



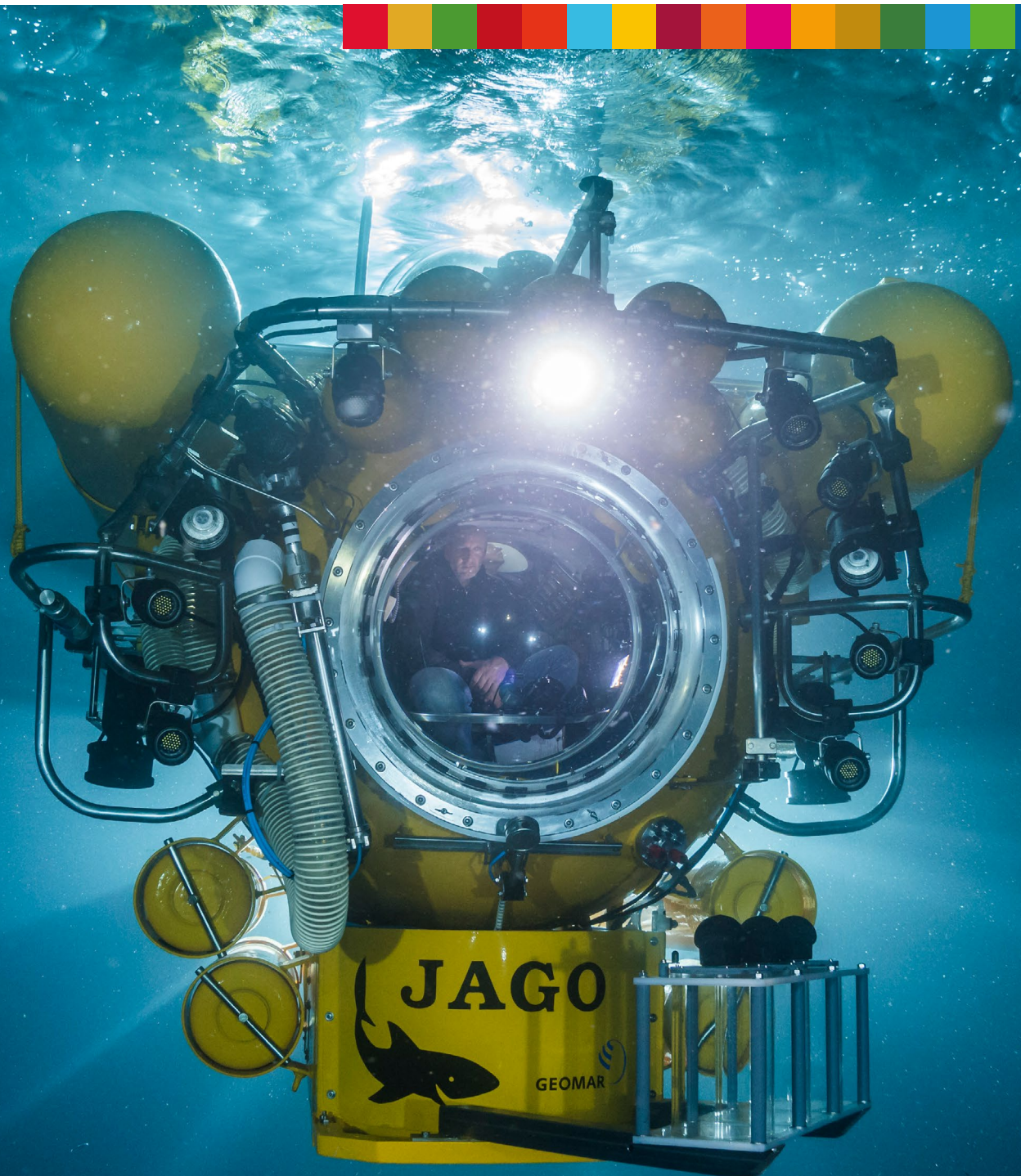
Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

**FONA**

Forschung für Nachhaltigkeit

# Forschung für Nachhaltigkeit

Eine Strategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung





# Inhaltsverzeichnis

Vorwort	2
<hr/>	
Einleitung	3
<hr/>	
Wofür steht FONA? – 10 Grundsätze für die FONA-Strategie	5
<hr/>	
Drei strategische Ziele, acht Handlungsfelder und 25 Aktionen	6
<hr/>	
Ziel 1: Klimaziele erreichen .....	8
Ziel 2: Lebensräume und natürliche Ressourcen erforschen, schützen, nutzen.....	22
Ziel 3: Gesellschaft und Wirtschaft weiterentwickeln – gut leben im ganzen Land .....	38
<hr/>	
Querschnittsthemen – Handlungsansätze in FONA	48
<hr/>	
Digitalisierung, Daten und KI für Nachhaltigkeit und Nachhaltigkeitsforschung nutzen.....	48
Wissens- und Technologietransfer für die nachhaltige Entwicklung .....	49
Unser Beitrag zur Lösung globaler Herausforderungen – Gemeinsam in Europa und der Welt .....	52
Forschungsinfrastrukturen.....	56
<hr/>	
Umsetzung der Strategie	58
<hr/>	
Impressum	61
<hr/>	



## Vorwort

Wissen, wie Zukunft geht – dafür haben wir unsere Strategie „Forschung für Nachhaltigkeit“ (FONA) entwickelt. Denn die Zukunft nachhaltig gestalten können wir nur, wenn wir die notwendige Wissensgrundlage dafür haben. Die Herausforderungen, vor denen wir stehen, sind groß: Der Klimawandel, die Migrationsbewegungen, die Covid-19-Pandemie führen uns vor Augen, wie verwundbar unsere Art zu leben und zu wirtschaften ist. Wir wollen daraus lernen, um Deutschland und Europa krisenfest zu machen.

Wir tragen Verantwortung für die Generationen, die nach uns kommen. Um ihnen ein gutes Leben auf diesem Planeten zu ermöglichen, haben die Vereinten Nationen die globalen Nachhaltigkeitsziele gesetzt. Uns bleiben noch zehn Jahre, um sie zu erreichen. Daher stellen wir in FONA die Nachhaltigkeitsziele in den Mittelpunkt und setzen auf die Kraft von Forschung und Innovation.

Es geht darum, Wissen zu schaffen. Es geht aber ebenso darum, Wissen anzuwenden. Forschungsergebnisse schneller in die Praxis zu bringen, ist mir ein wichtiges Anliegen. Nur so entstehen aus Forschung Innovationen, die unser Leben besser machen. Es geht um Zukunftstechnologien in den Bereichen Grüner Wasserstoff, Kreislaufwirtschaft, Klimaschutz und Bioökonomie. Wir wollen bei der Energiewende, der Ressourceneffizienz und dem Klimaschutz Technologieführer bleiben oder werden.

Deutschland ist Innovationsland. Unsere Innovationskraft ist Grundlage für unsere Wirtschaftskraft. Sie ist Grundlage dafür, dass wir in der Lage sind, die großen Herausforderungen zu meistern. Und sie sichert den Zusammenhalt unserer Gesellschaft. Wir lassen niemanden zurück. Bei FONA arbeiten wir an Zukunftslösungen für Stadt und Land, wir wollen strukturschwache Regionen stärken und gleichwertige Lebensverhältnisse ermöglichen. Und: Wir denken über Deutschland hinaus. Wir betrachten FONA europäisch und verstärken die internationale Forschungszusammenarbeit.

Aus Krisen zu lernen und unsere Zukunft aktiv zu gestalten – mit Hilfe von Forschung und Innovation. Darum geht es. Lassen Sie uns gemeinsam diese Chance nutzen und neue Wege für eine lebenswerte Zukunft gehen.

Anja Karliczek  
Mitglied des Deutschen Bundestages  
Bundesministerin für Bildung und Forschung



# Einleitung

Die Zukunft gehört nachfolgenden Generationen. Es liegt in unserer Verantwortung, ihnen eine lebenswerte Umwelt zu hinterlassen. Infolgedessen stehen mit dem Kohleausstieg, der Energiewende oder dem ökologischen Umbau der Landwirtschaft und dem Klimaschutz seit Jahrzehnten etablierte Wirtschafts- und Geschäftsmodelle vor erheblichen Umbrüchen. Gleichzeitig fehlen noch immer Lösungskonzepte für große Herausforderungen, wie Ressourcenknappheit, Klimawandel, Versauerung der Ozeane oder Artenverlust. Hier setzt die „Forschung für nachhaltige Entwicklung (FONA)“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) an – und das schon seit 2005. Die neue FONA-Strategie stellen wir unter das Motto: „Wissen, wie Zukunft geht“. FONA berücksichtigt ökologische, ökonomische und soziale Interessen gleichermaßen. Zudem greift FONA aktuelle Entwicklungen, die die Nachhaltigkeit betreffen, auf. So hat uns zuletzt die Covid-19-Pandemie schonungslos offenbart, wie verwundbar unser Zusammenleben und Wirtschaften ist. Ziel wird es also sein, unsere Gesellschaft resilienter gegen solche und ähnliche Krisen zu gestalten. Dies muss nachhaltig geschehen. Daher ist die Covid-19-Pandemie nicht nur Herausforderung, sondern auch Chance.

Es ist wichtig, dass alle von diesem Umbau profitieren und niemand zurückgelassen wird. Insbesondere jetzt gilt es also, den Grundsatz der Agenda 2030 „Leave no one behind“ als Handlungsmaxime zu verstehen und politische Maßnahmen an den globalen Nachhaltigkeitszielen der Vereinten Nationen auszurichten. Dazu hat sich die Bundesregierung verpflichtet. Die Ziele der Agenda 2030 zu erreichen, ist zum zentralen Leitbild für die europäische Politik geworden. In Deutschland hat sie Eingang in die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie (DNS) gefunden, an der sich alle Ressorts ausrichten. Bisher sind unsere Bemühungen noch nicht ausreichend, um alle Ziele bis 2030 zu erfüllen. Die G-20-Staaten sind für rund die Hälfte der noch unerfüllten Nachhaltigkeitsziele verantwortlich. In Deutschland werden aktuell 20 von 25 Umweltzielen der DNS verfehlt.

Das zeigt auch der Global Sustainable Development Report (GSDR), in dem unabhängige Experten 2019 erstmals aufzeigten, dass weiterhin massiver Handlungsbedarf besteht. Die Autoren des GSDR fordern daher auch eine Nachhaltigkeitsforschung, die sich noch stärker an den globalen Nachhaltigkeitszielen ausrichtet. Genau das tun wir mit der vorliegenden FONA-Strategie, die ein zentraler Beitrag des BMBF zur Umsetzung der Agenda 2030 ist. Wir handeln mit der FONA-Strategie in dem Bewusstsein, dass die nächsten zehn Jahre entscheidend sind, um die Ziele der Agenda 2030 zu erreichen. Wir werden noch mehr dafür tun, dass Wissen schneller den Weg in die Anwendung findet. Wissen mit Wirkung ist deshalb eines unserer zentralen Anliegen.

Es ist Aufgabe der Forschung, das nötige Wissen für die nachhaltige Gestaltung der Veränderungsprozesse bereitzustellen, die zum Beispiel durch Digitalisierung, Globalisierung oder Pandemien ausgelöst wurden und werden. Forschung soll helfen, Zielkonflikte zu erkennen und innovative Lösungswege aufzuzeigen. Die FONA-Strategie soll die Partner zusammenbringen, die innovative Lösungen für eine nachhaltigere Praxis möglich machen. Politik, Wirtschaft und Gesellschaft brauchen dieses Wissen – für neue Technologien, für neue Ideen und für neue Handlungsoptionen. FONA setzt damit Impulse für die notwendige Weiterentwicklung unserer Gesellschaft.

Der Wandel zu mehr Nachhaltigkeit ist die Chance, die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands langfristig zu erhalten. Innovationen sind dafür der zentrale Treiber. Die vom BMBF koordinierte Hightech-Strategie 2025 (HTS) bildet dabei das strategische Dach der Forschungs- und Innovationspolitik der Bundesregierung. Mit ihrem missionsorientierten Ansatz im Bereich Nachhaltigkeit, Klimaschutz und Energie verankert die HTS das Leitbild für eine nachhaltige und klimafreundliche Entwicklung in der Innovationspolitik. Die FONA-Strategie trägt in sechs Missionen der HTS entscheidend dazu bei. Um den Transfer von Ideen, Wissen und Technologien

in die Anwendung zu beschleunigen, soll insbesondere das Innovationspotenzial von kleinen und mittleren Unternehmen verstärkt werden. Wir werden mit Forschung und Innovation Zukunftstechnologien in den Bereichen Grüner Wasserstoff, Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie „made in Germany“ so vorantreiben, dass wir bei der Energiewende, der Ressourceneffizienz und im Klimaschutz Technologieführer und Exportweltmeister bleiben oder werden. Und wir werden niemanden zurücklassen. Die Stärkung strukturschwacher Regionen, die Schaffung gleichwertiger Lebensverhältnisse und gesellschaftlicher Zusammenhalt sind daher integrale Bestandteile unserer FONA-Strategie. Wir machen Nachhaltigkeit durch Forschung und Innovation über Ländergrenzen hinweg erlebbar. Mit unseren Investitionen in nachhaltige Innovationen unterstützen wir den europäischen Green Deal als Motor für einen grünen Umbau der europäischen Wirtschaft nach der Covid-19-Pandemie.

In der FONA-Strategie formulieren wir zehn Grundsätze als strategische Leitlinie. Diese Grundsätze bilden den Rahmen für unseren Beitrag zur Erreichung der internationalen und nationalen Nachhaltigkeitsziele. Die FONA-Strategie setzt die Impulse für den Aufbruch in eine krisenfeste und nachhaltige Zukunft.



Bezüge der FONA-Strategie zur Forschungs- und Nachhaltigkeitspolitik

# Wofür steht FONA? – 10 Grundsätze für die FONA-Strategie

Wir haben FONA für die nächsten fünf Jahre neu aufgestellt. FONA ist eine Strategie, die die 17 Sustainable Development Goals (SDGs) der Agenda 2030 aufgreift. Hierbei orientieren wir uns an folgenden zehn Grundsätzen:

## **1. FONA ist zielgerichtet, transparent und überprüfbar.**

Wir definieren übergeordnete strategische Ziele, durch die Forschung einen wesentlichen Beitrag zur Agenda 2030 leisten kann. Unsere strategischen Ziele untersetzen wir mit Handlungsfeldern und Aktionen. Die Aktionen sind unser zentraler Umsetzungshebel und basieren auf konkreten Umsetzungsschritten und Meilensteinen. So wird nachvollziehbar, wo wir unsere Ziele erreicht haben oder wo wir nachsteuern müssen.

## **2. FONA fördert Forschung, die politisch und gesellschaftlich wirkt.**

Wissen allein ist nicht genug. Wichtig ist, dass dieses Wissen in Konzepten, Technologien, Verfahren und Geschäftsmodellen sowie in der Gesetzgebung umgesetzt und angewendet wird. Nur so kann Wissen Wirkung zeigen für die nachhaltige Entwicklung in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft. FONA ist der zentrale Beitrag des BMBF dazu.

## **3. FONA liefert die Basis für den grünen Neustart.**

FONA versteht sich als Innovationstreiber von Kompetenzen, Technologien und Dienstleistungen für grünes Wachstum. Durch FONA erhält die deutsche Wirtschaft einen Modernisierungsschub für den Post-Corona-Neustart, um sich für grüne Zukunftsmärkte fit zu machen.

## **4. FONA stärkt den Standort Deutschland.**

In der Entwicklung zukunftsweisender Technologien und sozialer Innovationen liegt die Zukunft des Wissens- und Wirtschaftsstandorts Deutschland. Mit Zukunftstechnologien „made in Germany“ schaffen wir neue Chancen für Wohlstand und Beschäftigung und steigern gleichzeitig die wirtschaftliche und gesellschaftliche Resilienz.

## **5. FONA ist europäisch.**

Wir denken FONA europäisch und setzen uns für eine stärkere Zusammenarbeit mit unseren europäischen Partnern ein. Durch koordiniertes Vorgehen können wir Forschungsressourcen in Europa besser nutzen und einen substanziellen Beitrag zum Green Deal der Europäischen Kommission leisten.

## **6. FONA ist international.**

Die Ziele der Agenda 2030 erfordern neue internationale Partnerschaften, in denen Industrie-, Schwellen- und Entwicklungsländer gemeinsam für eine nachhaltige Zukunft verantwortlich sind. Globale Herausforderungen kann kein Land allein bewältigen. Um unseren Planeten zu schützen und für künftige Generationen zu erhalten, arbeiten wir weltweit zusammen.

## **7. FONA schafft systemische Lösungen.**

Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Gesellschaft bringen uns isolierte Maßnahmen in einzelnen Sektoren nicht weiter. Gefragt sind systemische Lösungen – beispielsweise für eine ressourcenschonende Kreislaufwirtschaft, für die Energiewende und eine nachhaltige Mobilität. Dazu müssen ökologische, ökonomische und soziale Belange gleichermaßen berücksichtigt werden.

## **8. FONA ist interdisziplinär.**

Die Nachhaltigkeitsforschung in Deutschland ist stark und vielfältig. Mit FONA bieten wir das strategische Instrument, um Kompetenzen und Know-how zu bündeln, indem Fach-, Disziplin- und Institutionsgrenzen überwunden und außeruniversitäre sowie universitäre Forschung zusammengebracht werden. FONA ist damit eine international einzigartige Förderstrategie.

## **9. FONA ist transdisziplinär.**

Akteure aus Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft an Forschungsprojekten zu beteiligen, trägt zu einem besseren systemischen Verständnis bei. Außerdem sind Akteure wie Kommunen, Unternehmen oder NGOs bereits an der Konzeption der Forschungsprojekte beteiligt. FONA sorgt so dafür, dass Forschungsergebnisse Eingang in die Praxis finden und die Forschung von der Expertise der Akteure profitiert.

## **10. FONA kommt bei den Kommunen und bei den Menschen an.**

Wir setzen in FONA auf Partizipation und Forschung, die im Alltag ankommt. Wir schaffen Experimentierräume in den Kommunen, in denen innovative Lösungen vor Ort bürgernah erprobt werden. Damit machen wir lokale Expertise für die Wissenschaft zugänglich und fördern die aktive Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern an der Erarbeitung von Zukunftslösungen für die Weiterentwicklung zu einer nachhaltigen Wirtschaft und Gesellschaft.

# Drei strategische Ziele, acht Handlungsfelder und 25 Aktionen

Die Evaluation der vergangenen FONA-Rahmenprogramme seit 2005 hat gezeigt, dass Forschung sehr wirksam nachhaltige Entwicklung voranbringen kann. Aber sie hat auch Entwicklungspotenzial deutlich gemacht: Wissen mit Wirkung braucht klare Zielsetzungen. Das wollen wir mit der neuen FONA-Strategie erreichen. Wir konzentrieren uns daher auf drei strategische Ziele, zu denen Forschung einen entscheidenden Beitrag für eine nachhaltige Zukunft leisten kann:

- Klimaziele erreichen
- Lebensräume und natürliche Ressourcen erforschen, schützen, nutzen
- Gesellschaft und Wirtschaft weiterentwickeln – gut leben im ganzen Land

Die Ziele werden in acht prioritären Handlungsfeldern konkretisiert. Für jedes Handlungsfeld stellen wir vor, welche Aktionen wir im Einzelnen planen, um unsere Ziele zu erreichen. Die Aktionen sind der zentrale Umsetzungshebel in der FONA-Strategie und mit konkreten Umsetzungsschritten und Meilensteinen untersetzt, die sich an aktuellen Forschungs- und Innovationsbedarfen orientieren. Die Aktionen machen den Beitrag der FONA-Forschung zu den strategischen Zielen transparent und nachvollziehbar. So wird ersichtlich, wo unsere Ziele erreicht wurden und wo bei Bedarf nachgesteuert werden muss. Damit wird FONA seinem Anspruch als offener Handlungsrahmen gerecht.

Die Bandbreite unserer Maßnahmen erstreckt sich von nationalen wie internationalen strategischen Kooperationen über die Entwicklung neuer Strategien oder Roadmaps bis hin zur Forschungsförderung und Umsetzung sowie Verbreitung der Ergebnisse. In den folgenden 25 Aktionen stellen wir vor, wie wir in den nächsten fünf Jahren mit konkreten Maßnahmen zu mehr Nachhaltigkeit und Resilienz in Deutschland und weltweit beitragen werden. Themen, die sich über alle Ziele, Handlungsfelder und Aktionen erstrecken, werden von uns als Querschnittsthemen übergreifend behandelt. In FONA sind das Digitalisierung, Wissens- und Technologietransfer, europäische und internationale Zusammenarbeit und die strategische Planung von Forschungsinfrastrukturen (→ Querschnittsthemen, ab S. 48).

## Die 17 Nachhaltigkeitsziele (SDGs) der Agenda 2030





 <b>Ziel 1: Klimaziele erreichen</b>      	
<b>Handlungsfeld 1:</b> Treibhausgase vermeiden und mindern (Mitigation)	<b>Aktion 1:</b> Industrielle Prozessemissionen reduzieren, CO <sub>2</sub> als Rohstoff nutzen   S. 10 <b>Aktion 2:</b> Grünen Wasserstoff in Deutschland etablieren   S. 11 <b>Aktion 3:</b> Umweltschonende Methoden der CO <sub>2</sub> -Entnahme aus der Atmosphäre prüfen   S. 13
<b>Handlungsfeld 2:</b> Anpassungsfähigkeit und Risikovorsorge verbessern (Adaptation)	<b>Aktion 4:</b> Klimawandelbedingte Extremereignisse in Deutschland erforschen   S. 15 <b>Aktion 5:</b> Auswirkungen von Klimawandel auf Gesundheit verstehen und vorbeugen   S. 16 <b>Aktion 6:</b> Städte und Regionen resilienter machen   S. 17
<b>Handlungsfeld 3:</b> Wissen für wirksame Klimapolitik	<b>Aktion 7:</b> Globale Klimamodellierung verbessern   S. 19 <b>Aktion 8:</b> Treibhausgase für den Klimaschutz überwachen   S. 20 <b>Aktion 9:</b> Klimamaschinen Meeres- und Polarregionen verstehen   S. 21
 <b>Ziel 2: Lebensräume und natürliche Ressourcen erforschen, schützen, nutzen</b>       	
<b>Handlungsfeld 4:</b> Erhalt der Artenvielfalt und Lebensräume	<b>Aktion 10:</b> Biodiversitätsmonitoring in Deutschland weiterentwickeln   S. 24 <b>Aktion 11:</b> Systemzusammenhänge von Biodiversitätsveränderungen verstehen   S. 26 <b>Aktion 12:</b> Lebensräume und Ökosysteme erhalten   S. 27
<b>Handlungsfeld 5:</b> Natürliche Ressourcen sichern (Wasser, Böden)	<b>Aktion 13:</b> Wasserkrisen global mindern   S. 29 <b>Aktion 14:</b> Die Verschmutzung von Flüssen und Meeren stoppen   S. 30 <b>Aktion 15:</b> Gesunde Böden erhalten und Land nachhaltig nutzen   S. 31 <b>Aktion 16:</b> Weiterentwicklung von Agrar- und Ernährungssystemen   S. 32
<b>Handlungsfeld 6:</b> Kreislaufwirtschaft – Rohstoffe effizient nutzen, Abfall vermeiden	<b>Aktion 17:</b> Gesamtrohstoffproduktivität steigern   S. 34 <b>Aktion 18:</b> Bioökonomie: Biobasierte Rohstoffe nutzen und Abfälle vermeiden   S. 35 <b>Aktion 19:</b> Kunststoffkreisläufe schließen   S. 36 <b>Aktion 20:</b> Phosphorrecycling: Abfallströme verwerten, Ressourcen rückgewinnen   S. 37
 <b>Ziel 3: Gesellschaft und Wirtschaft weiterentwickeln – gut leben im ganzen Land</b>     	
<b>Handlungsfeld 7:</b> Gesellschaft gemeinsam gestalten – Zusammenhalt stärken	<b>Aktion 21:</b> Gleichwertige Lebensverhältnisse – Wohlstand, Teilhabe und Demokratie stärken   S. 40 <b>Aktion 22:</b> Nachhaltige Ausrichtung des Wirtschafts- und Finanzsystem unterstützen   S. 42
<b>Handlungsfeld 8:</b> Regionen innovativ gestalten	<b>Aktion 23:</b> Strukturwandel in den Kohlerevieren mit Forschung und Innovationen gestalten   S. 44 <b>Aktion 24:</b> Wandel in Stadt, Land und Regionen zukunftsfähig gestalten   S. 45 <b>Aktion 25:</b> Nachhaltige Mobilität in Stadt und Land sichern   S. 47



## Ziel 1: Klimaziele erreichen



**Die globale Erwärmung ist vor allem auf den Anstieg des menschengemachten Treibhausgasausstoßes zurückzuführen. Die Folgen sind bereits heute weltweit zu beobachten. Auch in Deutschland bekommen wir die Auswirkungen des Klimawandels zu spüren: Starkregen, Trockenheit und Hitzerekorde nehmen zu, der Meeresspiegel steigt.**

Auf der Pariser Klimaschutzkonferenz im Dezember 2015 (COP21) haben sich 195 Staaten erstmals auf ein allgemeines weltweites Klimaschutzübereinkommen geeinigt. Fast alle Staaten der Erde haben sich damit völkerrechtlich verpflichtet, nationale Klimaschutzziele zur Umsetzung des Übereinkommens zu definieren. Ziel ist es, die Erderwärmung auf deutlich unter 2 Grad und möglichst sogar auf 1,5 Grad zu begrenzen. Dazu müssen die Emissionen bis Mitte des Jahrhunderts auf netto-null zurückgehen. Außerdem wollen die Vertragsstaaten die Resilienz und Anpassungskapazitäten weltweit verbessern. Die Beschlüsse stehen in engem Bezug zum Nachhaltigkeitsziel „Maßnahmen zum Klimaschutz“ (SDG 13) der Vereinten Nationen, das Sofortmaßnahmen fordert, um den Klimawandel und seine Auswirkungen zu bekämpfen. Die aktuellen Selbstverpflichtungen reichen bei Weitem nicht aus, um das beschlossene Ziel zu erreichen. Die Europäische Kommission hat daher als einen Beitrag den European Green Deal verkündet, um Europa bis 2050 zum ersten klimaneutralen Kontinent zu machen.

Deutschland hat den Klimaschutzplan 2050 auf den Weg gebracht und leistet so seinen Beitrag zum Übereinkommen von Paris. Mit dem Klimaschutzprogramm 2030 und dem Bundes-Klimaschutzgesetz hat die Bundesregierung erste konkrete Umsetzungsschritte beschlossen. Forschung und Innovation sind Kernbestandteile dieses Programms. Sie sind Voraussetzung dafür, dass die ambitionierten Klimaschutzziele der Bundesregierung und der Europäischen Union erreicht, zusätzliche Dynamiken angestoßen und neue Klimaschutzpotenziale erschlossen werden.

Forschung und Innovation werden sich auf wichtige Sektoren fokussieren, um wesentliche Fortschritte bei der Reduzierung von Treibhausgasemissionen sowie bei der Risikovorsorge und Anpassung an den Klimawandel zu erzielen. Neue Klimamodelle sowie Treibhausgas-Monitoringsysteme liefern dabei die erforderlichen Daten und Informationen als Basis für eine wirksame und glaubwürdige Klimapolitik.

## Handlungsfeld 1: Treibhausgase vermeiden und mindern (Mitigation)



Bis 2050 will Deutschland weitgehend treibhausgasneutral sein. Dazu müssen bis 2030 die Treibhausgasemissionen gemäß Bundes-Klimaschutzgesetz um mindestens 55 Prozent gegenüber 1990 vermindert werden. Das erfordert wettbewerbsfähige Maßnahmen mit großer Hebelwirkung hinsichtlich des Potenzials zur Einsparung und Vermeidung von Treibhausgasen.

2019 hat Deutschland rund 805 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> freigesetzt. Größte Verursacher sind die Energiewirtschaft mit 254 Millionen Tonnen, der Industriesektor mit 188 Millionen Tonnen und die Landwirtschaft mit 68 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>. In allen Sektoren müssen praktikable Lösungen gefunden werden, damit sich Investitionen in den Klimaschutz lohnen

und Treibhausgase substantiell reduziert werden. Mit unseren Aktionen zur Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes, zur CO<sub>2</sub>-Nutzung in der Industrie sowie zu Grünem Wasserstoff arbeiten wir genau darauf hin. Trotz aller Bemühungen, Treibhausgasemissionen zu vermeiden und zu mindern, muss auch die Möglichkeit mitgedacht werden, dass die notwendige Treibhausgasneutralität nicht schnell genug erlangt wird, um die Pariser Klimaziele zu erreichen. Ein weiteres Aktionsfeld, das wir uns deshalb noch erschließen, ist die CO<sub>2</sub>-Entnahme aus der Atmosphäre. Um ihre Chancen und Risiken besser bewerten zu können, ist eine solide Wissensbasis erforderlich. Erst dann kann eine politische Weichenstellung und praktische Umsetzung erfolgen.

### Handlungsfeld 1: Treibhausgase vermeiden und mindern (Mitigation)



**Aktion 1: Industrielle Prozessemissionen reduzieren, CO<sub>2</sub> als Rohstoff nutzen | S. 10**

**Aktion 2: Grünen Wasserstoff in Deutschland etablieren | S. 11**

**Aktion 3: Umweltschonende Methoden der CO<sub>2</sub>-Entnahme aus der Atmosphäre prüfen | S. 13**

## Aktion 1: Industrielle Prozessemissionen reduzieren, CO<sub>2</sub> als Rohstoff nutzen

Wir werden CO<sub>2</sub> sowie andere Abgase als Rohstoff verwerten, die Emissionen von Treibhausgasen vermeiden und Lösungen für eine nachhaltige Grundstoffindustrie entwickeln.

### Wo stehen wir?

Klimaschutz und eine wettbewerbsfähige Industrie sind kein Widerspruch. Wir wollen den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der Industrie nachhaltig reduzieren: direkt durch Prozessoptimierungen und Effizienzsteigerungen mithilfe von neuen Technologien und Verfahren oder indirekt durch die Nutzung von CO<sub>2</sub> als Rohstoff (Carbon Capture and Utilisation, kurz: CCU). Auf diese Weise kann der Einsatz fossiler Rohstoffe in der gesamten Industrie erheblich verringert werden.

### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Die Vermeidung von prozessbedingten Emissionen der Industrie – vor allem der Grundstoffindustrie – ist auf mehreren Wegen möglich: 1. durch Steigerung der Prozesseffizienz, 2. durch den Wechsel zu erneuerbaren Energieträgern, 3. durch die Nutzung von CO<sub>2</sub> als Rohstoff sowie 4. durch die Nutzung gänzlich neuer Verfahrensansätze. Dabei ist neben der rein technischen Machbarkeit wichtig, dass die so hergestellten klimaneutralen Grundstoffe wettbewerbsfähig erzeugt oder bereitgestellt werden können. Erheblicher Forschungsbedarf besteht beispielsweise zur Erzeugung von CO<sub>2</sub>-freiem Stahl.

Die effiziente Nutzung von CO<sub>2</sub> als Kohlenstoffquelle in Verbindung mit erneuerbarem Strom und Recycling hat das Potenzial, den Weg in eine zirkuläre Wirtschaft zu ebnen und den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von Industrien und Produkten erheblich zu senken. Der technische Entwicklungsstand der unterschiedlichen CO<sub>2</sub>-Nutzungstechnologien variiert stark und erfordert Forschungsansätze auf verschiedenen Ebenen. Neben bereits marktfähigen Prozessen gibt es auch einige vielversprechende Ansätze in noch früheren Entwicklungsstadien. Dazu gehören innovative Ideen wie die künstliche Photosynthese, bei

der aus Wasser und CO<sub>2</sub> mittels Sonnenlicht verschiedene Produkte wie Wasserstoff, Kraftstoffe oder Chemikalien hergestellt werden.

### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- Mit einem neuen Förderschwerpunkt zur Vermeidung von klimarelevanten Prozessemissionen in der Industrie widmen wir uns ab 2021 der Entwicklung von Prozessen und Verfahrenskombinationen, die zur Vermeidung von Treibhausgasen in Schlüsselindustrien wie der Metall- und der Chemieindustrie sowie der Zement- und Kalkindustrie beitragen. Dabei werden neben technologischen Innovationen auch deren Konkurrenzfähigkeit und ihre Einbettung in wirtschaftliche Rahmenbedingungen berücksichtigt.
- Mit dem Carbon2Chem-Ansatz wird ab 2020 die großtechnische Wiederverwertung von Hüttengasen der Stahlindustrie weiterentwickelt. Komplementär dazu werden Ansätze zum Ersatz von Kohle durch Wasserstoff als Reduktionsmittel bei der Stahlproduktion gefördert. Weitere Förderschwerpunkte werden mit Blick auf die Herstellung von strombasierten Treibstoffen und Chemikalien angestoßen.
- Ab 2020 fördern wir neben Carbon2Chem auch die Entwicklung weiterer CCU-Technologien zur Nutzung von CO<sub>2</sub> als nachhaltiger Kohlenstoffquelle für die Industrie. Bis 2024/25 werden so konkrete CO<sub>2</sub>-Nutzungspotenziale ermittelt und die Voraussetzungen für eine industriegetriebene Weiterentwicklung von Verfahren zur Verminderung von Prozessemissionen geschaffen. Zwischen 2025 und 2030 werden wir konkurrenzfähige Prozesse und Demonstrationsanlagen im Industriemaßstab bis zur Marktreife führen.
- Mit der Umsetzung der Forschungs- und Innovationsagenda zur Nutzung von CO<sub>2</sub> als Rohstoff für eine Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft bis 2025 werden wir Forschungsansätze bündeln und Wege in die industrielle Anwendung unterstützen.
- Auch vielversprechende neuartige Ansätze wie beispielsweise die künstliche Photosynthese werden wir ab 2020 gezielt fördern, insbesondere durch eine Forschungspartnerschaft mit den USA.



## Aktion 2: Grünen Wasserstoff in Deutschland etablieren

Wir werden Grünen Wasserstoff marktfähig machen und seine Produktion, Transportfähigkeit sowie Nutzbarkeit im industriellen Maßstab ermöglichen.

### Wo stehen wir?

Grüner Wasserstoff ist der Energieträger der Zukunft und für das Gelingen der Energiewende unverzichtbar. So lassen sich durch Grünen Wasserstoff auch die Bereiche klimafreundlich gestalten, die das Klima heute am meisten belasten: die Industrie (→ Aktion 1, S. 10), der Verkehr und die Wärmeversorgung. Weil Deutschland – wie viele andere Staaten auch – seinen Bedarf an Grünem Wasserstoff nicht allein decken können, braucht es Importe von Grünem Wasserstoff aus wind- und sonnenreichen Regionen. Eine enge internationale Zusammenarbeit zu Grünem Wasserstoff wird zukünftig deshalb umso wichtiger sein.

### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Die Wasserstoffgewinnung aus erneuerbaren Energien ist technisch weit fortgeschritten – Grüner Wasserstoff wird durch Elektrolyse klimaneutral aus erneuerbarem Strom und Wasser erzeugt. Eine Herausforderung für die Forschung sind die noch immer hohen Produktions- und Transportkosten. Zudem fehlen Anlagen und Lieferketten in marktrelevanten Größenordnungen. Je nach Technologie sind weitere technische Potenziale in den Bereichen Lebensdauer und Prozessenergieeffizienz zu heben, um Grünen Wasserstoff konkurrenzfähig zu machen. Zu klären ist außerdem die Frage nach geeigneten Transportlösungen, insbesondere über längere Distanzen. Neben den gängigen, energieintensiven Verfahren – flüssig oder unter Druck – kommen hierfür Trägerchemikalien infrage, an die Wasserstoff während des Transports gebunden wird. Eine alternative Möglichkeit ist die Herstellung synthetischer Wasserstoff-Folgeprodukte wie Kraftstoff oder Ammoniak und deren Transport mit herkömmlicher Infrastruktur.

### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- Gemeinsam mit drei weiteren Ressorts haben wir 2020 die Nationale Wasserstoffstrategie als kohärenten Handlungsrahmen der Bundesregierung auf den Weg gebracht. Sie soll Deutschlands Einstieg in eine Wasserstoffwirtschaft ermöglichen.
- Gemeinsam mit Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft werden wir eine Roadmap für die Wasserstoffwirtschaft aufsetzen. Ziel ist es, konkreten Forschungs- und Handlungsbedarf zu formulieren.

- Wir haben 2020 den Ideenwettbewerb „Wasserstoffrepublik Deutschland“ gestartet. Groß angelegte Leitprojekte sollen die Grundlagen für eine breite Verwendung von Grünem Wasserstoff in Industrie, Verkehr und Gebäuden schaffen. Ein zentraler Aspekt wird sein, eine konkurrenzfähige Wasserelektrolyse im industriellen Maßstab (größer als ein Gigawatt) auf den Weg zu bringen. Der Ideenwettbewerb ist aber auch offen für völlig neue Technologien, die in der anwendungsorientierten Grundlagenforschung entwickelt werden.



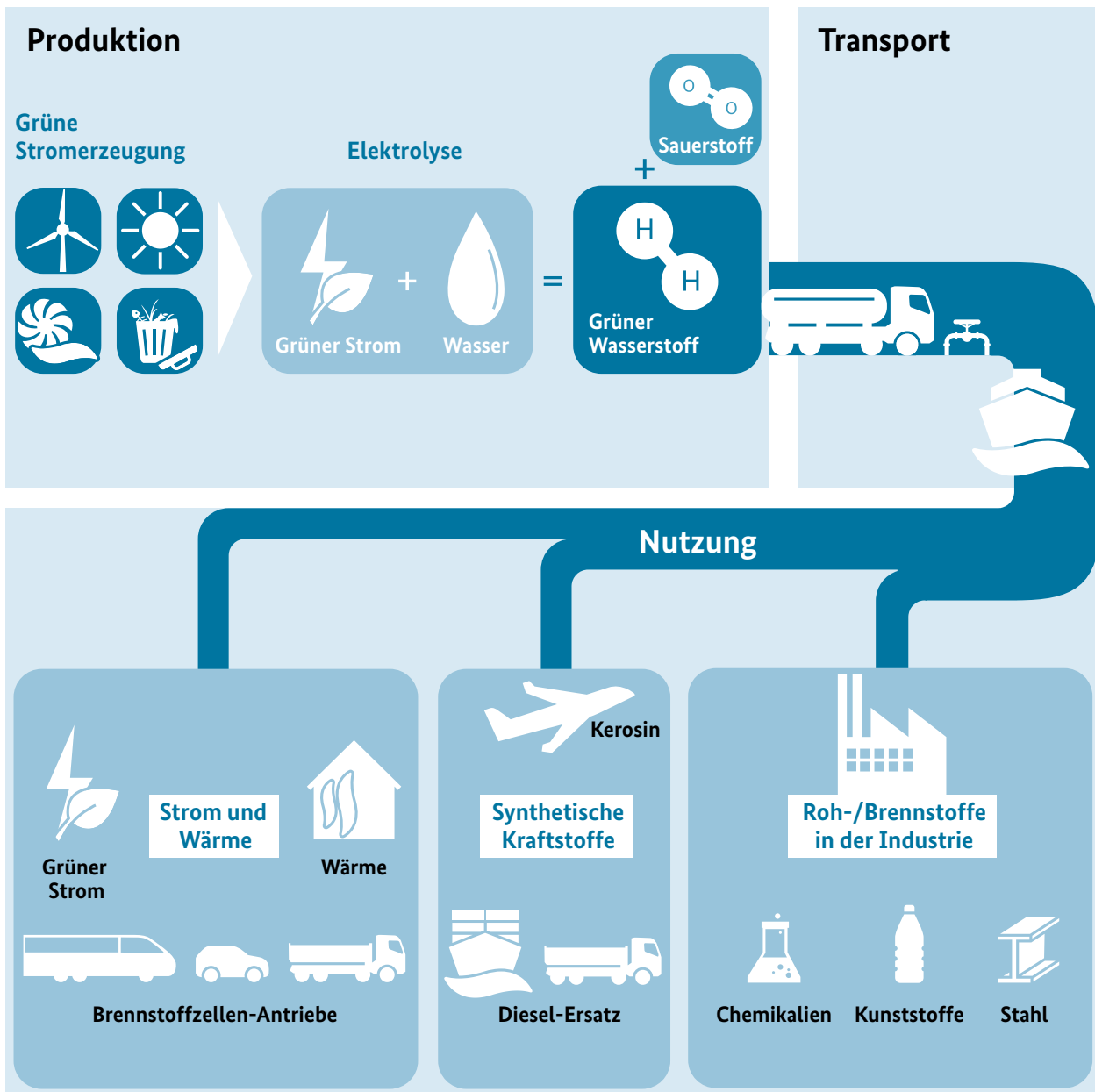
- Wir werden internationale Forschungspartnerschaften zu Grünem Wasserstoff aufbauen und vertiefen, etwa über gemeinsame Machbarkeitsstudien und Förderbekanntmachungen mit anderen Staaten. Eine Machbarkeitsstudie wollen wir zum Beispiel 2020 mit Australien starten.
- Gemeinsam mit ausländischen Partnern werden wir die Perspektiven und vielfältigen Fragestellungen einer globalen Grünen Wasserstoffwirtschaft untersuchen, angefangen von der Erzeugung Grünem Wasserstoffs und darauf aufbauend von Folgeprodukten wie Methanol oder Ammoniak in sonnen- und/oder windreichen

Regionen über den Transport auf regionaler, nationaler und globaler Ebene bis hin zum Einsatz etwa in der Industrie und im Verkehr.

- 2020 werden wir eine erste Fassung des Potenzialatlas „Grüner Wasserstoff“ zu den Potenzialen einer Grünen Wasserstoffwirtschaft im westlichen und südlichen Afrika vorlegen. Ziel ist, dass damit eine wissenschaftsbasierte Standortanalyse zu Erzeugung, Transport sowie Weiterverarbeitung von Grünem Wasserstoff in den Fokusregionen vorliegt. Dies

beinhaltet eine interaktive Darstellung zu klimatischen, politischen, rechtlichen, sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Bedingungen für Investitionen in Grüne Wasserstoffinfrastrukturen.

- Bis 2025 werden wir eine gegenüber fossilen Alternativen wettbewerbsfähige Produktion von Grünem Wasserstoff im großtechnischen Maßstab möglich machen und so die Grundlagen für eine nachhaltige internationale Wasserstoffwirtschaft legen.



Der Weg des Wasserstoffs: Produktion, Transport und Nutzung von Grünem Wasserstoff

### Aktion 3: Umweltschonende Methoden der CO<sub>2</sub>-Entnahme aus der Atmosphäre prüfen

Wir werden Methoden einer aktiven Entnahme von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre erforschen und möglichst umweltfreundliche Handlungsoptionen aufzeigen.

#### Wo stehen wir?

Falls die Maßnahmen zur Minderung von Treibhausgasen weiterhin nicht ausreichen, um bis 2050 das Ziel der Treibhausgasneutralität zu erreichen, könnte es notwendig werden, in den kommenden Jahren emittiertes CO<sub>2</sub> wieder aus der Atmosphäre zu entnehmen (Carbon Dioxide Removal, kurz: CDR). Zurzeit wissen wir jedoch nicht, ob die Risiken der dafür notwendigen Methoden vertretbar wären, wenn CDR in großem Maßstab angewendet wird. Künftige CDR-Forschung muss deshalb über rein technoökonomische Sichtweisen hinausgehen, Umweltaspekte, Aspekte der gesellschaftlichen Akzeptanz und der internationalen Zusammenarbeit berücksichtigen sowie die Auswirkungen auf weitere UN-Nachhaltigkeitsziele und die klassische Klimaschutzpolitik adressieren. Nur so können solide Entscheidungen zur Bewertung, Priorisierung und Implementierung einzelner Ansätze getroffen werden.

#### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Theoretische Abschätzungen der Potenziale und Risiken von CDR-Methoden liegen bereits vor. Angesichts des immer noch unzureichenden Fortschritts der weltweiten Klimaschutzbemühungen soll die Forschung nun verstärkt den Schritt in Richtung Machbarkeitsstudien gehen. Die Wirksamkeit und die weitergehenden Wirkungszusammenhänge des Einsatzes von CDR-Methoden wollen wir dabei in den Fokus rücken. Das schließt sowohl einzelne Methoden als auch deren Kombination (beispielsweise landbasierende und ozeanische Methoden) ein. Fragen der Machbarkeit stellen sich insbesondere in Bezug auf das Ziel eines großtechnischen Einsatzes einer Methode und der Langfristigkeit der Speicherung von CO<sub>2</sub>. Die Analyse der verschiedenen CDR-Methoden muss den gesamten Lebenszyklus erfassen. Da absehbar keine einzelne CDR-Methode ausreichen wird, müssen die Methoden vermehrt als Portfolio von Möglichkeiten untersucht und vergleichend analysiert werden. Diese Analyse und Bewertung der verschiedenen CDR-Methoden muss grundsätzlich der Vermeidung von Treibhausgasemissionen zum Erreichen der Klimaneutralität gegenübergestellt werden. Leitgedanke dabei sind die Vermeidung schädlicher Einflüsse auf die Ökosysteme und die nachhaltige Entwicklung.

#### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- 2020 haben wir eine interdisziplinär angelegte Förderung zum Thema CO<sub>2</sub>-Entnahme aus der Atmosphäre aufgelegt, mit der die Potenziale und Risiken eines umfassenden Portfolios an möglichen CDR-Methoden untersucht werden sollen.
- Gleichzeitig unterstützen wir die Erkundung von CO<sub>2</sub>-Speicherpotenzialen in Meeren und Ozeanen im Rahmen der interdisziplinären Forschungsmission „Marine Kohlenstoffspeicher als Weg zur Dekarbonisierung“ der Deutschen Allianz Meerforschung (DAM).



- Im Rahmen dieser Forschungsförderung planen wir einen umfassenden forschungsbegleitenden Diskurs mit Stakeholdern in Politik, Gesellschaft und Wirtschaft zur Gesamthematik CDR inklusive der einzelnen Methoden. Mittels eines interdisziplinären Begleitvorhabens soll das Thema in die übergreifende klimapolitische Debatte eingebettet werden.
- Die Ergebnisse dieser Förderinitiativen werden wir 2024 vorlegen.

## Handlungsfeld 2: Anpassungsfähigkeit und Risikovorsorge verbessern (Adaptation)



Wetterextreme wie Hitzewellen und Dürren, Starkniederschläge, Hochwasser und Stürme verursachen Schäden in Milliardenhöhe und sind teilweise lebensbedrohlich. Daher braucht es Wissen darüber, wie sich der Klimawandel auf die Häufigkeit und Intensität von Extremereignissen auswirkt und wie Menschen, Infrastrukturen und Güter vor diesen Extremen geschützt werden können. Die Vorsorgeforschung zur Klimaanpassung schließt gesundheitliche Aspekte ein, denn die Zunahme von Wetterextremen – zum Beispiel die steigende Anzahl heißer Tage – hat direkte Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit.

Einen politischen Rahmen hierfür bietet die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS), die bereits 2008 von der Bundesregierung beschlossen wurde und seither kontinuierlich weiterentwickelt wird. Die FONA-Forschung unterstützt die Anpassung an den Klimawandel mit Daten, Informationen, Modellen und Werkzeugen zu Auswirkungen und Risiken von Klimaänderungen. Rechtzeitige und aktive Anpassung an den Klimawandel kann Schäden reduzieren und im besten Fall sogar verhindern.

**Handlungsfeld 2:**  
Anpassungsfähigkeit und Risikovorsorge verbessern (Adaptation)



**Aktion 4: Klimawandelbedingte Extremereignisse in Deutschland erforschen | S. 15**

**Aktion 5: Auswirkungen von Klimawandel auf die Gesundheit verstehen und vorbeugen | S. 16**

**Aktion 6: Städte und Regionen resilienter machen | S. 17**



#### Aktion 4: Klimawandelbedingte Extremereignisse in Deutschland erforschen

Wir wollen herausfinden, wie stark Deutschland in Zukunft von extremen Wetterereignissen betroffen sein wird und wie wir uns darauf vorbereiten und davor schützen können.

##### Wo stehen wir?

Extreme Wetterereignisse waren schon immer Teil natürlicher Klimaschwankungen. Allerdings sind diese häufig nur lückenhaft erfasst. Dadurch ist es schwierig, langfristige Trends und künftige Änderungen zu erkennen. Jedoch ist davon auszugehen, dass Häufigkeit, Ausmaß und Intensität von Extremereignissen aufgrund des menschengemachten Klimawandels weiter zunehmen werden. Die genauen Wirkungszusammenhänge zwischen natürlichen Klimaänderungen, der vom Menschen verursachten Erderwärmung und dem Auftreten von Wetterextremen sind aber bislang nicht ausreichend untersucht. Dieses Wissen wird gebraucht, um die Wahrscheinlichkeiten und Spannbreiten künftiger Extremereignisse sowie deren Folgen abschätzen und wirkungsvolle Vorsorge-, Schutz- und Anpassungsmaßnahmen treffen zu können.

##### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Es muss untersucht werden, wie der Klimawandel die Häufigkeit und Intensität von Extremereignissen verändert und welche Auswirkungen für Mensch, Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft damit verbunden sein werden. Um hierzu belastbare Aussagen treffen zu können, brauchen wir hochaufgelöste Daten über das gegenwärtige und zukünftige Klima. Die Basis dafür bilden räumlich hochaufgelöste Modellierungen und leistungsfähige Datenassimilationsverfahren sowie innovative Datenanalysemethoden und Bewertungstools unter Einbindung Künstlicher Intelligenz (KI).

Im Bereich der Klimafolgenforschung besteht Forschungsbedarf zum Umgang mit Wasserextremen, zur Funktionsfähigkeit und Belastbarkeit von Ökosystemen sowie zur Entwicklung gesundheitlicher Vorsorgemaßnahmen, insbesondere in Städten. Hier müssen Konzepte,

Methoden und Werkzeuge zur Schadensvermeidung und -minimierung bereitgestellt werden.

##### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- Durch unsere Forschungsförderung werden wir ab 2022 erste Ergebnisse für eine neue Bewertungsbasis zur Beurteilung gegenwärtiger und zukünftiger Wetterextreme in Deutschland vorlegen.
- Wir werden 2021 eine neue High-Performance-Computation-Initiative zur Entwicklung eines neuen, global hochaufgelösten Klimamodells starten (→ Aktion 7, S. 19), mit dessen Hilfe die regionale und lokale Vorhersagegüte insbesondere für Extremereignisse entscheidend verbessert wird.
- Wir richten unsere Förderung zu Wasserextremereignissen gezielt auf die Entwicklung innovativer Monitoring-, Vorhersage- und Kommunikationskonzepte aus. Unsere Förderung schließt auch die Anpassung von Wasserinfrastrukturen sowie die Entwicklung von Betriebs- und Risikomanagementstrategien zum Umgang mit gegensätzlichen hydrologischen Extremen ein (→ Aktion 13 und 14, S. 29/30). 2022 werden die ersten konkreten Ergebnisse beispielsweise in Form von Bewertungstools für Klimageschäftseinrichtungen und Küstenschutzbehörden angeboten.
- Bis 2023 werden wir sechs Modellregionen in Deutschland zur Anpassung an den Klimawandel aufbauen. Wir werden sie dabei unterstützen, aktiv und zielgerichtet mit dem Klimawandel umzugehen. Dazu gehört, dass lokale Akteure befähigt werden, eigenständig und vorausschauend Anpassungsmaßnahmen durchzuführen.
- Im Rahmen unserer Förderung des Küsteningenieurwesens (KFKI) sowie der Forschungsmission „Schutz und nachhaltige Nutzung mariner Räume“ erarbeiten wir bis 2024 gemeinsam mit den zuständigen Landesbehörden Empfehlungen für einen nachhaltigen Küstenschutz.
- Wir werden im Rahmen europäischer Initiativen ab 2021 die Forschung zu Vorhersagen und Konsequenzen des klimabedingten Meeresspiegelanstiegs fördern.



## Aktion 5: Auswirkungen von Klimawandel auf die Gesundheit verstehen und vorbeugen

Wir untersuchen die Auswirkungen von Klimawandel und Umweltzerstörung auf die menschliche Gesundheit. Damit schaffen wir die Wissensbasis für konkrete Vorsorge- und Schutzmaßnahmen.

### Wo stehen wir?

Die Covid-19-Pandemie zeigt eindrücklich, wie abhängig der Mensch von Umweltgegebenheiten ist und wie schnell lokale Entwicklungen zu globalen Herausforderungen werden können. Die Wechselwirkungen und Zusammenhänge zwischen Gesundheit, Klimawandel sowie Umweltzerstörung und -verschmutzung sind bislang zu wenig bekannt und verstanden. Der Klimawandel beeinflusst zum Beispiel die Vielfalt und Verbreitung der Arten und somit das Auftreten von Krankheitserregern und Infektionskrankheiten, die beispielsweise von Stechmücken übertragen werden. So gab es 2019 die ersten Hirnhautentzündungen beim Menschen durch das von Mücken übertragene West-Nil-Virus in Deutschland. Neben solchen übertragbaren Erkrankungen geht für die Bevölkerung in Deutschland eine Gefahr von klimawandelbedingten Extremwetterereignissen aus, insbesondere durch Hitzeextreme. Der Zusammenhang von extremer Hitze und höherer Sterblichkeit ist medizinisch belegt. So steigt bei lang anhaltender Hitze beispielsweise das Herzinfarkttrisiko. Im Extremsommer 2018 starben Schätzungen zufolge allein in Berlin 740 Menschen infolge der extremen Hitzebelastung. Neben der Zunahme der Mortalität ist in solchen Hitzeperioden auch eine Zunahme an Erkrankungen sowie eine sinkende Arbeitsproduktivität zu erwarten, sodass Hitzeereignisse auch mit ökonomischen Verlusten einhergehen. Auch über die Auswirkungen der klimawandelbedingten schleichenden Langzeitveränderungen auf die menschliche Gesundheit ist insgesamt noch wenig bekannt.

### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Die menschliche Gesundheit zu schützen, ist ein wichtiger Bestandteil unserer Anpassung an den Klimawandel. Der kontinuierlich weiterentwickelte Aktionsplan zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) hebt das Thema Gesundheit als unterrepräsentiert und den Bedarf an handlungsfeldübergreifender Forschung hervor. Hier setzen wir an: Wir werden durch interdisziplinäre Forschungsansätze Zusammenhänge zwischen Klima- und Umweltveränderungen und menschlicher Gesundheit identifizieren und anwendungsorientierte Anpassungsstrategien entwickeln. Dadurch wollen wir fundiertes und praxisrelevantes Wissen aufbauen, unter anderem zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Extremwetter und langfristigen,

schleichenden Temperaturänderungen sowie zu den für die menschliche Gesundheit relevanten Wechselwirkungen zwischen klimatischen und anderen Beeinträchtigungen unserer Umwelt. Wesentliches Ziel ist dabei die Übersetzung dieses Wissens in konkrete Vorsorge- und Schutzmaßnahmen für die betroffenen Bereiche und Sektoren sowie der Kompetenzaufbau im Gesundheitswesen in Bezug auf Klimaanpassung.

### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- Wir werden neue Fördermaßnahmen umsetzen, die verschiedene Aspekte der Interaktion zwischen Klimawandel, Umweltveränderungen und Gesundheit adressieren. Damit werden die Zusammenhänge und Wirkungsketten zwischen den Disziplinen erforscht.
- Ab 2021 werden wir junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler fördern, die an der Schnittstelle zwischen Klima- und Gesundheitsforschung besonders innovative Ansätze verfolgen. Bis 2025 werden wir relevante Handlungsoptionen für die Praxis und die Öffentlichkeit bereitstellen.
- Wir werden im Rahmen der Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt auch das klimabedingt in Deutschland verstärkte Auftreten von Tierarten im Fokus haben, die Infektionskrankheiten befördern oder anderweitig die menschliche Gesundheit gefährden können.
- Um beim Thema Gesundheitsschutz in Zeiten des Klimawandels vorausschauend und grenzüberschreitend Risiken zu minimieren, werden wir bis 2025 die Zusammenarbeit auf nationaler und europäischer Ebene ausbauen – mit anderen Bundesministerien, mit europäischen Partnerländern sowie mit internationalen Partnern, beispielsweise durch Mitwirkung an gemeinsamen EU-Forschungsinitiativen.



## Aktion 6: Städte und Regionen resilienter machen

Wir wollen Städte und Regionen resilienter gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels gestalten und die Risikovorsorge verbessern.

### Wo stehen wir?

Starkregen, Hochwasser, aber auch Hitze und Trockenheit – die Auswirkungen des Klimawandels machen vor deutschen Städten nicht halt. In Deutschland sind viele Städte und Gemeinden nicht ausreichend auf Wetterextreme und schleichende Klimaveränderungen vorbereitet. Daher gilt es, Städte und Regionen anpassungsfähig gegenüber den Folgen des Klimawandels zu gestalten und ihre Risikovorsorge zu verbessern. Das ist nicht nur nachhaltig, sondern auf lange Sicht auch kostengünstiger. Unsere Förderung hat bereits maßgeblich dazu beigetragen, Grundlagen für die deutsche Anpassungspolitik sowie für die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen vor Ort zu schaffen.

### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Wir wollen gemeinsam mit Akteuren auf der kommunalen und regionalen Ebene Werkzeuge und Handlungsoptionen erarbeiten, mit denen sie effektive und effiziente Strategien zum Umgang mit den Risiken des Klimawandels selbst planen können. Dazu müssen geeignete digitale Methoden sowie digitale Informations- und Bewertungstools entwickelt werden, die Daten zu Klimafolgen, Anpassungskapazität sowie Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen zusammenbringen. Daten, Werkzeuge und Lösungen müssen sich zudem am Bedarf der Akteure vor Ort orientieren, um tatsächlich die Anpassung an den Klimawandel und den Umgang mit Umweltproblemen voranbringen zu können. Daher steht hier die transdisziplinäre und bedarfsorientierte Forschung im Vordergrund (→ Aktion 24, S. 45). Im internationalen Kontext sind es Städte und Ballungszentren, in denen die größte Hebelwirkung durch Anpassungsmaßnahmen hinsichtlich Schadensvermeidung beziehungsweise Risikominimierung erreicht werden kann. Deshalb wollen wir auch Lösungsansätze für schnell wachsende Städte in Entwicklungs- und Schwellenländern entwickeln und erproben.

### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- Wir wollen besonders innovative Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel und Handlungsoptionen entwickeln und erproben, um regional spezifische Herausforderungen des Klimawandels bewältigen zu können.

- Mit Projekten zu „Klimaresilienz durch Handeln in Stadt und Region“ soll die Anpassungsfähigkeit und -kapazität von Städten und Gemeinden in Deutschland gezielt gesteigert werden. Damit tragen wir 2020 zum Fortschrittsbericht des Bundes zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) bei.



- Wir fördern die Erarbeitung angepasster Lösungsstrategien für die resiliente Entwicklung schnell wachsender Städte in Entwicklungs- und Schwellenländern. Neben Projekten in Afrika und Asien werden wir ab 2022 auch Projekte mit Fokus auf Klimaanpassung und urbane Resilienzstrategien in Lateinamerika fördern, die besonders aussichtsreiche Verstetigungs- und Umsetzungskonzepte entwickeln.
- Mit der Initiative „Lokale Klima- und Umweltmodelle für Zukunfts-Städte und -Regionen“, die in unserer Digitalstrategie verankert ist, setzen wir uns ab 2020 für eine bessere Risikovorsorge von Städten und Regionen durch die Nutzung digitaler Werkzeuge ein.
- 2021 werden wir mit den BMBF-Forschungsergebnissen zur Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalyse der Bundesregierung beitragen.
- Wir werden durch unsere Förderung neu entwickelte digitale Werkzeuge für eine klimawandelangepasste Stadtplanung bereitstellen. 2022 werden wir das neue Stadtklimamodell veröffentlichen.
- 2023 präsentieren wir die erste Version neuer Klimainformationsdienste, die Akteuren auf regionaler und kommunaler Ebene Instrumente für die integrierte Bewertung von Klimarisiken und Wirkungsanalysen von Maßnahmen an die Hand gibt.

### Handlungsfeld 3: Wissen für wirksame Klimapolitik



Für eine wirksame internationale Klimapolitik brauchen politische Entscheidungsträger verlässliche Prognosen über die weltweite Entwicklung des Klimas, einschließlich der Meeres- und Polarregionen. Das geht nur mit möglichst genauen Klimamodellen. An der Entwicklung eines globalen Klimamodells mit sehr hoher räumlicher Auflösung arbeiten wir genauso wie an einem besseren Verständnis, welche Rolle die Meeres- und Polarregionen, einschließlich der Permafrostgebiete, für unser Klima haben. Nur wenn die Prozesse und Wechselwirkungen im Klimasystem ausreichend bekannt sind, können politische Handlungsoptionen und wirkungsvolle Anpassungs- beziehungsweise

Vermeidungsstrategien aufgezeigt werden. Um unsere Wissenslücken zu den „Klimamaschinen Meeres- und Polarregionen“ zu schließen, brauchen wir nicht nur exzellente Forschung, sondern auch internationale Vernetzung und Kooperation.

Internationale Zusammenarbeit ist auch beim globalen Treibhausgasmonitoring gefragt. Dessen Ziel ist es, die Umsetzung der national festgelegten Klimaschutzbeiträge zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen zu überwachen. Ein auf Messungen basierendes System zur Treibhausgasüberwachung existiert bisher nicht und ist deshalb Teil unserer Aktionen.

#### Handlungsfeld 3: Wissen für wirksame Klimapolitik



13 MASSNAHMEN ZUM KLIMASCHUTZ



17 PARTNER-SCHAFTEN ZUR ERREICHUNG DER ZIELE

Aktion 7: Globale Klimamodellierung verbessern | S. 19

Aktion 8: Treibhausgase für den Klimaschutz überwachen | S. 20

Aktion 9: Klimamaschinen Meeres- und Polarregionen verstehen | S. 21

## Aktion 7: Globale Klimamodellierung verbessern

Wir wollen die Unsicherheiten in Klimamodellen verringern und Projektionen für die Zukunft sicherer machen.

### Wo stehen wir?

Globale Klimamodelle, die die klimarelevanten Prozesse für die gesamte Erde abbilden, gibt es bereits seit den späten 1950er-Jahren. Anfangs stand die Beschreibung der grundlegenden Prozesse in der Atmosphäre im Vordergrund. Erst in den letzten drei Jahrzehnten ist es gelungen, durch die Kopplung von Atmosphärenmodellen mit Ozean-, Landoberflächen- und Meereismodellen weitere wichtige Einflüsse auf das Klima zu berücksichtigen. Ozeanmodelle beispielsweise simulieren Meeresströmungen (→ Bild rechts), die gigantische Mengen Wärme transportieren und ein Schlüsselfaktor für das Verständnis von Klimaänderungen sind. Die Nachbildung des Klimasystems und seiner Komponenten bleibt auch in den kommenden Jahren eine zentrale Aufgabe für die Forschung.

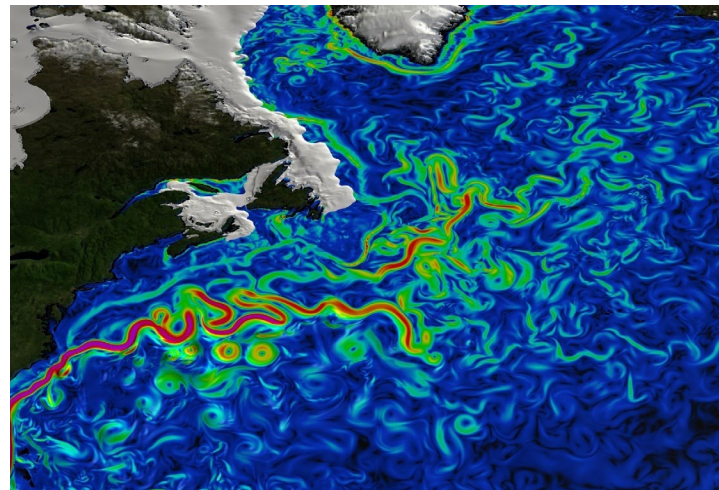
### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Damit die Forschung künftige Klimaänderungen besser prognostizieren kann, muss die räumliche Auflösung globaler Klimamodelle erhöht werden, und zwar etwa um zwei Größenordnungen von rund 100 Kilometern auf bis zu rund einen Kilometer. Dafür gilt es, neue Instrumente der Künstlichen Intelligenz (KI) zu nutzen, etwa in den Bereichen Parametrisierung, Downscaling sowie dem vollständigen Screening riesiger Datenfelder. Für die Effizienzsteigerung und Reduzierung von Rechenzeit ist es zudem wichtig, dass die Forschung stärker auf modularisierte Modellsysteme setzt. Diese erlauben ein breiteres Nutzungsspektrum, effektivere Anpassungen an neue Rechnersysteme und spezifische Fragestellungen sowie ein einheitliches Qualitätsmanagement.

### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- Die Entwicklung eines hochauflösten globalen Klimamodells wird ein zentraler Baustein der in

Planung befindlichen Nationalen Modellierungsstrategie (NMS) sein. Mit der NMS setzen wir uns gemeinsam mit der institutionellen Forschung dafür ein, dass die Modellierung als Beratungsinstrument professionalisiert wird. Auf der Grundlage des Konzepts zur NMS werden wir ab 2021 insbesondere eine stärkere Arbeitsteilung bei der Modellentwicklung auf den Weg bringen. Diese soll zu mehr programmtechnischen Standardisierungen, mehr modularisierten Modellsystemen und einer effizienteren Modellpflege führen.



- Ab 2021 legen wir einen Förderschwerpunkt auf die Weiterentwicklung der hochauflösten Klimamodellierung unter Einsatz innovativer KI-Elemente.
- Ab 2020 setzen wir die Untersuchungen zur Klimadynamik auf geologischen Zeitskalen mithilfe von Modellstudien zum Paläoklima fort. Damit kann die Belastbarkeit von Klimaprojektionen besser abgeschätzt werden.

## Aktion 8: Treibhausgase für den Klimaschutz überwachen

Wir entwickeln einen Prototyp für ein nationales Treibhausgasmonitoring.

### Wo stehen wir?

Gemeinsam mit den Staaten der Klimarahmenkonvention (UNFCCC) hat sich Deutschland zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen verpflichtet. Um international Transparenz und Vergleichbarkeit zu gewährleisten, werden gemäß den Regeln der Vereinten Nationen jährlich Berichte zu nationalen Treibhausgas-Emissionen an die UNFCCC übergeben. Daher soll für Deutschland ein integriertes Monitoring-System entwickelt, getestet und operationell eingesetzt werden. Hierzu wird es ein arbeitsteiliges Vorgehen des Bundesforschungs-, Bundesumwelt- und Bundesverkehrsministeriums geben. Nach erfolgreich verlaufenden Tests kann dieses System auch auf andere Länder übertragen werden.

### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Das integrierte Monitoringsystem soll einerseits die Bestimmung der Quellstärken von Treibhausgasemissionen und andererseits eine Vorhersage der weiteren zeitlichen Entwicklung der Treibhausgaskonzentrationen in der

Atmosphäre erlauben. Zur Erfassung dieser Daten müssen hochaufgelöste Messungen unterschiedlicher Messsysteme (Boden, Flugzeug, Satellit) und Modellierungen auf neue Weise miteinander verzahnt werden. Hierfür werden Höchstleistungsrechner-Ressourcen benötigt.

### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- Gemeinsam mit den Wissenschaftseinrichtungen, dem Bundesumwelt- und dem Bundesverkehrsministerium werden wir 2020 die Planung, Entwicklung und Umsetzung eines integrierten Treibhausgas-Monitoringsystems (ITMS) starten.
- Den Abschluss des Planungsprozesses des ITMS wird eine gemeinsam mit dem Bundesumwelt-, Bundesverkehrs- und Bundeslandwirtschaftsministerium verabschiedete Ressortvereinbarung unter anderem zur Regelung des Finanzbedarfs im Jahr 2020 darstellen. 2021 fällt der Startschuss für die Forschungsförderung. 2025 steht der Prototyp bereit.



## Aktion 9: Klimamaschinen Meeres- und Polarregionen verstehen

Wir wollen besser verstehen, welchen Einfluss Meeres- und Polarregionen auf das Klimageschehen haben.

### Wo stehen wir?

Die Interaktionen zwischen Ozean und Atmosphäre haben einen zentralen Einfluss auf das weltweite Klima und dessen Entwicklung. Ohne eine leistungsfähige Meeres- und Polarforschung ist Klimaforschung nicht denkbar. So kann Polarforschung die Klimageschichte anhand von Eiskernen aus den großen Eisschilden unseres Planeten rekonstruieren. Wenn wir uns an Küsten vor Sturmfluten und den Gefahren durch den Anstieg des Meeresspiegels schützen wollen, müssen wir die Dynamiken in den Weltmeeren verstehen. Große Forschungsexpeditionen und Programme wie beispielsweise MOSAiC und die Missionen der Deutschen Allianz Meeresforschung (DAM) tragen maßgeblich zu belastbarem Klimawissen bei.

### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Für ein verbessertes Systemverständnis der Meeres- und Polarregionen und deren Rolle im Klimageschehen müssen die Physik, Chemie und Biologie in unseren Weltmeeren besser untersucht werden. Es gilt, Unsicherheiten in den Klimaprognosen zu verringern, insbesondere in den polaren Breiten. Und es gilt, anhand verbesserter Modellkapazitäten die klimatische Entwicklung zuverlässiger berechnen zu können. Zusammen mit der Schaffung eines integrierten Datenmanagementsystems für die Küsten-, Meeres- und Polarforschung können so auch die Potenziale, Risiken und Chancen von Managementkonzepten für die CO<sub>2</sub>-Aufnahme der Meere und Ozeane (→ Aktion 3, S. 13) besser abgeschätzt werden. Nur ein vertieftes Verständnis dieser Zusammenhänge ermöglicht die Entwicklung politischer Handlungsoptionen und geeigneter Anpassungs- beziehungsweise Vermeidungsstrategien.

### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- Die Bundesregierung bündelt ihre Aktivitäten zur deutschen Meeresforschung im Forschungsprogramm MARE:N. Die zukünftigen Forschungsthemen werden in drei Agendaprozessen erarbeitet. Für die Bereiche „Küsten im Wandel“ und „Blauer Ozean“ liegen die Ergebnisse seit 2019 vor. 2020 starten wir den Agenda-Prozess „Polarregionen“.
- Ab 2020 werden die Datensätze der weltweit größten Arktisexpedition MOSAiC vorliegen. Für eine schnelle Nutzung der Expeditionsdaten für die

globale Klimapolitik werden wir ab 2020 gezielt die Datenauswertung fördern.

- Im Rahmen der Deutschen Allianz Meeresforschung (DAM) setzen wir uns mit den norddeutschen Ländern für die Verbesserung der Dateninfrastruktur und die Schaffung eines integrativen und übergreifenden Datenmanagementsystems ein.
- Um bei den Themen Meeresschutz und nachhaltige Nutzung der Meeresressourcen in Zeiten des Klimawandels vorausschauend und grenzüberschreitend zusammenzuarbeiten, werden wir die Kooperationen im Rahmen nationaler und europäischer Initiativen bis 2025 ausbauen.



- Deutsche Forschungsschiffe sowie autonome und robotische Infrastrukturen sind für die Erforschung der Meere und Küsten zwingend erforderlich. Deutschland hat hier international eine führende Rolle. Wir werden daher kontinuierlich die Erneuerung der deutschen Forschungsflotte fortsetzen und die Schiffe vermehrt auch mit autonomen und robotischen Systemen ausstatten. 2020 starten wir den Teilnehmerwettbewerb für die Beschaffung eines neuen Forschungsschiffs, das die beiden Schiffe POSEIDON und METEOR ersetzen wird. Wir werden außerdem das Alfred-Wegener-Institut in die Lage versetzen, ein leistungsfähiges Nachfolgeschiff für die POLARSTERN zu beschaffen.



## Ziel 2: Lebensräume und natürliche Ressourcen erforschen, schützen, nutzen



**Biologische Vielfalt und gesunde Ökosysteme sind Grundlage allen Lebens. Aufgrund des rasanten Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstums sowie der Folgen des Klimawandels sind diese stark gefährdet. Weltweit bedrohen Wasserknappheit, Wasserverschmutzung und Landdegradation zunehmend unsere Ökosysteme und beeinträchtigen die wirtschaftliche und politische Stabilität ganzer Regionen und Länder. Der Schutz und die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen ist daher zentrales Thema der Agenda 2030 – und auch in FONA.**

Ob an Land, im Wasser oder in Ozeanen: Mit gesunden Ökosystemen fängt alles an. Weltweit verschlechtert sich jedoch der Zustand natürlicher Ökosysteme, Lebensräume verschwinden, Tier- und Pflanzenarten sind vom Aussterben bedroht. Um Ökosysteme zu erhalten oder wiederherzustellen, ist es unter anderem wichtig, die Degradation von Landoberflächen zu stoppen, eine nachhaltige Landbewirtschaftung voranzubringen und Biodiversität zu verbessern. Im Rahmen der SDGs wird deshalb eine landdegradationsneutrale Welt bis 2030 angestrebt.

Der Mensch ist auf intakte Ökosysteme angewiesen, unter anderem wenn es um die sichere Versorgung mit Wasser geht. Aber Millionen Menschen leiden unter Wasserknappheit und mangelnder Hygiene. Neben natürlicher Wasserknappheit können fehlende oder unzureichende Versorgungsinfrastrukturen, Ressourcenübernutzung, Klimawandel und Umweltverschmutzungen hierfür verantwortlich sein. Was an Land passiert, hat Einfluss auf Wasserressourcen.

Das gilt für den Eintrag von Nähr- und Schadstoffen, beispielsweise durch die Landwirtschaft, ebenso wie für den Umgang mit Müll. Die Plastikvermüllung in Flüssen, Seen und Meeren ist ein großes internationales Problem. Die G-20-Staaten wollen den Eintrag von Plastik in die Weltmeere bis 2050 ganz stoppen.

Der Schlüssel zum Schutz von Ressourcen liegt in einer veränderten Wirtschaftsweise. Bisher funktioniert das Wirtschaften weltweit überwiegend linear: Der Natur werden Ressourcen entnommen, um Wirtschaftsgüter zu produzieren, zu verbrauchen und schließlich als Abfall zu entsorgen. Stattdessen braucht es eine Kreislaufwirtschaft, die natürliche Ressourcen nutzt, ohne ihre Grundlage zu zerstören. Dazu gehört, Ressourcen sparsamer und effizienter einzusetzen. Wie das funktionieren kann und was dafür gebraucht wird, damit befassen wir uns in FONA – um zu einer Zukunft beizutragen, die der menschlichen Gesundheit und Wirtschaft nutzt, indem sie natürliche Ressourcen schützt.



## Handlungsfeld 4: Erhalt der Artenvielfalt und Lebensräume



Der Rückgang der Artenvielfalt und die Veränderungen der Ökosysteme an Land, in Binnengewässern und in Ozeanen sind historisch beispiellos. Experten schätzen, dass die Aussterberate von Tier- und Pflanzenarten heute um das Hundert- bis Tausendfache über dem in der Evolution üblichen Wert liegt. Damit ist der Verlust an Artenvielfalt ein ebenso drängendes Problem wie der Klimawandel. Aus der Geschwindigkeit des Artenverlusts resultiert hoher Handlungsdruck. Gleichzeitig wissen wir noch nicht genug über Treiber des Artensterbens, Schlüsselfaktoren und geeignete Hebel für Gegenmaßnahmen. Um die Ziele zur Eindämmung

des Artenverlusts der internationalen Biodiversitätskonvention (Convention on Biological Diversity, kurz: CBD) und der EU-Biodiversitätsstrategie für 2030 zu erreichen, werden dringend wissenschaftlich untermauerte Handlungsoptionen und zielgerichtete Strategien benötigt. Mit der 2019 gestarteten Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt werden wir die notwendigen wissenschaftlichen Grundlagen schaffen und die Biodiversitätsforschung in Deutschland systemisch und handlungsorientiert ausrichten. So können im Sinne des Vorsorgeprinzips wirksame Handlungsempfehlungen ausgesprochen werden.

### Handlungsfeld 4: Erhalt der Artenvielfalt und Lebensräume



Aktion 10: Biodiversitätsmonitoring in Deutschland weiterentwickeln | S. 24

Aktion 11: Systemzusammenhänge von Biodiversitätsveränderungen verstehen | S. 26

Aktion 12: Lebensräume und Ökosysteme erhalten | S. 27

## Aktion 10: Biodiversitätsmonitoring in Deutschland weiterentwickeln

Wir wollen mit innovativen Methoden und Technologien die Biodiversität flächendeckend und automatisiert erfassen, um den Rückgang der Artenvielfalt besser verstehen und ihm so entgegenwirken zu können.

### Wo stehen wir?

Um dem Rückgang der Artenvielfalt aktiv entgegenzuwirken, ist es notwendig, die Biodiversität und deren Veränderungen zu erfassen und somit ein grundlegendes Verständnis von Ökosystemen und ihren Wechselwirkungen zu erlangen – gemäß dem Motto: Beobachten, um zu verstehen!



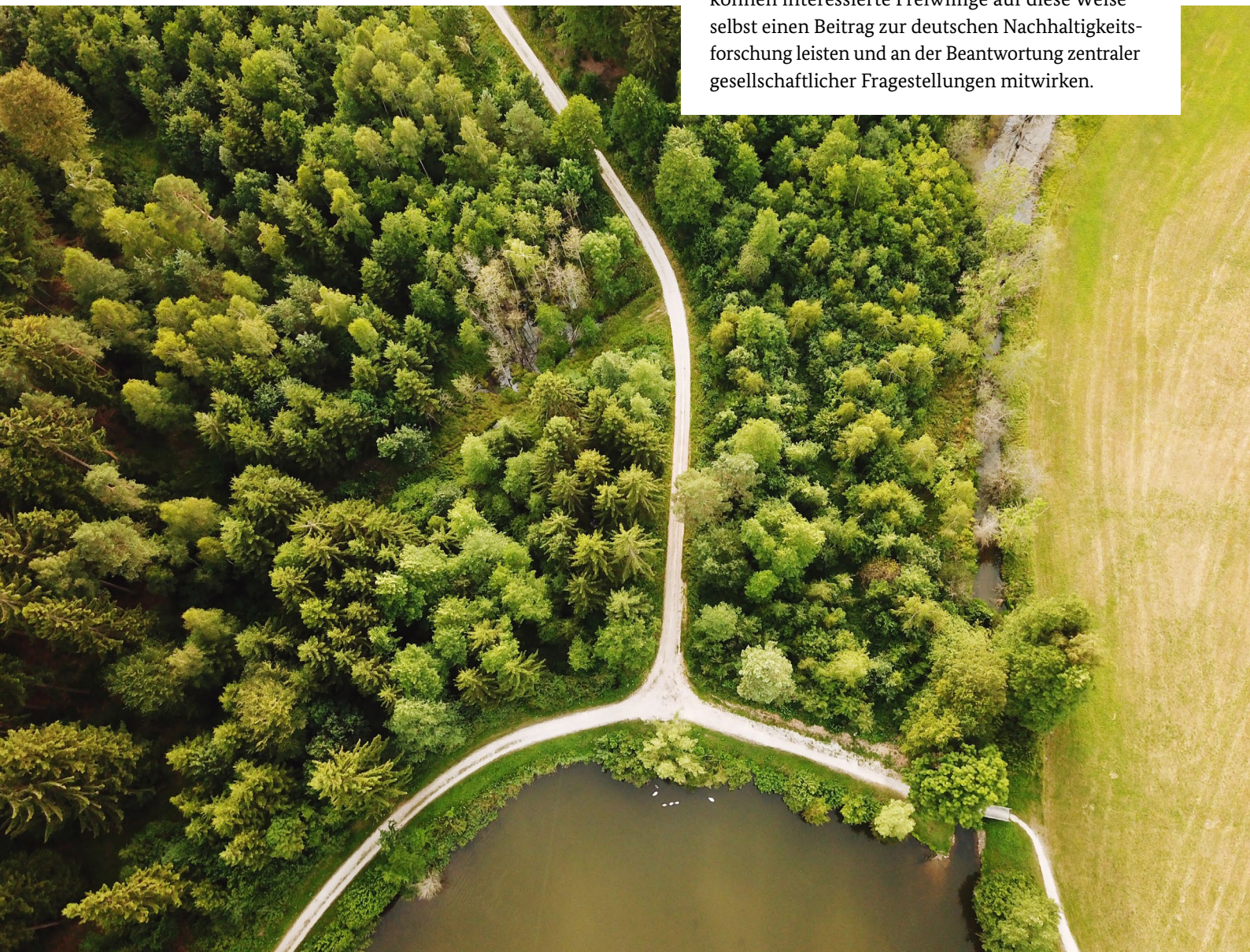
Bislang erfolgt die Erfassung der Biodiversität in Deutschland in vielen Bereichen dezentral, das heißt: nicht flächendeckend und zeitlich fragmentiert. Zudem werden in vielen Fällen nur ausgewählte Arten erfasst und Daten in der Regel nicht miteinander verknüpft. Das Biodiversitätsmonitoring durch Fachbehörden, zivilgesellschaftliche Organisationen sowie Bürgerwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler mit exzellenten Kenntnissen bezüglich der richtigen Klassifizierung von Arten erfolgt mit großem Engagement und für einige Gruppen (Vögel, Tagfalter) bereits sehr erfolgreich. Für die Zukunft besteht die Herausforderung, dass viele ehrenamtliche Expertinnen und Experten bereits jetzt in hohem Alter sind und artenkundiger Nachwuchs fehlt.

### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Von der Forschung werden methodische und technologische Innovationen benötigt, die eine kontinuierliche und standardisierte Erfassung der Biodiversität sowie eine schnelle Analyse von Biodiversitätsveränderungen und deren Treibern ermöglichen und somit bewährte Verfahren ergänzen. Dadurch sollen der Status quo und Trends der biologischen Vielfalt, Belastungsgrenzen von Ökosystemen und Wechselwirkungen mit gesellschaftlichen Treibern innerhalb kurzer Zeiträume analysiert und entsprechende Frühwarnsysteme entwickelt werden. Ein standardisiertes, kontinuierliches und effektives Monitoring eines möglichst breiten Spektrums von Arten, Populationen und Ökosystemen sowie Treibern von Biodiversitätsveränderungen stützt sich auf eine Vielzahl optischer, akustischer, biochemischer und genetischer Beobachtungsdaten. Ein Beispiel für eine effiziente Methode ist das Metabarcoding. Hierbei werden Arten aus Mischproben anhand ihrer DNA-Sequenz schnell und kostengünstig bestimmt und erfasst. Die Basis für diese Methode bilden DNA-Sequenzen, die bereits für rund 20.000 der aus Deutschland bekannten 48.000 Tier-, Pflanzen- und Pilzarten vorliegen. Zudem gilt es, neue Formen der (digitalen) Zusammenarbeit mit Bürgerinnen und Bürgern zu erproben und auszubauen, um das zivilgesellschaftliche Biodiversitätsmonitoring weiter zu stärken. Ziel der Forschung ist die Weiterentwicklung und Etablierung derartiger Methoden.

**Umsetzungsschritte und Meilensteine**

- Mit neuen Multisensortechnologien werden wir für ein bundesweit standardisiertes Monitoring die Umsetzung von „Wetterstationen“ zur Erfassung der Artenvielfalt fördern. Bis zum Jahr 2025 werden wir betriebsbereite Prototypen für die automatisierte akustische, optische und biochemische Erfassung einer Vielzahl von Arten zur Verfügung stellen.
- Bis zum Jahr 2025 werden wir die Anzahl der in der GBOL-Referenzbibliothek (GBOL: German Barcode of Life) erfassten Arten um über 1.000, insbesondere bislang nur unzureichend dokumentierte Insektenarten (sogenannte Dark Taxa), erhöhen.
- Bis zum Jahr 2025 werden wir integrierte Systeme beziehungsweise IT-Infrastrukturen für die Datenerfassung, Datenspeicherung, das Datenmanagement, die Datenharmonisierung und Datenauswertung zugänglich machen.
- 2021 werden wir einen Förderschwerpunkt zur Meeresbiodiversität auflegen, der neben der Erfassung der Artenvielfalt auch forschungsgetriebene Maßnahmen zum Schutz der Meeresbiodiversität adressiert.
- Wir unterstützen „Citizen Science“, um interessierte Bürgerinnen und Bürger an Forschungsprojekten mitarbeiten zu lassen. Wo immer methodisch möglich, können interessierte Freiwillige auf diese Weise selbst einen Beitrag zur deutschen Nachhaltigkeitsforschung leisten und an der Beantwortung zentraler gesellschaftlicher Fragestellungen mitwirken.



## Aktion 11: Systemzusammenhänge von Biodiversitätsveränderungen verstehen

Wir wollen die Wissenslücken zu Ursachen, Dynamiken und Folgen von Biodiversitätsveränderungen schließen und verlässliche Projektionen zur Entwicklung der Biodiversität erhalten.

### Wo stehen wir?

Viele Ursachen des Biodiversitätsverlustes sind zwar prinzipiell bekannt, wie etwa die Ausdehnung von Wohn-, Gewerbe- und Verkehrsflächen, der Landnutzungswandel, der hohe Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden oder der Klimawandel. Es bestehen jedoch erhebliche Wissenslücken darüber, welchen spezifischen Anteil einzelne Treiber am Artenschwund haben, wie diese zusammenwirken und wie indirekte gesellschaftliche und wirtschaftliche Faktoren (beispielsweise Bevölkerungsentwicklung, Konsumverhalten sowie Handels- und Lieferketten) die biologische Vielfalt beeinflussen. Das Ausmaß des Artensterbens und die daraus resultierenden Veränderungen in den betroffenen Ökosystemen sind bisher nur für wenige gut untersuchte Arten und Naturräume bekannt. Mit einer hohen Wahrscheinlichkeit wird in den nächsten Jahrzehnten eine Reihe von ökologischen Kippunkten auf allen Organisationsebenen (Arten, Populationen, Biozöosen, Ökosystemen) erreicht.

### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Das Verständnis der kausalen Zusammenhänge zwischen Faktoren mit Relevanz für Biodiversitätsveränderungen in Deutschland, in Europa und weltweit ist eine Voraussetzung dafür, zukünftige Entwicklungen abzuschätzen und geeignete Maßnahmen zu beschließen. Dafür müssen Ausmaß, Ursachen, Dynamiken und Folgen des Biodiversitätsverlustes an Land und im Meer intensiver erforscht werden. Forschungsbedarf besteht ebenfalls zu Kippunkten, also kritischen Schwellenwerten, deren Überschreiten irreversible Folgewirkungen für Ökosystemfunktionen und -leistungen nach sich ziehen. Eine weitere Aufgabe der Biodiversitätsforschung ist die Analyse von Einflüssen ökonomischer, sozialer, kultureller und politischer Treiber. Hier wird die stärkere Verschränkung zwischen naturwissenschaftlicher und gesellschaftsbezogener Nachhaltigkeitsforschung neue Impulse mit Blick auf die erforderliche gesellschaftliche Transformation hin zu mehr Nachhaltigkeit geben.

### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- Mit der Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt werden wir ab 2020 die detaillierte Erfassung der Folgen und Risiken des Biodiversitätsverlustes für die Bereitstellung von Ökosystemleistungen sowie für Kernbereiche der Versorgung, Wertschöpfung und Lebensqualität fördern.
- Mit dem Aktionsprogramm Insektenschutz der Bundesregierung werden wir die Forschung zum Insektenschutz verstärken. Bis 2025 legen wir Ergebnisse zu Ausmaß, Ursachen und Treibern des Insektensterbens in Schutzgebieten sowie zu den möglichen Folgen und Risiken des Biodiversitätsverlustes für relevante Arten und Ökosysteme vor.
- Bis 2025 werden wir mit dem „Faktencheck Artenvielfalt“ Bewertungen des Zustands und der Entwicklung der biologischen Vielfalt für die wichtigsten Lebensraumtypen Deutschlands vorlegen.
- Wir führen das internationale und interdisziplinäre Förderprogramm zu Kippunkten, Dynamiken und Wechselwirkungen von sozialen und ökologischen Systemen auch über 2022 hinaus fort. Damit werden wir die Widerstandsfähigkeit verschiedener biologischer und gesellschaftlicher Systeme erforschen und Lösungsansätze für das Erkennen und Vermeiden von Kippunkten entwickeln.
- Im Rahmen der Deutschen Allianz Meeresforschung (DAM) fördern wir ab 2020 eine Initiative zur Charakterisierung der Biodiversität in den Schutzgebieten der Nord- und Ostsee, um den Einfluss der bodenberührenden Fischerei auf Sedimente zu bewerten.
- Mit der Dialogplattform Artenvielfalt werden wir ab 2020 die Erkenntnisse aus Forschung und Entwicklung in Gremien und Stakeholderforen mit Fachwissenschaftlern und Fachwissenschaftlerinnen, Vertretern und Vertreterinnen von Politik, relevanten Wirtschaftsbranchen und zivilgesellschaftlichen Gruppen regelmäßig diskutieren. Bis 2025 wollen wir ein besseres Verständnis der sozioökonomischen Prozesse und Treiber erzielen und daraus Handlungsempfehlungen für geeignete Gegenmaßnahmen ableiten.



## Aktion 12: Lebensräume und Ökosysteme erhalten

Für den Erhalt der Artenvielfalt und der Ökosysteme werden wir konkrete Schutz- und Bewirtschaftungsstrategien entwickeln.

### Wo stehen wir?

Bislang konzentrieren sich die Maßnahmen zum Erhalt der Artenvielfalt auf einzelne Sektoren wie beispielsweise die Agrar- und Forstwirtschaft oder die Fischerei. Es bedarf jedoch übergreifender und verlässlicher Lösungskonzepte und Strategien, die alle betroffenen Sektoren und jeweils betroffenen gesellschaftlichen Gruppen einbeziehen.



### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Um den Erhalt der Biodiversität und einzelner besonders gefährdeter Arten zu verbessern, müssen vor allem ausreichend große Lebensräume sowohl an Land und Küsten als auch in Binnengewässern, Meeren und Ozeanen erhalten, wiederhergestellt und miteinander vernetzt werden. So können überlebensfähige Populationen mit ihrer genetischen Vielfalt gesichert werden. Hierfür werden wir evidenzbasierte, handlungsrelevante Ansätze entwickeln. Entscheidungsträger auf allen Ebenen sollen befähigt werden, Ökosysteme nachhaltig zu nutzen und zu erhalten. Gesucht werden innovative Ansätze, die eine Transformation sozial-ökologischer Systeme zur Erhaltung der biologischen Vielfalt ermöglichen. Dazu müssen auch die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und Governancestrukturen in verschiedenen Politikfeldern und Wirtschaftssektoren analysiert und Interessenkonflikte und Synergien für den Schutz von Artenvielfalt und Ökosystemen identifiziert werden. In diesem Kontext gilt es auch, das Potenzial von kosteneffizienten, naturbasierten Lösungen zu entfalten. Durch die Stärkung von Ökosystemen und deren Leistungen kann sozio-ökologischen Herausforderungen wie dem Artensterben, dem Klimawandel, der menschlichen Gesundheit oder der Degradierung von Land begegnet werden.

### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- Wir tragen mit der Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt zur Entwicklung von wissenschaftsgestützten Lösungskonzepten und Handlungsoptionen sowie von Entscheidungs- und Managementinstrumenten für regionale und sektorale Schutzmaßnahmen bei. Diese machen wir für Akteure auf unterschiedlichen Entscheidungsebenen verfügbar. Ein Schwerpunkt wird auch die Entwicklung integrativer Bewertungsmethoden von Ökosystemleistungen sein, beispielsweise hinsichtlich der Erfassung von Kosten und Nutzen verschiedener Entwicklungsszenarien.
- Um die Biodiversität und intakte Ökosysteme zu erhalten, entwickeln wir bis 2025 innovative forschungsgestützte Maßnahmen, beispielsweise zu neuen landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsmethoden, ökonomischen Bilanzierungsansätzen, verbesserten Renaturierungsmaßnahmen sowie geeigneten Politik- und Governancekonzepten, und setzen diese pilothaft um.
- Bis 2025 legen wir verlässliche Szenarien und Modelle zur Entwicklung und zum Schutz der Artenvielfalt in den Modellregionen vor.
- Bis 2030 legen wir für die deutschen Küstengewässer evidenzbasierte Handlungsempfehlungen für deren effektiven Schutz und nachhaltige Nutzung vor.
- Gemeinsam mit lokalen und regionalen Akteuren, Verbänden und Initiativen, zum Beispiel aus Unternehmen, Kommunen und Bürgerinitiativen, unterstützen wir ab 2020 in Modellregionen und Experimentierräumen die Entwicklung von konkreten integrativen Maßnahmen zum Schutz der Artenvielfalt, die vor Ort auf ihre Anwendbarkeit getestet werden.
- Im Rahmen europäischer Initiativen werden wir die Forschung zur Gefährdung von Meeresökosystemen durch Lärmbelastung fördern. Ab 2026 sollen Handlungsempfehlungen für eine Reduktion der Schallimmissionen im marinen Bereich zum Schutz der Meerespopulation vorliegen.

## Handlungsfeld 5: Natürliche Ressourcen sichern (Wasser, Böden)



Die weltweite Nachfrage nach Ressourcen übersteigt schon heute das, was die Erde selbst erneuern kann. Durch das weltweite Bevölkerungswachstum wird der Druck auf natürliche Ressourcen wie sauberes Wasser und nutzbares Land weiter erhöht. So leben zwei Milliarden Menschen in Ländern mit hohem Wasserstress und fast eine Milliarde Menschen leiden unter Trinkwassermangel. Über 2,6 Milliarden Menschen haben keinen Zugang zu angemessenen sanitären Einrichtungen. 80 Prozent der weltweiten Abwässer werden nicht geklärt und verschmutzen natürliche Wasserressourcen. Jährlich sterben schätzungsweise rund 1,5 Millionen Kinder unter fünf Jahren an den Folgen fehlender Wasserhygiene, und das, während der globale Wasserbedarf weiter steigt – bis 2050 um bis zu 40 Prozent. Daher müssen Wasserressourcen effizienter genutzt, Verunreinigungen – auch durch Plastikmüll in den Ozeanen – minimiert und der Anteil an aufbereitetem Abwasser erhöht werden. Zudem müssen die Möglichkeiten der Wassergewinnung beispielsweise durch

Salzwasseraufbereitung verbessert und in industriellem Maßstab zum Einsatz gebracht werden.

Ebenso ehrgeizig muss beim Schutz und Erhalt von Landressourcen vorgegangen werden: Klimawandel, Bodenübernutzung, Waldrodungen und Flächenversiegelungen führen dazu, dass immer mehr Böden unfruchtbar werden. Bereits 75 Prozent der weltweiten Landfläche sind inzwischen durch Erosion, Versalzung, Übernutzung oder Austrocknung degradiert, bis 2050 könnten es ohne aktives Entgegenwirken 90 Prozent sein. Auch in Deutschland hat sich während der letzten 60 Jahre die Siedlungs- und Verkehrsfläche mehr als verdoppelt. Jeden Tag verliert die Natur der Bundesrepublik dadurch eine Fläche von etwa 90 Fußballfeldern. Mit FONA wollen wir einen Beitrag leisten, dem durch nachhaltige Land- wie Forstwirtschaftskonzepte sowie durch intelligente Stadtplanung zu begegnen.

### Handlungsfeld 5: Natürliche Ressourcen sichern (Wasser, Böden)

2

KEIN  
HUNGER

3

GESUNDHEIT UND  
WOHLERGEHEN

6

SAUBERES WASSER  
UND SANITÄR-  
EINRICHTUNGEN

15

LEBEN  
AN LAND

Aktion 13: Wasserkrisen global mindern | S. 29

Aktion 14: Die Verschmutzung von Flüssen und Meeren stoppen | S. 30

Aktion 15: Gesunde Böden erhalten und Land nachhaltig nutzen | S. 31

Aktion 16: Weiterentwicklung von Agrar- und Ernährungssystemen | S. 32

### Aktion 13: Wasserkrisen global mindern

Wir wollen weltweit Wasserkrisen mindern und die Versorgung mit Wasser sichern. Dafür werden wir innovative Technologien entwickeln.

#### Wo stehen wir?

Berichte des Weltklimarats belegen, dass Dürren und Starkregenereignisse in vielen Regionen der Welt in den kommenden Jahrzehnten voraussichtlich häufiger auftreten werden als heute. Grundwasserspeicher werden bei andauernder Übernutzung abnehmen oder sogar trockenfallen. Die Zahl regionaler Wasserkrisen wird steigen und mit ihr die Zahl wasserbedingter Konflikte. Aber es gibt Technologien und Konzepte zur Erhöhung der Wasserverfügbarkeit. Die Nachfrage nach Wassertechnologien „made in Germany“ zur Vermeidung von Nutzungskonflikten nimmt seit Jahren zu und kann einer nachhaltigen regionalen Entwicklung weltweit auf die Sprünge helfen.

#### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Um Wasser in ausreichender Menge und Qualität für alle bereitzustellen, bedarf es weiterer Forschung. Das kann einerseits die Entwicklung neuer Technologien umfassen, andererseits die Erarbeitung innovativer Organisationsformen und Nutzungskonzepte, etwa um verfügbare Frischwasserquellen möglichst nachhaltig zu bewirtschaften oder um alternative Wasserressourcen zu erschließen. Das können beispielsweise aufbereitetes Salzwasser oder marine Süßwasserlagerstätten sein. In Regionen mit Wasserknappheit ist es außerdem sinnvoll, Wasser effizienter zu nutzen. Insbesondere besteht Bedarf an Konzepten, um Wasserverluste in der Landwirtschaft zu mindern, Wasserkreisläufe in der Industrie zu schließen und Abwasser spezifisch nach ihrer Nutzungsart aufzubereiten und wiederzuverwenden. Dabei ist

Hightech kein Muss: Auch einfache und robuste Technologien können – regional und maßgeschneidert – die bestmögliche Option darstellen.

#### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- Wasserkrisen global zu mindern, ist ein Themenschwerpunkt im ressortübergreifenden Forschungsprogramm Wasser:N, das 2020 veröffentlicht wird. Dieses Regierungsprogramm bildet für die kommenden Jahre das Rahmenkonzept der Bundesregierung für die Förderung von Wasserforschung und Wasserinnovationen.
- 2020 starten wir das Bundesprogramm „Wassersicherheit in Afrika (WASA)“. Mit WASA sollen Lösungen erarbeitet werden, die sowohl den Bedarfen der afrikanischen Partner als auch den Strategien und Zielen der Bundesregierung für die internationale Zusammenarbeit entsprechen.
- Weltweit liegen die meisten Länder mit extremem Wasserstress im Nahen und Mittleren Osten. Ab 2020 werden wir unsere Forschungsförderung durch einen neuen Förderschwerpunkt in dieser Region ausbauen.
- 2020 werden wir die Ergebnisse unseres Forschungsschwerpunktes zur globalen Ressource Wasser veröffentlichen, die zur Erhöhung der Steuerungskompetenz im Wassersektor und zu SDG 6 „Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen“ beitragen werden.
- 2021 starten wir die Umsetzung des Förderschwerpunktes zum Thema Wassertechnologien und Wiederverwendung.



## Aktion 14: Die Verschmutzung von Flüssen und Meeren stoppen

Wir wollen die Verschmutzung von Flüssen und Meeren stoppen und die einwandfreie Wasserqualität hierzulande sichern.

### Wo stehen wir?

Obwohl Deutschland über vergleichsweise hohe Standards verfügt, sind auch die Wasserressourcen der Bundesrepublik zunehmenden Belastungen ausgesetzt. So erreichen 97 Prozent der deutschen Fließgewässer nicht den von der EU geforderten ökologisch guten Zustand. Schadstoffe, Mikroplastik und Krankheitserreger im Wasserkreislauf stellen eine Herausforderung für die Trinkwasseraufbereitung und Abwasserreinigung dar und belasten die Nahrungsnetze in Flüssen und Meeren. Der vielfache Einsatz von Antibiotika bei Mensch und Tier hat zu einer Zunahme multiresistenter Keime geführt, die von Kläranlagen nicht vollständig gefiltert werden und über das Abwasser zunächst in die Flüsse und dann ins Meer gelangen. Diese anthropogen bedingte Verschmutzung des Wassers gefährdet den ökologischen Zustand von Gewässern und Meeren. Dies hat weitreichende Folgen auf aquatische Nahrungsnetze und die menschliche Gesundheit, die wir zum Teil noch gar nicht kennen.



### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Der Schutz von Wasserressourcen ist nur möglich, wenn wir Stoffflüsse und Prozesse im Wasserkreislauf sowie Gefährdungen durch menschliche Einflüsse besser verstehen. Dafür müssen wir unseren Blickwinkel erweitern. Unter dem Leitgedanken „Von der Quelle bis zur Mündung“ wollen wir eine engere Verzahnung von Binnengewässer- und Küstenforschung bewirken und Umweltauswirkungen auf Wasserkreisläufe von Flussgebieten bis ins Meer besser verstehen.

### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- Wir werden gemeinsam mit Akteuren im Wassersektor Konzepte für den Ressourcenschutz aufstellen und

Verfahren entwickeln, wie Verschmutzung bereits am Ursprung vermieden und verschmutztes Wasser sicher gereinigt werden kann.

- Mit „Sauberes Wasser“ haben wir einen zentralen Themenschwerpunkt im Bundesprogramm Wasser:N gesetzt (→ Aktion 13, S. 29). Unser Ziel ist es, ab 2020 Wasserforschung und Wasserinnovationen „made in Germany“ für die Zukunft zu stärken und damit die Vorreiterrolle Deutschlands zu sichern.
- 2020 legen wir die Ergebnisse aus der Forschungsförderung zu Hauptbelastungsquellen sowie Risiken von Antibiotikaresistenzen im Wasserkreislauf und erste Lösungen für Vorsorgemaßnahmen vor.
- Ab 2021 werden wir uns in einer europäischen Förderinitiative zum Auftreten von anthropogenen Spurenstoffen, von Krankheitserregern und antimikrobiell resistenten Bakterien in Süß- und Salzwasserökosystemen engagieren.
- 2021 werden wir die Ergebnisse unseres Forschungsschwerpunktes zu Plastik in der Umwelt veröffentlichen. Neue Technologien sollen hier die Auswirkungen von Mikroplastik auf die Umwelt untersuchen, den Eintrag wirksam vermeiden (→ Aktion 19, S. 36) und Mikroplastik aus dem Wasser entfernen. Auf europäischer Ebene legen wir die Ergebnisse zu ökologischen Aspekten von Mikroplastik in der Meeresumwelt im Jahr 2024 vor.
- 2020 werden wir auf EU-Ebene die Forschung zu den Auswirkungen der Munitionsbelastung in Meeren fördern.
- Ab 2021 werden wir mit einer neuen Forschungsinitiative zum Grundwasser dazu beitragen, der Belastung des Grundwassers mit Nitrat, Phosphat und Chemikalienrückständen entgegenzuwirken.
- Wir werden das Onlineportal zur korrekten Entsorgung von Arzneimitteln ([arzneimittelentsorgung.de](http://arzneimittelentsorgung.de)) weiterentwickeln und damit den Bürgerinnen und Bürgern alle Informationen über sichere und umweltbewusste Entsorgungswege zur Verfügung stellen.



## Aktion 15: Gesunde Böden erhalten und Land nachhaltig nutzen

Wir werden ein ganzheitliches Verständnis entwickeln, wie wir gesunde Böden erhalten und Land nachhaltig nutzen können.

### Wo stehen wir?

Aktuell betrachtet die Forschung meist nur einzelne Segmente der Landnutzung – wie beispielsweise Boden- und Wasserqualität, Ernährung, Infrastruktur, Natur- und Klimaschutz. Zielkonflikte zwischen wachsenden Siedlungsflächen, landwirtschaftlicher Nutzung und den Anforderungen des Umwelt- und Klimaschutzes können wir so nicht lösen. Ziel ist es, die ökonomische und ökologische Landnutzung stärker in Einklang zu bringen.

### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Statt Forschung in einzelnen Segmenten brauchen wir systemische und integrierte Analysen, insbesondere auf der Landschafts- und der regionalen Ebene. Dazu müssen Lösungsansätze in Land- und Forstwirtschaft sowie in Kommunal- und Stadtplanung (→ Aktion 6, S. 17) künftig noch stärker mit Naturschutz und Wassermanagement zusammengedacht werden. Die Frage, wie bei widersprüchlichen Anforderungen Böden bewirtschaftet und Land genutzt werden soll, ist zentral für die nachhaltige Entwicklung von Stadt und Land. Insbesondere für den ländlichen Raum bedarf es integrierter Lösungen, die unterschiedliche Interessen zwischen Naturschutz, Erholung und Nutzfunktion berücksichtigen. Dies gilt auch im internationalen Kontext. Dort bedarf es transdisziplinärer Forschungs Kooperationen und wissenschaftlich basierter Konzepte, in denen sowohl Wirkungszusammenhänge als auch regionale (naturräumliche und sozio-kulturelle) Besonderheiten berücksichtigt werden. Nur so kann sichergestellt werden, dass Maßnahmen langfristig nachhaltig und weltweit in die Gesellschaft hineinwirken und zur Verbesserung beziehungsweise Sicherung der Lebensumstände vor Ort beitragen können – einschließlich der Erhaltung intakter Ökosysteme als Lebensgrundlage. In Subsahara-Afrika beispielsweise schaffen die Afrikazentren SASSCAL und WASCAL bereits heute die Voraussetzung hierzu, indem sie notwendige wissenschaftliche und gesellschaftliche Akteure vereinen (→ Beispiele unseres Engagements weltweit, S. 55).

Zukünftige Forschungsprojekte werden sich der Entwicklung eines modernen, umwelt- und sozialgerechten Landmanagements widmen. Digitalisierung, Wissenstransfer und Governance stellen hierbei zentrale Instrumente dar.

### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- Wir werden neue Verfahren, Technologien und Produkte entwickeln, die zu einer Optimierung von Bodenfunktionen führen; zudem werden wir neue Ansätze für eine nachhaltige Boden- und Landnutzung erarbeiten, mit denen bisherige Doppel- oder Mehrfachnutzungskonzepte weiterentwickelt werden können.
- Wir werden ab 2020 die Untersuchung des komplexen Zusammenspiels von Boden, Bodenorganismen und Pflanzen in Anbausystemen fördern. Ab 2020 werden wir uns zudem an einer europäischen Förderinitiative zur Bodenforschung beteiligen. Ziel wird die Erforschung relevanter biologischer Schlüsselprozesse im wurzelnahen Bodenraum (Rhizosphäre) sein, um die Leistungsfähigkeit von Bodenökosystemen für eine effiziente Pflanzenernährung, den Humushaushalt und den Klimaschutz zu erhalten oder sogar zu verbessern.
- Bis 2025 wollen wir eine Webplattform aufbauen, die der Landwirtschaft und Wissenschaft sowie Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern die Bewertung und Umsetzung von nachhaltigen Bodennutzungskonzepten erleichtert.
- Ab 2025 liegen Ergebnisse und weitergehende Ansätze zum internationalen nachhaltigen Landmanagement vor, die mittels wissenschaftlicher Maßnahmen in den Bereichen Digitalisierung und Governance Lösungswege hin zu einer ökologischen, wirtschaftlichen und sozial nachhaltigen Entwicklung aufzeigen.
- Wir fördern ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft und die Ausrichtung planerischer Stadtentwicklungsprozesse für die effiziente Nutzung von Wasser, Flächen und Stoffströmen exemplarisch in über 20 Modellkommunen in Deutschland. Erste Ergebnisse dazu werden 2021 vorliegen. 2022 beginnen wir mit der Umsetzungsphase.



## Aktion 16: Weiterentwicklung von Agrar- und Ernährungssystemen

Wir denken die landwirtschaftliche Produktion neu und vernetzen Wissen über Systemgrenzen hinweg.

### Wo stehen wir?

Agrar-, Ernährungs- und Forstsysteme stehen vor tiefgreifenden Veränderungen. Durch Klimawandel, knapper werdende Anbauflächen und die stetig steigende Weltbevölkerung wird die weltweite Nahrungsmittelversorgung in ausreichender Qualität und Quantität zu einer immer größeren Herausforderung. Urbanisierung, geopolitische Instabilitäten und der Rückgang von Biodiversität verschärfen die Situation zusätzlich. Mit herkömmlichen Formen der Agrarproduktion wird es zunehmend schwieriger, den sich verändernden Anforderungen gerecht zu werden. Hinzu kommt, dass auch die Land- und Forstwirtschaft ihren Beitrag zur Klimaneutralität leisten muss: Einerseits werden durch Landwirtschaft und Tierhaltung Treibhausgase freigesetzt – zum Beispiel durch Methan produzierende Rinder, Schafe und andere Wiederkäuer oder durch Lachgas freisetzende Dünger –, andererseits kann durch nachhaltige Land- und Forstwirtschaft der globale Treibhausgasausstoß reduziert werden, etwa durch Aufforstung, Humusbildung oder Wiedervernässung von Mooren. Die Bewirtschaftungsweise entscheidet darüber, ob Böden, Wälder oder Grünland langfristig Quellen oder Senken von Treibhausgasen sind.

### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Agrarsysteme der Zukunft denken Produktion neu und vernetzen Wissen über Systemgrenzen hinweg. In inter- und transdisziplinären Teams werden unterschiedliche Disziplinen und Branchen in systemischen Ansätzen zusammengeführt. Auf Basis dieser und weiterer geplanter Folge- und Anschlussmaßnahmen werden wir die Entwicklung nachhaltiger Agrar- und Ernährungssysteme in ihrer Breite fortführen oder sogar ausbauen. Zukunftstechnologien und Digitalisierung sind dabei für Agrarsysteme und die moderne Pflanzenzüchtungsforschung (Genome Editing) wichtige Treiber.

Weiteres Ziel unserer Forschung ist ein klimaneutraler oder sogar klimaschutzaktiver und resilienter landwirtschaftlicher Betrieb, der der Atmosphäre mehr CO<sub>2</sub> entzieht, als er freisetzt. Im Vordergrund stehen dabei innovative und transdisziplinäre Ansätze in Regionen und Handlungsfeldern, die ein besonders hohes Potenzial aufweisen, effektiv und im Einklang mit anderen Nachhaltigkeitszielen zum Klimaschutz beizutragen.

### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- Die Nationale Bioökonomiestrategie und das Klimaschutzprogramm 2030 bilden in den kommenden Jahren unseren strategischen und programmatischen Rahmen. Einerseits werden wir die Entwicklung nachhaltiger Agrar-, Ernährungs- und Forstsysteme fördern – Themenschwerpunkte sind dabei unter anderem Agrarsysteme der Zukunft, Pflanzenzüchtungsforschung für die Bioökonomie, Nutzpflanzen der Zukunft, innovative Pflanzenzüchtung im Anbausystem und der Innovationsraum NewFoodSystems. Andererseits werden wir den Klimaschutz in Land- und Forstwirtschaft weiterentwickeln sowie zur Entwicklung klimafreundlicher Betriebe, Betriebsmittel und Produktionsketten beitragen.



- Wir werden bis 2027 systemische Konzepte für klimafreundliche landwirtschaftliche Betriebe und Produktionsketten entwickeln, die auch den Handel sowie die Nachfrage- und Verbraucherseite einbeziehen.
- Wir werden innovative Schlüsseltechnologien entwickeln und in Hightech-Produktionsprozesse in den Bereichen Pflanzenbau, Smart Farming, KI-basierte Managementsysteme und flächeneffiziente Produktionssysteme integrieren.
- Mithilfe der Koordinationsstelle für Agrarsysteme der Zukunft und ihrer Internetpräsenz werden wir das Thema „Transformation der Agrar- und Ernährungssysteme“ im Wissenschaftsjahr 2020/21 und darüber hinaus für die Gesellschaft aufarbeiten und verständlich präsentieren.

## Handlungsfeld 6: Kreislaufwirtschaft – Rohstoffe effizient nutzen, Abfall vermeiden



Unsere lineare Wirtschaftsweise führt zu übermäßigem Ressourcenverbrauch und produziert große Mengen Abfall. Der Rohstoffbedarf in Deutschland ist pro Einwohner doppelt so hoch wie im globalen Durchschnitt. Die Gewinnung und Verarbeitung von Rohstoffen hat erhebliche Auswirkungen auf Umwelt und Klima. Trotzdem werden derzeit nur unter 10 Prozent der weltweit eingesetzten Rohstoffe im Kreislauf wieder eingesetzt – und das, obwohl Kreislaufwirtschaft nicht nur umweltfreundlich ist, sondern auch ein Geschäftsmodell,

mit dem sich Geld verdienen lässt. Um Umsätze langfristig zu sichern, müssen Unternehmen ihre Geschäftsmodelle hinterfragen und sich die Konzepte der Kreislaufwirtschaft zu eigen machen. Es sind aber nicht nur Neuerungen beispielsweise bei der Produktgestaltung und bei Produktionsprozessen erforderlich, sondern auch ein neues Konsumverhalten. Gefragt sind ganzheitliche Lösungen für mehr Wiederverwendung und Recycling und weniger Verschwendung. Mit FONA zeigen wir auf, wie das gelingen kann.

**Handlungsfeld 6:**  
Kreislaufwirtschaft – Rohstoffe effizient nutzen, Abfall vermeiden



**Aktion 17: Gesamtrohstoffproduktivität steigern | S. 34**

**Aktion 18: Bioökonomie: Biobasierte Rohstoffe nutzen und Abfälle vermeiden | S. 35**

**Aktion 19: Kunststoffkreisläufe schließen | S. 36**

**Aktion 20: Phosphorrecycling: Abfallströme verwerten, Ressourcen rückgewinnen | S. 37**

## Aktion 17: Gesamtrohstoffproduktivität steigern

Durch den Übergang zu einer ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft werden wir mit weniger Rohstoffen mehr Wertschöpfung erzielen.

### Wo stehen wir?

Die Weltwirtschaft wächst stetig – und mit ihr der globale Ressourcenverbrauch. Das könnte sich ändern, wenn wir Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch voneinander entkoppeln. Um zu messen, wie sparsam und effizient Ressourcen genutzt werden, definiert die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie die Gesamtrohstoffproduktivität. Dieser Indikator gibt das Verhältnis zwischen dem Wert der in Deutschland produzierten Güter und der Masse der für die Produktion verwendeten Rohstoffe an. Erklärtes Ziel der Bundesregierung ist es, die Gesamtrohstoffproduktivität bis 2030 um 30 Prozent gegenüber 2010 zu steigern (Deutsches Ressourceneffizienzprogramm). Aktuell nimmt die Gesamtrohstoffproduktivität um durchschnittlich etwa 1,6 Prozent jährlich zu. Ziel von FONA ist es, den Prozess zu beschleunigen und zur Zunahme der Gesamtrohstoffproduktivität in Deutschland auf mindestens 2 Prozent jährlich beizutragen.

### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Durch Forschung und Innovation wollen wir dafür sorgen, dass Produkte länger nutzbar, ihre Komponenten wiederverwertbar und ihre Reststoffe recycelbar sind. In puncto Recycling liegt unser Fokus dabei insbesondere auf Massenrohstoffen wie Kunst- und Baustoffen sowie kritischen Rohstoffen wie Elektrometallen und seltenen Erden. Um unser Ziel erreichen zu können, brauchen wir 1. ein kreislaufgerechtes Produktdesign, damit Produkte repariert oder wiederverwendet werden können, 2. neue Geschäftsmodelle, die für Unternehmen und Kunden Anreize schaffen, eben dies auch zu tun, und 3. geeignete Technologien zur Trennung und Sortierung, Wiederaufarbeitung und Kreislaufführung von Produkten und Materialien. Das erfordert eine enge Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft (Designern, Produktentwicklern, Herstellern, Recyclingunternehmen, Handel). Die Einbindung von Verbrauchern und die Berücksichtigung der Rahmenbedingungen für die Umsetzung spielen ebenfalls eine zentrale Rolle wie auch die Digitalisierung der Stoffkreisläufe.

### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- Wir arbeiten ressortübergreifend insbesondere mit dem Bundesumweltministerium (Federführung Deutsches Ressourceneffizienzprogramm – ProgRes) und dem Bundeswirtschaftsministerium (Federführung

Rohstoffstrategie) zusammen und binden im Rahmen der Nationalen Plattform Ressourceneffizienz (NaRes) Verbände, Länder und NGOs ein.

- Wir wollen mit unserer Forschungsförderung deutsche Unternehmen als führende internationale Anbieter für Technologien und Geschäftsmodelle im Bereich Recycling und Kreislaufwirtschaft stärken und dadurch zu ihrer Wettbewerbsfähigkeit beitragen.
- Mit unserem Forschungsschwerpunkt zu ressourceneffizienter Kreislaufwirtschaft fördern wir seit 2019 innovative Lösungsansätze: vom Design eines Wirtschaftsguts über seine möglichst lange Nutzung bis hin zur Trennung und Wiederverwertung seiner Stoffe und Komponenten.
- Wir haben einen Förderschwerpunkt zu innovativen Produktkreisläufen im Jahr 2019 gestartet. Maßnahmen zu den Themen (a) Bauen und mineralische Stoffkreisläufe sowie (b) Kunststoffrecycling folgen ab 2020.
- Mit der „Circular Economy Initiative Deutschland“ (CEID) der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech) werden wir bis 2021 die Entwicklung einer Roadmap für die Kreislaufwirtschaft in Deutschland fördern. Eine Ausdehnung der CEID auf die gesamte EU ist in Diskussion.
- Die Wirksamkeit ressourceneffizienter Wirtschaftskreisläufe kann durch den Reboundeffekt abgeschwächt werden. Deshalb fördern wir im Rahmen der Sozialökologischen Forschung Maßnahmen zum Umgang mit und zur Eindämmung von Reboundeffekten, deren Ergebnisse ab 2021 präsentiert werden.
- Wir sind an der Umsetzung des europäischen Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft beteiligt und bauen die führende Rolle Deutschlands aus. An der europäischen Zusammenarbeit beteiligen wir uns im Rahmen eines transnationalen Forschungs- und Innovationsprogramms zu Rohstoffen für eine nachhaltige Entwicklung und Kreislaufwirtschaft.



### Aktion 18: Bioökonomie: Biobasierte Rohstoffe nutzen und Abfälle vermeiden

Wir werden die Rohstoffpalette um biogene Rohstoffe erweitern. Diese können in verschiedenen Verarbeitungsstufen optimal genutzt und dann in den Kreislauf zurückgeführt werden. So vermeiden wir zusätzlich Abfälle.

#### Wo stehen wir?

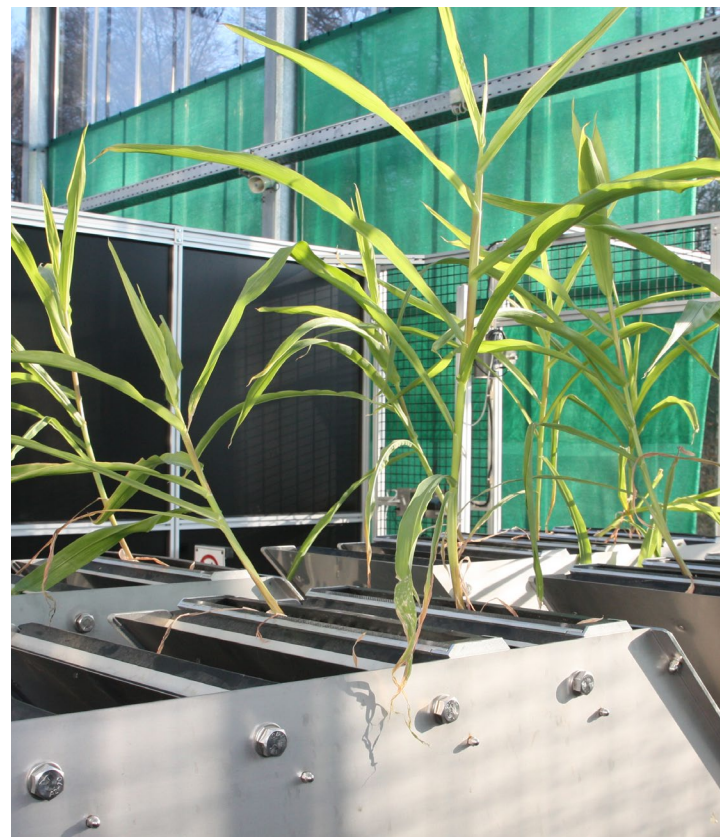
Biogene Rohstoffe sind nachwachsend und klimaneutral. Denn sie setzen während ihrer Nutzung nie mehr CO<sub>2</sub> frei, als sie während ihres Wachstums der Atmosphäre entzogen haben. Weiterer Vorteil: Aufgrund ihrer Beschaffenheit sind sie für die Nutzung in Kreisläufen oder Kaskaden besonders geeignet. Das schließt die stoffliche und energetische Verwertung ein. So kann beispielsweise Holz zunächst als Bauträger, dann als Möbelholz, dann als Pressholz und schließlich als Brennstoff oder Kompost verwendet werden. Eine Begrenzung ergibt sich durch die Verfügbarkeit von für die Biomasseproduktion nötigen Flächen. Mit der 2020 von der Bundesregierung verabschiedeten Nationalen Bioökonomiestrategie bekennt sich die Bundesregierung zu der Vision einer nachhaltigen, flächensparenden biobasierten Wirtschaft, die sich an natürlichen Stoffkreisläufen orientiert. Ziel ist, die Ressourcenbasis nachhaltig zu erweitern – sowohl in Bezug auf die zur Anwendung kommende Biomasse und die Zahl und Form der eingesetzten biologischen Produktionsorganismen als auch die dafür eingesetzten Technologien und Methoden.

#### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Durch Forschung soll die Palette biobasierter Substanzen ausgeweitet werden. Neuartige biobasierte Produktionssysteme können zum Beispiel maßgeschneiderte Inhaltsstoffe für die Industrie liefern. Aktuell petrochemisch basierte Substanzen, Chemikalien und Produkte sollen, wenn möglich, durch biogene Rohstoffe substituiert werden. Diese können allerdings mehr, als fossile Rohstoffe nur zu ersetzen: Mit ihrer Hilfe entstehen völlig neuartige Produkte und Verbundwerkstoffe, beispielsweise für den Haus- oder Karosseriebau. Außerdem rückt die Wiederverwendung von biobasierten Rest- und Abfallstoffen verstärkt in den Fokus. Hier gilt es, die Kaskadennutzung und Rückführung in die Kreislaufwirtschaft zu optimieren. Die dafür notwendigen biotechnologischen Verfahren wollen wir entwickeln, zur Marktreife bringen und ihren Einsatz in der Produktion fördern.

#### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- Wir werden 2020 einen Bioökonomierat etablieren, der die Bundesregierung zu Fragen der Umsetzung der Nationalen Bioökonomiestrategie beraten wird. Der in seiner Expertise breit aufgestellte Rat soll sich aktiv in die Entwicklung von Implementierungsszenarien zur Bioökonomie in Deutschland einbringen.
- Im Rahmen der Nationalen Bioökonomiestrategie wollen wir die sozialen, wirtschaftlichen und politischen Zusammenhänge für nachhaltiges biobasiertes Wirtschaften untersuchen. Und wir analysieren den Beitrag dieses Wirtschaftens zur Nachhaltigkeit. Dies beinhaltet, dass wir gemeinsam mit dem Bundeslandwirtschafts-, Bundesumwelt- und dem Bundeswirtschaftsministerium den Aufbau eines Monitorings zur Bioökonomie weiter vorantreiben.



## Aktion 19: Kunststoffkreisläufe schließen

Wir wollen einen intelligenten, ressourcen- und energieeffizienten Umgang mit Kunststoffen erreichen – unter anderem durch eine echte Kreislaufwirtschaft.

### Wo stehen wir?

Kunststoffe sind aus unserem täglichen Leben nicht wegzudenken. Die vielseitigen Eigenschaften sowie die im Vergleich zu anderen Materialien kostengünstige Herstellung machen Kunststoff zu einem kaum zu ersetzenden Werkstoff. Allerdings belasten Kunststoffe auch die Umwelt. Aus diesem Grund gibt es das deutsche Verpackungsgesetz: Es soll die Recyclingquote bei Kunststoffverpackungen erhöhen, bessere Grundlagen für das Kunststoffrecycling schaffen und neue ökonomische Recyclingpotenziale bieten. Zur Reduzierung von Plastikmüll in Deutschland ist damit ein wichtiger Schritt getan. Allerdings wird auch global zu viel Plastikmüll produziert und zu wenig recycelt: Heute landen weltweit jährlich zwischen 4 und 13 Millionen Tonnen Plastikmüll im Meer. Bis 2050 soll dieser Wert auf null reduziert werden.

### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Um dies zu erreichen, sind innovative Technologien und Recyclingverfahren sowie intelligente Nutzungskonzepte notwendig. Wir fördern daher 1. Forschung zu wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Vermeidungs- und Reduktionsstrategien für Kunststoffe, 2. Maßnahmen zum kreislaufgerechten Design von Kunststoffprodukten und 3. die Entwicklung wirtschaftlich tragfähiger, digital basierter Lösungen für die intelligente Nutzung, Sammlung, Sortierung und Recycling von Kunststoffen sowie deren Erprobung im großtechnischen Maßstab. Hierbei wollen wir neben der Produzentenperspektive stets

auch die der Konsumenten berücksichtigen – alles mit dem Ziel, weniger Kunststoff zu verwenden, die Effizienz der Kunststoffnutzung zu erhöhen und eine echte Kreislaufwirtschaft im Kunststoffbereich zu etablieren.

### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- Gemeinsam mit dem Bundesumwelt- und dem Bundesentwicklungsministerium arbeiten wir an einer Verbesserung der Kreislaufwirtschaft für Kunststoff (5-Punkte-Plan für weniger Plastik und mehr Recycling, PREVENT Abfall Allianz).
- Wir beteiligen uns an der Umsetzung der EU-Plastikstrategie und tragen mit unseren Förderungen zum Thema Kreislaufwirtschaft dazu bei, die Führungsrolle Deutschlands in diesem Bereich zu erhalten und auszubauen.
- Wir setzen uns für eine stärkere Zusammenarbeit mit der Wirtschaft ein, beispielsweise in der „Allianz gegen Plastikmüll in der Umwelt“, und unterstützen mit Forschungs- und Entwicklungsprojekten deutsche Unternehmen dabei, die führenden Anbieter im Bereich Kunststoffrecycling zu sein.
- Wir fördern ab 2021 die verbesserte Kreislaufführung von Kunststoffen und streben eine starke Beteiligung von Unternehmen sowie großtechnische Umsetzungen entlang der Kunststoff-Wertschöpfungsketten an.
- Ergebnisse zu neuen und digitalen Technologien und Piloten zur Nutzung, Sammlung, Sortierung und Kreislaufführung von Kunststoffen werden wir ab 2022 präsentieren.



## Aktion 20: Phosphorrecycling: Abfallströme verwerten, Ressourcen rückgewinnen

Wir werden die zukünftige Versorgung mit Phosphor durch Rückgewinnung aus Abwasser und Klärschlamm sichern.

### Wo stehen wir?

Intensive Landwirtschaft hat zu einem Phosphormangel auf Ackerböden geführt. Um landwirtschaftliche Erträge trotzdem auf hohem Niveau zu halten, muss Phosphor durch Düngung wieder auf die Felder zurückgeführt werden. Eine Möglichkeit, dem Phosphormangel zu begegnen, ist die Phosphorrückgewinnung aus Abwasser und Klärschlamm. Dabei muss der Phosphor zunächst aus dem Klärschlamm recycelt werden. Geschieht das nicht und wird direkt mit Klärschlamm gedüngt, gelangen auch Stoffe in den Boden, die diesen stark belasten: beispielsweise Schwermetalle oder multiresistente Keime. Die Bundesregierung hat daher den Ausbau des Phosphorrecyclings im Deutschen Ressourceneffizienzprogramm verankert und mit der Novellierung der Klärschlammverordnung die gesetzlichen Rahmenbedingungen geschaffen. Damit ist die Rückgewinnung des im Klärschlamm enthaltenen Phosphors für größere kommunale Kläranlagen grundsätzlich vorgeschrieben und die Düngung mit Klärschlämmen verboten. Allerdings ist die Umsetzung der Phosphorrückgewinnung mit hohen Kosten verbunden, die über den Wasserpreis vor allem die Verbraucherinnen und Verbraucher tragen müssen. Um die Mehrbelastung für Gebührenzahler möglichst gering zu halten, bedarf es daher möglichst wirtschaftlicher Lösungen.

### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Das komplexe Verfahren der Phosphorrückgewinnung und seine hohen Kosten sind die bis dato größten Hindernisse bei der Realisierung der neuen Klärschlammverordnung. Damit auf regionaler Ebene die richtigen Investitionsentscheidungen getroffen werden, benötigen Entscheidungsträger wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse und praktische Erfahrungswerte. Diese können nur durch die großtechnische Umsetzung verschiedener Phosphorrückgewinnungsverfahren gewonnen werden. Diese Technologien dürfen jedoch nicht isoliert betrachtet werden, sondern müssen Teil eines ganzheitlichen regionalen Phosphorrecycling- und Klärschlammverwertungskonzeptes sein. So können sie als Vorbild für andere Regionen mit vergleichbaren Bedingungen dienen.

### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- Wir fördern innovative regionale Ansätze zum wirtschaftlichen und nachhaltigen Phosphorrecycling und zur Klärschlammverwertung und starten 2020 die Umsetzung bisher entwickelter Konzepte. Demonstrationsstandorte für groß-technische Umsetzungen verschiedener Phosphorrückgewinnungstechnologien sollen bis Ende 2025 etabliert sein.
- Mithilfe einer langfristig angelegten Förderung ab 2020 wollen wir zeigen, wie unter Einbeziehung der gesamten Wertschöpfungskette der rückgewonnene Phosphor über die Landwirtschaft in den Nährstoffkreislauf (→ Aktion 16, S. 32) oder als Rohstoff in die Industrie zurückgeführt werden kann.





## Ziel 3: Gesellschaft und Wirtschaft weiterentwickeln – gut leben im ganzen Land



7 BEZAHLBARE UND SAUBERE ENERGIE



8 MENSCHENWÜRDIGE ARBEIT UND WIRTSCHAFTSWACHSTUM



10 WENIGER UNGLEICHHEITEN



11 NACHHALTIGE STÄDTE UND GEMEINDEN



16 FRIEDEN, GERECHTIGKEIT UND STARKE INSTITUTIONEN

**Die Agenda 2030 adressiert mit mehreren SDGs ein nachhaltiges und gleichwertiges Leben für alle Menschen unabhängig von Lebensort und sozialer Herkunft. Dies sind Herausforderungen, die auch in Deutschland existieren. Hierzulande bestehen in puncto wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit und Innovationskraft erhebliche regionale Unterschiede. Starken Wirtschaftsräumen stehen – ländlich wie städtisch – Regionen mit geringeren Einkommens- und Beschäftigungsmöglichkeiten gegenüber. Rund 40 Prozent der Bevölkerung in Deutschland leben in strukturschwachen Regionen. Dazu zählen beispielsweise altindustrielle Zentren, ländliche Gegenden und zahlreiche Grenz- und Küstenregionen in Ost und West.**

Darüber hinaus gibt es ein signifikantes Stadt-Land-Gefälle sowie Ungleichheiten zwischen und in Regionen hinsichtlich der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Struktur. Während wirtschaftlich schwache Regionen häufig besonders von einem Bevölkerungsrückgang betroffen sind, haben starke Regionen zumeist Herausforderungen wie überlastete Infrastrukturen, wenig bezahlbaren Wohnraum oder durch Verkehr verursachte Lärmbelastungen und Luftverschmutzungen sowie Platzmangel zu bewältigen.

Aktuelle Entwicklungen wie der demografische Wandel, die digitale Transformation und der Klimawandel stellen alle Regionen Deutschlands vor Herausforderungen. Gleichzeitig eröffnen sie die Möglichkeit, neue Wege zu gehen und neue Lösungsansätze zu entwickeln – etwa

für eine nachhaltige Mobilität oder den Strukturwandel ehemaliger Kohlereviere.

Die Schaffung gleichwertiger Lebensverhältnisse ist erklärtes Ziel der Bundesregierung. 2018 hat sie deshalb eine gleichnamige Kommission damit beauftragt, Vorschläge zu entwickeln, wie in Zukunft Ressourcen und Möglichkeiten für alle in Deutschland lebenden Menschen gerecht verteilt werden können. Basierend auf ihren Ergebnissen wurden Maßnahmen für unterschiedliche Bereiche wie Daseinsvorsorge, Infrastruktur, Wirtschaft und Innovation auf den Weg gebracht. Durch FONA wollen wir regionale Potenziale aktivieren, Wandlungsprozesse anstoßen und nachhaltige Perspektiven auch auf gesellschaftlicher Ebene schaffen und damit einen Beitrag zur Erreichung der nationalen und internationalen Nachhaltigkeitsziele leisten.



## Handlungsfeld 7: Gesellschaft gemeinsam gestalten – Zusammenhalt stärken



Eine innovationsorientierte, nachhaltige und sozial gerechte Zukunft möglich machen – das ist unser erklärtes Ziel. Dafür sind nachhaltige und zukunftsfähige Wissenschafts- und Wirtschaftsstrukturen in Deutschland zu schaffen und ungleichen Entwicklungen innerhalb der Gesellschaft, zwischen Stadt und Land oder zwischen strukturstarken und -schwachen Regionen entgegenzuwirken. Die ökologischen Herausforderungen

unserer Zeit – Klimawandel, Ressourcenübernutzung, Umweltverschmutzung – verstehen wir dabei mehr denn je als Chance, Innovationskraft zu stärken, erfolgreiche Wirtschaftsstandorte zu befördern, eine ressourcenschonende und umweltfreundliche Gesellschaft aufzubauen und den Wohlstand im Land zu erhalten, damit auch der gesellschaftliche Zusammenhalt hierzulande erhöht wird.

Handlungsfeld 7:  
Gesellschaft und Wirtschaft weiterentwickeln – gut leben im ganzen Land



Aktion 21: Gleichwertige Lebensverhältnisse – Wohlstand, Teilhabe und Demokratie stärken | S. 40

Aktion 22: Nachhaltige Ausrichtung des Wirtschafts- und Finanzsystem unterstützen | S. 42

### Aktion 21: Gleichwertige Lebensverhältnisse – Wohlstand, Teilhabe und Demokratie stärken

Wir wollen zukunftsfähige und nachhaltige Wissenschafts- und Wirtschaftsstrukturen in Deutschland schaffen und setzen uns für demokratische Teilhabe ein.

#### Wo stehen wir?

Um eine nachhaltige wirtschaftliche Dynamik anzustoßen und den gesellschaftlichen Zusammenhalt zu stärken, müssen bestehende Chancen vor Ort erkannt und ergriffen werden. Es gilt, zukunftsfähige Arbeitsplätze zu schaffen und deren Attraktivität für Fachkräfte und Unternehmen zu erhöhen. Das erfordert eine langfristige wirtschaftliche und wissenschaftsbasierte Strukturbildung – also einen nachhaltigen Strukturwandel, der auf den regional vorhandenen Kompetenzen aufbaut und ein breites Spektrum an Akteuren mobilisiert. Derzeit stehen Teilhabe, Demokratie und offene Gesellschaft durch unterschiedliche gesellschaftliche Prozesse wie beispielsweise Globalisierung, Klimawandel, Digitalisierung und Populismus massiv unter Druck. Dem wollen wir mit einem nachhaltigen Strukturwandel sowie partizipativen Ansätzen für nachhaltigkeitsorientierte Lösungen begegnen und den Wohlstand befördern.

#### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Forschung und Innovation sind Erfolgsfaktoren für das Gelingen des Strukturwandels, weil sie wesentlich dazu beitragen, die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen langfristig zu stärken und neue Wachstumschancen zu eröffnen – insbesondere in umweltrelevanten Branchen. Forschung bietet außerdem die Möglichkeit, neue Formen der Bürgerbeteiligung und Partizipation zu entwickeln. Forschungsbedarf besteht beispielsweise zu der Frage, wie geeignete Beteiligungsmöglichkeiten die Legitimität von nachhaltigkeitsorientierten oder strukturwandelbefördernden Maßnahmen erhöhen und gleichzeitig die Expertise der Bürgerinnen und Bürger aktiv in den Forschungsprozess eingebracht werden können. Dies ist sowohl ein Beitrag zur Stärkung der Demokratie insgesamt, die vielerorts in Europa unter Druck steht, als auch ein Beitrag zum schnellen Transfer zwischen Gesellschaft und Wissenschaft. Vor diesem Hintergrund besteht auch Forschungsbedarf zu der Frage, wie sich



das Erstarken von Populismus auf die Umweltforschung sowie das politische Ziel der Nachhaltigkeit auswirkt.

#### **Umsetzungsschritte und Meilensteine**

- Wir unterstützen die Umsetzung der Ergebnisse der Kommission „Gleichwertige Lebensverhältnisse“ mit passgenauen Förderangeboten, auch unter Einbindung der Zivilgesellschaft und anderer regionaler Akteure. So bringen wir beispielsweise die Programmfamilien „Innovation & Strukturwandel“ und „Unternehmen Region“, den Förderschwerpunkt zu Kommunen innovativ und die Förderung überbetrieblicher Berufsbildungsstätten in das „Gesamtdeutsche Fördersystem für strukturschwache Regionen“ ein, das 2020 gestartet ist.
- Mit der Programmfamilie „Innovation & Strukturwandel“ haben wir eine mehrjährige, themenoffene Innovationsförderung konzipiert, die auf den Stärken strukturschwacher Regionen aufbaut. Ziel ist es, die wissenschaftlichen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Innovationspotenziale der Regionen weiterzuentwickeln. Dadurch soll ein nachhaltiger Strukturwandel erreicht werden.
- Wir werden strategische Partnerschaften für verschiedene regionale Kontexte und Akteure (zum Beispiel Stadt-Land-Partnerschaften, Akteure aus Politik, Verwaltung, Kommunen, Wissenschaft, Wirtschaft und Öffentlichkeit) bei der Entwicklung gemeinsamer Strategien und Konzepte fördern. Erste Ergebnisse aus der Förderaktivität Stadt-Land-Plus werden wir ab 2022 präsentieren.
- Basierend auf einer Übersichtsstudie zu politischen Prozessen, die zur Ablehnung der Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsziele führen können, werden wir ab 2022 die Forschung zur Zukunftsfähigkeit der Demokratie, zu neuen demokratischen Beteiligungsformen sowie zu den Herausforderungen bei Legitimation und Umsetzung von Nachhaltigkeitspolitiken weiter voranbringen.



## Aktion 22: Nachhaltige Ausrichtung des Wirtschafts- und Finanzsystems unterstützen

Wir wollen nachhaltige Wirtschaftsweisen unterstützen und Hebelwirkungen der Finanzwirtschaft nutzen, um insbesondere auch eine klimafreundliche Ausrichtung der Realwirtschaft zu fördern.

### Wo stehen wir?

Voraussetzung für nachhaltiges Wirtschaften und nachhaltige realwirtschaftliche Investitionen ist ein nachhaltiges Finanzsystem. Das heutige Investitionsverhalten unterstützt jedoch eine globale Erwärmung von 4 Grad und mehr. Damit die Realwirtschaft in mehr klimafreundliche und nachhaltige Technologien und Verfahren investiert, muss auch der Finanzsektor grüner werden. Und damit Finanzmärkte zum zentralen Hebel für grünes Wirtschaften werden, muss die Politik entsprechende Rahmenbedingungen schaffen. Wir wollen das benötigte Wissen bereitstellen, damit das Finanzsystem künftig die Erreichung der Pariser Klimaziele unterstützt, und dazu beitragen, dass Deutschland und Europa zu führenden Sustainable-Finance-Standorten werden.

### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Mit unserer Forschungsförderung wollen wir grüne Zukunftsmärkte schaffen (beispielsweise bei klimafreundlichen Technologien oder in der Bioökonomie), Märkte für die Zukunft wappnen und die Hebelwirkung der Finanzwirtschaft nutzen, um den Übergang der Realwirtschaft in nachhaltige und klimafreundliche Strukturen zu unterstützen. Erforscht werden sollen Möglichkeiten, Finanz- und Investitionsströme aus nicht nachhaltigen Aktivitäten in nachhaltige umzulenken. Dazu werden Antworten auf folgende Fragen erarbeitet: Wie können effiziente Finanzmärkte für klimabewusste Investitionsentscheidungen aussehen, wie Anreizstrukturen für klimafreundliche Investitionen? Wie müssen nachhaltige Finanzmarktinstrumente und Regulierungsansätze ausgestaltet sein? Dies schließt die Entwicklung neuer Mess- und Bewertungskonzepte ein, mit denen die ökologischen und sozialen Auswirkungen der Finanzwirtschaft, wie auch die Auswirkungen von realwirtschaftlicher Produktion und Konsum, bestimmt werden können.

Im Bereich Digitalisierung ist die Entwicklung sicherer digitaler Lösungen, die nachhaltige, klimaangepasste und resiliente Produktions-, Organisations- und Konsumweisen unterstützen und die die Lebensqualität der Menschen verbessern, Ziel unserer Forschungsförderung. Große Potenziale bestehen hier beispielsweise bei kleinen und mittelständischen Unternehmen, Plattform- und Sharingökonomien sowie Ansätzen der Gemeinwohlökonomie.

### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- Im Rahmen der Nationalen Bioökonomiestrategie legen wir einen Schwerpunkt auf die Untersuchung sozialer, wirtschaftlicher und politischer Zusammenhänge für nachhaltiges biobasiertes Wirtschaften und analysieren den Beitrag der Bioökonomie zur Nachhaltigkeit. Dies beinhaltet, dass wir gemeinsam mit dem Bundeslandwirtschafts- und Bundeswirtschaftsministerium den Aufbau eines Monitorings der Bioökonomie weiter vorantreiben (→ Aktion 18, S. 35).
- Wir werden ab 2022 unseren Fokus darauf richten, die Chancen der Digitalisierung für das Zusammenwirken technologischer und sozialer Innovationen, neuer Geschäftsmodelle sowie von Unternehmens- und Politikinnovationen zu nutzen. Dabei werden wir insbesondere die Potenziale von kleinen und mittelständischen Unternehmen für neue Lösungen erschließen.
- Im Rahmen des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung werden wir ab 2022 die Umsetzung der deutschen Sustainable-Finance-Strategie und die Erreichung der Ziele des Pariser Klimaabkommens durch Forschung unterstützen. Anknüpfend an das erfolgreiche Forschungsprogramm zur Ökonomie des Klimawandels werden wir mit dem Förderschwerpunkt zu Finanzwirtschaft und Klimaschutz die mit dem Klimawandel verknüpften Chancen und Herausforderungen adressieren.
- Zusätzlich werden wir – basierend auf einer Meta-studie – ab 2022 die Forschung zu weiteren Nachhaltigkeitswirkungen des Finanzsektors beziehungsweise einer nachhaltigen Ausrichtung des Finanzsystems stärken. Unsere Forschung wird neben ökologischen Aspekten insbesondere auch soziale und wirtschaftliche Nachhaltigkeit berücksichtigen und Chancen eröffnen, nachhaltige Innovationen und Geschäftsmodelle in der Realwirtschaft umzusetzen.



## Handlungsfeld 8: Regionen innovativ gestalten



Wir wollen starke, attraktive und nachhaltige Regionen in ganz Deutschland. Daher wollen wir einen innovationsbasierten, ressourcenschonenden und klimafreundlichen Strukturwandel fördern, der Wohlstand und Arbeitsplätze sichert. Vom Strukturwandel besonders betroffen sind Regionen, in denen auch heute noch Braunkohleabbau stattfindet. Der Kohleausstieg 2038 stellt uns vor bisher einzigartige Herausforderungen. Denn die regionale Entwicklung der Braunkohleregionen ist Teil einer tiefgreifenden gesellschaftlichen Transformation. Ein solcher Prozess ist ein Generationenprojekt, das auf Innovationen angewiesen ist und den

ländlichen Raum und die Menschen vor Ort von Beginn an mitdenken muss.

Unabhängig davon, ob ehemalige Kohleregion oder nicht: Strukturwandel soll in Stadt und Land flächendeckend gleichwertige Lebensqualität schaffen und Zugang zu Mobilität, Bildung und Infrastruktur ermöglichen. Das bedeutet auch, dem demografischen Druck auf Städte entgegenzuwirken und ländliche Regionen zu attraktiven Standorten für Wirtschaft und Innovation zu machen. Diese Themen adressieren wir mit unseren Aktionen in FONA.

### Handlungsfeld 8: Regionen innovativ gestalten



7 BEZAHLBARE UND SAUBERE ENERGIE



8 MENSCHENWÜRDIGE ARBEIT UND WIRTSCHAFTSWACHSTUM



11 NACHHALTIGE STÄDTE UND GEMEINDEN

Aktion 23: Strukturwandel in den Kohlerevieren mit Forschung und Innovationen gestalten | S. 44

Aktion 24: Wandel in Stadt, Land und Regionen zukunftsfähig gestalten | S. 45

Aktion 25: Nachhaltige Mobilität in Stadt und Land sichern | S. 47

## Aktion 23: Strukturwandel in den Kohlerevieren mit Forschung und Innovationen gestalten

Wir wollen den Strukturwandel in den Kohlerevieren mit Forschung und Innovationen gestalten.

### Wo stehen wir?

Im Juli 2020 wurde das Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen verabschiedet. Damit werden die strukturellen Empfehlungen der Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ umgesetzt. Vorgesehen ist, dass die betroffenen Kohleregionen in Deutschland bis 2038 mit insgesamt rund 40 Milliarden Euro unterstützt werden. Die Förderung von Forschung und Innovation ist ein wesentlicher Bestandteil des Gesetzes. Dazu gehören unter anderem Maßnahmen zur Unterstützung der Energiewende und des Klimaschutzes sowie zur Schaffung konkreter Perspektiven für neue, zukunftssichere Arbeitsplätze und Wertschöpfung. Das Ende der Kohleverstromung stellt für Deutschland als hochindustrialisierte Exportnation mit einem vergleichsweise großen Kohleanteil an der Stromerzeugung eine besondere Herausforderung dar.



### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Es gilt, den Strukturwandel erfolgreich zu gestalten und den Klimaschutz, die Schaffung zukunftssicherer Arbeitsplätze, die Stärkung der Wirtschaftskraft und die regionale Entwicklung in Einklang zu bringen. In diesem Generationenprojekt geht es darum, mit Forschung und Innovation langfristig tragfähige Perspektiven für den Wandel in den Kohleregionen zu eröffnen und dabei die

Möglichkeiten neuer Technologien und Geschäftsmodelle auszuschöpfen. Wir sehen den Kohleausstieg als Chance und starten gemeinsam mit den Akteuren vor Ort innovative und zukunftsfähige Aktivitäten in den Revieren. So wollen wir den Strukturwandel in den Braunkohlerevieren zu einer echten Erfolgsgeschichte machen.

### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- Im Rheinischen Revier fördern wir im Rahmen des Sofortprogramms das Vorhaben „Inkubator Nachhaltige Elektrochemische Wertschöpfungsketten“ (iNEW). Hiermit legen wir bis 2021 eine offene Innovationsplattform zu einer zentralen Zukunftstechnologie der Energiewende (Power-to-X) auf. Mit dem Vorhaben werden wir die exzellenten Forschungskapazitäten vor Ort weiter ausbauen und für lokale Unternehmen zugänglich machen. So erhalten wir das Rheinische Revier als Energieregion.
- Mit dem Vorhaben „Modellregion Bioökonomie-Revier Rheinland“ (BioRevier) werden wir das Rheinische Revier zu einer Modellregion für nachhaltiges Wirtschaften weiterentwickeln und bis 2021 15 Innovationslabore starten. Der Fokus dabei liegt auf der Nutzung biogener Ressourcen, dem Übergang von Stoffströmen zu Stoffkreisläufen sowie der Anbindung an den Energiesektor. So soll der Ausstieg aus der Kohleverstromung als Chance genutzt werden, die regional verfügbaren und etablierten Stärken zur Grundlage einer neuen und nachhaltigen wirtschaftlichen Ausrichtung der Region zu machen.
- Darüber hinaus haben wir weitere Initiativen in den Entwurf des Strukturstärkungsgesetzes Kohleregionen eingebracht. Mit unserer themenoffenen Förderung unterstützen wir Initiativen aus strukturschwachen Regionen, die mit neuen Technologien oder innovativen Geschäftsmodellen ihre Region voranbringen wollen.
- Im Bereich der institutionellen Förderung wollen wir den Aufbau eines neuen Fraunhofer-Instituts für Geothermie und Energieinfrastruktur in Brandenburg, Sachsen und Nordrhein-Westfalen fördern. In der Lausitz und dem Mitteldeutschen Revier sollen zwei neue Forschungseinrichtungen entstehen. Im Rheinischen Revier wird ein Wasserstoffcluster mit dem Schwerpunkt auf Transport und Speicherung aufgebaut.

## Aktion 24: Wandel in Stadt, Land und Regionen zukunftsfähig gestalten

Wir wollen für Stadt und Land gemeinsam tragfähige Strategien entwickeln, um unsere Regionen nachhaltig und zukunftsfähig zu gestalten.

### Wo stehen wir?

Städte, Dörfer und Regionen stehen vor zahlreichen Herausforderungen. Dazu gehören beispielsweise die Flächeninanspruchnahme, der Küstenschutz oder die Energiewende. Hierfür müssen bundes- und landespolitisch die Rahmenbedingungen geschaffen werden, die konkrete Umsetzung allerdings geschieht lokal und regional. Die durch nachhaltige Konzepte angestoßene Entwicklung eröffnet neue Chancen und

regionale Wertschöpfungspotenziale. Gemeinsam mit dem Bundesumwelt-, Bundesverkehrs-, Bundesinnen- und Bundeswirtschaftsministerium wurde 2015 die Innovationsplattform Zukunftsstadt (IPZ) aufgebaut, um den Austausch zur Forschung für nachhaltige Stadtentwicklung voranzutreiben, gemeinsame Initiativen zu verwirklichen und erfolgreiche Lösungen aufzuzeigen. Neue Forschungsbedarfe werden dabei stetig mit den relevanten Stadtakteuren erarbeitet und in Forschungsvorhaben umgesetzt. FONA versteht sich als Partner für Städte, Gemeinden und Regionen, um die nachhaltige Transformation zu unterstützen. Vor Ort wollen wir in einer starken kommunalen Allianz gemeinsam Projekte entwickeln, die Deutschland voranbringen. Wir geben Impulse für Innovation in Metropol- und Regiopolen und unterstützen die regionale Wirtschaft, die Entwicklung sozialer Innovationen sowie die Resilienz der Kommunen.

### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Eine nachhaltige Entwicklung von Städten und Regionen braucht integrierte, ganzheitliche Konzepte und Strategien. Stärker als bisher sind Ökologie, Ökonomie und soziale Belange in Einklang zu bringen. Es gilt, den lokalen Akteuren und Entscheidern neue, wissenschaftlich fundierte Lösungswege, Optionen und Instrumente an die Hand zu geben, um Städte und Gemeinden zukunftssicher aufzustellen und die regionale Wertschöpfung zu stärken. Forschungsbedarf besteht unter anderem bei der effizienteren Ausschöpfung von Digitalisierungspotenzialen zur Anpassung an den Klimawandel (→ Aktion 6, S. 17). Zudem müssen wir verstärkt Möglichkeiten der Partizipation schaffen und nutzen. Darüber hinaus besteht Bedarf an neuen Planungsinstrumenten und einer intensiveren Zusammenarbeit über administrative Grenzen hinweg, beispielsweise um Innenstädte zu revitalisieren, soziale wie ökologische Stadtentwicklung zu fördern, nachhaltiges, bezahlbares Wohnen zu ermöglichen und die Mobilität nachhaltig bezahlbar zu gestalten. In überregionalen Reallaboren (beispielsweise in Metropolregionen oder Regiopolen) werden wir daher Technologien und Wissen zu Digitalisierung und Nachhaltigkeit weiterentwickeln, sie für die Regionen anpassen und neue Produkte, Produktionsprozesse und Geschäftsmodelle testen.

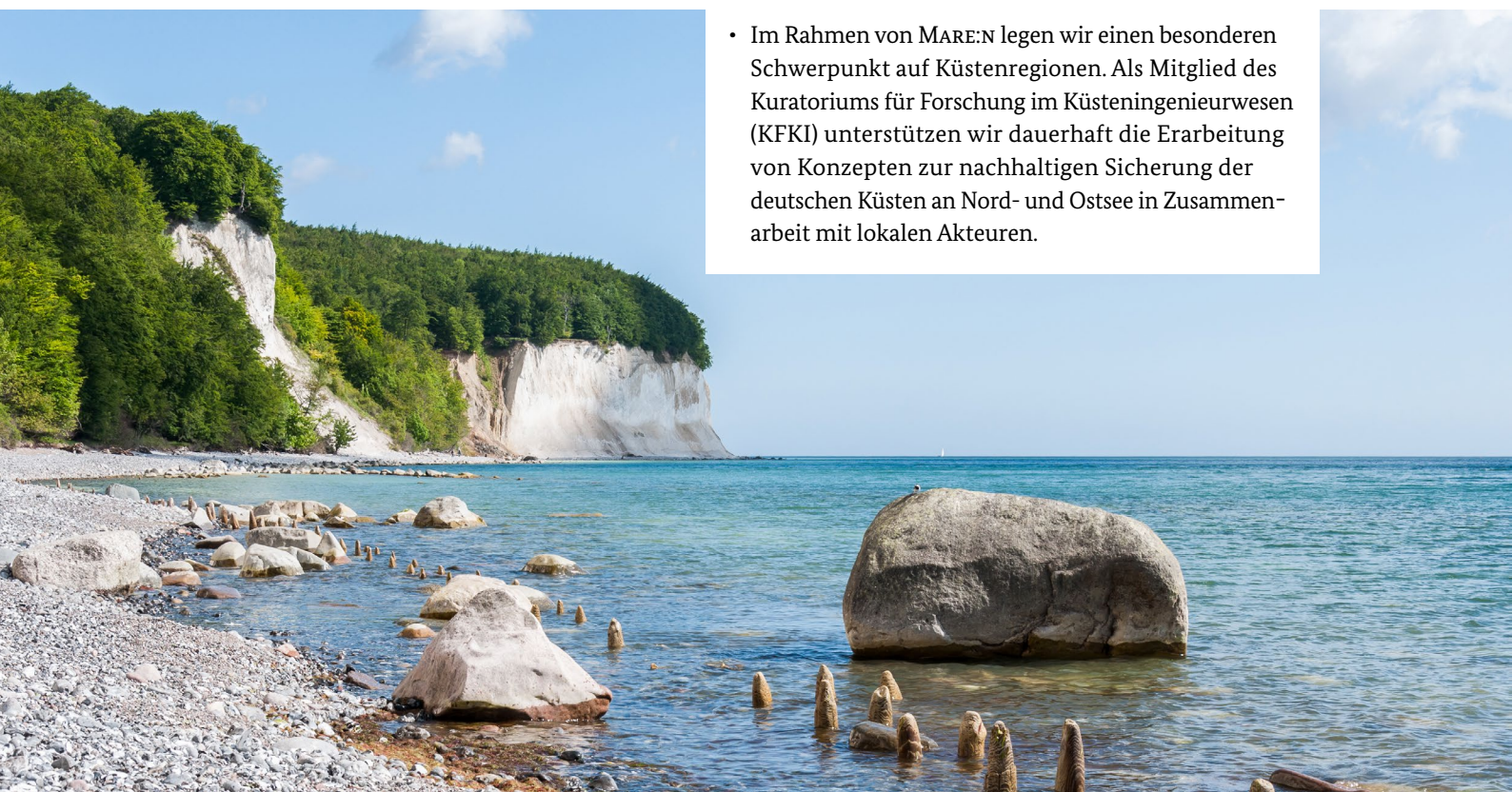


### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- In einem Wettbewerb werden bis 2023 innovative, gemeinsam mit den Bürgerinnen und Bürgern entwickelte Ideen umgesetzt und nachhaltige Vorher-Nachher-Effekte sichtbar gemacht. Dabei sind unsere Forschungsförderung und die Städtebauförderung des Bundes sowie der Länder ergänzend aufeinander abgestimmt.
- Wir werden gezielt niederschwellige Anreize für eine Aktivierung bei den Kommunen setzen, um eine bedarfsgerechte, bürgernahe und konkrete Anwendung von innovativen datenbasierten Lösungen zu ermöglichen.
- Um Synergien zu schaffen, werden Förderaktivitäten stärker innerhalb der Regionen, aber auch überregional gebündelt und bestehende überregionale Verbünde wie Metropol- und Regiopollregionen einbezogen. Dazu streben wir eine enge Kooperation mit den betreffenden Ländern an. Ziel der regionalen und überregionalen Reallabore sind nachhaltige Forschungs- und Entwicklungsstrategien, die die ganze Wertschöpfungskette von der Forschung über die (Produkt-)Entwicklung bis hin zur praktischen Anwendung adressieren.
- Ab 2023 werden wir Ergebnisse mit Fokus auf Transfer, Umsetzung und Verstetigung zu Fragen des

wirtschaftlichen Strukturwandels in Städten, der Energiewende auf kommunaler Ebene, der Klimaanpassung, der nachhaltigen Infrastrukturausstattung und der Lebensqualität in Stadtquartieren sowie des sozialen Zusammenhalts und der Migration vorstellen.

- Um Innenstädte zu revitalisieren und neue Konzepte für resiliente, an klimatische Veränderungen angepasste Städte, Gemeinden und Regionen zu fördern, werden wir die Chancen der Digitalisierung gezielt nutzen. Dazu werden wir ab 2021 neue digitale Werkzeuge für klimawandelangepasste Stadtplanung bereitstellen (→ Aktion 6, S. 17). Wir werden außerdem Konzepte für die intermodale Mobilität entwickeln und diese in Experimentierräumen umsetzen (→ Aktion 25, S. 47).
- Wir werden bis 2024 Beiträge zur Klimaanpassung sowie urbane Resilienzstrategien vorlegen, die bereits umgesetzt und erprobt wurden (→ Aktion 6, S. 17).
- Mit dem Programm REGION.innovativ werden wir regionale Bündnisse, Netzwerke und Cluster in strukturschwachen Regionen gezielt dabei unterstützen, gemeinsam zukunftsrelevante Themen zu bearbeiten. Ab 2020 werden wir beispielsweise die interkommunale Zusammenarbeit in den Bereichen Kreislaufwirtschaft und regionale Wertschöpfung fördern.
- Im Rahmen von MARE:N legen wir einen besonderen Schwerpunkt auf Küstenregionen. Als Mitglied des Kuratoriums für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKE) unterstützen wir dauerhaft die Erarbeitung von Konzepten zur nachhaltigen Sicherung der deutschen Küsten an Nord- und Ostsee in Zusammenarbeit mit lokalen Akteuren.





## Aktion 25: Nachhaltige Mobilität in Stadt und Land sichern

Wir wollen mit Innovationen die Mobilität der Menschen sichern und gleichzeitig die Umwelt- und Lebensqualität in der Stadt und auf dem Land steigern.

### Wo stehen wir?

Mobilität verbindet Menschen und ist Voraussetzung für wirtschaftlichen Wohlstand, belastet die Umwelt durch Feinstaub und hohen CO<sub>2</sub>-Ausstoß jedoch zunehmend. Bis 2030 sieht der Klimaschutzplan eine Emissionsreduktion im Verkehrssektor von 40 bis 42 Prozent gegenüber 1990 vor. Bisher sind kaum Einsparungen erreicht worden. Für zukunftsfähige, ressourcenschonende Mobilität braucht es eine Mobilitätswende, die auf technologische und soziale Innovationen baut. Nicht nur in Deutschland ist eine Mobilitätswende notwendig. Systemische Konzepte sind von Beginn an zentral: Angesichts der dynamischen Entwicklung neuer Technologien und Mobilitätsmuster brauchen wir Forschung zu den Wirkungen verschiedener Verkehrsangebote und Gestaltungsoptionen für eine nachhaltige Mobilität in Stadt und Land.

### Wo liegt der Forschungsbedarf?

Mit der Forschungsagenda „Nachhaltige urbane Mobilität“ greifen wir die Notwendigkeit einer transdisziplinären und systemischen Mobilitätsforschung auf. Sie integriert die Ergebnisse partizipativer Agendaprozesse aus den Jahren 2017 und 2018, in deren Rahmen zahlreiche Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Kommunen, Wirtschaft und Zivilgesellschaft ihre Perspektiven, Bedarfe und Ideen eingebracht haben. Ziel ist die Sicherung individueller Mobilität, die Steigerung der Umwelt- und Lebensqualität in Stadt und Land sowie die Stärkung der Innovationsfähigkeit des deutschen Mobilitätssektors. Hiervon können kleine und mittelständische Unternehmen genauso profitieren wie Start-ups. Im Maßnahmenpaket zum Klimaschutzprogramm 2030 haben wir auf dieser Grundlage verschiedene Forschungsinitiativen zum Thema Mobilität eingebracht.

### Umsetzungsschritte und Meilensteine

- Bis Ende 2020 werden wir einen Aktionsplan zur Mobilitätsforschung veröffentlichen, in dem Forschung und Innovationen für eine sichere, vernetzte und saubere Mobilität der Zukunft in einem umfassenden, systemischen Ansatz betrachtet werden.
- Wir fördern bis Ende 2020 knapp 50 kommunale Projekte, die mit wissenschaftlicher Unterstützung innovative, umweltverträgliche und passgenaue lokale Mobilitätskonzepte gemeinsam mit zentralen

Akteuren und Multiplikatoren vor Ort entwickeln. Ab Mitte 2021 werden 15 der Projekte in Reallaboren erprobt und die entwickelten Maßnahmen umgesetzt.

- Bis Ende 2022 werden wir einen Innovationsbaukasten für nachhaltige Mobilitätskonzepte in Stadt und Land bereitstellen, mit dem Kommunen und Regionen durch technische, politische, administrative und soziale Lösungsansätze unterstützt werden.
- Bis Ende 2024 werden wir jährlich Kurzdossiers zum Thema nachhaltige Mobilität veröffentlichen, um Kommunen zur Anwendung nachhaltiger urbaner Mobilitätssysteme zu motivieren.
- Die im Rahmen der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) ausgearbeiteten Forschungsfragen fließen ab 2021 in die Entwicklung neuer Fördermaßnahmen ein. Zentrale Fragestellungen betreffen unter anderem die Verkehrssicherheit in Hinblick auf neue Technologien sowie die Logistik im innerstädtischen und Stadt-Umland-Bereich.
- Mit einer neuen Maßnahme im Rahmen des Klimaschutzprogramms 2030 werden wir ab 2022 neue Forschungsansätze zu systemischen Innovationsbarrieren im Klimaschutz starten – unter anderem an die Ergebnisse der NPM anschließend.
- Die digitalen Möglichkeiten zur umwelt- und sozialverträglichen Steuerung des Personenverkehrs werden wir ab 2020 unter anderem mit einer deutsch-japanischen Forschungskoooperation zu sozioökonomischen Folgeabschätzungen des autonomen Fahrens, On-Demand-Lösungen und Mobilstationen im ländlichen Raum in den Blick nehmen.
- Ab 2021 werden wir Fördermaßnahmen zur Digitalisierung des Liefer- und Güterverkehrs zwischen Städten und Umland sowie in Innenstädten entwickeln.



## Querschnittsthemen – Handlungsansätze in FONA

Mit den Querschnittsthemen behandeln wir übergreifende Fragen der nachhaltigen Entwicklung, die in allen Aktionen eine Rolle spielen. Die Querschnittsthemen sind deshalb ein verbindendes Element zwischen den einzelnen Aktionen und wesentlich für deren Umsetzungserfolg. Indem wir bei allen Aktionen die Querschnittsthemen mitdenken, stellen wir sicher, dass Forschung in FONA vernetzt, wirksam und zukunftsorientiert ist.

### Digitalisierung, Daten und KI für Nachhaltigkeit und Nachhaltigkeitsforschung nutzen

Ob in Wirtschaft oder Gesellschaft: Die Digitalisierung durchdringt und verändert nahezu jeden Aspekt unseres Alltags. Gleichzeitig wird immer deutlicher, dass unsere Art zu leben und zu wirtschaften negative Folgen für Umwelt und Gesellschaft hat, beispielsweise für das Klima oder den gesellschaftlichen Zusammenhalt. Digitale Technologien und Innovationen können nachhaltige Entwicklungen in vielen Bereichen unterstützen und beschleunigen – etwa in der Stadtentwicklung, Kreislaufwirtschaft und Energiewende. Um eine nachhaltige, sichere digitale Zukunft möglich zu machen, wollen wir Digitalisierung und Nachhaltigkeit konsequent zusammendenken und die Chancen der Digitalisierung für die Umsetzung der Agenda 2030 nutzen.

#### Wir gestalten heute die Digitalisierung von Morgen – „Natürlich.Digital.Nachhaltig“!

Die 2019 aufgelegte Digitalstrategie des Bundesforschungsministeriums bildet den Rahmen für die Gestaltung des digitalen Wandels und der Datenpolitik in Bildung, Wissenschaft, Forschung und Innovation. Hier formuliert das Bundesforschungsministerium seinen Anspruch, Digitalisierung so zu gestalten, dass sie der Gesellschaft und dem Erhalt der Lebensgrundlagen dient. Die Digitalisierung bietet zahlreiche Chancen nachhaltiger Entwicklung – vorausgesetzt, sie selbst wird nachhaltig und sicher gestaltet. Hier setzen wir mit dem Aktionsplan „Natürlich.Digital.Nachhaltig“ an und fördern Forschung und Entwicklung im Bereich Digitalisierung, die sich an den Nachhaltigkeitszielen orientiert und zu deren Umsetzung beiträgt. Mit dem Aktionsplan verfolgen wir drei wesentliche Ziele: 1. die Grundlagen für digitale Nachhaltigkeit zu schaffen,

2. digitale Technologien nachhaltiger zu gestalten,
3. die Nachhaltigkeitsziele durch digitale Innovationen zu erreichen.

#### Digitale Lösungen für Nachhaltigkeit in FONA

Die Chancen der Digitalisierung für die nachhaltige Entwicklung sind enorm. Digitale Technologien können Prozesse effizienter, schneller und nachhaltiger machen. Sie ermöglichen neue Erkenntnisgewinne und Handlungsoptionen, beispielsweise durch verbesserte Sensorik, KI-basierte Anwendungen und maschinelles Lernen. In FONA nutzen wir bereits vielfach die Möglichkeiten der Digitalisierung für die Nachhaltigkeitsforschung und werden den Einsatz digitaler Technologien künftig noch stärker fördern.

#### Digital GreenTech – Umwelttechnik trifft Digitalisierung

Wie kann KI dabei helfen, Recyclingverfahren zu verbessern? Mit welchen digitalen Tools können Wasserversorgungs- und -entsorgungsnetze effizienter überwacht und gesteuert werden? Wie lassen sich komplexe Stoffströme in Echtzeit nachverfolgen? Diese und andere Fragen sollen im Förderschwerpunkt „Digital GreenTech“ beantwortet werden. Mit „Digital GreenTech“ fördern wir die Entwicklung neuer innovativer, nachhaltiger Produkte, Verfahren und Dienstleistungen durch die Verknüpfung von digitalen Technologien mit Umwelttechnologien. Anwender aus den Bereichen Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft, Wasserwirtschaft, nachhaltiges Landmanagement und Geotechnologien arbeiten eng mit digitalen Ideengebern zusammen, um natürliche Ressourcen zu schonen und Umweltbelastungen zu reduzieren. „Digital GreenTech“ trägt damit zur Umsetzung des Aktionsplans „Natürlich.Digital.Nachhaltig“ bei.

Die Anwendungsfelder erstrecken sich dabei über das gesamte Spektrum der FONA-Nachhaltigkeitsforschung. Beispielsweise leisten intelligente digitale Lösungen bereits heute einen zentralen Beitrag zum Gelingen der Energiewende, indem sie die Erzeugung und den Verbrauch erneuerbarer Energie in Einklang bringen. Ein

anderes Beispiel zeigt sich in der Präzisionslandwirtschaft: Sie nutzt digitale Technologien, um den Wasserverbrauch und den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln sowie Düngern besser zu steuern. Intelligente Datenerfassung und -auswertung durch Schlüsseltechnologien wie maschinelles Lernen und KI dient zudem dem besseren Verständnis von Klimaänderungen, Biodiversitätsverlusten und Naturgefahren. Und sie helfen bei der Gestaltung einer ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft. Diese mit der Digitalisierung verbundenen Potenziale wollen wir mit unserer Förderung weiter ausbauen.

Das Verhältnis von digitalen Innovationen und nachhaltiger Entwicklung ist jedoch häufig zwiespältig. Denn was nützt der Einsatz digitaler Innovationen im Nachhaltigkeitsbereich, wenn KI-Algorithmen oder Serverfarmen mehr Energie verbrauchen, als sie einsparen? Solche Fragestellungen, insbesondere zu Reboundeffekten, werden in FONA ebenfalls adressiert.

### Daten in der Forschung – der Rohstoff der Zukunft

Daten sind der Rohstoff der Zukunft – und digitale Dateninfrastrukturen essenziell, um Daten für nachhaltige Innovationen zu nutzen. Neben der Entwicklung neuer Algorithmen und digitaler Arbeitsabläufe zur Datenerfassung, -verarbeitung und -analyse ist insbesondere der Zugang zu qualitätsgeprüften Forschungsdaten entscheidend. Das Bundesforschungsministerium leistet mit der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) einen wesentlichen Beitrag zur systematischen Erschließung von Forschungsdaten. Beispielsweise wird im Themenkomplex Nachhaltigkeit eine NFDI für den Bereich Biodiversität, Ökologie und Umweltdaten etabliert. Im Rahmen von FONA werden wir die damit verbundenen Synergien für die Nachhaltigkeitsforschung nutzen und den Prozess zur nachhaltigen Nutzung von Daten vorantreiben.

Neben Daten, die im Forschungskontext entstehen, leisten öffentliche und private Daten einen Beitrag zur Nachhaltigkeit. Wir unterstützen mit FONA die Kooperation zwischen Dateneignern, Analysten und Anwendern zum Zwecke der nachhaltigen Entwicklung. Mit der Initiative „Data Science for Sustainable Development“ (DSSD) bringen wir Städte, Kommunen und Metropolregionen mit Datenwissenschaftlern zusammen, um nachhaltige digitale Lösungen auf

lokaler Ebene zu entwickeln und umzusetzen – beispielsweise zur Nutzung von Flächen oder zur Erfassung von Umweltbelastungen und Lärm.



## Wissens- und Technologietransfer für die nachhaltige Entwicklung

Damit wir mit FONA langfristig Wirkung erzeugen, unterstützen wir den zielgerichteten Transfer von Wissen, Technologien und Innovationen. Unsere Förderung ist darauf ausgerichtet, Fach-, Orientierungs- und Transformationswissen bereitzustellen und den Transfer von Forschungsergebnissen in die Anwendung zu beschleunigen. Das gelingt am besten, wenn Forscher von Beginn an mit praxisnahen Akteuren und Entscheidern zusammenarbeiten.

Wir setzen in FONA auf Partizipation. Dazu gehört, dass Stakeholder aus dem nichtakademischen Umfeld (wie beispielsweise Kommunen, Unternehmen, NGOs sowie Bürgerinnen und Bürger vor Ort) in Planungs- und Entscheidungsprozesse einbezogen werden und dass sie gemeinsam mit der Forschung Lösungen erarbeiten. Von diesen Kooperationen profitieren Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Gesellschaft gleichermaßen.

Wir wollen die transdisziplinäre Zusammenarbeit in FONA weiter stärken. Verschiedene Akteure zu beteiligen, sorgt im Ergebnis für ein besseres systemisches Verständnis. Die Fragestellungen der Nachhaltigkeitsforschung sind komplex und erfordern im

Gegenzug, dass Transferaktivitäten zielgruppenspezifisch ausgerichtet sind. Wir unterscheiden deshalb drei Maßnahmenfelder: Politikberatung, Wirtschaftsförderung und -transfer sowie Beteiligung von Kommunen und Öffentlichkeit.



### Mit Politikberatung die richtigen Impulse setzen

Nur wenn politische Entscheidungen auf einen informierten und evidenzbasierten Diskurs gestützt sind, können die Ziele der Agenda 2030 erreicht werden. Wir fördern deshalb die wissenschaftsbasierte Politikberatung durch Gremien, die neue Forschungsbedarfe aufzeigen, zuverlässige Daten liefern, die Wissensbasis erweitern und so gezielt Impulse für eine nachhaltige Entwicklung setzen.

Auf nationaler Ebene sind die Wissenschaftsplattform 2030 (WPN 2030) und der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) zwei von mehreren relevanten Beispielen. Beide stehen für eine unabhängige und offene Auseinandersetzung mit Nachhaltigkeitsthemen.

Die WPN 2030 wurde 2017 vom Bundesforschungsministerium gemeinsam mit dem Bundesumwelt- und Bundesentwicklungsministerium initiiert und wird seitdem von der Wissenschaft selbst getragen. Sie dient als Schnittstelle zwischen Politik, Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft und unterstützt die Umsetzung der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie sowie der globalen Nachhaltigkeitsziele mit wissenschaftlicher Expertise. Der offene Plattformansatz bringt Forschende

mit Praktikern aus Zivilgesellschaft, Politik und Wirtschaft zusammen und ermöglicht so einen transdisziplinären wissenschaftlichen Dialog.

Der WBGU ist ein Expertengremium, das die Bundesregierung seit 1992 zu Umweltfragen mit globaler Bedeutung berät. Er wird gemeinsam vom Bundesforschungs- und Bundesumweltministerium finanziert. Seine Arbeit besteht primär aus der Erstellung von Gutachten, die ausgewählte Schwerpunkte detailliert beleuchten und Handlungsoptionen für die Politik aufzeigen.

Als unabhängiges Beratungsgremium begleitet die interdisziplinär besetzte Wissenschaftsplattform Klimaschutz die Bundesregierung bei der Umsetzung und Weiterentwicklung der deutschen Langfriststrategie zum Klimaschutz. Ihre Aufgabe ist es, die Umsetzung des Klimapakets der Bundesregierung zu beobachten und Vorschläge für dessen Verbesserung zu machen. Auch hier unterstützen Bundesforschungs- und Bundesumweltministerium gemeinsam die Arbeit der Wissenschaftsplattform.

Als größte Forschungsorganisation Deutschlands ist die von Bund und Ländern finanzierte Helmholtz-Gemeinschaft der Forschung für nachhaltige Entwicklung und dem Wissenstransfer verpflichtet. Insgesamt sieben Helmholtz-Zentren bündeln deshalb ihre Kompetenzen im Forschungsbereich Erde und Umwelt. In der mittlerweile vierten Förderperiode (2021–2027) wird der Forschungsbereich eine eigene auf Wissenssynthese, Wissensdialog, Politikberatung und Wissenschaftskommunikation angelegte Synthese- und Kommunikationsplattform (SynCom) aufbauen. Damit leistet der Forschungsbereich seinen Beitrag, sachlich fundiertes und verständliches Orientierungswissen für gesellschaftliche Debatten und politische Entscheidungen bereitzustellen.

Weitere politikberatende Gremien widmen sich einzelnen Teilfeldern der Nachhaltigkeitsforschung. Beispielsweise arbeiten in der BMBF-geförderten Initiative „Energiesysteme der Zukunft“ mehr als 100 Fachleute aus Wissenschaft und Forschung daran, dass eine nachhaltige, sichere und bezahlbare Energieversorgung gelingen kann. Seit 2013 beraten die deutschen Wissenschaftsakademien acatech, Leopoldina und Akademienunion gemeinsam Politik und Gesellschaft.

Auf globaler Ebene sind die Vereinten Nationen das wichtigste Forum für internationalen Austausch und Zusammenarbeit – gerade auch, wenn es um die Umsetzung der Agenda 2030 geht. Wie wichtig eine unabhängige wissenschaftliche Beratung ist, zeigen beispielsweise die Verhandlungen zum globalen Klimaschutzabkommen: Der 1988 gegründete Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change, kurz: IPCC) ist das wohl bekannteste Beratungsgremium der Politik und stellt für die Bundesregierung die wichtigste Wissensquelle für die Klimapolitik dar. Wir unterstützen die Arbeit des IPCC durch unsere umfangreiche Förderung der Klimaforschung, deren Ergebnisse in die Sachstandsberichte des IPCC einfließen. Zusätzlich begleiten wir über die deutsche IPCC-Koordinierungsstelle gemeinsam mit dem Bundesumweltministerium die Arbeit des IPCC. Nach dem Vorbild des IPCC wurde 2012 der Weltbiodiversitätsrat (Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, kurz: IPBES) gegründet, der dazu beiträgt, dass wissenschaftliche Erkenntnisse schnell Eingang in politisches Handeln finden. Die fundierte Beratung und Begleitung der internationalen Biodiversitätspolitik unterstützen wir über die deutsche IPBES-Koordinierungsstelle, die wir gemeinsam mit dem Bundesumweltministerium eingerichtet haben (→ International vernetzt und weltweit engagiert für die SDGs, S. 54).

### Wirtschaftliche Verwertung fördern

Nachhaltige Entwicklung und wirtschaftlicher Erfolg sind längst keine Gegensätze mehr. Viele Unternehmen und bedeutende Investmentagenturen haben dies erkannt und beteiligen sich gezielt an Forschungsprojekten, um innovative und nachhaltige Produkte, Technologien und Dienstleistungen zu entwickeln

und auf den Markt zu bringen. Die Wirtschaftsförderung in FONA umfasst sowohl klassische Verbundvorhaben als auch langfristige Großprojekte, bei denen die Umsetzung im industriellen Maßstab im Vordergrund steht.

In den vergangenen Jahren ist die Wirtschaftsförderung in FONA kontinuierlich gestiegen. 2019 machte sie mehr als ein Viertel der Wirtschaftsförderung des BMBF aus. Der überwiegende Teil der wirtschaftsbezogenen Förderung in FONA geht an kleine und mittlere Unternehmen (KMU). Aber auch Industrieunternehmen haben einen festen Platz in der FONA-Strategie und sind beispielsweise aus der Forschung zur Energiewende nicht wegzudenken. Sie sind ein wichtiger Innovationsmotor und eine bedeutende Schnittstelle für den Transfer von Forschungsergebnissen in die Wirtschaft.

In Zukunft wollen wir noch mehr für die wirtschaftliche Verwertung von Forschungsergebnissen tun. Wir führen die erfolgreiche Förderung von KMU unter dem Dach von „KMU-innovativ“ fort. Dabei stehen Themen im Fokus, die zur Lösung der großen Herausforderungen unserer Zeit beitragen: Rohstoffeffizienz und Kreislaufwirtschaft, Bioökonomie, Energieeffizienz und Klimaschutz, Anpassung an den Klimawandel, nachhaltiges Wassermanagement sowie nachhaltiges Flächenmanagement. Damit aus mehr Forschungsergebnissen wettbewerbsfähige Geschäftsideen werden, fördern wir vermehrt Unternehmensgründungen und Start-ups. Wir wollen in FONA junge Unternehmen künftig stärker in den Fokus rücken und dazu beitragen, dass diese nicht an fehlendem Startkapital oder zu hohen Gründungsrisiken scheitern.

### Innovationen in Unternehmen stärken: „KMU innovativ“

Deutschland hat in umweltbezogenen Wachstumsmärkten bereits heute eine hervorragende Stellung. Forschung, Entwicklung und Qualifizierung nehmen dabei eine Schlüsselrolle ein, denn Investitionen in Forschung und Innovation sichern Arbeitsplätze und Lebensstandard in der Zukunft. Eine besondere Rolle haben kleine und mittlere Unternehmen (KMU), weil sie häufig Vorreiter des technologischen Fortschritts sind. Mit der Fördermaßnahme „KMU innovativ“ unterstützen wir Spitzenforschung in den Bereichen Umwelttechnologien und -dienstleistungen. Durch die Förderung industrieller Forschungs- und vorwettbewerblicher Entwicklungsvorhaben wollen wir die Innovationsfähigkeit von KMU in Deutschland gezielt stärken. KMU sollen zu mehr Forschung und Entwicklung angeregt und besser in die Lage versetzt werden, auf Veränderungen rasch zu reagieren und den erforderlichen Wandel aktiv mitzugestalten.

Ein wichtiges Instrument für wirtschaftlichen Erfolg sind Normen und Standards. Sie tragen zu einer schnelleren Verbreitung innovativer und nachhaltiger Technologien bei. Durch die Überführung von Forschungsergebnissen in Normen und Standards wird eine Gesetzgebung unterstützt, die sich am neuesten Stand der Wissenschaft orientiert und weltweit Maßstäbe setzen kann. Deshalb zielen wir in FONA verstärkt auf die Zusammenarbeit mit standardsetzenden Akteuren wie Behörden und Industrieverbänden und auf die Entwicklung normungsspezifischer Konzepte, beispielsweise in der angewandten Wasserforschung, ab. So wollen wir deutsche Unternehmen dabei unterstützen, Innovationsführer für den weltweiten Klima- und Umweltschutz zu bleiben oder zu werden (→ Internationale Partnerschaften erschließen weltweite Marktpotenziale, S. 55).

### Bürgerinnen und Bürger und Kommunen bei nachhaltiger Entwicklung mitnehmen

Kommunen sind die Orte, an denen sich der Wandel hin zu mehr Nachhaltigkeit entscheidet. Auch für FONA sind Kommunen zentrale Akteure, die Ideen konkretisieren und nachhaltige Innovationen vor Ort umsetzen. Aus diesem Grund unterstützen wir die transdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Kommunen, Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft in Verbundprojekten.

Ein wichtiges Instrument für die Erprobung neuer Ideen in Kommunen ist die Schaffung von Experimentier- und Testräumen. Als Reallabor wird diese Form der Wissenschafts-Praxis-Kooperation bezeichnet, bei der das gegenseitige Lernen in einem zeitlich und oft räumlich begrenzten experimentellen Umfeld im Vordergrund steht. Neue Konzepte, Technologien oder Geschäftsmodelle für ein nachhaltiges Zusammenleben in Städten und Gemeinden (beispielsweise in den Bereichen Mobilität, Kreislaufwirtschaft oder Sharing Economy) werden so auf ihre Wirksamkeit hin überprüft. Die FONA-Forschung nutzt Reallabore, um zu prüfen, wie Innovationen von den Bürgerinnen und Bürgern angenommen werden und inwieweit der rechtliche Rahmen weiterzuentwickeln ist. Und sie helfen Projektbeteiligten dabei, erfolgreich etablierte Entwicklungen schneller auf andere Regionen zu übertragen.

Nachhaltige Entwicklung in Kommunen erfordert sektorübergreifende Koordination und Zusammenarbeit. Um die Anschlussfähigkeit zu den Arbeiten anderer Bundesressorts und weiterer Akteure sicherzustellen,

treiben wir die ressortübergreifende Zusammenarbeit und den strukturierten Dialog mit kommunalen Spitzenverbänden im Rahmen der Innovationsplattform Zukunftsstadt (IPZ) der Bundesregierung gezielt voran. Durch Einbeziehung der kommunalen Anwenderperspektive werden Herausforderungen in den Kommunen frühzeitig erkannt, sodass bedarfs- und wirkungsorientierte Maßnahmen entwickelt werden können. Innovationsförderung und Anwendung gehen so Hand in Hand.



## Unser Beitrag zur Lösung globaler Herausforderungen – Gemeinsam in Europa und der Welt

Klimawandel, Ressourcenknappheit, Artenverlust und Meeresmüll sowie Wirtschafts-, Ernährungs- und Gesundheitskrisen wie die Covid-19-Pandemie sind globale Herausforderungen, die miteinander verwoben sind und die kein Land allein bewältigen kann. Wenn wir unseren Planeten schützen und nachfolgenden Generationen ein gutes Leben ermöglichen wollen, müssen wir mit Partnern weltweit zusammenarbeiten. Erst durch internationalen Wissenstransfer und länderübergreifende Kooperationen entstehen Synergien, die wir wechselseitig nutzen können, um größtmögliche Hebelwirkung zu entfalten. Das schließt sowohl den öffentlichen als auch den privaten Sektor ein. Wir setzen auf wissenschaftsgetriebene Technologieentwicklung, um wirtschaftlichen Fortschritt, ökologische Verträglichkeit und soziale Gerechtigkeit in Einklang zu bringen. „GreenTech made in Germany“ definiert schon heute neue Standards und genießt international ein hohes

Ansehen. Das damit verbundene wirtschaftliche Potenzial wollen wir beim weltweiten Klima- und Umweltschutz durch den Ausbau internationaler Wissenschafts-Wirtschafts-Kooperationen stärker fördern.

FONA ist seit Beginn international ausgerichtet und baut auf einer Reihe erfolgreicher Kooperationen und Partnerschaften auf. In den letzten fünf Jahren haben wir über 400 Millionen Euro in Projekte mit außereuropäischen Partnern investiert. Das entspricht in etwa der Hälfte aller internationalen Aktivitäten des Bundesforschungsministeriums. Von den FONA-geförderten Vorhaben haben rund 27 Prozent einen internationalen Bezug; rund 13 Prozent sind Projekte mit mindestens einem europäischen Partner. Für die nächsten Jahre haben wir drei Ziele noch stärker im Fokus: 1. wirksame Koordinierung in Europa und weltweit, 2. enge Einbindung der Akteure vor Ort, 3. bedarfsorientierte Kooperationen, die einen Mehrwert für die lokale Bevölkerung haben.

### Die Zusammenarbeit in Europa stärken

In der EU wurde eigens für die mitgliedstaatenübergreifende Forschungszusammenarbeit, die gemeinsame Programmplanung und die Nutzung großer Infrastrukturen der Europäische Forschungsraum geschaffen. Er steht für den freien Zugang und Austausch von Wissen – und für Kooperation zur Bewältigung gemeinsamer Probleme. Das wichtigste Instrument zur Festlegung gemeinsamer Ziele und Prioritäten sowie zur Koordinierung einzelstaatlicher forschungspolitischer Strategien sind die mehrjährigen EU-Rahmenprogramme für Forschung und Innovation.

### European Green Deal: durch innovative Nachhaltigkeitsforschung zu einer klimafreundlichen und ressourceneffizienten Wirtschaft

Im Dezember 2019 hat die EU-Kommission mit ihrem „European Green Deal“ einen Fahrplan für klimafreundliches und ressourceneffizientes Wirtschaften in Europa vorgestellt. Dieser beinhaltet, bis 2050 keine Netto-Treibhausgasemission mehr freizusetzen und das Wirtschaftswachstum von der Ressourcennutzung zu entkoppeln. Zum Green Deal gehören unter anderem auch die EU-Biodiversitätsstrategie 2030 und die Strategie „Farm to Fork“. Beide stehen für ein neues, harmonisches Zusammenspiel von Landwirtschaft, Artenvielfalt und Nachhaltigkeit. Ohne Innovation sind die ambitionierten Ziele des Green Deals nicht zu erreichen. Auf europäischer Ebene ist „Horizont Europa“ das wichtigste

forschungspolitische Instrument zur Umsetzung des Green Deals. Auch FONA hat starke Bezüge zu den Maßnahmenfeldern des Green Deals. Wir werden vor allem mit unseren Aktionen zu Grünem Wasserstoff, Bioökonomie, Kreislaufwirtschaft, Erhalt der Artenvielfalt, Klimaanpassung sowie zu nachhaltiger Finanzierung zur Umsetzung des Green Deals beitragen (→ Drei strategische Ziele, acht Handlungsfelder und 25 Aktionen, ab S. 6).

### „Horizont Europa“ – EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation

Europa ist aus FONA nicht wegzudenken. Denn die gesamte FONA-Forschung kann auf europäischer Ebene weitergeführt und ausgebaut werden. Wichtiger noch: Das Leitbild von einem Europäischen Forschungsraum, der gesellschaftliche Belange stärker in den Blick nimmt und Lösungen zum Wohle der Menschen in Europa entwickelt, deckt sich mit dem, was uns antreibt. Im neunten EU-Forschungsrahmenprogramm „Horizont Europa“ (2021–2027) ist – in Anlehnung an seinen Vorgänger „Horizont 2020“ – der Lösung großer und drängender Fragen von Gesellschaft und Wirtschaft ein eigener Programmbereich („Globale Herausforderungen und industrielle Wettbewerbsfähigkeit Europas“) gewidmet und mit gut der Hälfte des Gesamtbudgets ausgestattet. Mit FONA knüpfen wir an drei von insgesamt sechs Themenclustern dieses Programmbereichs an: „Digitalisierung, Industrie und Weltraum“ (Cluster 4), „Klima, Energie und Mobilität“ (Cluster 5) und „Lebensmittel, Bioökonomie, natürliche Ressourcen, Landwirtschaft und Umwelt“ (Cluster 6). Über die fachlichen Programmausschüsse wirken wir direkt an der Ausgestaltung und Themensetzung für die Arbeitsprogramme von Cluster 5 und 6 mit.



„Horizont Europa“ verfolgt einen missionsorientierten Ansatz. Er dient dazu, Forschungsfragen übergreifend zu bearbeiten, sodass die Bevölkerung Europas unmittelbar von wissenschaftlichen Erkenntnissen profitiert. Vier der fünf Missionsbereiche adressieren Nachhaltigkeit und Zukunftsvorsorge und damit auch die Themen von FONA: Es geht um die Anpassung an den Klimawandel, klimaneutrale und intelligente Städte, gesunde Ozeane, Meere, Küsten- und Binnengewässer sowie Bodengesundheit und Ernährung. Über die Ziele und Inhalte der Missionen beraten wir gemeinsam mit europäischen Partnern aus Forschung und Praxis – und tragen mit unseren nationalen Förderaktivitäten zu deren Umsetzung bei (→ Drei strategische Ziele, acht Handlungsfelder und 25 Aktionen, ab S. 6).

Bei der Umsetzung der Missionen spielen strategische Kooperationen eine wichtige Rolle – beispielsweise Initiativen, in denen sich EU-Mitgliedsstaaten zur gemeinsamen Forschungsprogrammplanung zusammengeschlossen haben. Diese „Joint Programming Initiatives“ (JPIs) haben sich in den letzten Jahren für FONA als besonders flexibles Instrument zur fachlichen Abstimmung und Zusammenarbeit auf EU-Ebene erwiesen. Unter „Horizont Europa“ werden wir die Weiterentwicklung dieser europäischen Partnerschaftslandschaft hin zu mehr Kohärenz nutzen, um uns stärker mit Akteuren aus Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft zu vernetzen. Damit beabsichtigen wir, gemeinsame Förderaktivitäten zu entwickeln, Akteure aus dem öffentlichen und privaten Sektor für die EU-Verbundforschung zu mobilisieren und den Transfer in die Praxis zu stärken.

### International vernetzt und weltweit engagiert für die SDGs

Die Ziele der Agenda 2030 bilden die Grundlage einer neuen globalen Partnerschaft, in der Industrie-, Schwellen- und Entwicklungsländer gemeinsam für eine nachhaltige Zukunft verantwortlich sind. Die SDGs umzusetzen bedeutet, Pfadabhängigkeiten zu erkennen, Synergieeffekte zu nutzen und Zielkonflikte zu lösen. Wir sind daher auf länder-, sektor- und institutionsübergreifende Entwicklungsstrategien und Kooperationen angewiesen, um die Nachhaltigkeitsziele rechtzeitig zu erreichen.

### Nachhaltige Entwicklung braucht Kooperationen weltweit

Die Umsetzung der Agenda 2030 geht über Ländergrenzen hinaus und ist nicht allein auf nationaler Ebene verhandelbar. Dafür müssen wir globale Governancestrukturen

weiter aktiv unterstützen. Deutschland ist eines der forschungs- und innovationsstärksten Länder der Welt. Wir werden weiterhin System- und Handlungswissen für Politik, Wirtschaft und Gesellschaft bereitstellen und für den dringend benötigten Fortschritt in internationalen Nachhaltigkeits- und Klimaprozessen nutzbar machen. Hierzu kooperieren wir mit zwischenstaatlichen Gremien zur wissenschaftlichen Politikberatung der Vereinten Nationen wie dem Weltklimarat und dem Weltbiodiversitätsrat sowie dem High-level Political Forum on Sustainable Development (HLPF), das seit 2013 die UN-Nachhaltigkeitskommission ersetzt. Weitere für uns relevante Foren für länderübergreifende Koordination und Zusammenarbeit sind die G-7- und G-20-Staaten sowie die OECD.

Wir wählen unsere Kooperationsschwerpunkte so, dass sie bedarfsorientiert und von gegenseitigem Interesse sind. Dadurch fließt Know-how in beide Richtungen und Wertschöpfung sowie Beschäftigung vor Ort werden gestärkt. Der afrikanische Kontinent spielt hierbei für uns eine Schlüsselrolle, steht aber gleichzeitig exemplarisch für die Herausforderungen vieler Staaten in Schwellen- und Entwicklungsländern. So engagieren wir uns auch in Südostasien (insbesondere in der Klimaforschung), in Latein- und Südamerika (Bioökonomie, Atmosphärenforschung, nachhaltige Urbanisierung) sowie im Nahen und Mittleren Osten (Wassertechnologiekooperationen).





### Beispiele unseres Engagements weltweit

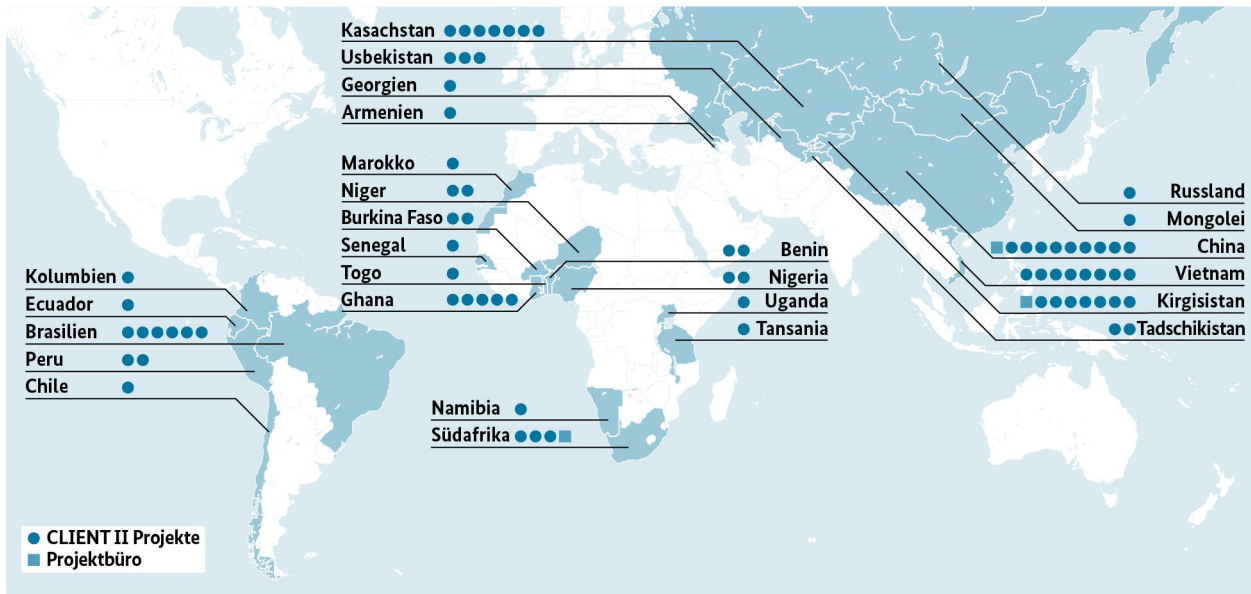
Neben der Begleitung des IPCC und des IPBES über deutsche Koordinierungsstellen (→ Mit Politikberatung die richtigen Impulse setzen, S. 50), die das Bundesforschungsministerium gemeinsam mit dem Bundesumweltministerium unterstützt, sind weitere Highlights unseres globalen Engagements:

- In der Wasserforschung fördern wir Forschungsprojekte zur gezielten Unterstützung der World Water Quality Alliance des UN Environment Programms. Zudem bringen wir uns in das High-level Political Forum on Sustainable Development (HLPF) sowie in die Aktivitäten von UN Water und UNESCO über unsere Förderung zur globalen Ressource Wasser ein.
- In der Meeres-, Küsten- und Polarforschung richten wir gemeinsam mit nationalen und internationalen Partnern die Auftaktveranstaltung für die 2021 startende UN-Dekade der Ozeanwissenschaften für nachhaltige Entwicklung aus. Darüber hinaus setzen wir uns über die nationale Forschungsförderung für die Umsetzung des G-7-Aktionsplans zur Bekämpfung der Meeresverschmutzung sowie des G-20-Aktionsplans gegen Meeresmüll ein.
- Mit den Kompetenzzentren für Klimawandel und nachhaltiges Landmanagement, SASSCAL und WASCAL, haben wir im südlichen und westlichen Afrika wissenschaftliche Strukturen aufgebaut, damit die beteiligten Staaten selbst valide Entscheidungen etwa im Hinblick auf ihre Landnutzung und Wasserversorgung treffen können. Ziel ist es, Mensch und Umwelt besser gegen die negativen Folgen des Klimawandels zu wappnen, indem widerstandsfähige und anpassungsfähige Landnutzungssysteme entwickelt werden (→ Aktion 15, S. 31). Darüber hinaus unterstützen wir Kooperationen zur Erforschung der Wechselwirkungen zwischen Geosphäre, Atmosphäre und Ozean sowie die Interaktionen zwischen Land und Meer sowie Biosphäre und Atmosphäre.
- Gemeinsam mit sieben anderen Ressorts legen wir 2020 das Regierungsprogramm „Wassersicherheit in Afrika (WASA)“ auf. Damit werden erstmalig in diesem Umfang die unterschiedlichen Engagements von deutschen Förderern und Umsetzungsorganisationen zusammengebracht und mit afrikanischen Partnern (zuerst im südlichen Afrika) weiterentwickelt (→ Aktion 13, S. 29).
- Mit den Ländern im westlichen und im südlichen Afrika haben wir uns auf den Aufbau einer Wasserstoffpartnerschaft verständigt. Den Anfang machen wir mit einem Potenzialatlas zu Grünem Wasserstoff für das westliche Afrika, den wir bereits Ende 2020 veröffentlichen werden und bis 2021 für das südliche Afrika erweitern wollen (→ Aktion 2, S. 11).
- Gemeinsam mit Brasilien fördern wir den Aufbau und die Nutzung des Messturms ATTO (Atmospheric Tall Tower Observatory). Mit dieser einzigartigen wissenschaftlichen Plattform für Langzeitforschung im Amazonasregenwald wird es der Wissenschaft ermöglicht, die Rolle des Amazonas als „Hotspot“ für globale Kohlenstoffkreisläufe im Erdsystem zu verstehen.

### Internationale Partnerschaften erschließen weltweite Marktpotenziale

Das Know-how deutscher GreenTech-Unternehmen im Bereich Klimaschutz, Ressourcenschonung und Energieeffizienz ist enorm – und entsprechend hoch das Potenzial, mit der Weiterentwicklung und Verbreitung von Umwelttechnologien und -dienstleistungen „made in Germany“ neue Auslandsmärkte zu erschließen und weltweit Maßstäbe zu setzen.

Seit mehr als zehn Jahren unterstützen wir mit der Fördermaßnahme „CLIENT – Internationale Partnerschaften für nachhaltige Innovationen“ die Zusammenarbeit deutscher Forschungseinrichtungen und Unternehmen mit ausgewählten Schwellenländern. Die Erforschung und Erprobung nachhaltiger Lösungen für die Bereiche Klima, Umwelt, Ressourcen und Energie stehen dabei genauso im Fokus wie die Markt- und Anwendungsnähe. Bereits jetzt fördern wir



CLIENT auf einen Blick: Schwerpunkte des weltweiten Engagements (Stand September 2020)

über 200 deutsche Institutionen aus Wissenschaft und Wirtschaft, die mit Partnern in 27 Ländern weltweit zusammenarbeiten (Stand September 2020). Dieses Erfolgsmodell wollen wir auch in Zukunft weiterführen.

## Forschungsinfrastrukturen

Für die Vorsorgeforschung von FONA sind große Forschungsinfrastrukturen essenziell. Sie bestimmen

die Leistungsfähigkeit, Innovationskraft und die internationale Wettbewerbsfähigkeit des Wissenschafts- und Wirtschaftsstandorts Deutschland. Denn erst durch Forschungsinfrastrukturen wird es möglich, elementare Wissenslücken zu füllen und neue Forschungsgebiete zu erschließen. Mit ihrer Hilfe werden zum Beispiel grundlegende Klimadaten oder Ökosysteminformationen generiert, um die komplexen Zusammenhänge im weltweiten Klimageschehen oder die Dynamiken und Folgen des Artenverlustes besser

### Forschungsbereich Erde und Umwelt in der Helmholtz-Gemeinschaft

Innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft (HGF) wird die Nachhaltigkeitsforschung im Forschungsbereich Erde und Umwelt strategisch gebündelt. Hier werden in der vierten Förderperiode (2021–2027) insgesamt sieben HGF-Zentren vereint: Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI), Forschungszentrum Jülich (FZJ), Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung (GEOMAR), Helmholtz-Zentrum Potsdam (GFZ), Helmholtz-Zentrum für Material- und Küstenforschung (HZG), Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) und Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Diese Zentren arbeiten gemeinsam daran, langfristige Beobachtungssysteme auszubauen und zu vernetzen, die Prozesse im Erd- und Umweltsystem zu erfassen und Vorhersagen zu verbessern. Ziel ist die Beantwortung der Frage, wie sich Ressourcen nachhaltig nutzen lassen, ohne unsere Lebensgrundlagen zu zerstören.

Zur Mission der HGF allgemein und des Forschungsbereichs Erde und Umwelt gehören auch die Entwicklung, der Bau und Betrieb komplexer Forschungsanlagen. Die für diesen Zweck im Forschungsbereich angesiedelten Forschungsinfrastrukturen umfassen beispielsweise Schiffe, Flugzeuge, Satelliten, Forschungsstationen, globale Beobachtungsnetzwerke, regionale Langzeitobservatorien, mobile Messsysteme zur Erd- und Umweltbeobachtung sowie Hochleistungsrechenzentren. Der Forschungsbereich beherbergt und koordiniert zudem zentrale europäische Forschungsinfrastrukturen, die einen wesentlichen Beitrag für die Zusammenarbeit im Europäischen Forschungsraum leisten.

zu erfassen. Dieses Wissen wird dringend benötigt, um politische Entscheidungen treffen und gesellschaftliche Transformationsprozesse anstoßen zu können.

Wegen ihrer hohen Kosten können Forschungsinfrastrukturen häufig nur gemeinsam mit mehreren Partnern errichtet und betrieben werden. In Deutschland sind Träger großer Forschungsanlagen beispielsweise die außeruniversitären Forschungseinrichtungen der Helmholtz-Gemeinschaft (HGF) und der Leibniz-Gemeinschaft (WGL). Die HGF ist deutschlandweit der größte Anbieter von Forschungsinfrastrukturen beispielsweise in Form von Großgeräten und Forschungsschiffen, von denen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler national wie international profitieren.

### Mit dem Forschungsschiff POLARSTERN in Richtung Zukunft

Das Forschungsschiff POLARSTERN bildet das Rückgrat der MOSAiC-Expedition – der größten und logistisch aufwendigsten Arktis-Forschungsexpedition aller Zeiten. Unter Leitung des Alfred-Wegener-Instituts Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI) sind 600 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus 20 Nationen an der internationalen Messkampagne beteiligt. Eingeschlossen im Eis des Nordpolarmeeres driftet gemeinsam mit dem Schiff ein Netzwerk aus Beobachtungsstationen durch die zentrale Arktis und sammelt über den Zeitraum eines Jahres (2019–2020) umfassende Daten. Die Auswertung der gewonnenen Daten bis 2025 verspricht neue Einblicke in die Austauschprozesse zwischen Ozean, Eis und Atmosphäre sowie ein besseres Verständnis des Einflusses der arktischen Region auf das Klima unserer Breiten.



## Umsetzung der Strategie

Die FONA-Strategie ist als offener Handlungsrahmen auf fünf Jahre angelegt. Die 25 Aktionen sind daher so konzipiert, dass die Ausrichtung der Forschungsinhalte zielgerichtet angepasst und fortlaufend weiterentwickelt werden kann. Zentrale begleitende Elemente sind politische Richtungsentscheidungen, eine auf Dialog ausgelegte Wissenschaftskommunikation und eine Evaluation der FONA-Strategie. Damit wollen wir die Umsetzung der Agenda 2030 politisch zielgerichtet mit einer breiten Beteiligung gesellschaftsrelevanter Akteure unterstützen.

Unsere Evaluationen stützen wir auf verlässliche Daten, umfassende Bilanzen und etablierte Indikatoren, die uns und allen beteiligten Akteuren Orientierung bieten. Auch FONA bedient sich Kriterien, die sich aus dem seitens der Europäischen Kommission empfohlenen Kriterienkatalog ableiten. Berücksichtigt werden dabei insbesondere die Aspekte Effektivität, Effizienz, Kohärenz und Relevanz. Prinzipiell stellt eine FONA-Evaluation immer darauf ab, die Qualität zu verbessern, die Zielerreichung und Wirksamkeit zu erhöhen, die Wirtschaftlichkeit zu steigern und entsprechende Handlungsempfehlungen zu entwickeln. Darüber hinaus verfolgen wir ein systematisches Forschungsmonitoring, das Aufschluss über die Wirkungen von Projekten und Fördermaßnahmen gibt. Dabei behalten wir aktuelle Forschungs- und Innovationsbedarfe sowie Marktentwicklungen im Auge und beziehen diese mit ein.

Durch eine zielgruppenspezifische Wissenschaftskommunikation gelangen Forschungsergebnisse in Form von Orientierungs-, System- und Handlungswissen in den gesellschaftlichen und politischen Diskurs und können so als Grundlage wissenschaftsbasierter Entscheidungen dienen. Sie ist daher Grundlage des Transfers von der Forschung in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Mit der Website FONA.de haben wir ein Portal geschaffen, auf dem wir fortlaufend über unsere Forschungsprojekte und -ergebnisse berichten: vielfältig, multi-medial und zugeschnitten auf die breite Öffentlichkeit und relevante Multiplikatoren.

Eines unserer zentralen Instrumente für fachlichen Austausch ist das FONA-Forum. Hier diskutieren und bewerten wir mit den Beteiligten aus Wissenschaft, Wirtschaft, Kommunen und Zivilgesellschaft frühzeitig Zukunftsthemen, Zielkonflikte und Risiken. Lösungsorientiert und basierend auf diesem Multi-Stakeholder-Ansatz beteiligen wir unsere Zielgruppen an Agendaprozessen, in denen wir Forschungsbedarfe und -politiken kommender Jahre diskutieren – ein Instrument, in das wir auch zunehmend die Bevölkerung miteinbeziehen wollen.

Fachübergreifend wollen wir offene Diskurse und Praktiken in Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft noch stärker zusammenbringen – gerade auch im Umgang mit Daten, mit Digitalisierung und Nachhaltigkeit. Dieses Ziel verfolgt das BMBF im Rahmen der Mission „Neue Quellen für neues Wissen“ der Hightech-Strategie mit dem Forum für offene Innovationskultur (innOsci), das vom Stifterverband organisiert wird. Das Forum versteht sich als Plattform, Thinktank und Experimentierraum; es vernetzt Initiativen und bringt Akteure zusammen. Wir wollen Wissen durch Open Access frei und digital zugänglich und nutzbar machen. So können wir einen ungehinderten Informationsfluss innerhalb von Wissenschaft und Forschung sowie in alle Wirtschafts- und Gesellschaftsbereiche garantieren. Entsprechend unterstützen wir Open Access als Standard des wissenschaftlichen Publizierens – beispielsweise indem wir Publikationskosten für Open-Access-Veröffentlichungen durch unsere Projektförderung abdecken.







# Impressum

## Herausgeber

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

## Bestellungen

schriftlich an  
Publikationsversand der Bundesregierung  
Postfach 48 10 09  
18132 Rostock  
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de  
Internet: bmbf.de  
oder per  
Tel.: 030 18 272 272 1  
Fax: 030 18 10 272 272 1

## Stand

November 2020

## Text

BMBF

## Gestaltung

Projektträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH

## Druck

BMBF

## Bildnachweise

Titel: Uli Kunz  
S.2/3: AdobeStock/Jürgen Fälchle  
S. 8: GettyImages/Westend61  
S. 9: AdobeStock/Reinhard Tiburzy  
S. 10: AdobeStock/industrieblick  
S. 11: iStock/zhongguo  
S. 13: AdobeStock/Gina Sanders  
S. 14: AdobeStock/Hermann  
S. 15: GettyImages/Peter Cade  
S. 16: AdobeStock/menace  
S. 17: AdobeStock/Matteo Ceruti  
S. 18: AdobeStock/Rawf8  
S. 19: GEOMAR (CC-BY 4.0)  
S. 20: DLR  
S. 21: Alfred-Wegener-Institut/Stefan Hendricks (CC-BY 4.0)  
S. 22: GettyImages/Monica Bertolazzi  
S. 23: GettyImages/Helaine Weide  
S. 24: iStock/Daniel Santos  
S. 25: GettyImages/Robert Kneschke/EyeEm  
S. 26: Prof. Dr. Marc Kochzius  
S. 27: GettyImages/Andrea Pistoiesi  
S. 28: GettyImages/Westend61  
S. 29: AdobeStock/saknakorn  
S. 30: AdobeStock/Happyphotons  
S. 31: AdobeStock/M.Dörr & M.Frommherz  
S. 32: Axel Timpe, RWTH Aachen University  
S. 33: GettyImages/wildestanimal  
S. 34: Shutterstock/Lambertt

S. 35: Projektträger Jülich/Roll  
S. 36: AdobeStock/lovelyday12  
S. 37: AdobeStock/Mr Twister  
S. 38: Getty Images/Lumi Images/Dario Secen  
S. 39: GettyImages/Nikada  
S. 40: Ute Grabowsky  
S. 41: GettyImages/FatCamera  
S. 42: AdobeStock/visiontop  
S. 43: Gerti Kuhl  
S. 44: istock/hansenn  
S. 45: AdobeStock/dudlajzov  
S. 46: AdobeStock/fotomarf  
S. 47: AdobeStock/Patrick Daxenbichler  
S. 49: GettyImages/baranozdemir  
S. 50: GettyImages/Luis Alvarez  
S. 52: AdobeStock/rawpixel.com  
S. 53: AdobeStock/artjazz  
S. 54: Jorge Saturno  
S. 57: Alfred-Wegener-Institut/Esther Horvath (CC-BY 4.0)  
S. 58: Thomas Koehler/photothek.net  
Alle Grafiken/Karte: PtJ

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.

