



Unsere forschungspolitischen  
Empfehlungen zur **»Zukunftsstrategie  
Forschung und Innovation«**

---

**Mission 1: Ressourceneffiziente und auf kreislauffähiges  
Wirtschaften ausgelegte wettbewerbsfähige Industrie und  
nachhaltige Mobilität ermöglichen**

# Im Überblick

## Die Ausgangslage

Der Innovationsstandort Deutschland befindet sich mitten in einer Zeit historischer Herausforderungen: die Klimakrise, geopolitische Machtverschiebungen, internationale Systemwettbewerbe und die Digitalisierung. In diesen Zeiten muss Deutschland seine Innovationsfähigkeit sichern, die richtigen Weichen für resiliente Wertschöpfungsketten stellen und sich als Forschungs- und Wirtschaftsstandort neu erfinden. Dies gelingt nur als gemeinsame Kraftanstrengung, wenn Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft an einem Strang ziehen.

Die Bundesregierung hat mit der Zukunftsstrategie Forschung und Innovation ein übergreifendes forschungs- und innovationspolitisches Konzept für den Hightechstandort Deutschland vorgelegt. Die Fraunhofer-Gesellschaft begrüßt die Zukunftsstrategie und die Vielzahl an richtigen Zielen in ihr. Diese sind wichtig für Deutschlands Wettbewerbsfähigkeit – zugleich decken sich die Impact-Ziele und Strategischen Forschungsfelder mit ihnen, welche die Fraunhofer-Gesellschaft in den vergangenen Jahren definiert hat. Die Zukunftsstrategie priorisiert die Ziele, die Transformation in Richtung Nachhaltigkeit voranzutreiben, die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit sicherzustellen und über technologische Souveränität selbstbestimmt die Zukunft gestalten zu können.

## Unser Blick auf die Mission 1

Zentrale Herausforderungen unserer Zeit wie der Klimawandel und die Ressourcenverknappung können nur durch eine gesamtgesellschaftliche Transformation hin zu einer nachhaltigen Wirtschafts- und Lebensweise bei gleichzeitiger Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen bewältigt werden. Hierzu liefern angewandte Forschung und Innovation zentrale Lösungsansätze.

Eine nachhaltige Transformation, die mit einer Steigerung der Resilienz einhergehen soll, benötigt innovative Technologien. Besondere Bedeutung kommt den Schlüsselthemen Kreislaufwirtschaft, Ressourceneffizienz und Defossilisierung zu. Essenzielle Beiträge leisten hierbei gleichermaßen die Bioökonomie sowie Materialwissenschaften, Werkstofftechnik und Produktionstechnik im Zusammenspiel mit weiteren Wissenschaftsdisziplinen – wie der zu nennenden Biointelligenz, welche der zunehmenden Verschmelzung von Biologie, (Produktions-) Technik und Informationstechnologie Rechnung trägt.

Mit der Mission 1 der Zukunftsstrategie Forschung und Innovation hat die Bundesregierung wichtige Handlungsfelder fokussiert und Ziele hin zu einem zukunftsfesten, kreislauf-fähigen und nachhaltigen Wirtschaftssystem aufgezeigt. Die Fraunhofer-Gesellschaft befürwortet diese technologieoffene Herangehensweise.



## Unsere wichtigsten Empfehlungen im Fokus

- Finanzielle Förderung zur Realisierung der **»R-Strategien«** über den gesamten Produktlebenszyklus
- Explizite Berücksichtigung von **Potenzialanalysen** zu Verfügbarkeiten von Rohstoffen in Förderprogrammen
- Kooperationen zwischen Politik, Wissenschaft und Wirtschaft zur Etablierung der **Digitalisierung von Materialien** als Kernbaustein im nationalen Innovationsprozess
- Politische Initiativen für die beschleunigte Einführung eines **digitalen Produktpasses**
- Aufbau von Testräumen für zirkuläre Innovationen durch die zeitnahe **Realisierung des Reallaborgesetzes**
- Verlässliche Systemforschungsförderung von **CIRCONOMY®** Hubs als neue Innovations- und Kooperationsökosysteme
- Anpassung der politischen Rahmenbedingungen zur Förderung von **spezifisch angepassten Infrastrukturen** (z. B. industrielle Demonstratoren) für die Zusammenarbeit von Forschung und Wirtschaft
- Innovationsfördernde Bedingungen zur **Kopplung der regulatorischen Rahmensetzung an Nachhaltigkeitsbewertungen**
- Kontinuierliche Abstimmung zwischen Forschung und Wirtschaft zur Weiterentwicklung von **Qualitäts- und Sicherheitsstandards** im Sinne einer nachhaltigen Wirtschaft

# Unsere forschungspolitischen Empfehlungen

## » Im Fokus: Verringerung von Rohstoffabhängigkeiten, gezielte Substitutionsforschung

Die aktuelle geopolitische Situation verdeutlicht, dass bisherige Lieferketten, Verfügbarkeiten und Nutzungspfade von Rohstoffen und deren Zwischenprodukten überdacht und neu ausgerichtet werden müssen. Angesichts wachsender Materialverbräuche gilt dies sowohl für mineralische als auch für biogene Rohstoffe. Handlungsspielräume über Materialeffizienz und -rückgewinnung hinaus werden durch die konsequente Integration einer zirkulären Wirtschaft (»R-Strategien«) in den gesamten Produktlebenszyklus gewonnen.

Viele Wirtschaftszweige sind auf Kohlenstoff als Rohstoff angewiesen. Um jedoch den Eintrag von fossilem Kohlenstoff zu reduzieren, müssen vermehrt Alternativen erschlossen und mittels geeigneter Technologien eine weitestgehende Kreislaufführung erreicht werden. Sowohl für Kohlenstoff als auch für weitere kritische Rohstoffe sollte zudem die (Wieder-)Verwertung von Reststoffen stärker durch politische Rahmensetzungen und geeignete Fördermaßnahmen unterstützt werden.

Vor diesem Hintergrund braucht es in Forschungsprogrammen die explizite und ausreichend finanziell ausgestattete Berücksichtigung von:

- **Potenzialanalysen** zu Verfügbarkeiten und Umweltwirkungen von Nutzungspfaden und Kreisläufen der Rohstoffe
- **»R-Strategien«** zur konsequenten Weiterentwicklung einer Kreislaufwirtschaft im gesamten Lebenszyklus und deren Verankerung als Leitprinzip
- Maßnahmen zur **Feststellung** der durch Recyclingprozesse eingebrachten **Verunreinigungen in Sekundärmaterialien** für die Untersuchung der tatsächlichen Auswirkungen auf Produktperformance, Gesundheit und Umwelt
- **Entwicklungen toleranter Werkstoffe** bzw. nachfolgend resilienter Verarbeitungsverfahren sowie Halbzeuge oder Produkte, um Primär- durch Sekundärwerkstoffe ersetzen zu können

## » Im Fokus: Digitalisierung zur Realisierung des zirkulären Wirtschaftens

Geschlossene Materialkreisläufe sind ohne Digitalisierungsmaßnahmen nicht umsetzbar. Relevante Daten entlang des gesamten Lebenszyklus müssen der Bewertung und Verwertung im Sinne geeigneter »R-Strategien« zugeführt werden. Damit entsteht neben dem realen materiellen Objekt ein »Materialzwilling«, der Teil zirkulärer Geschäftsmodelle sein kann. Als Bindeglied zwischen materiellem Objekt und Digitalem Zwilling leisten photonische Systeme einen wesentlichen Beitrag, z. B. durch automatisierte Erfassung von Daten sowie durch Steuerung und Überwachung von Prozessen.

Durchgängigkeit und Verfügbarkeit von Material- und Werkstoffdaten über Prozessketten hinweg eröffnen neue Handlungsräume für materialintensive Innovationen und unterstützen eine nachhaltige Produktion. Eine datenbasierte, kreislauforientierte Produktion ist der Motor der Kreislaufwirtschaft. Die vor, während und nach der Produktion generierten und dem Produkt zugeordneten Daten treiben die Kreisläufe an und ermöglichen es, jede Phase und jeden Schritt wesentlich ressourceneffizienter und effektiver als heute zu gestalten. Denn eine umfassende Kreislaufführung von Ressourcen steht und fällt logistisch mit dem Rücklauf ausgedienter Produkte.

Um die Digitalisierung für eine zirkuläre Wirtschaft voranzutreiben, braucht es mehr zielführende Kooperationen zwischen Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft, befördert durch:

- **politische Initiativen** zur Beschleunigung der Entwicklung und Einführung eines digitalen **»Produktpasses«**, in dem alle für den Kreislaufprozess wichtigen Informationen hinterlegt sind. Dieser muss durch eine dazugehörige **»Lebensdauerakte«**, welche Nutzungs- und Beanspruchungsdaten während des Betriebs und damit die fortlaufende Veränderung des Materials dokumentiert, ergänzt werden. Damit können geeignete Verwertungsmöglichkeiten eines Produkts und seiner Komponenten auch nach der Erstnutzung frühzeitig geplant werden.
- **digitale Informationssysteme**, welche die Erfassung gebrauchter Materialien und die Automatisierung der Rückführungs- und Wiederverwertungslogistik unterstützen
- die Etablierung der **Digitalisierung von Materialien** und ihrer datenbasierten Verarbeitungsprozesse entlang von Wertschöpfungskreisläufen als einen Kernbaustein im nationalen Innovationsprozess und für zirkuläre Geschäftsmodelle

## » Im Fokus: Testräume für zirkuläre Innovationen

Für die Erprobung von Zirkularitätskonzepten gilt es, Transformationsräume zu schaffen, welche den gesamten Wertschöpfungskreislauf von der Rohstoffgewinnung über die Verarbeitung und den Einsatz bis hin zum Recycling abbilden. Sie sind Testräume für Innovationen und neue Regulierungen entlang kompletter Wertschöpfungskreisläufe, in denen gemeinsam neue Technologien, Materialien, Methoden und Geschäftsmodelle umgesetzt werden. Gemeinsames Forschen und Entwickeln in virtuellen sowie physischen Transformationsräumen beschleunigt den Transfer, erleichtert es Unternehmen, Synergien aus vorhandenen Kapazitäten zu nutzen, Sichtbarkeit zu erzeugen und nachhaltiges Wirtschaftswachstum zu generieren. Zudem sollen in Transformationsräumen Experimentierklauseln über verschiedene Wertschöpfungsnetze hinweg modellhaft erprobt und evaluiert werden, sodass diese auf den Transfer und die Anpassung von Rahmenbedingungen in unterschiedlichen Regionen und Wertschöpfungsverbänden übertragen werden können.

Vor diesem Hintergrund bedarf es politischer Initiativen und Förderprogramme:

- für die zeitnahe **Realisierung des Reallaborgesetzes**
- für die Erweiterung des Reallaborgesetzes um den Gedanken der **Transformationsräume** zur Schließung von Stoffkreisläufen

## » Im Fokus: Konzepte für Kooperationen

Um Stoffkreisläufe zu schließen und den Einsatz fossilen Kohlenstoffs zu reduzieren, müssen Materialeffizienz und Kreislauffähigkeit bereits von Beginn an bei Produkt- und Prozessdesign mitgedacht werden. Die Materialreduktion entlang des Lebenszyklus sowie die Substitution von kritischen oder knappen Rohstoffen müssen hierbei leitende Prinzipien sein. Hierzu sind neue Kooperationsformate, die alle Stakeholder entlang der Wertschöpfungskette einbeziehen, notwendig. Dies könnten beispielsweise (digitale) Austauschformate und Interaktionsplattformen zwischen Industrie, Forschung, Politik und Gesellschaft sein.

Darüber hinaus sollte der Austausch aller Stakeholder durch gezielte Förderung von interdisziplinären Forschungs- und Technologiezentren als dauerhafte Infrastrukturen gesteigert werden. Die deutschlandweite Etablierung und Vernetzung sogenannter »Hubs« fördert die Transformation durch die Entwicklung von gemeinsamen Strategien, Roadmaps, Innovationsprojekten sowie Transfer- und Bildungsmaßnahmen. »Hubs« sind agile Instrumente der Zusammenarbeit zwischen Partnern aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Gesellschaft in Form von regionalen Innovations-, Kompetenz- und Transferzentren. Sie dienen der beschleunigten Entwicklung von systemischen und technologischen Lösungen.

Einen Ansatzpunkt bietet das von der Fraunhofer-Gesellschaft entwickelte Konzept der CIRCONOMY® Hubs (vgl. [www.circonomy.fraunhofer.de](http://www.circonomy.fraunhofer.de)), wie beispielsweise der Hub »Circular Carbon Technologies CCT« oder der Hub »Stoffkreisläufe im Bausektor«. Die Fraunhofer-Gesellschaft setzt sich gemeinsam mit allen Akteuren der CIRCONOMY® Hubs für ein gemeinsames Verständnis dieser zukunfts-gestaltenden Infrastrukturen ein. CIRCONOMY® Hubs begleiten eine »Dekade der zirkulären Transformation« mit Innovationsprojekten, um die Mission hin zum zirkulären Wirtschaften rasch in die Praxis umzusetzen.

Eine langfristige, sichere Etablierung von CIRCONOMY® Hubs als neue Innovationsökosysteme und Transferbeschleuniger erfordert:

- ein über einen **gemeinsamen Datenraum** verbundenes Netzwerk von Hubs, in dem Know-how ausgetauscht und aus Erfolgen gelernt werden kann
- eine den systemischen Hub-Ansatz unterstützende, langfristige (mindestens zehn Jahre) und verlässliche **Systemforschungsförderung**, die sich je nach Hub-Konzept aus Bundes- und Landesmitteln speist

## Im Fokus: Beteiligung an und Zugang zu Forschungsinfrastrukturen

Der Zugang zu Großgeräten der Grundlagenforschung allein reicht für eine Transformation nicht aus. Vielmehr ist dazu der Transfer von Innovationen aus der Forschung in die industrielle Anwendung zwingend erforderlich.

Die Fraunhofer-Gesellschaft fokussiert sich auf die schnelle Umsetzung von neu entwickelten, sektorübergreifenden Verfahrens- und Verarbeitungstechnologien in gemeinsamen Forschungsinfrastrukturen mit der Industrie. So kann die Skalierung nachhaltiger Technologien in der Industrie maßgeblich beschleunigt und validiert werden. In der Bioökonomie sind dies insbesondere Pilot- und Demonstrationsanlagen, wie beispielsweise Bioraffinerien mit weitgehend geschlossenen Wasser- und Stoffkreisläufen oder neue Agrarsysteme. In der Materialentwicklung sind dies z. B. Pilotanlagencentren für die Skalierung von neuen Syntheseprozessen und umweltfreundlichen Rezyklierverfahren oder Demonstrationszentren für nachhaltige Leichtbaulösungen. Modulare Anlagenkonzepte für die direkte Verarbeitung der Rohstoffe vor Ort sollten ebenso gefördert werden wie zentrale oder in Verbundstandorte integrierte industrielle Anlagen. Nicht zuletzt muss auch die Flexibilisierung von Montage und Demontage in der Produktion über Demonstratoren und Forschungsinfrastrukturen adressiert werden. Dadurch können Unternehmen die Kreislaufwirtschaftsprozesse in die eigene Wertschöpfung integrieren, womit eine Reduktion des Rohstoffverbrauchs erreicht wird.

Um Innovationen in Forschungsinfrastrukturen zu beschleunigen und einen erkennbaren Mehrwert für Forschung und Industrie zu erzielen, bedarf es politischer Rahmenbedingungen zur Förderung von:

- **spezifisch angepassten Infrastrukturen** (industrielle Demonstratoren), in welchen die Akteure aus Forschung und Wirtschaft zusammen Lösungen testen und optimieren

## Im Fokus: Innovationsfördernde Rahmenbedingungen und Beschleunigung des Transfers

Um Innovationen schneller von der Forschung in die Anwendung zu überführen, ist eine engere Kooperation von kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) mit Einrichtungen der angewandten Forschung essenziell. In FuE-Projekten stehen KMU oft vor der Herausforderung, dass zirkuläre oder biotechnologische Produkte und Materialien häufig noch überdurchschnittlich lange Entwicklungszeiten und Innovationszyklen benötigen, die oftmals nicht allein getragen werden können. KMU müssen gezielt bei ihren Entwicklungen für mehr Klima- und Ressourcenschutz unterstützt werden, damit sie schneller Markterfolge durch Ful erzielen können (vgl. auch Deutsche Normungsroadmap Circular Economy).

KMU, die Verantwortung gegenüber Gesellschaft und Umwelt übernehmen, wollen ihr Engagement transparent vergleichend bewerten, dokumentieren und kommunizieren. Werden KMU gezielt dabei unterstützt, den Wert ihrer Dienstleistung oder ihres Produkts für die zirkuläre Wirtschaft zu ermitteln und ihre Expertise weiterzuentwickeln, leisten sie mit ihren (Neu-)Entwicklungen einen essenziellen Beitrag zur nachhaltigen Transformation.

Um die Schnittstelle zwischen KMU und Einrichtungen der angewandten Forschung zu stärken, benötigt es bedarf es innovationsfördernder politischer Rahmenbedingungen zur:

- gezielten **Kopplung der regulatorischen Rahmensetzungen an Nachhaltigkeitsbewertungen** (insbesondere bei Materialien existieren je nach Anwendungsbereich bereits entsprechende gesetzliche Vorgaben und Standards, die jedoch oftmals nicht dem aktuellen Stand der Technik entsprechen)
- kontinuierlichen **Abstimmung von Forschungseinrichtungen und KMU**, um im Sinne einer nachhaltigen Wirtschaft Qualitäts- und Sicherheitsstandards kontinuierlich weiterzuentwickeln und diese für neue Materialien oder Stoffströme anzupassen bzw. zu aktualisieren (diese Standards sollen bereits bei der Entwicklung mitgedacht werden, insbesondere auch für den Übergang »vom Abfall zum Produkt«)
- Ermöglichung eines erleichterten **Zugangs** von Forschungseinrichtungen **zu Standardisierungsprozessen**, insbesondere auch auf internationaler Ebene
- Entwicklung zielgruppengerechter, didaktisch wirksamer Angebote zu aktuellen Nachhaltigkeitstechnologien für KMU

## Die Fraunhofer-Gesellschaft

---

Die Fraunhofer-Gesellschaft mit Sitz in Deutschland ist die weltweit führende Organisation für anwendungsorientierte Forschung. Mit ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien sowie auf die Verwertung der Ergebnisse in Wirtschaft und Industrie spielt sie eine zentrale Rolle im Innovationsprozess. Als Wegweiser und Impulsgeber für innovative Entwicklungen und wissenschaftliche Exzellenz wirkt sie mit an der Gestaltung unserer Gesellschaft und unserer Zukunft. Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 76 Institute und Forschungseinrichtungen. Etwa 30 800 Mitarbeitende, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von rund 3,0 Mrd. €. Davon fallen 2,6 Mrd. € auf den Bereich Vertragsforschung.

## Kontakt

---

### Herausgeber

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

### Ansprechpersonen

Dr. Anna-Katharina Stumpf  
Geschäftsstelle Strategisches Forschungsfeld Bioökonomie  
Telefon: +49 331 568-1126  
E-Mail: [anna-katharina.stumpf@iap.fraunhofer.de](mailto:anna-katharina.stumpf@iap.fraunhofer.de)

Pierre Prasuhn  
Fraunhofer-Zentrale, Abteilung Wissenschaftspolitik  
Telefon: +49 30 688 3759-1607  
E-Mail: [pierre.prasuhn@zv.fraunhofer.de](mailto:pierre.prasuhn@zv.fraunhofer.de)