



Anhang zur
Helmholtz Energy Stellungnahme
zur Weiterentwicklung des 8.
Energieforschungsprogramms



Helmholtz Energy Stellungnahme zur Weiterentwicklung des 8. Energieforschungsprogramms

Kontakt

Helmholtz-Vizepräsident Energie

Jan S. Hesthaven

Helmholtz Energy Office

Núria González, nuria.gonzalez@kit.edu; Andrea Meyn, andrea.meyn@kit.edu; Heike Boos, heike.boos@kit.edu

Weitere Mitwirkende

Jens Gutzmer, Veit Hagenmeyer, Jens Hauch, Andreas Huber, Karl Mayrhofer, Bernd Rech, Rutger Schlatmann, Ruth Schwaiger

Stand August 2026

Über Helmholtz Energy

Mit **Forschung von den Grundlagen bis zur Anwendung** schafft Helmholtz Energy, der Forschungsbereich Energie der Helmholtz-Gemeinschaft, die **wissenschaftlichen Voraussetzungen** für eine klimaneutrale Energieversorgung, die ökonomisch und gesellschaftlich getragen wird. Helmholtz Energy zeichnet sich durch eine **einzigartige Kombination von systemischer Perspektive, breiter Forschung und umfangreichen Forschungsinfrastrukturen** aus.

In **interdisziplinären Programmen** entwickeln die **mehr als 2200 Forschenden** zukunftsweisende Lösungen für den nachhaltigen Umbau der Energieversorgung in Deutschland, Europa und weltweit. Dafür **erforschen, entwickeln und bewerten** sie innovative Wandlungs-, Verteilungs-, und Speichertechnologien – **von der Materialentwicklung bis zur innovativen Lösung**. Unter Einbezug aller relevanten Ketten zur Energiewandlung und zukunftssicherer technologischer Optionen erarbeitet Helmholtz Energy **ganzheitliche, sektorenübergreifende** Konzepte und Lösungen für ein Energiesystem der Zukunft.

An Helmholtz Energy sind folgende Helmholtz-Zentren beteiligt: das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), das Forschungszentrum Jülich (FZJ), das Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB), das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) und das Karlsruher Institut für Technologie (KIT); das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) ist wissenschaftlich assoziiertes Zentrum.

Website: <https://energy.helmholtz.de>

Anhang 1: Vorschlag für eine neue Forschungsmission

Materialien und Ressourcen für die Energiewende

„Die Entwicklung und Verfügbarkeit von Materialien und Ressourcen für die Energiewende durch datengetriebene und KI-gestützte Methoden entscheidend beschleunigen.“

1. Warum eine eigenständige Mission?

Materialien sind der Taktgeber der Energiewende: Nahezu jedes Ziel der Missionen Strom, Wärme, Wasserstoff und Energiesystem hängt an Materialeigenschaften. Wirkungsgrad, Lebensdauer, Kosten, Rohstoffbedarf und Rückgewinnungspotenziale werden auf der Materialebene entschieden. Damit wird bereits auf Materialebene festgelegt, ob Strom, Wärme oder Wasserstoff nachhaltig, wirtschaftlich und in ausreichendem Umfang bereitgestellt werden können, denn dies hängt sowohl von der Verfügbarkeit geeigneter Rohstoffe als auch von der Recycling- und Kreislauffähigkeit der eingesetzten Materialien ab.

Bislang erscheinen Materialien im Programm ausschließlich als implizite Zulieferung innerhalb technologiespezifischer Ziele; Künstliche Intelligenz wird punktuell als Werkzeug genannt, nicht als methodischer Hebel. Damit bleibt erhebliches Beschleunigungspotenzial ungenutzt: Klassische Materialentwicklung benötigt von der Entdeckung bis zur Anwendung typischerweise ein bis zwei Jahrzehnte, deutlich länger, als die Zielmarken 2030 und 2045 zulassen. KI-gestützte Vorhersage, Hochdurchsatzmethoden und autonome Labore bieten den derzeit aussichtsreichsten Ansatz, diese Zyklen substanziell zu verkürzen. Gleichzeitig ermöglichen sie die gezielte Entwicklung von Materialien, die sowohl auf verfügbare und nachhaltige Rohstoffbasen als auch auf spätere Wiederverwertung und Kreislaufführung ausgerichtet sind.

Tragfähig sind diese Ansätze jedoch nur auf der Basis eines belastbaren mechanistischen Verständnisses. Eine eigene Mission würde dieses methodische und erkenntnisorientierte Querschnittspotenzial bündeln, statt es in jeder Mission parallel und unverbunden aufzubauen.

2. Programmziele der Mission „Materialien und Ressourcen für die Energiewende“

Programmziel #1 Mechanistisches Verständnis schaffen und Materialentwicklung beschleunigen

1.1 Grundlegende Mechanismen der Materialfunktion, des Transports und der Degradation aufklären (*u.a. mittels in-situ- und operando-Charakterisierung an Großforschungsinfrastrukturen*).

1.2 Vorhersagemodelle und datengetriebene Methoden für die gezielte Auslegung energierelevanter Materialien entwickeln (*u.a. Katalysatoren, Elektroden- und Elektrolytmaterialien, Funktionsschichten, Membranen, Hochtemperatur- und Strukturwerkstoffe*).

1.3 Hochdurchsatzsynthese und -charakterisierung mit automatisierten Experimentierumgebungen verbinden (*autonome bzw. „self-driving“ Labore*).

1.4 Experiment, Simulation und Modellbildung zu durchgängigen Entwicklungsketten verknüpfen.

Programmziel #2 Datenbasis und digitale Infrastruktur schaffen

- 2.1 Materialdaten FAIR-konform, maschinenlesbar und interoperabel bereitstellen.
- 2.2 Daten aus Experiment, Simulation und Betrieb systematisch zusammenführen (*inkl. Metadatenstandards und Qualitätssicherung*).
- 2.3 An bestehende nationale und europäische Dateninfrastrukturen anschließen (*statt paralleler Insellösungen*).

Programmziel #3 Technologiesouveränität stärken

- 3.1 Kritische und importabhängige Rohstoffe substituieren und Co-Produktion heimischer kritischer Rohstoffe stärken.
- 3.2 Kreislauffähigkeit und Recycling bereits in der Materialauslegung berücksichtigen (*„circular by design“*).
- 3.3 Materialbedingte Abhängigkeiten in Lieferketten identifizieren und reduzieren.

Programmziel #4 Vom Labor in die Fertigung

- 4.1 Skalierbarkeit und Herstellbarkeit als frühes Entwicklungskriterium verankern.
- 4.2 KI-gestützte Prozess- und Qualitätskontrolle für die Serienfertigung entwickeln.
- 4.3 Alterungs- und Lebensdauerqualifizierung beschleunigen (*mit Blick auf die Verkürzung von Qualifizierungs- und Zertifizierungszeiten*).

Anhang 2: Vorschlag für eine missionsübergreifende Matrixstruktur im Energieforschungsprogramm

	ENERGIESYSTEM	WÄRME	STROM	WASSERSTOFF	MATERIALIEN
Resilienz & Versorgungssicherheit	*Cybersecurity *Kritische Infrastrukturen *Diversifizierung von Rohstoffen und Energieträgern *Elektrifizierung *Recycling *Co-Produktion kritischer Rohstoffe	*Lokale Wärmequellen *Saisonale Wärmespeicher *Winterbedarf *Backup- und Spitzenlastsysteme mit erneuerbaren Kraftstoffen *Brennstoffflexibilität *Technologieintegration	*Technologiesouveränität *Netzstabilität *Speicherkapazität *Resiliente Wind- und PV-Systeme *Recycling	*Technologieführerschaft *Resiliente Lieferketten *Wasserstofflogistik *Speicher- und Infrastrukturkonzepte *Synthetische Kraftstoffe und Chemikalien	*Rohstoffverfügbarkeit *Substitution *Resiliente Wertschöpfungsketten *Recyclebarkeit *Technologische Souveränität
Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit	*Flexibilitätsmärkte *Netzdienliche Optimierung *Energiesuffizienz *Sektorübergreifende Effizienz	*Industrielle Serienfertigung *Effizienzsteigerung *Lebensdauer *Modularisierung und Standardisierung *Kosteneffizienz *Transformationspläne	*Perowskit- & Multijunction PV *Weitere Reduktion von CAPEX und OPEX für Wind und PV *Post-Lithium-Ionen-Batterien *F&E für Skalierbarkeit *DE- und EU-Wertschöpfung	*Kostenreduktion der Herstellung *Speicherung und Nutzung *F&E für Skalierbarkeit *DE- und EU-Wertschöpfung	*Schnellere Innovationszyklen *Materialqualifizierung *Kosteneffiziente Fertigung *F&E für Skalierbarkeit
Digitalisierung und Künstliche Intelligenz	*Netzmodellierung *Digitale Zwillinge *Echtzeitsteuerung *KI-gestützter Betrieb *Autonome Systeme	*Wärmenetze *Gebäudezwillinge *Condition Monitoring *KI-gestützte Systemsteuerung *Struktur- und Betriebsoptimierung	*Digitale Zwillinge *Big Data *Sensor-based real-time condition Monitoring *KI-gestützte Auslegung, Betrieb von Windparks	*KI-gestützte Material-, Komponenten- und Anlagenentwicklung *Digitale Optimierung	*KI-gestützte Materialentwicklung *Autonome Labore *Hochdurchsatzmethoden *FAIR-Datenräume *Digitale Materialzwillinge
Transfer und gesellschaftliche Einbettung	*Reallabore *Marktregeln *Hardware-in-the-Loop *Energiegerechtigkeit *Kommunale Beteiligung	*Kommunale Wärmeplanung *Industrielle Integrationskonzepte *Pilotierung erneuerbarer Wärme *Speicherintegration *Demonstratoren für integrierte und hybride Technologien	*Demonstratoren *Industriepartnerschaften *Integrierte PV-Anwendungen *Akzeptanz von Windenergie	*Offene Forschungsplattformen *Industrie-Wissenschaft-Kooperationen *Ausgründungen und Scale-ups *Technologie Qualifizierung	*Offene Forschungsplattformen *Test und Demonstration Infrastrukturen *Industriepartnerschaften *Kompetenzaufbau

Anhang 3: Detaillierte Empfehlungen zu den Forschungsmissionen des neuen EFP

Forschungsmission Energiesystem

Relevante Forschungsziele, Ergänzungs- und Weiterentwicklungsbedarf

Die Forschungsmission Energiesystem adressiert bereits wesentliche Hebel der Energiewende, insbesondere durch Real-World-Labs, Validierungsumgebungen und die Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle. Diese Ausrichtung ist grundsätzlich richtig und sollte fortgeführt werden. Ergänzend sollte die Systemanalyse jedoch stärker als eigenständiger Bestandteil der Mission verankert werden. Die Analyse von Transformationspfaden ist unverzichtbar, um technologische Entwicklungen systemisch einzuordnen, Zielkonflikte zu bewerten und belastbare Handlungsoptionen für die Gestaltung des Energiesystems abzuleiten. Dazu gehören insbesondere die Weiterentwicklung von Netzmodellierungsansätzen, die Analyse der Stromnetzstabilität in einem zunehmend dekarbonisierten und dezentralen Energiesystem sowie die Entwicklung stromnetzunterstützender Leistungselektronik für eine sichere und flexible Systemintegration.

Darüber hinaus gewinnen Themen wie Resilienz, Versorgungssicherheit, kritische Materialien sowie die Flexibilisierung von KI-Anwendungen im Energiesystem weiter an Bedeutung.

Prioritäten für die nächste Programmphase

Für die nächste Programmphase sollten insbesondere Forschungsvorhaben zur Resilienz des Energiesystems, zur Anwendung von KI in der Modellierung und Steuerung von Energiesystemen sowie zur Analyse von Stromverbrauch, Flexibilitätsoptionen und Modellkritik priorisiert werden. Ziel sollte es sein, die Realität komplexer Energiesysteme besser abzubilden und die Übertragbarkeit wissenschaftlicher Modelle auf operative Anwendungen zu verbessern. Dabei ist entscheidend, technologische Entwicklungen nicht isoliert, sondern im Zusammenhang mit systemischen Wechselwirkungen, regulatorischen Anforderungen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen zu betrachten.

Förderlandschaft und Rahmenbedingungen

Die Förderung von Forschungsinfrastrukturen, Reallaboren, digitalen Zwillingen und Validierungsumgebungen trägt wesentlich dazu bei, innovative Technologien und Methoden unter realitätsnahen Bedingungen zu erproben und ihre Umsetzung zu beschleunigen. Dies sollte konsequent fortgeführt und weiter ausgebaut werden. Zugleich sollte die Forschungsmission die Dimension der Energiegerechtigkeit sowie die Frage, wie gesellschaftliche Akzeptanz durch transparente Modellierung und nachvollziehbare Systemanalysen gestärkt werden kann, stärker berücksichtigen. Ein beschleunigter Smart-Meter-Rollout und die bessere Verfügbarkeit belastbarer Dateninfrastrukturen sind hierfür wichtige Voraussetzungen.

Forschungsmission Wärme

Relevante Forschungsziele, Ergänzungs- und Weiterentwicklungsbedarf

Die Forschungsmission Wärme adressiert mit Geothermie, Wärmespeichern, Hochtemperatur-Wärmepumpen, Solarthermie, Gasturbinen und der Elektrifizierung industrieller Prozesse bereits zentrale Bausteine der Wärmewende. Diese Schwerpunkte sollten konsequent weitergeführt werden. Von hoher Relevanz bleibt insbesondere die Forschung zur Geothermie, einschließlich Explorations- und Monitoringmethoden, der

Minimierung seismischer Risiken sowie der sozialen Akzeptanz. Gleiches gilt für Industriewärmepumpen, Gasturbinen, Wärmespeicher unterschiedlicher Temperaturbereiche und Speicherdauern sowie die Elektrifizierung industrieller Hochtemperaturprozesse.

Ergänzend sollte die Mission die zunehmende Bedeutung der Wärmewende stärker berücksichtigen. Aufgrund der Vielfalt von Anwendungen in Gebäuden, Kommunen und Industrie erfordert die Defossilisierung des Wärmesektors ein breites Technologieportfolio. Neben der Elektrifizierung sollten daher auch Speichertechnologien, Geothermie, flexible Kraft-Wärme-Kopplung sowie erneuerbare chemische Energieträger als Bestandteile eines integrierten Wärmesystems betrachtet werden. Darüber hinaus sollten saisonale Schwankungen von Wärmebedarf und erneuerbarer Energieverfügbarkeit sowie die bedarfsgerechte Versorgung von Nieder-, Mittel- und Hochtemperaturanwendungen stärker in den Fokus rücken.

Prioritäten für die nächste Programmphase

Für die nächste Programmphase sollten insbesondere die Integration erneuerbarer Wärmequellen, Speicher-, Backup- und Spitzenlasttechnologien, die Flexibilisierung von Wärme- und Energiesystemen sowie die wirtschaftliche Defossilisierung der Wärmeversorgung priorisiert werden. Besondere Bedeutung haben die Dekarbonisierung von Industrie- und Gewerbewärme, saisonale Wärmespeicherung sowie die Kopplung und Integration verschiedener Wärme- und Stromerzeugungstechnologien im industriellen Umfeld zur Defossilisierung des Industriewärmebedarfs. Aufgrund der Vielfalt der Anwendungsfelder sollte dabei ein technologieoffener Ansatz verfolgt werden, der Wärmepumpen, Geothermie, Solarthermie, Wärmespeicher, flexible Kraft-Wärme-Kopplung und elektrische Prozesswärme gleichermaßen berücksichtigt.

Förderlandschaft und Rahmenbedingungen

Demonstrationsprojekte, Reallabore und Pilotvorhaben sind entscheidend, um neue Wärmetechnologien unter realen Bedingungen zu validieren und in die Anwendung zu überführen. Die Förderung sollte daher durch vereinfachte Genehmigungs- und Antragsverfahren, verlässliche und einfachere regulatorische Rahmenbedingungen in der Transitionsphase sowie missionsübergreifende Fördermöglichkeiten ergänzt werden. Gleichzeitig sollten Unsicherheiten bei Investitionsbedingungen sowie bei der Verfügbarkeit und den Kosten von Strom und Wasserstoff stärker adressiert werden, um die Skalierung innovativer Technologien zu beschleunigen.

Forschungsmission Strom

Relevante Forschungsziele, Ergänzungs- und Weiterentwicklungsbedarf

Die Forschungsmission Strom sollte weiterhin die Entwicklung hocheffizienter, nachhaltiger und kostengünstiger Technologien zur erneuerbaren Stromerzeugung und Energiespeicherung in den Mittelpunkt stellen. Dabei sollten übergreifend die Kriterien Skalierbarkeit, Herstellbarkeit, Qualitätssicherung, Ressourceneffizienz, Kreislauffähigkeit sowie die Reduzierung kritischer und toxischer Rohstoffe bereits in frühen Entwicklungsphasen berücksichtigt werden.

Im Bereich der Stromerzeugung durch Wind sollen flächeneffiziente, leise und smarte Windparks dazu dienen, kostengünstig Energie dezentral bereitzustellen bei gleichzeitiger Reduktion von Nutzungskonflikten (in Bezug auf Land und Ressourcen).

Im Bereich der Photovoltaik sollte die Entwicklung hocheffizienter, nachhaltiger und kostengünstiger Zell- und Modultechnologien weiterhin im Mittelpunkt stehen. Besonders relevant sind dabei Perowskit-Materialien mit breitem Bandlücken-Spektrum, neuartige

Materialien jenseits der Perowskite sowie stabile Mehrfachsolarzellkonzepte mit hohem Wirkungsgrad und langer Lebensdauer. Ebenso wichtig ist die Entwicklung innovativer Prozess- und Anlagentechnologien für eine kostengünstige und skalierbare Fertigung.

Im Bereich der Energiespeicherung ist die Weiterentwicklung von Post-Lithium-Ionen-Technologien mit Fokus auf Skalierbarkeit, Nachhaltigkeit, Ressourceneffizienz und heimische Wertschöpfung einen zentralen Forschungsschwerpunkt bilden.

Prioritäten für die nächste Programmphase

Für die kommende Programmphase sollten klare Prioritäten auf skalierbare, sichere und ressourcenschonende PV, Windenergie und Batterietechnologien, sowie auf die Forschung zur industriellen Übertragbarkeit von Innovationen gelegt werden. Dies umfasst insbesondere die Entwicklung neuer Zell-, Modul- und Speichertechnologien, skalierungsrelevanter Materialien, Prozesse und Anlagentechnik sowie den Aufbau robuster deutscher und europäischer Wertschöpfungsketten. Die Förderpolitik sollte gezielt die wissenschaftlich-technischen Fragestellungen adressieren, die beim Übergang auf industriennahe Formate und Prozesse entstehen. Notwendig sind dafür gut ausgestattete Forschungs- und Validierungsprojekte, Stage-Gate-Ansätze zur Risikominimierung und Förderformate, die auch dann wirksam sind, wenn industrielle Wertschöpfungsketten in Deutschland und Europa erst im Aufbau sind.

Im Bereich Windenergie soll der Stromertrag durch sensorgesteuerte und automatisierte Betriebsführung gesteigert werden, ohne die Anlagenlebensdauer zu verringern oder die Lärmbelastung zu erhöhen. Die hierfür notwendige Modellbildung und Technologiedemonstration für multi-kriteriale Turbinen- und Windparkbetriebsführung sollte forciert werden.

Förderlandschaft und Rahmenbedingungen

Zwischen erfolgreicher Forschung und industrieller Anwendung bestehen im Strombereich weiterhin erhebliche technische, finanzielle und regulatorische Hürden. Der begrenzte Zugang zu kostenintensiven, offen nutzbaren Analytik-, Prozess-, Test- und Prototypeninfrastrukturen erschwert insbesondere die Bearbeitung skalierungsrelevanter Forschungsfragen. Darüber hinaus fehlen bislang geeignete Infrastrukturen, um die Recycling- und Kreislauffähigkeit energiebezogener Materialien und Komponenten unter realitätsnahen Bedingungen nachzuweisen und zu demonstrieren.

Deshalb sind langfristige, koordinierte Programme und skalierungsnahe Forschungs- und Validierungsumgebungen von zentraler Bedeutung. Sie sollten es ermöglichen, Materialien und Prozesse auf industriennahen Formaten zu qualifizieren, Prozessfenster und Qualitätssicherungsverfahren zu entwickeln sowie Zuverlässigkeits- und Zertifizierungsfragen unter anwendungsrelevanten Bedingungen zu untersuchen. Für den Aufbau deutscher und europäischer Wertschöpfungsketten sollten die Förderstrukturen zudem stärker auf industriell übertragbare Prozesse, langfristige Kooperationen mit der Industrie und regional differenzierte Anwendungsfelder ausgerichtet werden. Beiträge zu Normung und standardisierten Testprotokollen erhöhen die Anschlussfähigkeit.

Forschungsmission Wasserstoff

Relevante Forschungsziele, Ergänzungs- und Weiterentwicklungsbedarf

Die Mission Wasserstoff sollte synthetische Kraftstoffe ausdrücklich als strategisches Handlungsfeld einbeziehen, da sie eine zentrale Ergänzung einer wasserstoffbasierten Energiewirtschaft darstellen. Als wichtiger Baustein einer dekarbonisierten Mobilität und eines resilienten Energiesystems ermöglichen synthetische Kraftstoffe die Speicherung und

den flexiblen Einsatz von Energie in Form chemischer Energieträger mit hoher Energiedichte. Sie sollten daher nicht nur für Mobilitätsanwendungen, sondern auch als Backup-Kraftstoffe für die Energieversorgung berücksichtigt werden. Zudem kann die lokale Produktion synthetischer Kraftstoffe dazu beitragen, Importabhängigkeiten zu verringern und die Versorgungssicherheit zu stärken.

Darüber hinaus sollte der Fokus stärker auf Technologieführerschaft, Effizienz, Materialentwicklung und Kostenreduktion sowie auf Energie-Resilienz gelegt werden. Entscheidend ist nicht allein, Deutschland als globalen Vorreiter für grünen Wasserstoff und grüne Wasserstoff-Derivate zu positionieren, sondern vor allem die Marktführerschaft bei Wasserstofftechnologien und synthetischen Kraftstoffen in Deutschland und Europa zu sichern. Daraus ergibt sich ein klarer Schwerpunkt auf die Entwicklung effizienter, ressourceneffizienter und recyclingfähiger Elektrolyseure und Syntheseverfahren, auf die Speicherung von Wasserstoff sowie auf Materialien, Komponenten und Anlagen, die mit hoher Qualität und langer Lebensdauer skalierbar sind. Ergänzend sollten die Umrüstung bestehender Infrastruktur, Sicherheitskonzepte sowie Zertifizierungsansätze für reale Wasserstoffanwendungen stärker berücksichtigt werden.

Prioritäten für die nächste Programmphase

In der nächsten Programmphase sollten die Prioritäten klar auf der Stärkung der deutschen und europäischen Wertschöpfung bei Materialien, Komponenten und Schlüsseltechnologien liegen. Nur wenn diese Stufen gezielt gestärkt werden, lassen sich Kosten senken, Resilienz aufbauen und Exportpotenziale realisieren. Die Förderpolitik sollte deshalb die Entwicklung von Materialien, Komponenten und Anlagen sowie die Forschung zur Skalierbarkeit und industriellen Umsetzung von Technologien priorisieren. Reallabore und Demonstrationsvorhaben bleiben essentiell, sollten aber stärker fokussiert und hinsichtlich ihres Beitrags zur Industrialisierung bewertet werden. Ebenso relevant ist ihr Potenzial, Materialkreisläufe zu schließen, Rohstoffverfügbarkeiten zu sichern und nachhaltige Wertschöpfungsketten aufzubauen.

Im Vergleich zu rein anwendungsbezogenen Förderschwerpunkten sollte die Förderung stärker auf die eigentliche Technologieentwicklung, Standardisierung und skalierungsnahe Prozess- und Prototypenentwicklung ausgerichtet sein.

Förderlandschaft und Rahmenbedingungen

Das 8. EFP deckt im Bereich Wasserstoff bereits viele wesentliche Aspekte ab und bietet grundsätzlich die notwendige Flexibilität. Ergänzend sollten die Fördermöglichkeiten im Bereich synthetischer Kraftstoffe hingegen gezielt weiterentwickelt und ausgebaut werden, um ihren Beitrag zu einer dekarbonisierten Mobilität sowie einem resilienten und sicheren Energiesystem weiter auszubauen.

Für Technologie-, Komponenten- und Materialentwicklung ist jedoch vor allem langfristige Kontinuität entscheidend. Daher sollten längere Laufzeiten, verlässliche Förderperspektiven auch für synthetische Kraftstoffe und eine konsequente Evaluierung der erreichten Ziele im Vordergrund stehen. Gleichzeitig ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Industrie und akademischen Einrichtungen weiterhin von großer Bedeutung.

Förderformate sollten daher so gestaltet werden, dass sie die Entwicklung technologischer Kernkompetenzen, die Erforschung von Skalierbarkeit sowie den Transfer in die industrielle Anwendung verlässlich ermöglichen und nicht zu stark auf kurzfristige Demonstrationslogiken ausgerichtet sind.

Forschungsmission Transfer

Relevante Forschungsziele, Ergänzungs- und Weiterentwicklungsbedarf

Transfer ist für die Wirksamkeit des Energieforschungsprogramms von zentraler Bedeutung. Demonstratoren und Reallabore bleiben wichtige Instrumente, um neue Technologien unter realen Bedingungen zu validieren, Vertrauen bei Anwendern und Investoren zu schaffen und die Praxistauglichkeit innovativer Ansätze zu belegen.

Künftig sollten Demonstratoren und Reallabore konsequent mit skalierungsnahen Forschungs-, Test- und Validierungsinfrastrukturen verzahnt werden. So kann eine durchgängige Transferkette von der Forschung über Prototypen- und Demonstrationsphasen bis zur industriellen Umsetzung in Deutschland und Europa entstehen.

Besonders wichtig ist dabei, dass Transfer nicht isoliert betrachtet wird, sondern frühzeitig in die technologische Entwicklung integriert ist. Dies gilt insbesondere für alle Aspekte der Ressourcennutzung und Einbettung in eine zukünftige nachhaltige Kreislaufwirtschaft.

Transfer und Demonstration sollten dabei nicht auf nationale Anwendungsräume beschränkt bleiben. Der Aufbau und Betrieb von Demonstratoren und Pilotanlagen sollte auch außerhalb Deutschlands ermöglicht werden, sofern hierdurch ein signifikanter Erkenntnisgewinn erzielt oder die Wettbewerbsfähigkeit und Wertschöpfung in Deutschland und Europa gestärkt werden.

Prioritäten für die nächste Programmphase

Für die nächste Programmphase sollten Förderinstrumente gezielt die Forschungsfragen im Übergang von der Demonstration zur industriellen Fertigung adressieren. Benötigt werden offene Forschungs- und Validierungsinfrastrukturen, in denen die Skalierbarkeit von Herstellungsprozessen, Prozess- und Qualitätskontrolle sowie Zuverlässigkeits- und Qualifizierungsverfahren gemeinsam mit Industriepartnern untersucht werden können.

Ergänzend sollten Innovations-Sabbaticals, Industrie-Hospitationen und temporäre Freistellungen für Forschende geschaffen werden, um Transferaktivitäten zu ermöglichen, ohne wissenschaftliche Karrieren zu benachteiligen. Ebenso sollten Transfer- und Anwendungsperspektiven systematisch in allen technologischen Missionen mitgedacht werden, da die Anforderungen an Demonstration, Skalierung und Markteinführung je nach Technologiefeld deutlich variieren. Die Gründung neuer Unternehmen sollte als eigenständiger Transferpfad gestärkt werden.

Förderlandschaft und Rahmenbedingungen

Als neues Instrument der Mission Transfer sollten *Technology Acceleration Platforms* etabliert werden. Diese Plattformen können Forschungseinrichtungen, Industrie und Anwender über längere Zeiträume hinweg verbinden, gemeinsame Technologie-Roadmaps entwickeln, Forschungsinfrastrukturen öffnen und flexibel nutzbare Ressourcen für Transfer- und Innovationsprojekte bereitstellen. Fördermodelle für dedizierte Validierungs- und Prototypenphasen unterstützen insbesondere junge Unternehmen. Damit entsteht ein langfristiges Innovationsökosystem, das Transfer nicht nur projektbezogen, sondern technologiebezogen organisiert. Gerade für Energietechnologien mit langen Entwicklungszyklen und hohen Skalierungsrisiken bieten solche Strukturen einen wichtigen Hebel, um die Umsetzung exzellenter Forschungsergebnisse deutlich zu beschleunigen.