschung und Innovation im Bereich fortgeschrittene Werkstoffe zu erarbeiten**,

¹⁵ Ein Industriepan zum Grünen Deal für das klimaneutrale Zeitalter, COM(2023) 62 final.

¹⁶ Tübke, A., Evgeniev, E., Gavigan, J., Compañó, R. und Confraria, H.: Leveraging the Deep-Tech Green Transition & Digital Solutions to Transform EU Industrial Ecosystems, Europäische Kommission, Sevilla, 2023, JRC133774.

beginnend mit den vorläufigen Prioritäten Energie, Mobilität, Bauwesen und Elektronik, die je nach ermitteltem gemeinsamem Bedarf regelmäßig auf andere Bereiche ausgeweitet werden. Tabelle 1 zeigt die entsprechenden Forschungs- und Innovationsprioritäten für diese vorläufig ausgewählten Bereiche. Anhang 1 enthält einen vollständigen Überblick über die entsprechenden Forschungs- und Innovationsprioritäten, die gemeinsam mit den Mitgliedstaaten und Interessenträgern aus der Industrie entwickelt wurden. Zu den Kriterien für die Auswahl dieser und möglicher künftiger Bereiche gehören die Fähigkeit, Emissionen und Ressourcennutzung zu verringern, die Energieeffizienz zu steigern und die Recyclingfähigkeit zu verbessern, sowie ihre Relevanz für die Verringerung der Abhängigkeiten der EU, die Stärkung der Widerstandsfähigkeit und die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit. Sobald gemeinsame Prioritäten vereinbart wurden, werden die Mitgliedstaaten ermutigt, ihre Strategien unter Berücksichtigung ihrer nationalen und regionalen Ausstattung zu koordinieren und die Komplementarität mit den vereinbarten Prioritäten für die Umsetzung sicherzustellen.

Tabelle 1: Vorläufige FuI-Prioritäten für strategische Bereiche, Einzelheiten siehe Anhang

Strategischer Bereich	FuI-Prioritäten für fortgeschrittene Werkstoffe
Energie	Werkstoffe, die für die Umwandlung und Erzeugung erneuerbarer und CO ₂ -armer Energie, für die Energiespeicherung und die Steigerung der Energieeffizienz benötigt werden
Mobilität	Werkstoffe für Energiespeicherung und -nutzung, robuste, leichte Werkstoffe für Transportmittel und -anlagen, Schutz und Langlebigkeit, Kreislauftfähigkeit und Umweltleistung, Leistungsfähigkeit in anspruchsvollen Umgebungen
Bauwesen	Werkstoffe für energieeffizientere Gebäude, robustere Gebäudestrukturen und Überwachung der strukturellen Integrität, verbessertes Wohlbefinden in Gebäuden, Werkstoffe zur Verbesserung der Kreislauftfähigkeit und der Umweltleistung
Elektronik	Werkstoffe für eine verbesserte Leistung und neue Funktionen elektronischer Komponenten, Sensoren, neuartige Rechenkonzepte, Chip-Produktion, höhere Effizienz in der nächsten Generation von Kommunikationstechnologien und Leistungsfähigkeit in anspruchsvollen Umgebungen

Eine der wichtigsten Strategien ist die Ersetzung kritischer Rohstoffe und die Verringerung ihres Einsatzes, um die Materialeffizienz zu verbessern und die Abhängigkeit von kritischen Ressourcen zu verringern. Die Kommission wird sich bemühen, zu ermitteln, welche **FuI erforderlich ist, um die Ersetzung kritischer Rohstoffe** durch alternative fortgeschrittene Werkstoffe **zu fördern**. Die Ersetzungsanalyse wird in enger Zusammenarbeit mit den Arbeitsgruppen für die Umsetzung des Strategieplans für Energietechnologie (SET-Plan), die sich mit Werkstoffen befassen, durchgeführt. Sie wird auf den im Gesetz über kritische Rohstoffe ermittelten Ersetzungsbedarf abgestimmt sein und vom Rohstoffinformationssystem¹⁷ profitieren.

¹⁷ Rohstoffinformationssystem (RMIS – Raw Materials Information System) (europa.eu), <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/>.

Die Kommission und die Mitgliedstaaten werden:

- *gemeinsame Ziele und Prioritäten für FuI-Investitionen in fortgeschrittene Werkstoffe festlegen und bis Ende 2024 ein gemeinsames strategisches Konzept für fortgeschrittene Werkstoffe zur Unterstützung des ökologischen und des digitalen Wandels der EU, der Widerstandsfähigkeit und der offenen strategischen Autonomie der EU erarbeiten, das regelmäßig aktualisiert wird, um sozioökonomischen, wissenschaftlichen oder technologischen Entwicklungen Rechnung zu tragen;*
- *die prioritären Bereiche regelmäßig unter Berücksichtigung sozioökonomischer, wissenschaftlicher oder technologischer Entwicklungen oder nach der weiteren Identifizierung des gemeinschaftlichen Bedarfs an gemeinsamen Maßnahmen aktualisieren.*

Die Kommission wird:

- *den zusätzlichen FuI-Bedarf für die Ersetzung kritischer Rohstoffe durch fortgeschrittene Werkstoffe ermitteln; erste Ergebnisse werden im ersten Quartal 2025 vorgelegt.*

4. SCHNELLER ÜBERGANG VOM LABOR ZUR FERTIGUNG

Im Einklang mit den Zielen des Industriepans zum Grünen Deal, der neuen europäischen Innovationsagenda, dem Programm „Digitales Europa“ und der EU-Strategie für wirtschaftliche Sicherheit zielen die Tätigkeiten im vorliegenden Abschnitt darauf ab, die Hochskalierung und die Produktionskapazitäten fortgeschrittener Werkstoffe (vom Labor zur Fertigung) zu beschleunigen und dabei alle Entwicklungsstadien fortgeschrittener Werkstoffe zu berücksichtigen. Ziel ist es, zur Förderung der Digitalisierung beizutragen, den Zugang zu Test- und Versuchseinrichtungen zu verbessern und einen Paradigmenwechsel zu schaffen, der den gesamten Innovationsprozess und die Zeit bis zur Vermarktung von Innovationen bei fortgeschrittenen Werkstoffen verkürzt.

Ein übergeordnetes Ziel ist die Schaffung einer langfristig nachhaltigen **europäischen digitalen Infrastruktur für FuI im Bereich fortgeschrittene Werkstoffe, die „Werkstoff-Commons“**.¹⁸ Diese digitale Infrastruktur wird Forschenden und Innovatoren dabei helfen, die Konzeption, Entwicklung und Erprobung neuer fortgeschrittener Werkstoffe in einer kontrollierten Umgebung, unterstützt durch KI-Tools, erheblich zu beschleunigen. Die „Materials Commons“ müssen für alle Interessenträger, einschließlich Forschenden, Forschungseinrichtungen, Industrie und KMU, vertrauenswürdig sein und auf den FAIR-Grundsätzen¹⁹ beruhen. Sie werden der Sicherheit und der Nachhaltigkeit Rechnung tragen, indem sie den Zugang zu Daten und Instrumenten auf der Grundlage von Technologien wie künstlicher Intelligenz ermöglichen. Um die Einrichtung der „Werkstoff-Commons“ zu unterstützen, wird die Kommission gemeinsam mit den Mitgliedstaaten Anstrengungen unternehmen und die

¹⁸ Materials 2030 Roadmap,

https://www.ami2030.eu/wp-content/uploads/2022/12/2022-12-09_Materials_2030_RoadMap_VF4.pdf.

¹⁹ FAIR steht für „Findable“ (auffindbar), „Accessible“ (zugänglich), „Interoperable“ (interoperabel) und „Reusable“ (wiederverwendbar).

Möglichkeit der **Gründung eines Konsortiums für eine europäische digitale Infrastruktur** prüfen.²⁰ Sie wird auf den Erfahrungen aufbauen, die mit Forschungsinfrastrukturen und der Europäischen Cloud für offene Wissenschaft²¹ (EOSC) gesammelt wurden und effiziente Synergien mit europäischen Datenräumen wie dem Fertigungsdatenraum und EOSC, mit nationalen Strategien und Initiativen wie MaterialDigital²² und Diadem²³ sowie mit EU-finanzierten Projekten wie BIG-MAP²⁴ (zur Entwicklung einer Werkstoffbeschleunigungsplattform für Batterien) gewährleisten. Die „Werkstoff-Commons“ werden gemeinsame Werkstofftaxonomien und -ontologien sowie Dateninteroperabilität fördern und gleichzeitig sowohl die virtuelle Konzeption von Werkstoffen als auch die Digitalisierung von Herstellungsprozessen unterstützen. Um Synergien und Möglichkeiten für Spin-ins zu schaffen, sollte dieses Konsortium für eine europäische digitale Infrastruktur sektorübergreifend zugänglich sein.

Die Bestimmungen der Datenverordnung und der Verordnung über europäische Daten-Governance bilden die Grundlage für die Interoperabilität zwischen verschiedenen Plattformen wie den oben genannten. Diese Bestimmungen sollten die **Verbindung digitaler FuI-Räume mit sektorspezifischen und regulatorischen Datenräumen** ermöglichen. Die Verwirklichung einer Kreislaufwirtschaft erfordert eine optimierte Interoperabilität der Dateninfrastrukturen, um fundierte Kenntnisse über Materialströme zu fördern. Darüber hinaus ist die Verfolgbarkeit von Werkstoffen, Bauteilen und Produkten auf der Grundlage von Faktoren wie Zusammensetzung, Qualität oder Güteklassen für eine angemessene Identifizierung und Klassifizierung von wesentlicher Bedeutung. Der künftige digitale Produktpass wird zu diesem Ziel der Verfolgbarkeit beitragen.

Technologieinfrastrukturen, einschließlich offener Testumgebungen für Innovationen und digitaler Innovationszentren, spielen eine wichtige Rolle bei der Kommerzialisierung von Innovationen im Bereich fortgeschrittene Werkstoffe.²⁵ Diese Technologieinfrastrukturen bieten Einrichtungen, Ausrüstung und Fähigkeiten, mit denen Industriekräfte neue Produkte, Verfahren und Dienstleistungen erkunden können, während gleichzeitig die Einhaltung der EU-Vorschriften gewährleistet wird. Derzeit gibt es offene Testumgebungen für Innovationen, die in den Bereichen Energie, Bauwesen und Elektronik tätig sind. Der Mobilitätssektor könnte ebenfalls von offenen Testumgebungen für Innovationen profitieren, um die Recyclingfähigkeit, Langlebigkeit und Sicherheit fortgeschrittener Werkstoffe zu bewerten. Im Rahmen des Gemeinsamen Unternehmens für Chips wurden Aufforderungen zur Einreichung von Vorschlägen²⁶ für Pilotlinien für modernste Halbleitertechnologien der nächsten Generation veröffentlicht, in denen Werkstoffe als wichtiger Innovationsmotor behandelt werden. Eine Analyse ergab jedoch große regionale Unterschiede in Bezug auf die finanzielle Unterstützung, Fragmentierung, das Risiko der Doppelarbeit sowie Schwierigkeiten beim grenzüberschreitenden Zugang für Unternehmen in ganz Europa, die Zugang zu

²⁰ Beschluss (EU) 2022/2481 über die Aufstellung des Politikprogramms 2030 für die digitale Dekade.

²¹ https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-2020-2024/our-digital-future/open-science/european-open-science-cloud-eosc_en

²² <https://www.materialdigital.de/>

²³ <https://www.cnrs.fr/en/pepr/pepr-exploratoire-diademe-materiaux>

²⁴ <https://www.big-map.eu/>

²⁵ <https://op.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/0aa1e05-2082-11ee-94cb-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-289339785>

²⁶ <https://www.chips-ju.europa.eu/Pilot-lines/>

Technologieinfrastrukturen anstreben.²⁷ Um diese Probleme anzugehen, wird **ein Einzeleintrag-Katalog online veröffentlicht**, der den Unternehmen Orientierungshilfen für den Zugang zu bestehenden Technologieinfrastrukturen, die von der Kommission und den Mitgliedstaaten unterstützt werden, einschließlich der von ihnen erbrachten Dienstleistungen, bietet. Dieser Online-Katalog wird auch den Technologieindustrien und den KMU den Zugang zu Testeinrichtungen erleichtern und die Vernetzung von Technologieinfrastrukturen fördern. Zudem wird die zentrale Website Informationen über auf EU- und nationaler Ebene verfügbare finanzielle Unterstützung enthalten. Es wird eine Analyse des Bedarfs der Industrie durchgeführt, um **Lücken zu ermitteln und erforderlichenfalls neue Technologieinfrastrukturen vorzuschlagen**, die für fortgeschrittene Werkstoffe relevant sind.

Um die weitere Einführung und industrielle Übernahme der Ergebnisse von „Horizont Europa“ im Bereich fortgeschrittene Werkstoffe zu fördern, werden im Rahmen der Verbreitungs- und Nutzungstätigkeiten von „Horizont Europa“ regelmäßig **gezielte Aktivitäten der Öffentlichkeitsarbeit** organisiert, einschließlich Matchmaking-Veranstaltungen für Industrie und Wissenschaft.

Die Kommission und die Mitgliedstaaten werden:

- *bis Mitte 2025 eine langfristig nachhaltige europäische digitale Infrastruktur für FuI im Bereich fortgeschrittene Werkstoffe – die „Werkstoff-Commons“ – entwickeln, mit dem Ziel, die FuI-Prozesse für fortgeschrittene Werkstoffe zu beschleunigen.*

Die Kommission wird:

- *Innovatoren und KMU bis 2024 beim Zugang zu einschlägigen Technologieinfrastrukturen durch einen Einzeleintrag-Katalog für das Testen und die Hochskalierung innovativer fortgeschrittener Werkstoffe unterstützen, wobei der Schwerpunkt insbesondere auf den im Anhang genannten Schlüsselbereichen liegt; und gemeinsam mit Interessenträgern die Möglichkeit prüfen, neue offene Testumgebungen für Innovationen für Anwendungen fortgeschrittener Werkstoffe im Zusammenhang mit der Mobilität zu finanzieren.*

5. ERHÖHUNG DER KAPITALINVESTITIONEN UND DES ZUGANGS ZU FINANZMITTELN

Die Aufstockung der öffentlichen und privaten Mittel und Investitionen in die Forschung und die Einführung fortgeschrittener Werkstoffe ist von entscheidender Bedeutung. Die Kommission wird alle verfügbaren Instrumente prüfen, um Investitionen zu erhöhen und zu erleichtern und innovative Finanzierungsmöglichkeiten zu entwickeln, die öffentliche und private Mittel zusammenbringen.

Um die strategische Zusammenarbeit der EU mit der Industrie zu stärken, **wurde im Rahmen von „Horizont Europa“ eine neue ko-programmierte öffentlich-private Partnerschaft mit dem Namen „Innovative Werkstoffe für die EU“ vorgeschlagen.**²⁸ Diese Partnerschaft sollte die Möglichkeit bieten, privates Kapital zu mobilisieren und

²⁷ Technologieinfrastrukturen, <https://op.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/0df85f8b-7b72-11e9-9f05-01aa75ed71a1>.

²⁸ https://research-and-innovation.ec.europa.eu/news/all-research-and-innovation-news/commission-proposals-new-candidate-european-partnerships-are-now-public-2023-07-17_en

den erwarteten Beitrag der EU in Höhe von 250 Mio. EUR für den Zeitraum 2025–2027 zu verdoppeln, um den Einsatz fortgeschrittener Werkstoffe auszuweiten und zu beschleunigen.

Wichtige Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse (IPCEI) ermöglichen es den Mitgliedstaaten, bei bahnbrechenden Innovationen oder großen Infrastrukturprojekten in Schlüsselsektoren und -technologien zusammenzuarbeiten, die aus ihren nationalen Haushalten finanziert werden, um die Integrität des Binnenmarkts zu wahren und die internationalen Verpflichtungen der EU zu achten. Ein IPCEI könnte die erste industrielle Einführung neuer Technologien, nicht aber die Massenproduktion abdecken. Im Herbst 2023 hat die Kommission das Gemeinsame Europäische Forum für IPCEI (JEF-IPCEI) eingerichtet. Das Forum – eine Partnerschaft zwischen der Kommission und den Mitgliedstaaten – zielt darauf ab, die Effizienz und Wirksamkeit von IPCEI als Instrument für die industrielle Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen, indem i) potenzielle neue IPCEI mit den Zielen oder Strategien der EU wie der Industriestrategie der EU in Einklang gebracht werden und ii) der Prozess, die Geschwindigkeit, die Gestaltung und die Umsetzung von IPCEI im Einklang mit den Vorschriften über staatliche Beihilfen verbessert werden. Im Rahmen des JEF-IPCEI wird untersucht, welche Möglichkeiten IPCEI für die Entwicklung fortgeschrittener Werkstoffe bieten, um mehr Finanzmittel für die erste industrielle Einführung von **FuI**-Ergebnissen durch öffentliche und private Investitionen zu mobilisieren.²⁹

Der **Innovationsfonds**³⁰ zielt darauf ab, Lösungen zur Dekarbonisierung der europäischen Industrie auf den Markt zu bringen und ihren Übergang zur Klimaneutralität zu unterstützen, wobei für den Zeitraum 2020 bis 2030 Mittel in Höhe von 40 Mrd. EUR zur Verfügung stehen (unter der Annahme eines CO₂-Preises von 75 EUR/CO₂). Im Zusammenhang mit der Herstellung von Ausrüstung für saubere Technologien (Anlagen für erneuerbare Energien, einschließlich ihrer Anbindung an das Stromnetz, Elektrolyseure und Brennstoffzellen, Energiespeicherlösungen und Wärmepumpen) kann der Fonds die Herstellung von Werkstoffen (mit Ausnahme von durch Bergbau gewonnenen Werkstoffen) unterstützen, die erheblich zur Verringerung der Treibhausgasemissionen beitragen. Bislang wurden Projekte ausgewählt, die beispielsweise leichte Solarpaneele, innovative Dachkomponenten für Gebäude oder die Herstellung von thermoplastischem Lignin betreffen. Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem Recycling oder der Wiederverwendung kritischer Materialien, die in Ausrüstungen für saubere Technologien oder deren Komponenten verwendet werden sollen, können ebenfalls aus dem Fonds unterstützt werden, wobei im Rahmen der derzeitigen offenen Aufforderung zur Einreichung von Vorschlägen 4 Mrd. EUR für Netto-Null-Technologien bereitgestellt werden.³¹

Die **Plattform „Strategische Technologien für Europa“ (STEP)**³² wird voraussichtlich im März 2024 ihre Arbeit aufnehmen. Mit STEP sollen Investitionen in kritische Technologien in den Bereichen digitale und saubere Technologien und Biotechnologien gefördert werden. Fortgeschrittene Werkstoffe werden voraussichtlich Teil des Anwendungsbereichs sein. Investitionen werden vermutlich über bestehende

²⁹ Auf der technischen Sitzung des JEF-IPCEI am 26. Januar 2024 wurden die Mitgliedstaaten aufgefordert, potenzielle IPCEI im Bereich fortgeschrittene Werkstoffe zu prüfen.

³⁰ „What is the Innovation Fund?“ – Europäische Kommission (europa.eu), https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-funding-climate-action/innovation-fund/what-innovation-fund_en.

³¹ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/IP_23_5948

³² https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/eu-budget/strategic-technologies-europe-platform_en

Finanzierungsinstrumente wie das Programm „Horizont Europa“, den Europäischen Verteidigungsfonds, InvestEU oder den Kohäsionsfonds und die Pläne der Aufbau- und Resilienzfazilität getätig. Die ersten im Rahmen von STEP finanzierten Projekte sind für Ende 2024 zu erwarten.

Im Rahmen des **Arbeitsprogramms des Europäischen Innovationsrates (EIC)**³³ für 2024 werden weiterhin Innovationen im Bereich der Innovationen fortgeschrittener Werkstoffe mit 132 Mio. EUR im Zusammenhang mit dem ökologischen und dem digitalen Wandel unterstützt. Das Arbeitsprogramm spielt auch eine wichtige Rolle bei der Förderung des Innovationssystems der EU für fortgeschrittene Werkstoffe. Das Arbeitsprogramm 2024 umfasst die EIC-Herausforderungen, die relevante Innovationen in den Bereichen Betonproduktion, Nanomaterialien und Solar-zu-x-Technologien sowie Hochskalierungsinnovationen in den Bereichen Quantenkomponenten und erneuerbare Energiequellen betreffen. Der EIC bringt große Unternehmen mit Start-up-Unternehmen, expandierenden Jungunternehmen und Forschungsprojekten zusammen und integriert Innovationen zu fortgeschrittenen Werkstoffen direkt in ihre Geschäftsmodelle.

Das Enterprise Europe Network³⁴ erleichtert die Verbindungen zu potenziellen Finanzierungspartnern über Matchmaking-Veranstaltungen. Darüber hinaus **unterstützt es innovative KMU** weiterhin durch die Verbreitung von Informationen über einschlägige europäische/nationale Rechtsvorschriften sowie über nationale/regionale/europäische Finanzierungs- und Förderprogramme im Rahmen von Workshops und Schulungen.

InvestEU ist das Instrument der EU zur Mobilisierung privater Investitionen in vorrangigen Bereichen der EU; dadurch ist es gut geeignet, Investitionen in fortgeschrittene Werkstoffe in der EU zu fördern. Die Europäische Investitionsbank hat 2023 bereits eine InvestEU-Operation³⁵ für einen Fonds genehmigt, mit dem in Unternehmen investiert wird, die sich mit Hardware in der frühen Entwicklungsphase befassen, bei denen der Schwerpunkt auf Innovationen von fortgeschrittenen Werkstoffen liegt.

Die Kapitalmarktunion (CMU) zielt darauf ab, neue Finanzierungsquellen für Unternehmen zu erschließen und den Zugang zu Finanzmitteln zu verbessern, insbesondere für KMU, und schafft damit eine wichtige potenzielle Quelle für die Finanzierung privater Investitionen in fortgeschrittene Werkstoffe. Dies sollte innovativen Unternehmen zugutekommen, die in fortgeschrittene Werkstoffe investieren.

Mit der Initiative „**Global Gateway**“³⁶ wird eine klimaneutrale Strategie zur Beschleunigung der nachhaltigen Entwicklung festgelegt, indem in die Entwicklung sauberer und klimaresilienter Infrastrukturen investiert wird, die auf Pfade hin zu Netto-Null-Emissionen ausgerichtet sind, und gleichzeitig werden gleiche Wettbewerbsbedingungen für potenzielle Investoren geschaffen. Fortgeschrittene Werkstoffe sind für die Erreichung dieser Ziele von entscheidender Bedeutung, und Global Gateway bietet Möglichkeiten, die Einführung dieser Werkstoffe auf internationaler Ebene zu verstärken. Die Wirtschaftsberatungsgruppe für Global Gateway

³³ https://eic.ec.europa.eu/eic-2024-work-programme_en

³⁴ <https://een.ec.europa.eu/>

³⁵

<https://www.eib.org/de/products/egf/index?sortColumn=projectsSignedDate&sortDir=desc&pageNumber=0&itemPerPage=10&pageable=true&la=DE&deLa=DE&orCountries=true&orBeneficiaries=true&orWebsite=true>

³⁶ Siehe JOIN(2021) 30.

wird als Forum für einen strategischen Austausch mit Vertretern des Privatsektors dienen. Darüber hinaus wird das Thema fortgeschrittene Werkstoffe auf die Tagesordnung des bilateralen Austauschs von Global Gateway mit den Mitgliedstaaten, der Europäischen Investitionsbank und der Europäischen Bank für Wiederaufbau und Entwicklung gesetzt.

Die Kommission und die Industrie werden:

- *in einer ko-programmierten Partnerschaft im Rahmen von „Horizont Europa“ 500 Mio. EUR mobilisieren, wovon die Industrie mindestens 250 Mio. EUR beisteuern sollte, und damit ebenso viel wie der EU-Beitrag.*

Die Kommission und die Mitgliedstaaten werden:

- *eng mit dem Gemeinsamen Europäischen Forum für IPCEI hinsichtlich potenzieller IPCEI im Zusammenhang mit fortgeschrittenen Werkstoffen zusammenarbeiten.*

Die Kommission wird:

- *die Entwicklung und die Hochskalierung fortgeschrittener Werkstoffe mit Unterstützung und Investitionen des EIC fördern und das Engagement von Start-up-Unternehmen im Bereich fortgeschrittene Werkstoffe stärken;*
- *öffentliche und private Investitionen in die technologische Entwicklung und die Einführung fortgeschrittener Werkstoffe durch EU-Instrumente, insbesondere den Innovationsfonds, STEP und InvestEU stärken, lenken und Anreize dafür schaffen.*

6. FÖRDERUNG DER HERSTELLUNG UND DER VERWENDUNG FORTGESCHRITTENER WERKSTOFFE.

Die Verwendung fortgeschrittener Werkstoffe muss gefördert werden, um die Widerstandsfähigkeit und die Wettbewerbsfähigkeit der Union zu verbessern und eine Kreislaufwirtschaft, Materialeffizienz und allgemeine Nachhaltigkeitsziele zu erreichen. Um die Industrie in die Lage zu versetzen, diese neuen fortgeschrittenen Werkstoffe herzustellen, sind angemessene Normen, mit denen die Akzeptanz in der Industrie gefördert wird, und eine Vergrößerung des Pools an qualifizierten Fachkräften erforderlich. Die Nachfrage nach fortgeschrittenen Werkstoffen kann durch eine informierte Beschaffung und das Engagement regionaler Akteure gestärkt werden.

Durch die Schaffung einer stabilen öffentlichen Nachfrage und die Öffnung der Märkte kommt der **Vergabe öffentlicher Aufträge** eine entscheidende Rolle bei der Förderung der Akzeptanz fortgeschrittener Werkstoffe zu. Öffentliche Auftraggeber können eine führende Rolle bei der Innovationsförderung spielen und sollten den Mehrwert neuer Wegbereiter wie fortgeschrittener Werkstoffe für den ökologischen und den digitalen Wandel sowie die Widerstandsfähigkeit und wirtschaftliche Sicherheit der EU bewerten. So schreibt die Energieeffizienzrichtlinie³⁷ von 2023 vor, dass öffentliche Auftraggeber

³⁷ Energieeffizienzrichtlinie (EU) 2023/1791.

nur Produkte, Dienstleistungen, Gebäude und Bauleistungen erwerben sollten, die eine hohe Energieeffizienz aufweisen. Ganz allgemein erlauben die EU-Vergaberichtlinien die Vergabe von Aufträgen nicht nur auf der Grundlage des niedrigsten Preises, sondern auch anhand anderer Kriterien, die mit dem Auftragsgegenstand in Verbindung stehen, wie z. B. verbesserte Leistungsfähigkeit/Funktionen fortgeschrittener Werkstoffe.

Die Kommission hat auch das Projekt „**Big Buyers Working Together**“³⁸ ins Leben gerufen, um die Zusammenarbeit zwischen öffentlichen Auftraggebern mit starker Kaufkraft zu unterstützen und die breitere Nutzung strategischer öffentlicher Aufträge für innovative und nachhaltige Lösungen zu fördern. Der Austausch von Informationen über fortgeschrittene Werkstoffe im Rahmen von „Big Buyers Working Together“ und die Beratung öffentlicher Auftraggeber darüber, wie diese Werkstoffe sicher, nachhaltig und kreislauforientiert gestaltet werden können, können dazu beitragen, neue Märkte schneller zu erschließen und die Kosten verfügbarer Innovationen zu senken. Durch Zusammenarbeit und Bündelung ihrer Ressourcen können Städte, zentrale Beschaffungsstellen und andere große öffentliche Auftraggeber ihre Marktmacht maximieren.

Außerdem müssen die Produktion und Verwendung fortgeschrittener Werkstoffe in den europäischen Industriesektoren und im Binnenmarkt analysiert werden. Die Einrichtung eines speziellen **Überwachungsprozesses** wird dazu beitragen, führende Innovationen und Technologien zu ermitteln, Lieferketten zu analysieren und die potenziellen wirtschaftlichen Auswirkungen sowie den Beitrag dieser Werkstoffe zum ökologischen und zum digitalen Wandel, zur Widerstandsfähigkeit und zur Wettbewerbsfähigkeit der EU zu bewerten. Dadurch können die Entwicklung und Einführung fortgeschrittener Werkstoffe bestimmt, kategorisiert und gemessen werden. So werden Einblicke in die Position Europas in der globalen Landschaft fortgeschrittener Werkstoffe geboten und ein fundierter Vergleich mit wichtigen globalen Akteuren wie den USA und China ermöglicht. Ein solcher Überwachungsprozess sollte in Abstimmung mit der vorgeschlagenen neuen öffentlich-privaten ko-programmierten Partnerschaft „Innovative Werkstoffe für die EU“ im Rahmen von „Horizont Europa“ durchgeführt werden.

Normen bieten eine Grundlage für die Integration von Technologien in komplexe, innovative Systeme und Lösungen. Normen ermöglichen die Interoperabilität zwischen Komponenten, Produkten und Dienstleistungen, verringern die Anbieterabhängigkeit durch Lock-in-Effekte und bieten den Kunden weltweit mehr Auswahl. Die Empfehlung der Kommission über einen Verhaltenskodex im Bereich Normung³⁹ ist von entscheidender Bedeutung für eine engere Verbindung zwischen Forschung, Innovation und Normung. Im Rahmen des Pilotprojekts „Standardisation Booster“⁴⁰ (Stärkung für Normung) werden Dienstleistungen für Projekte im Rahmen von „Horizont Europa“ angeboten, um die Einführung neuer Technologien aufgrund von Normungstätigkeiten zu erhöhen. Um die Annahme von EU-Normen und internationalen Normen für fortgeschrittene Werkstoffe zu fördern, wird die Kommission mit international anerkannten Normierungsgremien wie dem CEN, dem CENELEC, dem ETSI und der ISO zusammenarbeiten, unter anderem über die vorgeschlagene neue ko-programmierte Partnerschaft „Innovative Werkstoffe für die EU“ im Rahmen von „Horizont Europa“.

³⁸ <https://public-buyers-community.ec.europa.eu/about/big-buyers-working-together>

³⁹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32023H0498&qid=1678171117168>

⁴⁰ <https://www.hsbooster.eu/>

Ziel ist es, bestehende Normen systematisch zu ermitteln, Lücken und daraus resultierende Prioritäten zu identifizieren und Normungsaufträge auf der Grundlage der Analyse zu erteilen.

Es ist wichtig, sicherzustellen, dass Innovationen im Bereich fortgeschrittene Werkstoffe den geltenden Vorschriften entsprechen und ihren Zweck erfüllen, weshalb harmonisierte **Methoden und Bewertungsinstrumente für die Charakterisierung und Prüfung** fortgeschrittener Werkstoffe eingeführt werden müssen. Wichtig ist auch, dass diese harmonisierten Methoden und Bewertungsinstrumente regulatorische Akzeptanz erlangt haben. Bei der Entwicklung eines Produkts ist es von entscheidender Bedeutung, dass die Hersteller sich auch – so früh wie möglich – der **rechtlichen Anforderungen** bewusst sind, die für sie gelten, z. B. Anforderungen an den Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt sowie die Recyclingfähigkeit. Eine große Herausforderung in diesem Bereich besteht darin, dass fortgeschrittene Werkstoffe einzigartige Eigenschaften aufweisen können, die im Rahmen bestehender toxikologischer oder ökologischer Studien möglicherweise nicht gut erforscht sind. Aus diesem Grund ist es auch wichtig, dass die Regulierungsbehörden über die neuesten Innovationen informiert sind und diese verstehen. So werden beispielsweise bei den künftigen Nachhaltigkeitsanforderungen im Rahmen der Ökodesign-Verordnung für nachhaltige Produkte Innovationen zu fortgeschrittenen Werkstoffen in Betracht gezogen, und die Einführung dieser Innovationen wird unterstützt. Damit diese Einführung erfolgreich ist, müssen geeignete Instrumente und Methoden zur Beschreibung und zum Austausch einschlägiger Informationen vorhanden sein.

Im Einklang mit der Mitteilung der Kommission „Das Innovationspotenzial der EU optimal nutzen“⁴¹ ist es wichtig, die ermittelten Herausforderungen im Bereich **Patente** und ganz allgemein des Schutzes der **Rechte des geistigen Eigentums** zu analysieren, insbesondere für den Sektor der fortgeschrittenen Werkstoffe, da eine neue Studie über industrielle FuI-Investitionen⁴² zeigt, dass die EU in diesem Bereich an Boden verliert. Daher ist es von wesentlicher Bedeutung, die Entwickler fortgeschrittener Werkstoffe dazu anzuhalten, die Leitlinien für die Wissensverwertung bestmöglich zu nutzen. Um einen besseren Einblick in die Gründe für die Schwächen der EU bei der Patentierung zu gewinnen, wird die Kommission eine **Analyse der Patentlandschaft und des Bedarfs der Industrie** durchführen. Im Rahmen dieser Analyse wird auch untersucht, ob ein Vermittler benötigt wird, um verstreute Patentrechte in diesem Bereich zu zentralisieren und zu verwalten.

In den Bereichen innovative Methoden und Instrumente sowie Konzeption und Entwicklung neuer Werkstoffe werden neue **Kompetenzen** benötigt. Einschlägige Kompetenzen werden insbesondere in den Bereichen Materialwissenschaft, Chemie, Ingenieurwesen und Informationstechnologien benötigt. Auch an multidisziplinären Kompetenzen besteht Bedarf. Diese Kompetenzen müssen ermittelt und in den nationalen Systemen der allgemeinen und beruflichen Bildung berücksichtigt werden. Dazu gehören beispielsweise die Entwicklung und Förderung entsprechender Lehrpläne und beruflicher Aus- und Weiterbildungsprogramme für die künftigen und die derzeitigen Arbeitskräfte. Es sollten insbesondere Anstrengungen dazu unternommen

⁴¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX:52020DC0760>

⁴² Industrial R&D&I investments and market analysis in advanced materials: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/document/8f77caee-3a2c-4ef9-8ca2-65fd6c900581_en.

werden, die Talente von Frauen zu nutzen, indem ihre Unterrepräsentation in den MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) angegangen wird. In gleicher Weise gilt dies auch für Menschen mit Behinderungen. Der Kompetenzpakt spielt eine zentrale Rolle bei der Vorbereitung der Arbeitnehmer auf die Arbeitsplätze von Morgen, auch in Branchen, in denen fortgeschrittene Werkstoffe verwendet werden, indem er öffentliche und private Organisationen zusammenbringt, um Menschen hinsichtlich der nachgefragten Kompetenzen weiterzubilden und umzuschulen.

2024 wird eine Ausschreibung zwischen den verschiedenen Gemeinschaften des Europäischen Innovations- und Technologieinstituts (EIT) für die Einrichtung einer **Akademie für fortgeschrittene Werkstoffe** veröffentlicht, die insgesamt eine Startfinanzierung in Höhe von 10 Mio. EUR erhält. Die vorgeschlagene Maßnahme ist eine Reaktion auf die Leitinitiative Nr. 4 der neuen europäischen Innovationsagenda⁴³ zu Talenten in technologieintensiven Bereichen und folgt den Mustern der Netto-Null-Industrie-Akademien. Die Akademie wird Lehrpläne entwickeln, die die nächste Generation von Materialwissenschaftlern mit den neuen erforderlichen Kompetenzen ausstatten wird, und wird die Anbieter von allgemeiner und beruflicher Bildung unterstützen und Zertifikate zur freiwilligen Nutzung durch die Mitgliedstaaten entwickeln. Sie wird mit Zentren der beruflichen Exzellenz zusammenarbeiten, um hochwertige Kompetenzen zu vermitteln, die zu Beschäftigungsmöglichkeiten und Karrierechancen führen, sowie mit den Mitgliedstaaten und der Europäischen Hochschulallianz, um die Aufnahme neuer Lehrpläne in die nationalen Bildungssysteme zu erleichtern.

Die Kommission wird:

- *die für die Verwaltung der „großen Käufer“ zuständigen Verwaltungsbehörden im Rahmen der regionalen Finanzierung und die Akteure im Global Gateway mobilisieren, um die Innovationsmärkte für fortgeschrittene Werkstoffe durch die öffentliche Nachfrage zu beleben;*
- *auf der Grundlage einer Ausschreibung im Jahr 2024 gemeinsam mit dem Europäischen Innovations- und Technologieinstitut eine Akademie für fortgeschrittene Werkstoffe ins Leben rufen, um die Entwicklung von Lehrplänen und Qualifikationen für Kompetenzen in diesem Sektor zu beschleunigen;*
- *im Jahr 2024 in Zusammenarbeit mit dem CEN, dem CENELEC, dem ETSI und der ISO die Entwicklung und Festlegung von Normen für fortgeschrittene Werkstoffe für die im Anhang aufgeführten Bereiche und bereichsübergreifenden Merkmale verbessern;*
- *bis 2025 Studien zur Durchführung einer eingehenden Analyse der Herstellung und der Verwendung fortgeschrittener Werkstoffe sowie der Patentlandschaft durchführen.*

⁴³ https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/support-policy-making/shaping-eu-research-and-innovation-policy/new-european-innovation-agenda_en

7. ALLGEMEINER GOVERNANCE-RAHMEN

Fortgeschrittene Werkstoffe werden in vielen verschiedenen Anwendungen und in unterschiedlichen Wissenschafts- und Industriesektoren konzipiert, entwickelt und verwendet. Ein koordinierter Ansatz, an dem die verschiedenen Akteure in Europa beteiligt sind, – seien es Wissenschaftler, Industriekräfte, Geldgeber oder politische Entscheidungsträger – erfordert ein gemeinsames Referenzgremium. Ebenso erfordert die Umsetzung der in dieser Mitteilung aufgeführten Maßnahmen eine strategische Steuerung durch die Mitgliedstaaten und die Akteure der Industrie auf allen Ebenen, um die Einzelheiten der Maßnahmen erfolgreich zu vereinbaren und ihre Umsetzung zu überwachen.

Die Kommission wird daher einen **Technologierat für fortgeschrittene Werkstoffe** einrichten.⁴⁴ In diesem Rat werden die Mitgliedstaaten (Ministerien für Forschung und Branchen-/Industriepolitik), Interessenträger aus Forschung und Industrie sowie die Europäischen Kommission vertreten sein. Er wird Beratung für das europäische Ökosystem fortgeschrittene Werkstoffe bereitstellen, die Ermittlung gemeinsamer Ziele und prioritärer Bereiche für koordinierte Maßnahmen im Bereich fortgeschrittener Werkstoffe unterstützen und auf die in dieser Mitteilung angekündigte erste Maßnahme eingehen, wobei alle einschlägigen Tätigkeiten zu fortgeschrittenen Werkstoffen in der EU berücksichtigt werden. Er wird auch eine angemessene Beteiligung der mit „Horizont Europa“ assoziierten Länder und gegebenenfalls anderer Drittländer, mit denen die EU Abkommen über eine strategische Partnerschaft geschlossen hat, sicherstellen. Der Technologierat wird die Sozialpartner einbeziehen und Wissen aus den einschlägigen Industriallianzen, dem Europäischen Industrieforum, den Gruppen des Strategieplans für Energietechnologie (SET-Plan) und den einschlägigen Partnerschaften im Rahmen von „Horizont Europa“ integrieren.

Darüber hinaus wird der Technologierat für fortgeschrittene Werkstoffe Synergien mit regionalen Innovationstälern erörtern und aufbauen, die auf die Entwicklung und Einführung ausgereifter Innovationen abzielen, ebenso wie Synergien mit Strategien für intelligente Spezialisierung (S3) im Rahmen des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung und den thematischen Partnerschaften der „S3 Community of Practice“, in denen die Regionen ihre Wettbewerbsvorteile, ihre einzigartigen Stärken und ihre Fähigkeiten zur Stärkung ihrer Kapazitäten für hochwertige Forschung und Innovation ermitteln.⁴⁵

Der Technologierat wird auch internationale Partnerschaften erörtern, indem er durch Dialog und Zusammenarbeit mit Partnerländern Exzellenz und eine weltweite Führungsrolle im Bereich fortgeschrittene Werkstoffe fördert. Die EU hat

⁴⁴ Zu diesem Zweck wird die Kommission gemäß dem Beschluss C(2016) 3301 final der Kommission vom 13. Mai 2016 eine Expertengruppe einsetzen.

⁴⁵ Der Bereich fortgeschrittene Werkstoffe wurde von mehreren Mitgliedstaaten und Regionen als S3-Priorität für den Zeitraum 2021–2027 eingestuft. So hat Griechenland beispielsweise eine thematische Priorität „Werkstoffe, Bauwesen und Industrie“ und Österreich einen Schwerpunkt auf „Werkstoffe und intelligente Produktion“ festgelegt. Auf regionaler Ebene sind fortgeschrittene Werkstoffe S3-Prioritäten, z. B. in den Westlichen Niederlanden (NL), in der Provinz Skåne (SE) und in Bukarest (RO). Aus diesen Prioritäten ergeben sich spezifische Projekte: Lettland hat ein Projekt für intelligente Werkstoffe, Photonik, Technologien und Engineering-Ökosystem ins Leben gerufen, und in Slowenien gibt es das Projekt MATPRO, dessen Schwerpunkt auf Werkstoffen und ihrer Produktion liegt, um Wertschöpfungsketten und Netzwerke für gemeinsame Entwicklungen in diesem Bereich zu schaffen.

Assoziierungsabkommen sowie Kooperationsabkommen in den Bereichen Wissenschaft und Technologie mit Ländern geschlossen, die über umfangreiches Fachwissen in diesen Bereichen verfügen. Es kann eine weitere Zusammenarbeit mit anderen Ländern in ausgewählten Bereichen angestrebt werden. Wie in der Mitteilung „Der globale Ansatz für Forschung und Innovation“⁴⁶ dargelegt, werden diese Vereinbarungen auf gegenseitiger Offenheit, der Wahrung von Grundwerten und gleichen Wettbewerbsbedingungen beruhen, insbesondere im Rahmen von „Horizont Europa“ und dessen Nachfolger während der gesamten FuI-Zyklen. Fortgeschrittene Werkstoffe werden auch im Anhang der Empfehlung der Kommission zu Technologiebereichen, die für die wirtschaftliche Sicherheit der EU von entscheidender Bedeutung sind, zwecks weiterer Risikobewertung behandelt. Im Einklang mit der Strategie für wirtschaftliche Sicherheit können die ergriffenen Maßnahmen dem Bedarf an Stärkung, Schutz und Zusammenarbeit gerecht werden.

Der Technologierat wird alle verfügbaren Erkenntnisse berücksichtigen, einschließlich der Ergebnisse der Analyse zur Überwachung der Produktion und der Verwendung fortgeschrittener Werkstoffe. Ferner wird er prüfen, ob die Kommission oder die Mitgliedstaaten Reallabore⁴⁷ einrichten können, die den Weg für eine Vereinfachung des Genehmigungs-/Zertifizierungsverfahrens für das Inverkehrbringen fortgeschrittener Werkstoffe ebnen können.

Die Kommission wird:

- *im Jahr 2024 den Technologierat für fortgeschrittene Werkstoffe einrichten, der gemeinsam mit den Mitgliedstaaten, mit Ländern, die mit „Horizont Europa“ assoziiert sind, und mit der Industrie bei der Steuerung dieser Initiative beratend zur Seite stehen soll.*

8. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Fortgeschrittene Werkstoffe sind für den Wohlstand und die offene strategische Autonomie Europas sowie für den ökologischen und den digitalen Wandel von entscheidender Bedeutung. Die EU hat zwar in der Materialwissenschaft nach wie vor eine starke Position inne, aber andere wichtige Akteure erhöhen ihre Investitionen in diesem Bereich strategisch und sind gut aufgestellt, um Technologien auf der Grundlage fortgeschrittener Werkstoffe in großem Maßstab und mit großer Geschwindigkeit einzuführen.

Diese Mitteilung geht das Thema des EU-Ökosystems für fortgeschrittene Werkstoffe systematisch an, und zwar durch eine Kombination von 14 sich gegenseitig verstärkenden Maßnahmen, verbunden mit einer konzertierten Strategie auf Ebene der EU, der Mitgliedstaaten und der Industrie. Die vorgeschlagenen Maßnahmen betreffen die gesamte Wertschöpfung, angefangen bei der Forschung in frühen Phasen bis hin zur Umsetzung und Markteinführung. Um fortgeschrittene Werkstoffe in Europa zu konzipieren, zu entwickeln, zu produzieren und zu verwenden, wird in der Strategie ein dynamisches und inklusives Werkstoffökosystem vorgeschlagen, an dem die Mitgliedstaaten, Forschende, Innovatoren und die Industrie beteiligt sind.

⁴⁶ Der globale Ansatz für Forschung und Innovation, COM(2021) 252 final.

⁴⁷ Wie in der Netto-Null-Industrie-Verordnung und in der neuen europäischen Innovationsagenda vorgesehen.

Zusammen genommen werden diese Maßnahmen den Weg für Folgendes ebnen:

- a) ein besser koordiniertes und reaktionsfähigeres europäisches Ökosystem für fortgeschrittene Werkstoffe, das öffentliche und private Investitionen in strategischen Bereichen mobilisiert,
- b) neue wirtschaftliche Möglichkeiten für EU-Unternehmen, die sich auf diese kritischen Technologien stützen oder bereit sind, sie im Rahmen ihres Innovationsprozesses zu testen, und
- c) eine umfassendere und schnellere Einführung fortgeschrittener Werkstoffe als Marktkatalysatoren für den ökologischen und den digitalen Wandel, wodurch die Widerstandsfähigkeit und die offene strategische Autonomie der EU gestärkt werden.

ANHANG

Dieser Anhang enthält eine vorläufige Liste der Forschungs- und Innovationsprioritäten, die in Konsultation mit den Mitgliedstaaten als besonders relevant für gemeinsame Maßnahmen im Bereich fortgeschrittene Werkstoffe für einen erfolgreichen ökologischen und digitalen Wandel in Europa ermittelt wurden: Energie, Mobilität, Bauwesen und Elektronik. Diese Liste der prioritären Bereiche wird regelmäßig unter Berücksichtigung sozioökonomischer, wissenschaftlicher oder technologischer Entwicklungen oder nach der weiteren Identifizierung des gemeinschaftlichen Bedarfs an gemeinsamen Maßnahmen aktualisiert.

Tatsächlich ermöglichen es die inhärenten Eigenschaften fortgeschrittener Werkstoffe, Innovationen voranzutreiben, die durch die folgenden „R-Prinzipien“ gekennzeichnet sind: Rethink, Reduce, Reuse, Repair, Refurbish, Remanufacture, Repurpose, Recycle, Renew und Recover (überdenken, verringern, wiederverwenden, reparieren, aufbereiten, wiederaufbereiten, umfunktionieren, recyceln, erneuern und wiederverwerten). Im Einklang mit den politischen Prioritäten sollten diese Prioritäten dazu beitragen, dem in dieser Mitteilung aufgezeigten Bedarf seitens der Industrie und der Gesellschaft gerecht zu werden.

I. Energie

Der Bedarf für diesen Bereich ist in vier Kategorien zu ermitteln: Energieumwandlung/-erzeugung, Energiespeicherung, Verteilungs- und Übertragungsnetz und erneuerbare Brenn-/Kraftstoffe.

- a) **Umwandlung und Erzeugung erneuerbarer und CO₂-armer Energie:** Dies kann fortgeschrittene Werkstoffe zur Verbesserung der Langlebigkeit von Vorrichtungen zur Umwandlung erneuerbarer Energiequellen, Katalysatoren, Beschichtungen und Undurchlässigkeit, Verbesserung ökologischer Betriebsbedingungen (z. B. Korrosionsbeständigkeit), Verbesserung der Umwandlungseffizienz bei verschiedenen erneuerbaren Energiequellen (z. B. Photovoltaikpaneele, Windkraftanlagen oder Wärmepumpen) umfassen.
- b) **Energiespeichersysteme:** Dies kann fortgeschrittene kreislauforientierte oder nachhaltigere Werkstoffe für Energiespeichertechnologien wie elektrochemische Technologien (z. B. Batterien und Superkondensatoren), thermische und thermochemische Technologien (z. B. Latentwärmespeicher) oder chemische Technologien umfassen.
- c) **Energieverteilung und das Übertragungsnetz:** Dies kann fortgeschrittene Werkstoffe zur Steigerung der Effizienz, Kapazität, Zuverlässigkeit und Langlebigkeit des Energieverteilungs- und -übertragungsnetzes betreffen (z. B. leistungsstarke Beschichtungen, die Infrastrukturen vor Korrosion, Reibung und Vereisung schützen, oder andere Lösungen mit alternativen Werkstoffen).
- d) **Erneuerbare Brenn-/Kraftstoffe:** Dies kann fortgeschrittene Werkstoffe zur Herstellung nachhaltiger Brenn-/Kraftstoffe umfassen, wie erneuerbare Brenn-/Kraftstoffe nicht biogenen Ursprungs und synthetisierte Brenn-/Kraftstoffe zur Verringerung des ökologischen Fußabdrucks. Eine der größten Herausforderungen besteht darin, Katalysatoren zu entwickeln, die hinreichend aktiv, stabil und kostengünstig sind, um erneuerbare Brenn-/Kraftstoffe oder Chemikalien in großen Mengen und zu geringen Kosten herzustellen.

II. Mobilität

Der Bedarf für diesen Bereich ist in vier Kategorien zu ermitteln: Energiespeicherbedarf für Verkehrsträger, leichtere und robustere Verkehrsmittel und Infrastrukturen sowie eine größere Kreislauffähigkeit und verbesserte Umweltleistung.

a) Energiespeicherung und alternative Kraftstoffe für verschiedene Verkehrsmittel, zum Beispiel:

- **fortgeschrittene Akkus (z. B. Feststoffakkus)**, die durch eine höhere Effizienz, einen kleineren ökologischen Fußabdruck bei der Herstellung, eine geringere Verwendung und nachhaltige Ersetzung kritischer Rohstoffe, ein verbessertes Sicherheitsprofil, eine bessere Haltbarkeit, Leistung, eine höhere Energiedichte und eine größere Recyclingfähigkeit gekennzeichnet sind;
- **Brennstoffzellensysteme** für Wasserstoff, Ammoniak und/oder Methanol mit deutlich höherer Effizienz und mit Schwerpunkt auf Lösungen für die Abwärmerückgewinnung; Elektrolyseure; Katalysatoren.

b) Fortgeschrittene Hochleistungswerkstoffe für leichte, äußerst zuverlässige und langlebige Verkehrsanwendungen, die für die Nutzung in anspruchsvollen Umgebungen geeignet sind, zum Beispiel:

- **fortgeschrittene – leichtere – Werkstoffe**, die einen geringeren Energieverbrauch mit erhöhter Sicherheit (z. B. für Fahrzeuginsassen sowie für Fußgänger, Radfahrer und andere Nutzer) verbinden;
- **fortgeschrittene Verbundwerkstoffe und -strukturen** für Fahrzeuge, Aerostrukturen und Motorbauteile, einschließlich Hochleistungsthermoplaste, adaptive Systeme, multifunktionelle Anforderungen (z. B. Löten oder Prozesse zur zuverlässigen Verbindung verschiedener Werkstoffe).

c) Verbesserter Schutz, verbesserte Widerstandsfähigkeit und Langlebigkeit für Verkehrsmittel und Infrastrukturen, zum Beispiel:

- **Beschichtungen, Lacke und Farben**, die die Langlebigkeit erhöhen und den Kraftstoffverbrauch verringern – relevant für Luft- und Raumfahrt-, Schifffahrt- und Kfz-Anwendungen sowie Straßenmarkierungen;
- **hybride Fertigungsprozesse** (z. B. Kombination von auf Extrusion basierenden additiven Technologien und AFP-Verfahren (Automated Fiber Placement)), Verbindungstechniken, Oberflächenbehandlungen und automatisierte Qualitätsinspektion/-kontrolle für große primäre Aerostrukturen und Motorbauteile.

d) Erhöhte Kreislauffähigkeit und verbesserte Umweltleistung von Werkstoffen, zum Beispiel:

- bessere Werkstoffe für eine **sichere und nachhaltige Verwendung** (z. B. recycelbare und/oder biologisch abbaubare Verbundwerkstoffe, Akkus und Elektronikanwendungen bei allen Verkehrsträgern);
- neue Werkstoffe, die den **ökologischen Fußabdruck weiter verkleinern und die Widerstandsfähigkeit der Verkehrsinfrastruktur erhöhen** (z. B. geringere Auswirkungen über den gesamten Lebenszyklus, kreislauforientierte Nutzung, langlebige/widerstandsfähigere Werkstoffe für Straßen/Bahnschienen, geringere Auswirkungen auf die

biologische Vielfalt, Reifen und Bremsen mit geringen Feinstaubemissionen);

- **kosteneffiziente Wartung und Reparatur** von fortgeschrittenen Verbundwerkstoffen, Superlegierungen, Beschichtungen, hybride und adaptive Strukturen für Verkehrsanwendungen.

III. Bauwesen

Der Bedarf in diesem Abschnitt ist in vier Kategorien zu ermitteln: verbesserte Energieeffizienz von Gebäuden, robustere und langlebigere Gebäude, mehr Wohlbefinden in Gebäuden sowie Werkstoffe für eine bessere Kreislauffähigkeit und Umweltleistung.

- Verbesserte Energieeffizienz von Gebäuden**, zum Beispiel: Verbundschäume, Wärmedämm- und -speicherstoffe, integrierte Energiesysteme.
- Robustere und langlebigere Gebäudestrukturen und bessere Überwachung der strukturellen Integrität**, zum Beispiel: Verbundwerkstoffe, einschließlich graphenverstärkter Beton, leichte Werkstoffe, neue Werkstoffe für 3D-Druck und additive Fertigung, Werkstoffe für Vorfertigung und modulare Konstruktion sowie selbstüberwachende, selbstheilende und selbstschützende Werkstoffe.
- Mehr Wohlbefinden in Gebäuden**, zum Beispiel: Werkstoffe für mehr Komfort, Lärmreduktion, Werkstoffe für Beleuchtung, dynamisch optisch transparente und Verglasungstechnik, transparente oxidbasierte Elektronik, elektrochrome, thermochrome, gasochrome, photochrome Werkstoffe sowie schmutzabweisende, eisemmende, rutschhemmende, korrosionsschützende oder superhydrophobe Behandlungen.
- Werkstoffe für verbesserte Kreislauffähigkeit und Umweltleistung**, zum Beispiel: neuartige biobasierte Beschichtungen, Farbformulierungen, holzbasierte Isolierung, Klebstoffe und Verbundwerkstoffe in Gebäuden sowie Werkstoffe mit verringertem Treibhauspotenzial im Zusammenhang mit Gebäuden und deren Rückbau.

IV. Elektronik

Der Bedarf in diesem Abschnitt ist mit Schwerpunkt auf Chips und elektronische Komponenten und Systeme zu ermitteln und fällt unter die folgenden beiden Kategorien:

- Fortgeschrittene Werkstoffe für eine bessere Leistung, einschließlich spezifischer Eigenschaften für die Leistung in anspruchsvollen Umgebungen, geringeren Energieverbrauch und neue Funktionen elektronischer Komponenten** (für Anwendungen in verschiedenen Bereichen). Diese fortgeschrittenen Werkstoffe sollten auch Folgendes umfassen: Sensoren, neuartige Rechen- und Speicherkonzepte, Leistungselektronik, Kommunikation (einschließlich Signalübertragung und Thermomanagement für die nächsten Generationen von 5G- und 6G-Netzen und darüber hinaus), flexible Elektronik, Optoelektronik, Photonik und Quantenkomponenten.
- Fortgeschrittene Werkstoffe für Produktions- und Verpackungstechnologien für neue Chips**, einschließlich über Silizium hinausgehende Wafer und Substrate für verbesserte Effizienz (für Anwendungen in verschiedenen Bereichen wie Energie, Strom und Kommunikation), verbesserte Langlebigkeit, Nachhaltigkeit und Kreislauffähigkeit und verringerte Abhängigkeit von kritischen Rohstoffen.

BEREICHSÜBERGREIFENDE MERKMALE

Die **Digitalisierung** von FuI im Bereich fortgeschrittene Werkstoffe (mit Dateninfrastrukturen, digitalen Modellierungsinstrumenten, allgemeiner Datenanalyse/allgemeinen Datenontologien und künstlicher Intelligenz) hat das Potenzial, die Entdeckung neuer innovativer Werkstoffe zu beschleunigen, indem sie die Analyse großer Datensätze und die Interpretation von Daten aus verschiedenen Charakterisierungstechniken ermöglicht, die Modellierung verbessert und Vorschläge für die Zusammensetzung oder Struktur neuer Werkstoffe bietet. All dies wird dazu beitragen, die Wettbewerbsfähigkeit Europas zu stärken.

Gleichzeitig wird die Umsetzung des **Konzepts „inhärent sicher und nachhaltig“** im Mittelpunkt des Prozesses des Werkstoffwandels stehen. Dies ist ein Paradigmenwechsel hin zu fortgeschrittenen Werkstoffen, die zu Sicherheit und Nachhaltigkeit beitragen und gleichzeitig billiger sind und in allen Umgebungen bessere Leistungen zeigen. Dazu gehören auch Bemühungen, Stoffe, die für die menschliche Gesundheit und die Umwelt gefährlich sind, zu ersetzen oder so weit wie möglich zu reduzieren. Die Kreislauffähigkeit ist ebenfalls von entscheidender Bedeutung und stellt eine besondere Herausforderung für komplexe Werkstoffgemische dar; es muss sichergestellt werden, dass fortgeschrittene Werkstoffe am Ende ihrer Verwendung zu fortgeschrittenen Sekundärwerkstoffen verarbeitet werden können, wodurch sowohl der Druck auf die Lieferketten als auch der allgemeine ökologische Fußabdruck der Werkstoffe verringert werden.

Weitere bereichsübergreifende Elemente, die in den prioritären Bereichen berücksichtigt werden sollten, sind Charakterisierung, Instrumentierung, Messtechnik und Fertigung.