



# Die grüne Transformation beschleunigen

Forschung für ein wettbewerbsstarkes und resilientes  
Europa innerhalb der Erdsystemgrenzen



# Prioritäten für die Gestaltung des 10. EU-Rahmenprogramms für Forschung und Innovation

Nach Auslaufen des aktuellen EU-Rahmenprogramms für Forschung und Innovation „Horizont Europa“ wird ab dem Jahr 2028 das 10. Rahmenprogramm (FP10) die Grundlage der europäischen Forschungs- und Innovationsförderung bilden. Das vorliegende Fokuspapier setzt Impulse für die Ausgestaltung des FP10 im Themenbereich der Grünen Transformation (Nachhaltigkeitsforschung).

Das Fokuspapier ergänzt das Deutsche Diskussionspapier für die Vorbereitung des 10. EU-Rahmenprogramms für Forschung und Innovation der Bundesregierung, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Mai 2024

veröffentlicht und der Europäischen Kommission übergeben wurde. Es ist Teil einer Reihe von fachlichen Papieren des BMBF zum nächsten EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation.

Das Fokuspapier wurde unter Federführung des BMBF von den deutschen Delegationen für die Horizont Europa Programmausschuss-Konfigurationen zu Cluster 5 „Klima, Energie, Mobilität“ und 6 „Lebensmittel, Bio-ökonomie, natürliche Ressourcen, Landwirtschaft und Umwelt“ mit Input aus Stakeholder-Konsultationen erstellt. Es unterstreicht die **Relevanz einer starken Nachhaltigkeitsforschung** im FP10 und stellt **prioritäre Themen und Ansätze** dar.

## Relevant und dringend wie nie: Forschungsbasierte Fortschritte für Nachhaltigkeit

Nachhaltigkeitsforschung ist ein zentraler Treiber der Transformation zu einem europäischen Wohlstandsmodell, das Wettbewerbsfähigkeit, Sicherheit, Kohäsion und das Einhalten der Erdsystemgrenzen zusammenbringt. Das 10. EU-Forschungsrahmenprogramm muss deshalb **Nachhaltigkeit<sup>i</sup> als Leitprinzip und als übergreifenden Schwerpunkt** für die gesamte Kette von der Grundlagenforschung bis zur Innovation setzen.

### Ausgangslage

Die Sicherheit und die Wettbewerbsfähigkeit Europas stehen angesichts **geostrategischer und ökonomischer Konflikte** und Verschiebungen unter Druck. Neben Waffengewalt und Cyberangriffen wird dabei die Abhängigkeit von Ressourcen und Produkten wie Lebensmitteln, fossilen Energieträgern oder seltenen Erden sowie von kritischen Technologien als Druckmittel eingesetzt<sup>ii</sup>.

Neben äußeren Spannungen zeigen sich in europäischen Gesellschaften zunehmend **soziale Disparitäten** sowie ein sinkendes Vertrauen in demokratische Prozesse, staatliche Institutionen und deren politische

Steuerungsfähigkeit. Der Sorge über ökologische Probleme stehen Vorbehalte gegenüber konkreten nachhaltigkeitspolitischen Maßnahmen und deren wahrgenommenen Auswirkungen auf die wirtschaftliche und soziale Situation gegenüber.

Gleichzeitig verschärft sich die **ökologische Krise**. Der Verlust von Biodiversität und von intakten Ökosystemen sowie die Boden degradation und Verknappung von Wasserressourcen schreiten voran, negative Auswirkungen von Klimawandel und Schadstoffbelastungen werden zunehmend sichtbar. Die Länder des Globalen Südens sind dabei von den Folgen der ökologischen Krise überproportional betroffen.

Die geopolitischen, ökonomischen, sozialen und ökologischen Herausforderungen sind miteinander verknüpft. Notwendig sind tiefgreifende Transformationen mit einem ganzheitlichen Ansatz im Sinne einer **nachhaltigen Entwicklung** für *People, Planet, Prosperity, Peace* – wie durch die Ziele für Nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs) der Vereinten Nationen postuliert. Diese Ziele stehen für eine **Innovationsdynamik, die zukunftsgerechten Wohlstand in Europa** und weltweit schafft.

Die Transformation zur Nachhaltigkeit ist ein iterativer Lern- und Veränderungsprozess, in dem Gesellschaft, Politik, Wirtschaft und Wissenschaft zusammenwirken. Forschung – gerade in europäischer Zusammenarbeit – kommt dabei eine zentrale Bedeutung zu, um die anspruchsvollen Herausforderungen zu meistern, die vielfältigen Chancen der Nachhaltigkeit zu heben, die Wettbewerbsfähigkeit Europas zukunftsgerichtet auszubauen und globale Lebensbedingungen zu verbessern. **Nachhaltigkeitsforschung ist ein essentielles Bindeglied zwischen Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft.**

## Starke Nachhaltigkeitsforschung in FP10

FP10 soll darauf ausgerichtet sein, transformative Veränderungen hin zu nachhaltigem Wohlstand

innerhalb der Erdsystemgrenzen<sup>iii</sup> zu initiieren. Hierfür ist es notwendig,

- **Nachhaltigkeit als Leitprinzip und Querschnitts-thema** in allen Programmteilen zu berücksichtigen sowie starke Förderschwerpunkte zu konkreten Herausforderungen der grünen Transformation aufzusetzen,
- neue Erkenntnisse, Ideen und Lösungen für Nachhaltigkeit entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der **Grundlagenforschung bis zur Innovation**<sup>iv</sup> zu schaffen,
- positive **Wirkungen von Forschung und Innovation (F&I)** für Fortschritt, der gute Lebensbedingungen der kommenden Generationen sicherstellt, durch geeignete Instrumente und Strukturen zu maximieren.

## Wirkung maximieren: Design der Nachhaltigkeitsforschung in FP10

Um **zukunftsträchtige Nachhaltigkeitsinnovationen** zu schaffen und den komplexen **Transformationsprozess zur Nachhaltigkeit** effektiv zu unterstützen, ist ein aufeinander abgestimmtes Set an wirkungsorientierten Instrumenten notwendig. Politische, strategische sowie inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen europäischen, nationalen und regionalen Akteuren sowie deren Kooperation mit internationalen Partnern in wichtigen Themenfeldern sind wichtige Hebel für mehr Wirkung.

Vielfältige Innovationsfortschritte müssen ineinander greifen, um nachhaltigen Wohlstand zu schaffen. FP10 soll zielgerichtet Forschung und Innovation mobilisieren und verzahnen:

- **Neue, innovative Technologien** machen ein klimaneutrales und ressourcenschonendes Wirtschaften oft erst möglich. Sie sind eine große Chance für zukunftsgerichtete **Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft**.
- Erstklassiges und aktuelles **Erdsystemwissen**, auf der Basis von fundierter interdisziplinärer

Erdbeobachtung und inklusive Betrachtung und Beachtung der komplexen Beziehungen der diesen Planeten bestimmenden Elementen und zentralen planetarischen Ökosysteme untereinander, die mannigfaltigen Beziehungen zwischen Gesellschaft und Natur, sowie die Erarbeitung verschiedener Zukunftsszenarien, sind als **zentraler Kompass** notwendig.

- Forschung zu den **gesellschaftlichen Gelingensbedingungen** beleuchtet, welche Rolle Kultur, Werte, Normen und Verhaltensmuster spielen, wie sich politische, soziale oder ökonomische Rahmenbedingungen auf die gesellschaftliche Dynamik auswirken und wie die gesellschaftliche Unterstützung der Transformation gestärkt werden kann<sup>v</sup>.
- Um **Systeminnovationen** und transformativen Wandel voranzubringen, müssen technologische und soziale Innovationen auf die Anforderungen und den Nutzen verschiedener gesellschaftlicher Akteure bezogen und ganzheitlich erprobt werden. Es gilt, reife und skalierbare Lösungsansätze zu

entwickeln, zu kombinieren und im Dialog mit den Anwendern in die Praxis zu bringen, wobei soziale, finanzielle und Sicherheitsaspekte zu berücksichtigen sind.

(Intergovernmental Panel on Climate Change) und IPBES (Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services)-Berichte und Berichte des zukünftigen Weltchemikalienrates) adressiert werden.

## Kooperative und vernetzte Struktur

**Die Strukturen und Instrumente von FP10 sollen diese F&I-Ziele effektiv adressieren** und effizient aufeinander abgestimmt sein. Die Förderung von Verbundforschung, die auf konkrete Lösungen für Nachhaltigkeitsherausforderungen ausgerichtet ist, spielt dabei eine zentrale Rolle, auch als Bindeglied zwischen Grundlagenforschung und marktnahen Innovationsaktivitäten. Hierzu gehört insbesondere, die verschiedenen Aktivitäten aufeinander zu beziehen und den Innovationsprozess zur Nachhaltigkeit mit einer ganzheitlichen Perspektive (siehe oben genannte F&I-Bereiche) möglichst effektiv zu unterstützen. Mit Blick auf die sozialen Aspekte der Transformation zur Nachhaltigkeit sind in diesem Zusammenhang unter anderem Synergien mit der zukünftigen kultur- und gesellschaftswissenschaftlichen Forschung in FP10 relevant. Zudem sind Schnittstellen zu anderen Förderprogrammen (zum Beispiel LIFE (L'Instrument Financier pour l'Environnement/Finanzierungsinstrument für die Umwelt), EFRE (Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung)) notwendig, um die **Skalierung und Umsetzung** von Lösungen über Forschung und Entwicklung hinaus voranzubringen.

Neben der Koordination auf europäischer Ebene ist die **Zusammenarbeit zwischen europäischer, nationalen und regionalen Forschungsförderungspolitiken** im Nachhaltigkeitsbereich ein wichtiger Hebel für mehr Wirkung. Es gilt, Komplementarität und Effizienz sicherzustellen und praxisnahe **Synergien** zwischen Förderinstrumenten zu schaffen – über bisherige theoretische Optionen hinaus. Dafür bedarf es einer konstruktiven Zusammenarbeit insbesondere bei der Programmgestaltung und gemeinsamen Umsetzung.

Um eine wissens- und evidenzbasierte Gestaltung der Transformation, einschließlich der Weiterentwicklung des Rechtrahmens zur Unterstützung von Nachhaltigkeitsinnovationen, zu fördern, ist ein intensiver **Austausch zwischen Politik und Forschung** (Science-Policy-Exchange) notwendig. Zudem sollten die Bedarfe für politisch relevante Assessments (zum Beispiel IPCC

## Förderinstrumente und -formate

Ein wichtiges strategisches Instrument, um Förder schwerpunkte im Nachhaltigkeitsbereich gemeinsam auf europäischer, nationaler und regionaler sowie internationaler Ebene zu adressieren und damit einen größeren Hebel für deren Umsetzung und Wirkung zu erzielen, sind die **Europäischen Partnerschaften**, zum Beispiel in den Bereichen Energie, Rohstoffe, Ernährung oder Biodiversität. Dieses Instrument – vor allem die ko-finanzierten Partnerschaften – sollte administrativ vereinfacht, fachlich geschärft und strategisch für ausgewählte Nachhaltigkeitsherausforderungen eingesetzt werden.

**Inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit** zwischen Natur-, Ingenieurs- und Gesellschaftswissenschaften sowie zwischen Forschung, Wirtschaft, Politik, (Kommunal-) Verwaltung, Zivilgesellschaft und weiteren Akteuren ist zentral, um zu innovativen und praxisgerechten Lösungen zu kommen. Auch die Partizipation von Bürgerinnen und Bürgern kann zum Beispiel bei Projekten mit lebensweltlichen Bezügen einen wichtigen Beitrag leisten. Es gilt, die verschiedenen Wissenssysteme mit entsprechender Wissenspluralität bestmöglich aufeinander zu beziehen und für die Nachhaltigkeitstransformationen zu nutzen.

**Living Labs, Reallabore und ähnliche Ansätze der transdisziplinären Forschung** sind wichtige Formate, mit denen Transformationswissen erarbeitet, neue Technologien, Konzepte und Methoden unter realen Bedingungen möglichst unter Beteiligung von regionalen und lokalen Interessensgruppen entwickelt, erprobt und für die Umsetzung vorbereitet werden. In FP10 sollten diese Ansätze systematisch weiterentwickelt werden. Insbesondere sollten die Potentiale für wechselseitige Lerneffekte und bessere Übertragbarkeit durch Projekte mit ähnlichen Living Labs in unterschiedlichen Ländern stärker genutzt werden. Zudem sollten bei Bedarf regulatorische Experimentierklauseln die Erprobung neuer Ansätze auch außerhalb des gegenwärtigen Rechtsrahmens ermöglichen und durch regulatorisches Lernen dabei helfen, den Rechtsrahmen weiterzuentwickeln.

**Forschungsinfrastrukturen** stellen wichtige Elemente des F&I-Ökosystems für Nachhaltigkeit dar. Der transnationale Zugang sowie die Vernetzung zwischen Infrastrukturen sollten im Sinne von Effizienz, Interoperabilität und übergreifender Datennutzung und -integration weiterhin gezielt unterstützt werden.

Die Vernetzung zwischen Projekten und die **Synthese** von Projektergebnissen entlang der verschiedenen Themenfelder sollte systematischer verfolgt werden, inklusive themen- und akteursspezifischen Pfaden zur wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Valorisierung der Ergebnisse. Dies unterstützt den **Transfer** in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft und erleichtert es nachfolgenden Projekten, auf Erkenntnissen und Erfahrungen aufzubauen.

Um die Kreativität und Originalität von Nachwuchsforschenden und weiteren Akteuren stärker zu nutzen und potentiell disruptive und bahnbrechende neue Ideen zu fördern, sollten ergänzend **flexiblere Förderformate** umgesetzt werden, die sich innerhalb breit definierter Ziele durch weitgehende Offenheit – auch hinsichtlich der Größe und Struktur des Projekt-konsortiums sowie einer flexiblen, adaptiven Projekt-durchführung – auszeichnen.

Missionsansätze werden als geeignetes Instrument angesehen, für Fortschritte bei Zielen der Nachhaltigkeitstransformation zu sorgen, die mit hoher gesellschaftlicher Relevanz und dezidiertem Forschungs- und Innovationsbedarf verbunden sind. Die in Horizont Europa neu eingeführten **EU-Missionen** adressieren relevante Nachhaltigkeitsherausforderungen, zielen auf transformative Veränderungen und haben hierfür ehrgeizige, messbare und zeitlich begrenzte Ziele definiert. Die Erfolge und Grenzen der aktuellen Missionen müssen zum Ende ihrer Laufzeit kritisch überprüft und daraus Verbesserungspotentiale abgeleitet werden. Wichtig erscheint bereits jetzt eine stärkere Fokussierung und konsequenter programm-, ebenen- und akteursübergreifende Verantwortung und Umsetzung, einschließlich des Einbeugs von finanziellen Mitteln für Umsetzungsaktivitäten, um den transformativen Ansprüchen gerecht zu werden.

## Internationale Kooperationen

Angesichts des globalen Charakters der Nachhaltigkeitsherausforderungen müssen F&I-Kooperationen mit Staaten außerhalb der EU in FP10 strategisch ausgebaut werden. Ziel ist es,

- wissenschaftliche und **wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit** sowie Resilienz zum gegenseitigen Nutzen zu stärken;
- gemeinsam F&I-basierte **Beiträge zu globaler Nachhaltigkeit** zu entwickeln.

Dabei gilt es, die veränderte geopolitische Lage zu berücksichtigen und insofern Forschungssicherheit<sup>vi</sup>, Risikominderung (De-Risking) gegenüber (potentiell) problematischen Ländern sowie die souveräne Gestaltung der Nachhaltigkeitstransformation zu unterstützen. Gleichzeitig ist es wichtig, den Forschungszugang zu nachhaltigkeitskritischen Entwicklungen auch jenseits von Wertepartnern aufrecht zu erhalten, wenn dies mit einem klaren Nutzen für übergeordnete Ziele verbunden ist. Verbindungen und Synergien mit internationalen Initiativen (zum Beispiel UN (United Nations/Vereinte Nationen)-Dekade der Ozeanforschung für nachhaltige Entwicklung, UN-Dekade der Wiederherstellung von Ökosystemen) sollten gezielt gesucht werden.

Wichtige Schwerpunkte für die Kooperation mit Drittstaaten zu Nachhaltigkeitsthemen sind unter anderem:

- Klima(system)forschung und Klimaservices mit Afrika und Indien
- Monitoring, Reporting und Verifikation der Emissionen aller klimawirksamer Substanzen sowie von negativen Emissionen; neue Formen der Klimafinanzierung durch Handel mit Zertifikaten (insbesondere Industrie- und Schwellenländer)
- Wasser- und Geoforschung mit Afrika
- Forschung zu nachhaltiger Rohstoffexploration und -gewinnung mit Afrika und Südamerika
- Innovatives Ressourcenmanagement und Kreislaufwirtschaftsinnovationen mit globalen Technologie-führern (zum Beispiel USA, Singapur)

Bioökonomie mit Ländern aus Südamerika, Südostasien, Afrika und anderen

- Forschung zu innovativen und nachhaltigen Landnutzungen mit Zentralasien, Afrika und Indien
- Nachhaltige Urbanisierung in und mit afrikanischen Staaten

KI-Einsatz zum Monitoring und Schutz der Biodiversität insbesondere in Ländern der Biodiversitäts-Hotspots

- Küsten-, Meeres- und Kryosphärenforschung
- Energie- und Wasserstoffforschung

## Thematische Prioritäten für die Nachhaltigkeitsforschung in FP10

Ein zukunftsgerichtetes FP10 adressiert die Forschungs- und Innovationsherausforderungen, mit denen ein besonders großer **Hebel für nachhaltigen Fortschritt** sowie ein signifikanter **europäischer Mehrwert** verbunden ist.

Die folgenden übergeordneten Ziele stehen dabei im Mittelpunkt:

- Regeneratives, zirkuläres und insgesamt **nachhaltiges Wirtschaften**
- Technologische **Wettbewerbsfähigkeit** und **strategische Autonomie Europas**, einschließlich ver- ringerer Abhängigkeiten von kritischen Rohstoffen, fossilen Energieträgern und einzelnen Lieferländern
- Langfristig **zukunftsträchtige Geschäftsmodelle** unter Berücksichtigung der gesamten Wert- schöpfungskette
- Steigerung und Sicherung der **Lebensqualität** und des Wohlstands niveaus bei gleichzeitiger Redu- zierung der negativen Externalitäten
- Schutz und **Regeneration von Ökosystemen**, mit Vorteilen für Mensch, Natur und Wirtschaft

Als **Querschnittsthema und -prinzip** kommt dabei erstens der **Digitalisierung** eine wichtige Rolle zu. Die Potentiale von Digitalisierung und Künstliche Intelligenz (KI) für alle Dimensionen der Nachhaltigkeit sollten gezielt genutzt werden, einschließlich der Nutzbar- machung von großen Datenmengen auf methodischer

und rechtlicher Ebene<sup>vii</sup>. Zweitens liegt ein besonderer Fokus darauf, **Synergien** zwischen verschiedenen Nachhaltigkeitszielen sowie an den Schnittstellen (Nexus) zwischen verschiedenen Sektoren zu heben und dabei Fragen der Ressourcenverteilung und Flächennutzungskonkurrenz zu adressieren.

**Die folgenden Themenbereiche haben aus unserer Sicht eine hohe Priorität:**

### Fundierte Erdsystem-Governance

Hochaufgelöste Modelle, integrierte Szenarien und digitale Zwillinge sind notwendig, um aktuelles und fundiertes **Wissen für die europäische Agrar-, Klima-, Energie-, Biodiversitäts- und Umweltpolitik** zu schaffen.

Klimawandel, Biodiversitätsverlust, Boden degradation und Schadstoffbelastungen wirken im System Erde negativ zusammen. Wir müssen dieses Zusammenspiel und die Auswirkungen auf das Erdsystemwissen besser verstehen – gerade auch mit Blick auf die regionalen und globalen Belastbarkeitsgrenzen. Chancen, Risiken und Handlungsoptionen für verschiedene Szenarien der Erdsystem-Entwicklung müssen untersucht und bewertet werden. Der Mensch als Akteur und plane- tare Kraft mit seinen sozioökonomischen, politischen und kulturellen Systemen ist dabei mit in den Blick zu nehmen. Das generierte Wissen soll für politische und wirtschaftliche Entscheidungen nutzbar gemacht werden, um so fundierte Abwägungen unter Berücksichtigung aller Nachhaltigkeitsdimensionen

zu unterstützen. Wichtige Forschungsziele in diesem Bereich sind:

- Evidenzbasierung für die europäische Agrar-, Klima-, Energie-, Biodiversitäts- und Umweltpolitik; Wissensbasis für Entscheidungen stärken (zum Beispiel sektor- wie ebenenübergreifendes Monitoring, Ex-post- und Ex-ante-Bewertung von Maßnahmen)
- Hochaufgelöste Erdsystemmodelle sowie abgeleitete Projektionen für Risikovorsorge und Anpassung; Klimaprozessverständnis und Beobachtung; Grundlagen für IPCC-Assessments (Unterstützung CMIP (Coupled Model Intercomparison Project)); KI in der Klimamodellierung; Interaktion zwischen Ozean und Klimawandel
- Digitale Zwillinge der Erde und Weiterentwicklung des Konzeptes des Digitalen Zwilling als Informations-, Planungs- und Entscheidungsunterstützungsinstrument auch für die kommunale Ebene
- Weiterentwicklung von integrierten Bewertungsmodellen (Integrated Assessment Models), integrierten Nachhaltigkeitsszenarien und Entwicklung von Instrumenten zur Beschreibung von Nachhaltigkeitsszenarien (zum Beispiel Konzept für ein sicheres und nachhaltiges Design für Innovationen)
- Systematische Erfassung von Auswirkungen auf und Abhängigkeiten von Biodiversität und Ökosystemleistungen hinsichtlich aktueller Wirtschaftsweisen und Regulationen; Identifizierung von (indirekten) Treibern und gesellschaftlichen Ursachen der ökologischen Krise sowie von Hebeln für Veränderung; Grundlagen für IPBES-Assessments
- Forschung zu globalen Schadstoffkreisläufen, persistenten Chemikalienbelastungen und einem effektiven, nachhaltigen Chemikalienmanagement; Unterstützung der Assessments des zukünftigen Weltchemikalienrates
- Forschung zu Rahmenbedingungen und Weiterentwicklungsmöglichkeiten europäischer Nachhaltigkeitspolitik (inklusive fördernder und hindernder Faktoren sowie aktueller geopolitischer Herausforderungen); Entwicklung und Bewertungen von Governance-Ansätzen zur Beschleunigung von

Entscheidungsprozessen; Umgang mit konfligierenden (Nachhaltigkeits-) Zielen über verschiedene, interagierende regionale und sektorale Skalen und die Integration verschiedener gesellschaftlicher Gruppen

## Transformation in der pluralen Gesellschaft sozial und demokratisch gestalten

Wir brauchen inter- und transdisziplinäre Forschung zu den Gestaltungsbedingungen der Transformation mit einem besonderen Fokus auf Werten, Partizipation und den Potentialen einer „Just Transition“.

Die Transformation zur Nachhaltigkeit ist ein gesamtgesellschaftliches Projekt. Die gesellschaftliche Transformation läuft im Kontext des europäischen Mehrebenensystems ab. Um den Wandel zu unterstützen, müssen die Interaktionen im Gesamtsystem sowie die unterschiedlichen lokalen Herausforderungen und Bedingungen, inklusive von Werten und Normen verschiedener Gesellschaftsgruppen, besser verstanden und daraus innovative Lösungen abgeleitet werden. Ein wichtiges Konzept ist dabei „Just Transition“, mit dem die sozialen Auswirkungen umweltbezogener Transformationspolitiken adressiert werden. Notwendig ist inter- und transdisziplinäre Transformationsforschung unter anderem zu folgenden Aspekten:

- Gestaltungsbedingungen der Transformation in postfaktischen, polarisierten Zeiten: Voraussetzungen, Hindernisse, Akteurskonstellationen, Treiber und Steuerungsansätze für die Transformation zu nachhaltigen Wirtschafts- und Lebensweisen (inklusive Rolle der Finanzwirtschaft)
- Sozioökonomische Entwicklungspfade in internationaler Perspektive (Entwicklung global gerechter Szenarien; internationale Auswirkungen der Transformationsprozesse in der EU)
- Auswirkungen von Klimawandel, Zerstörung von Ökosystemleistungen und Ressourcenknappheit auf Konflikte und die Stabilität von politischen Systemen
- Entwicklung und Bewertung von Maßnahmen zur zielgruppenspezifischen Stärkung der Handlungsspielräume von privaten Haushalten für nachhaltige Konsum- und Lebensweisen

Entwicklung und Bewertung von Konzepten zur sozialen Ausgestaltung der Transformation und von Umweltpolitik, inklusive von Maßnahmen zum Abbau von Ungleichheiten und zur Stärkung von Co-Benefits für die Gesundheit, zur sozial gerechten Finanzierung der Nachhaltigkeitstransformation, zur Stärkung der Verursachergerechtigkeit und zum sozial verträglichen Abbau von nicht nachhaltigen Subventionen

- Faktoren für die Diffusion von nachhaltigen (technologischen) Innovationen und Praktiken in pluralen Gesellschaften; Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Bedürfnissen/individuellem Handeln und politischen Vorgaben, Regelungen und technischen Infrastrukturen
- Bildungs-, Kommunikations- und Einstellungsforschung als Grundlage für die Stärkung der gesellschaftsgruppenübergreifenden Auseinandersetzung mit Nachhaltigkeit
- Systematische Bewertung und Weiterentwicklung von partizipativen Prozessen hinsichtlich deren Nachhaltigkeitswirkungen und Übertragbarkeitspotentiale. Darauf aufbauend partizipative Entwicklung und Erprobung von Transformationspfaden mit Hilfe von Living Labs/Reallaboren
- Kapazitätsaufbau (Capacity Building) zu nachhaltiger Wirtschaftsweise und Biodiversitätsberichterstattung in Unternehmen und öffentlichen Organisationen (zum Beispiel Integration/Verzahnung mit Berichterstattung zu Kohlenstoffemissionen)

## Energietechnologien und -systeme der Zukunft

Wasserstoff-, weitere Speicher- und Energietechnologien müssen für eine vollständig klimaneutrale und ressourcenschonende Energieversorgung weiterentwickelt, neue langfristige Optionen erschlossen werden.

Deutschland will bis 2045, die EU bis 2050 klimaneutral sein. Die rasche Vollendung einer nachhaltigen, biodiversitäts- und ressourcenschonenden Energiewende ist dafür eine Grundvoraussetzung. Die Energiesicherheit Europas ist zu stärken und hierfür

unter anderem der Energieimport zu diversifizieren. Sowohl eine klimaneutrale und nachhaltige Energieerzeugung und -versorgung als auch die Verbesserung der Energieeffizienz und der Effizienz der eingesetzten Materialressourcen sind zentral. Hierfür müssen neue Energietechnologien erforscht und bestehende nachhaltige Technologien weiterentwickelt, getestet und auf den Markt gebracht werden. Die europäische Energieforschungsförderung soll auf die folgenden Ziele ausgerichtet sein:

- Weiterentwicklung und Integration erneuerbarer Energiequellen (Solarenergie, On- und Offshore-Windenergie, Geothermie, Wasserkraft und energetische Biomasse-Nutzung), einschließlich von Maßnahmen zur Beschleunigung von Diffusions- und Skalierungsprozessen
- Ressourceneffizienz- und Kreislaufwirtschaftsinnovationen für die nachhaltigere Produktion und Nutzung von Energietechnologien (inklusive Batterien)
- Innovationen zur Senkung des Energiebedarfs in Industrie, Stadtquartieren, Haushalten und im Mobilitätssektor, sowie zur Förderung zur gesellschaftlichen Unterstützung von neuen Technologien
- Forschungsbasierte Impulse für Normung und Standardisierung von Stromnetzen und Energienstrukturen auf EU-Ebene und darüber hinaus
- (Weiter-)Entwicklung von intelligenten Stromnetzen (Smart Grids), die in der Lage sind, große Mengen an fluktuierenden erneuerbaren Energien zu integrieren und gleichzeitig den Energiefluss in Echtzeit zu steuern; Widerstandsfähigkeit dieser Netztechnologien gegen Naturkatastrophen, Cyberangriffe und andere Risiken
- Entwicklung leistungsfähiger Speichertechnologien, die eine kontinuierliche und zuverlässige Energieversorgung ermöglichen, insbesondere im Bereich Batterien und Power-to-X (alle Verfahren, die Ökostrom/Grünen Strom in chemische Energieträger zur Stromspeicherung, in strombasierte Kraftstoffe zur Mobilität oder Rohstoffe für die Chemieindustrie umwandeln), inklusive Speicherung von Wasserstoff (unter anderem saisonale Speicherung in Kavernen),

sowie Potentiale thermischer Energiespeicherung (zum Beispiel in unterirdischen Aquiferen)

- Hochlauf der europäischen Wasserstoffwirtschaft: Materialforschung zur Schaffung neuer Katalysatoren sowie Hochtemperatur-Elektrolyseverfahren mit reduziertem Ressourcenbedarf, Vorbereitung internationaler Wasserstoff-Wertschöpfungsketten, Transport von Wasserstoff(-derivaten) über lange Distanzen, Einsatz von Wasserstoff
- Bewertung der Nachhaltigkeit von Wasserstoff und Wasserstoffderivaten im Kontext des Gesamtenergiesystems und in Bezug auf Biodiversität und die Umweltmedien Wasser, Luft, Boden
- Entwicklung und Bewertung von Optionen für die Integration von Magnet-/Laser-Fusion in Energiesysteme, die (weitgehend) dekarbonisiert und dezentralisiert sind
- F&I zu tiefer Geothermie als Erzeugungsoption mit Langzeitperspektive, vor allem mit Blick auf den Ausbau der Potentiale im Wärmesektor

## Regionales und globales Treibhausgasmanagement als Beitrag zu Klima- und Naturschutz

**Natürliche und technische Ansätze um CO<sub>2</sub> zu binden** müssen erforscht und erschlossen werden.

Da sich Treibhausgasemissionen nicht vollständig vermeiden lassen, sind CCS (Carbon Capture and Storage) und CCU (Carbon Capture and Utilisation) -Technologien notwendig, um Emissionen aufzufangen, nutzbar zu machen oder dauerhaft zu speichern. Zudem müssen Möglichkeiten entwickelt werden, um der Atmosphäre Treibhausgase zu entziehen und damit Negativemissionen zu erzielen – mittels natürlicher und technischer Senken. Maßnahmen zur Stärkung natürlicher Senken (Wälder, Moore, andere Ökosysteme) kommt dabei eine besondere Rolle zu, da ihre Leistungen historisch erprobt und mit vielen Co-Benefits (Wasserhaushalt, Biodiversität, etc.) verbunden sind.

Erforschung der natürlichen und anthropogenen Kohlenstoffkreisläufe und deren Interaktionen als Basis des Kohlenstoff-Managements

- F&I von ganzheitlichen (ökologisch effektiven, wirtschaftlich effizienten, sozial gerechten) CO<sub>2</sub>-Managementstrategien, die Klima- und Biodiversitätsschutz verbinden
- F&I zu praktikablen und nachhaltigen Lösungen für CCS, CCU und CDR (Carbon Dioxid Removal), inklusive Stärkung und Nutzung natürlicher Kohlenstoffsenken (zum Beispiel „Carbon Farming“, Aufforstungsstrategien, marine Kohlenstoffspeicher wie Mangroven und Seegraswiesen)

## Anpassung an veränderte Klimabedingungen und Steigerung der Resilienz

**Innovative, nachhaltige und maßgeschneiderte Anpassungsmaßnahmen** mit vorausschauender Wirkungsbewertung sind notwendig, um die Resilienz gegenüber Klimawandelfolgen zu erhöhen.

Die Anpassung an den Klimawandel ist ein zentrales gesellschaftliches Ziel. Hierfür sind praxisgerechte und lokal abgestimmte Daten und Innovationen notwendig. Dauerhaft erfolgreiche Maßnahmen müssen in sozialer, ökonomischer und ökologischer Hinsicht nachhaltig sein. Wichtige Forschungsbereiche sind:

- Anpassungs- und Risikomanagementstrategien, inklusive Kaskadeneffekte und Kippunkte sowie Wetterextremereignisse in Bezug auf verschiedene Wirtschaftssektoren, Infrastrukturen und Ökosysteme (zum Beispiel Agrarökosysteme, Wälder, Moore, Küsten, Wasserwege, ganzheitliche Anpassung in Kommunen)<sup>viii</sup>
- Entwicklung geeigneter, lokal angepasster Anpassungsmethoden inklusive ihrer Kombination; unter anderem naturbasierte Lösungen, technische und gesellschaftliche Innovationen

Faktoren von Vulnerabilität und Resilienz; Möglichkeiten, die Effektivität von Klimaanpassungsmaßnahmen ex-ante zu bewerten und zu steigern

- Effektive, motivierende und zielgruppengerechte Kommunikation und Maßnahmen, um das Bewusstsein über die Auswirkungen des Klimawandels weiter zu stärken sowie die gesellschaftliche Auseinandersetzung mit dem Thema zu erhöhen; Berücksichtigung von innovativen Konzepten wie dem Societal Readiness Concept
- Internationale KapazitätSENTWICKLUNG (Capacity Building) in den Bereichen Vulnerabilität, Resilienz und Anpassung, unter anderem zum Schutz des natürlichen und kulturellen Erbes vor den Folgen des Klimawandels

## Nachhaltige Stadt- und Regionalentwicklung und Mobilität

Wir brauchen **städtische und regionale Experimentierräume für nachhaltige und wirkungsvolle Innovationen**.

Städte, Gemeinden und Regionen spielen eine zentrale Rolle bei der Transformation zur Nachhaltigkeit. Bürgerinnen und Bürger haben ein vergleichsweise hohes Vertrauen in diese Ebene des politischen Mehr-ebenensystems. Kommunen sind „Umsetzer“ der Transformation, in denen Transformationswissen geschaffen, neue Technologien und Konzepte unter realen Bedingungen entwickelt, erprobt und erfahrbar werden. Forschungs- und Innovationsaktivitäten müssen sich auf jeweils geeignete funktionale Verflechtungsräume beziehen, auch wenn diese Verwaltungsgrenzen überschreiten. Mobilität als unverzichtbare Grundlage ökonomischer, sozialer und kultureller Aktivitäten, aber auch als Verursacher von Schadstoffemissionen, Lärm und Flächenverbrauch, kommt eine besondere Funktion zu. Wichtige Forschungsfelder sind:

- Pilotierung und Erprobung ganzheitlicher und integrierender Lösungen für verschiedene Nachhaltigkeitsherausforderungen im System Stadt/Gemeinde/Region mit Bewertung der territorialen, organisationalen, systemischen Wirkungen

(Soziale) Innovationen für nachhaltigen und bezahlbaren Wohnraum sowie resiliente Städte (Grüne Stadt, Schwammstadt, blau-grün-rote Infrastrukturen, regionale Wertschöpfung, lebendige Innenstädte, urbane Produktion, zirkuläres Planen und Bauen)

- Innovative (Konflikt-)Lösungen für multifunktionale Nutzungen urbaner Flächen
- Mobilitätsinnovationen in der Stadt und auf dem Land, zum Beispiel zur umweltfreundlicheren Gestaltung der Individualmobilität, zur bedarfsgerechten Anbindung und optimalen Routenplanung sowie Steigerung der Attraktivität nachhaltiger Mobilitätsangebote; Forschung zu sozialen Strukturen, soziokulturellen Faktoren, individuellen Mobilitätsbedürfnissen als Basis für eine bedarfsgerechte, bezahlbare, nachhaltige sowie resiliente Mobilität
- Intelligente, automatisierte und vernetzte Mobilitätsysteme für Güter und Personen (inklusive der Entwicklung alternativer Antriebskonzepte) mit einem Fokus auf öffentliche Verkehre, auch in Verbindung mit privatwirtschaftlichen Mobilitätsangeboten beziehungsweise -dienstleistungen, insbesondere in infrastrukturell unversorgten Räumen, sowie Unterstützung der aktiven Mobilität; Systemforschung, um die Sicherheit und Beherrschbarkeit (inklusive Cybersicherheit aller Komponenten und Schnittstellen) digitaler Mobilitätslösungen zu gewährleisten

## Zirkuläres, biobasiertes und nachhaltiges Wirtschaften

Um die regenerative und zirkuläre Wirtschaft der Zukunft aufzubauen, brauchen wir Innovationen wie **biobasierte, ressourcenschonende, schadstoffarme und energieeffiziente Prozesse, Materialien und Produkte**.

Die Etablierung einer kreislauforientierten, regenerativen und nachhaltigen Wirtschaft ist ein zentraler Baustein auf dem Weg zu Klimaneutralität, Umwelt-, Biodiversitäts- und Ressourcenschutz. Sie stärkt die strategische Autonomie und technologische Wettbewerbsfähigkeit Europas. Bioökonomie und Innovationen in der Kreislaufwirtschaft spielen hierfür eine zentrale Rolle:

Konsequenter Ausbau und Nutzung biologischen Wissens und biologischer Prinzipien für sichere und nachhaltige Innovationen unter anderem in biotechnologisch geprägter Verfahrens- und Produktentwicklung und bei der Entwicklung nachhaltiger Materialien

- Entwicklung von Prozessen und Infrastrukturen, die rückgewonnene Sekundärrohstoffe mit hohem Nutzen in den Markt zurückbringen (unter anderem für wichtige Komponenten der Energiewende, Kunststoffe, Verbundwerkstoffe, Elektrogeräte, Pflanzendünger)
- Substitution von umwelt- oder gesundheitsschädlichen Materialien sowie von Materialien, bei denen die EU eine hohe Abhängigkeit von Dritten aufweist, durch biobasierte, bioinspirierte, regenerative oder voll recycelbare Alternativen, inklusive Untersuchung von Wechselwirkungen und Nebeneffekten
- Forschung zu Potentialen der Rohstoffbasis bio-basierten Wirtschaftens durch Erhebung von umfassenden Daten zur Gewinnung und Verwendung von Biomasse auf EU-Ebene
- Biobricks, Produktionsstämme, Produktionsplattformen und -systeme sowie Weiterentwicklung des biotechnologischen Werkzeugkastens als technologische Basis der industriellen Bioökonomie
- Entdeckung, gerichtete Modifikation und Valorisierung neuartiger enzymatischer Aktivitäten und stofflicher Eigenschaften (unter anderem „Bio-prospecting“, gerichtete Evolution von Enzymen)
- (Weiter-)Entwicklung biotechnologischer Prozesse und Produktionswege, Lebenszyklusanalysen zum Vergleich der Nachhaltigkeit verschiedener Verfahren
- Pilotierung und Upscaling neuartiger biobasierter Produkte und Dienstleistungen, darunter Entwicklung kreislauffähiger Kunststoffe (Upcycling); Entwicklung biobasierter oder bioabbaubarer Kunststoffe; Substitutionslösungen für kritische Rohstoffe in Kunststoffen (beispielsweise Ersatz für PFAS (Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen))

Forschung und Entwicklung, um für diverse Produktklassen mit Hilfe eines „sustainable by design“-Ansatzes die Kreislauffähigkeit voranzubringen

## Multifunktionale Landnutzung für Ernährungssicherheit, Biodiversität und Klimaschutz

Wir brauchen **Zukunftstechnologien und innovative Praktiken für nachhaltige Landnutzung**, die Interessenkonflikte zwischen Agrar- und Ernährungswirtschaft, Klima- und Biodiversitätsschutz überwinden.

Verschiedene Landnutzungen konkurrieren um Flächen und Ressourcen. Dieser Konflikt wird durch Faktoren wie wachsende Weltbevölkerung, steigende Nachfrage nach Ökosystemleistungen, sich wandelnde Anforderungen an Tier- und Umweltschutz sowie Klimaveränderungen verstärkt. Daher sind ganzheitliche Herangehensweisen und Lösungsansätze notwendig, die die Bedarfe an Nahrungsmittelproduktion, stoffliche Nutzung und Siedlungsentwicklung bei Erhalt, Regenerierung und Förderung von Ökosystemleistungen decken. Forschung in diesem Verständnis muss Rahmenbedingungen mitdenken und systemisch angelegt sein. Im Agrarsektor sollten mit Blick auf die Farm to Fork-Strategie konventionelle, ökologische und agrarökologische Ansätze synergistisch eingebunden werden. Zu relevanten F&I-Bedarfen in diesem Themenbereich gehören<sup>ix</sup>:

- Wissenschaftliches Verständnis von (Nähr-)Stoffkreisläufen verbessern, Ansätze für geschlossene (Stoff-)Kreisläufe weiterentwickeln (Bodeninteraktionen/Pflanzen-Bodeninteraktion, etc.)
- Forschung zu epigenetischen Ansätzen und der verstärkten Nutzung der genetischen Vielfalt für die Pflanzenzüchtungsforschung
- Neuartige Anbausysteme in Kombination mit verbesserten Nutzpflanzen und optimierten Managementpraktiken für nachhaltige Ertragssteigerung (zum Beispiel zur besseren Nutzbarmachung natürlicher Potentiale wie des Mikrobioms, von Biologicals, Biocontrols etc.) erforschen und etablieren

Entwicklung und Nutzung agrarbiologischen Systemwissens zum nachhaltigen Management von Schadorganismen und invasiven Arten; Forschung zu präventiven und alternativen biozidfreien Maßnahmen; biotechnologische Verfahren, phyto-medizinische, phytosanitäre und züchterische Ansätze im Pflanzenschutz

- Schlüsseltechnologien für Lebensmittelsysteme (Food Systems) der Zukunft (unter anderem Digitalisierung, Miniaturisierung, Informations-technologie, Lebensmittelbiotechnologie und Agrartechnik, Aquakultur, breite Fruchtfolgen und Mischkulturen, moderne Züchtungsforschung, innovative Materialien und Nutzorganismen) weiterentwickeln und hinsichtlich Nachhaltigkeit und Sicherheit beforschen
- Potentiale hochwertiger Proteine für die gesundheitsförderliche Ernährung von Menschen und Tieren
- Forschung und Entwicklung von Anreizsystemen für eine stärker pflanzenbasierte, biodiversitäts-erhaltende, ressourcenschonende und gesundheits-förderliche Ernährung („planetary health diet“)
- Landnutzungsvielfalt zum Schutz von Klima und Biodiversität (unter anderem „Carbon Farming“ zur Erhöhung der Kohlenstoffspeicherung in Böden, Bewertung und Erprobung von Agri-Photovaltaik (Agri-PV) zur gleichzeitigen Flächennutzung für landwirtschaftliche Produktion und Energieerzeugung); Lösungen für Flächennutzungskonflikte
- Biodiversitätsmonitoring und effektive Maßnahmen für vorsorgenden Schutz, Überwachung, Wiederherstellung und Management von Biodiversität und Ökosystemen (auch in Kombination mit multifunktionaler Landnutzung zum Beispiel Wiedervernässung und landwirtschaftliche Nutzung der Moore) weiterentwickeln
- Analyse von Landnutzungseffekten entlang internationaler Wertschöpfungsketten und Entwicklung von Strategien zur Reduzierung negativen „Tele-couplings“, bei dem nachhaltige Landnutzungs-formen in der EU mit einer Verschlechterung der Nachhaltigkeit außerhalb der EU in Verbindung stehen

## Gewässer und Wasser nachhaltig nutzen und schützen

Wir brauchen **technologische und naturbasierte Innovationen für Wassersicherheit** und die nachhaltige Nutzung von Ozeanen, Meeren und Binnengewässern.

Wasser ist Lebensgrundlage für den Menschen und Basis für zahlreiche Ökosysteme. Meere bedecken über zwei Drittel der Erdoberfläche und sind damit der größte Lebensraum auf der Erde. Wasser ist essentiell für die Erzeugung von Lebensmitteln und eine unverzichtbare Ressource für die Stadtentwicklung und die Industrie. Klimawandel, Verschmutzung, steigender Nutzungsdruck und globale Wertschöpfungsketten erfordern verstärkte Anstrengungen und innovative Lösungen für die nachhaltige Bewirtschaftung von natürlichen Wasserressourcen und die Sicherung der zugrundeliegenden Ökosystemleistungen. Wichtige Forschungsfelder sind:

- Neue Wasserkultur und innovative Valorisierung der Ressource Wasser, einschließlich Regeneration und Schutz von Trinkwasserressourcen, Wassersicherheit auf Landschaftsebene
- Verständnis und Erhalt sowie Wiederherstellung von wassergeprägten Ökosystemen im Binnenland, an den Küsten und im Meer
- Langfristig wirksame Entwicklungen zu einer nachhaltigen „Blue (and Bio-) Economy“ mit umwelt- und naturverträglicher Nutzung der Küsten und Meere, einschließlich von Innovationen für eine nachhaltigere Gestaltung der maritimen Prozess- und Wertschöpfungskette
- Innovative Ansätze und Konfliktlösungen für multifunktionale Nutzung von Küsten-, Auen-, Moor- und Meeresgebieten zwecks Ernährungs- und Energiesicherheit, Biodiversitäts- und Klimaschutz und Wiederherstellung gestörter Meeresökosysteme einschließlich naturbasierter Lösungen
- Innovationen für die Umsetzung des EU Net-Zero-Pollution-Ansatzes
- Innovative Technologien für zukunftssicheres Wassermanagement, unter anderem unter

Verwendung von Künstlicher Intelligenz; (Weiter-) Entwicklung und Bewertung von naturbasierten Lösungen für Klimaschutz und Klimaanpassung (zum Beispiel Schwammstädte, Gründächer,

wiedervernässte Moore, Auen, Seegras); Abschätzung des Retentionspotentials von Wassereinzugsgebieten und Bewertung verschiedener Formen der Wasserretention

- i „Nachhaltigkeit“ beziehungsweise „nachhaltige Entwicklung“ folgen in diesem Papier dem Verständnis der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie. Demnach geht es um eine wirtschaftlich leistungsfähige, sozial ausgewogene und ökologisch verträgliche Entwicklung. Die planetaren Belastbarkeitsgrenzen, zusammen mit der Orientierung an einem Leben in Würde, geben dabei die absoluten äußersten Leitplanken vor. „Nachhaltig“ wird in diesem Papier grundsätzlich in diesem Sinne verwendet; „nachhaltiger Wohlstand“ beispielsweise impliziert, dass die planetaren Belastbarkeitsgrenzen eingehalten und soziale Aspekte (unter anderem intergenerationale und internationale Gerechtigkeit) beachtet werden.
- ii Während Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben kurzfristig auf diese Herausforderungen reagieren können müssen, brauchen auch die Treiber hinter diesen Entwicklungen (weiterhin) unsere Aufmerksamkeit. Siehe hierzu auch das Fokuspapier zu ziviler Sicherheitsforschung.
- iii Der Verweis auf die Erdsystemgrenzen zielt auf eine Reduzierung der negativen Auswirkungen unseres Lebens und Wirtschaftens auf ein Maß, das mit den planetaren Belastbarkeitsgrenzen – auch im Hinblick auf internationale und intergenerationale Gerechtigkeit – verträglich ist.
- iv Hier ist neben der offenen, rein erkenntnisgetriebenen Forschung insbesondere die anwendungsorientierte Grundlagenforschung gemeint, die außerwissenschaftliche Bedarfe aufgreift. Sie führt zu relevantem Wissen und Inventionen (Erfindungen) im Sinne von neuen, auf Forschung basierenden Lösungsansätzen. Als Innovation wird die Umsetzung solcher Neuerungen verstanden (Anwendung neuer Ideen, Produkte oder Methoden). Transfer bezeichnet die Überführung von wissenschaftlichen Erkenntnissen in Innovationen. Transformation bezieht sich auf grundlegende Veränderungen in der politischen, gesellschaftlichen, wirtschaftlichen oder technologischen Entwicklung – als kumulierte Wirkung von Innovationen (und weiteren Faktoren). Im Sinne der Ausrichtung dieses Papiers auf forschungs- und innovationsbasierte Impulse für eine nachhaltige Entwicklung sind die Richtungssicherheit und das Vorsorgeprinzip entlang der gesamten Kette von der Grundlagenforschung bis zur Innovation zentrale Leitplanken.
- v Generell spielt hier Forschung zum gesellschaftlichen Zusammenhalt und für ein demokratisches, kulturell vielfältiges und sozial gerechtes Europa eine wichtige Rolle. Siehe hierzu das Fokuspapier zu Europäischen Gesellschaften der Zukunft.
- vi Forschungssicherheit steht für die Berücksichtigung gesamtstaatlicher Sicherheitsinteressen und bezieht sich auf Maßnahmen, die die Forschung vor Akteuren und Verhaltensweisen schützen, die ein wirtschaftliches, strategisches und/oder nationales und internationales Sicherheitsrisiko darstellen. Mit risikoorientierten Maßnahmen für die Forschungssicherheit kann die Grundlage für Wissenschaftsfreiheit, Forschungsintegrität, „Open Science“, Transparenz und vertrauliche Kooperationen zum beiderseitigen Nutzen verbessert werden. Siehe hierzu das Positionspapier des Bundesministeriums für Bildung und Forschung zur Forschungssicherheit im Lichte der Zeitenwende ([https://www.bmbf.de/SharedDocs/Downloads/de/2024/positionspapierforschungssicherheit.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bmbf.de/SharedDocs/Downloads/de/2024/positionspapierforschungssicherheit.pdf?__blob=publicationFile&v=1)).
- vii Gleichzeitig gilt es, die Nachhaltigkeit digitaler Technologien (z. B. hinsichtlich Energie-, Wasser- und Ressourcenbedarf sowie Auswirkungen auf Biodiversität und Gesundheit) zu verbessern. Siehe hierzu auch das Fokuspapier zu Schlüsseltechnologien.
- viii Auch die zivile Sicherheitsforschung, in der die Vorbereitung von Staat und Gesellschaft auf Extremwetterereignisse und die Katastrophenresilienz erforscht werden, leistet hier einen wichtigen Beitrag – siehe hierzu das entsprechende Fokuspapier.
- ix Siehe zu gesundheitsbezogenen Fragen in diesem Themenbereich – und in anderen – auch das Fokuspapier zu Gesundheitsforschung und -innovation für die Zukunft Europas.

## Impressum

### **Herausgeber**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Abteilung Zukunftsvorsorge – Forschung für Grundlagen und nachhaltige Entwicklung  
Referat Grundsatzfragen, Digitalisierung und Transfer  
53170 Bonn

### **Stand**

Januar 2025

### **Text**

BMBF und NKS B&U (Projektträger Jülich)

### **Gestaltung**

Projektträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH

### **Druck**

BMBF

Diese Publikation wird als Fachinformation des Bundesministeriums für Bildung und Forschung kostenlos herausgegeben. Sie ist nicht zum Verkauf bestimmt und darf nicht zur Wahlwerbung politischer Parteien oder Gruppen eingesetzt werden.

