

Forschungsprogramm des Umweltbundesamtes

2023-2027



Für Mensch & Umwelt

Umwelt 
Bundesamt

Forschungsprogramm des Umweltbundesamtes 2023 – 2027

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 [/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

 [/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Redaktion:

PB 1 „Planung und Steuerung, Strategisches Controlling, Forschungscoordination“

Publikationen zum Download:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Juni 2023

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis exemplarischer Forschungsprojekte	5
Abkürzungsverzeichnis.....	6
1 Einleitung	8
1.1 Die Bedeutung von Forschung für die Aufgabenerledigung des Umweltbundesamtes	8
1.2 Forschungsverständnis des UBA	11
1.3 Zahlen zur UBA-Forschung.....	14
1.4 Forschungsinfrastruktur des UBA	15
1.5 Qualitätssicherung der Forschung.....	16
2 Aktueller und künftiger Forschungsbedarf des UBA.....	18
2.1 Aktuelle Cluster und exemplarische Projekte der UBA-Forschung.....	19
2.1.1 Cluster 1: Nachhaltigkeit für Gesundheit und Lebensqualität in einer resilienten und schadstofffreien Umwelt	19
2.1.2 Cluster 2: Zirkuläres und digitales Wirtschaften, umweltfreundliche Technologien.....	21
2.1.3 Cluster 3: Klimaschutz und Klimawandelanpassung	23
2.2 Forschungsschwerpunkte in den Themenfeldern	25
2.2.1 Luftreinhaltung	26
2.2.2 Schutz von Grundwasser, Gewässern, Boden, Meeren und Polargebieten.....	29
2.2.3 Trinkwasser- und Badebeckenwasserhygiene	32
2.2.4 Umwelt und Gesundheit	35
2.2.5 Klimaschutz übergreifend	39
2.2.6 Klimaschutz sektoral	42
2.2.7 Emissionshandel, Carbon Pricing und internationaler Kohlenstoffmarkt.....	44
2.2.8 Energiewende.....	48
2.2.9 Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels	51
2.2.10 Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft	55
2.2.11 Umweltfreundliche Technologien	59
2.2.12 Umwelt und Wirtschaft	62
2.2.13 Nachhaltige Produkt- und Verbraucherpolitik	65
2.2.14 Lärmschutz und nachhaltige Mobilität	69
2.2.15 Urbaner Umweltschutz, nachhaltiges Flächenmanagement und Bauen	72
2.2.16 Stoffliche Risiken	76
2.2.17 Landwirtschaft und Ernährungssystem	82
2.2.18 Kooperation, gesellschaftliche Gruppen, übergreifende Fragen der Umweltpolitik.....	86
2.2.19 Digitalisierung und Nachhaltigkeit.....	89
A Anhang.....	92
A.1 Organigramm (Stand: Mai 2023)	92
A.2 Experimentell forschende UBA-Fachgebiete und ihre Tätigkeiten (Stand: Anfang 2023)....	93

Verzeichnis exemplarischer Forschungsprojekte

Kasten 1:	Interne Forschung stärken – Leitlinien für die Forschung des Umweltbundesamtes	10
Kasten 2:	EPA Network „Interest Group on Sustainability Research and Solutions (IG EPAS)“	14
Kasten 3:	Horizon Europe: European Partnership for the Assessment of Risk from Chemicals (PARC) (Laufzeit: 2022–2029).....	19
Kasten 4:	UBA-Forschungsleuchtturm „Ernährung und Landwirtschaft mit Zukunft (ErLa)“ (Laufzeit: 2022–2026)	20
Kasten 5:	UBA-Leuchtturmprojekt „Circular Economy für Elektro- und Elektronikgeräte (CircEEE)“ (Laufzeit: 2023–2026)	21
Kasten 6:	Anwendungslabor für Künstliche Intelligenz und Big Data (KI-Lab) (Laufzeit: 2022–2025)	22
Kasten 7:	UBA-Leuchtturmprojekt „Neues Europäisches Bauhaus weiterdenken: Nachhaltige Mobilität und resiliente Räume für mehr Lebensqualität (AdNEB)“ (Laufzeit: 2022–2025)	23
Kasten 8:	UBA-Leuchtturmprojekt „Global GreenSupreme – Modellierung eines nachhaltigen globalen Klimaschutzszenarios“ (Laufzeit: 2023–2025)	24
Kasten 9:	European Topic Centre on Human Health and the Environment (ETC HE) (Laufzeit: 2022–2026)	38
Kasten 10:	Pandemieradar – Nutzung von Abwasserdaten für Trend- und epidemiologische Analysen auf Landes- und Bundesebene (Laufzeit: 2022–2024).....	60
Kasten 11:	Sustainable Control of Harmful Organisms in the 21 st Century (SCOTTY) (Laufzeit: 2020–2030)	80

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
AbtL	Abteilungsleitung
BASE	Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMF	Bundesministerium für Finanzen
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMWSB	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
BZgA	Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung
CDC	US Center for Disease Control and Prevention
DFG	Deutschen Forschungsgemeinschaft
ECHA	Europäische Chemikalienagentur
EEA	Europäische Umweltagentur
EFSA	Europäische Agentur für Lebensmittelsicherheit
EPA	Environmental Protection Agency
EF	Externe/Extramurale Forschung
ETC	European Topic Centre
ETS	Emission Trading Scheme
EU	Europäische Union
EVUPLAN	Energieforschungsplan
FuE	Forschung und Entwicklung
FG	Fachgebiet
FhG	Fraunhofer-Gesellschaft
FSA	Fließ- und Stillgewässer-Simulationsanlage
GerES	Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit
GLP	Gute Laborpraxis
HBM4EU	Europäische Human Biomonitoring Initiative
IHME	Institute for Health Metrics and Evaluation
IF	Interne Forschung
INGER	Integration von Geschlecht in die Forschung zu umweltbezogener Gesundheit

Abkürzung	Bedeutung
JRC	Gemeinsame Forschungsstelle der Europäischen Kommission
KI-Lab	Anwendungslabor für Künstliche Intelligenz und Big Data
KLIFOPLAN	Klimaforschungsplan
m.d.W.d.G.b.	mit der Wahrung der Geschäfte beauftragt
Mio.	Millionen
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
PARC	European Partnership for the Assessment of Risks from Chemicals
PBT	persistent, bioaccumulating und toxic
PFAS	per- and polyfluorinated alkyl substances
PMT	persistent mobile and toxic
POP	persistent, organic and pollutant
REFOPLAN	Ressortforschungsplan
RKI	Robert Koch-Institut
SDG	Sustainable Development Goals
SIMULAF	Simulationsanlage für Ufer- und Langsamsandfiltration
UBA	Umweltbundesamt
UFORDAT	Umweltforschungsdatenbank
UIP	Umweltinnovationsprogramm
UKAGEP	Umweltbedingte Krankheitslasten und Gesundheitliche Parameter
UPB	Umweltprobenbank
VF	Vorlaufforschung
WHO	Weltgesundheitsorganisation

1 Einleitung

1.1 Die Bedeutung von Forschung für die Aufgabenerledigung des Umweltbundesamtes

Wir betreiben wissenschaftliche Forschung zur Erfüllung unserer Aufgaben.¹ Als Bundesoberbehörde gehört das Umweltbundesamt (UBA) zum Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV). Wir leisten wissenschaftliche Unterstützung des BMUV und der Bundesregierung, insbesondere bei der Erforschung und Entwicklung von Grundlagen für geeignete Maßnahmen und bei der Erarbeitung von Rechts- und Verwaltungsvorschriften. Wir erheben Daten zum Zustand der Umwelt und klären die Öffentlichkeit in Umweltfragen auf. Wir unterstützen die Ressortforschung und Koordination der Umweltforschung des Bundes. Das UBA versteht sich als ein Frühwarnsystem, das mögliche zukünftige Beeinträchtigungen des Menschen und der Umwelt rechtzeitig erkennt, bewertet und praktikable, vorsorgende Lösungen vorschlägt. Dazu forschen unsere Fachleute in eigenen Laboren und vergeben Forschungsaufträge an wissenschaftliche Einrichtungen und Institute im In- und Ausland. Das Umweltbundesamt ist Partner und Kontaktstelle für zahlreiche nationale und internationale Fachgremien und Institutionen, etwa der WHO-Mitgliedsstaaten.²

Das im Jahr 2022 beschlossene **Leitbild**³ des UBA steht im Kapitel „Forschung“ unter dem Leitmotiv **Anwendungsorientiert und unabhängig forschen – für Mensch und Umwelt**. Mit unserer Forschung schaffen wir das Wissen für den Wandel zur Nachhaltigkeit und für die Zukunftsfähigkeit unserer Gesellschaften und Ökosysteme. Die notwendige tiefgreifende Transformation zur Nachhaltigkeit in dieser Dekade erfordert eine beschleunigte Bereitstellung von System-, Lösungs- und Umsetzungswissen. Leistungsstarke Ressortforschung ist das Fundament für unsere Politikberatung aber auch für den fachlichen Austausch auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene sowie für den Dialog mit der Gesellschaft. Außerdem bildet sie die Basis für die Entwicklung, Gestaltung und Umsetzung von Politikinstrumenten und -maßnahmen.

In den vergangenen Jahren verbreitete sich eine alarmierende Skepsis gegenüber wissenschaftlichen Erkenntnissen. Daher ist Vertrauen in Forschungsinstitutionen und deren wissenschaftliche Unabhängigkeit besonders wichtig. Die **Ressortforschung** – also die Forschung von Bundesbehörden für die unmittelbare Unterstützung der Politik (zum Forschungsverständnis des UBA, siehe Kapitel 1.2) – spielt dabei eine besondere Rolle, die mit einer hohen Verantwortung einhergeht.⁴

Wissenschaftliche Unabhängigkeit bedeutet für uns nicht, dass unsere Forschung wertfrei ist. Unsere Forschung dient dem **Schutz von Mensch und Umwelt**. Die zu bearbeitenden Forschungsthemen leiten wir aus den Amtsaufgaben ab und stimmen sie mit dem BMUV und weiteren fachaufsichtführenden Bundesministerien ab. Generell obliegen die Konzeption und Durchführung dieser Forschungsaktivitäten dem UBA. Wir befolgen selbstverständlich die Standards guter wissenschaftlicher Praxis und sind unabhängig von Interessen Dritter (zur Qualitätssicherung der UBA-Forschung siehe Kapitel 1.5).

¹ Die Aufgaben des UBA sind im Gesetz über die Errichtung eines Umweltbundesamtes festgelegt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/dokumente/gesetz_ueber_die_errichtung_eines_umweltbundesamtes.pdf

² Zum Beispiel bildet das Kooperationszentrum zur Überwachung der Luftqualität und Bekämpfung der Luftverschmutzung beim UBA die Schnittstelle zwischen nationalen und internationalen Fachgremien und Institutionen der 53 WHO-Mitgliedsstaaten der europäischen Region.

³ <https://www.umweltbundesamt.de/das-uba/wer-wir-sind/leitbild#i-das-uba-ubergeordnete-vision>

⁴ Das Bundeskabinett hat 2007 das „Konzept einer modernen Ressortforschung“ beschlossen. Damit setzt die Bundesregierung ihre Anstrengungen zur Qualitätssicherung der Ressortforschung fort. <https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/das-wissenschaftssystem/ressortforschung/ressortforschung.html#searchFacets>

Unsere Forschung zeichnet sich durch ihre Anwendungs- und Problemlösungsorientierung aus: Wir verknüpfen in der Regel grundlegendes Erkenntnisinteresse mit der Ableitung von Vorschlägen für praxistaugliche Instrumente und Maßnahmen oder für deren Realisierung. Generelles **Ziel unserer Forschung** ist es, für Politik und Gesellschaft unmittelbar verwertbar zu sein. Das bedeutet auch, dass wir mit unserer Forschung nach vorne schauen (Vorausschau), Herausforderungen für Umwelt- und Nachhaltigkeitspolitik frühzeitig identifizieren und Lösungsvorschläge unterbreiten. Um diese Frühwarnfunktion wahrnehmen zu können, führen wir unabhängig von einer politischen Agenda „Vorlaufforschung“ durch, die für die Umweltpolitik des Bundes neue Themenfelder strategisch erschließt und diese hinsichtlich ihrer Umweltrelevanz analysiert. Zugleich gilt es, Antworten auf unvorhergesehene Entwicklungen zu geben, wie beispielsweise die COVID19-Pandemie 2020–2023 oder die Energieversorgungskrise im Jahr 2022 als Ergebnis des Angriffskriegs Russlands auf die Ukraine. Das UBA arbeitet verstärkt daran, gerade in solchen Situationen im Rahmen wissenschaftlicher Politikberatung, etwa in Task Forces, schnell zu reagieren und Antworten zu finden.⁵

Wir gewinnen unsere Erkenntnisse durch interne Forschung auch mithilfe eigener Forschungsinfrastrukturen (zum Beispiel Labore), durch Forschungsaufträge an andere Forschungseinrichtungen (extramurale Forschung) und durch Kooperationen (zum Beispiel im Rahmen von Drittmittelprojekten). Wir bauen unsere interne **Forschungskompetenz** systematisch aus. Interne Ausschreibungsverfahren, Projekt-Bewertungskriterien und Auswahlkommissionen sind Elemente der Professionalisierung und setzen Anreize für die Mitarbeitenden, interne Forschung zu betreiben. Unerlässlich für den Erfolg unserer Forschung ist schließlich die nationale, europäische und internationale **Vernetzung** mit anderen Einrichtungen der Umwelt- und Nachhaltigkeitsforschung.

Das vorliegende **Forschungsprogramm** stellt für den Zeitraum 2023–2027 Cluster und exemplarische Projekte (Kapitel 2.1) sowie die inhaltlichen Schwerpunkte der UBA-Forschung in 19 Themenfeldern (Kapitel 2.2) vor. Ergänzend zum vorliegenden Forschungsprogramm kann der Forschungsbedarf durch Forschungsagenden für einzelne Themenfelder konkretisiert werden (zum Beispiel Forschungsagenda „Urbaner Umweltschutz“⁶ oder „Europäische Forschungsagenda für Boden und Fläche“⁷). Der Ressortforschungsplan des BMUV sowie der Klima- und Energieforschungsplan des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) beschreiben jeweils für ein Jahr konkrete, mit den Ressorts abgestimmte Forschungsvorhaben, die vom UBA mit dem Forschungsprogramm abgeglichen, konzipiert und durch Forschungsnehmer in extramuralen Vorhaben, durch Eigenforschung oder in Drittmittelprojekten bearbeitet werden sollen (vergleiche auch Kapitel 1.2 zu unserem Forschungsverständnis).

Forschung bedarf geeigneter Rahmenbedingungen, um den skizzierten Qualitätsansprüchen zu genügen. Das UBA hat sich daher in einer Forschungsstrategie anspruchsvolle Ziele für den Erhalt und die Weiterentwicklung seiner Forschungsleistung gesetzt und diese mit Maßnahmen unterlegt. Die Handlungsfelder „Themenbestimmung“, „Durchführung der Forschung“, „Verwertung von Forschungsergebnissen“ sowie „Rahmenbedingungen der Forschung“ nehmen den gesamten Forschungs- und Verwertungsprozess in den Blick. Die Ziele und Maßnahmen der Forschungsstrategie sind in den veröffentlichten **Forschungsleitlinien** des UBA zusammengefasst (siehe Kasten 1)⁸.

⁵ So hat das UBA direkt im März 2022 eine Task Force zu den Folgen des Krieges in der Ukraine für die Nachhaltigkeits- und Umweltpolitik eingerichtet, die sich unter anderem mit den Auswirkungen der Energie- und Nahrungsmittelkrise befasst hat – siehe <https://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-internationales/folgen-der-ukraine-krise-fuer-die-nachhaltigkeits>

⁶ <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/urbaner-umweltschutz>

⁷ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/europaeische-forschungsagenda-fuer-boden-flaeche>

⁸ https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/dokumente/forschungsleitlinien_endg_stand_15_03_2018.pdf

Kasten 1: Interne Forschungsstärken – Leitlinien für die Forschung des Umweltbundesamtes

Unsere Ziele

- ▶ Wir sind in Deutschland und international als kompetente Forschungseinrichtung mit hoher wissenschaftlicher Reputation in Umweltfragen anerkannt und mit anderen wichtigen Umweltforschungseinrichtungen aktiv vernetzt.
- ▶ Unsere Forschungsschwerpunkte leiten wir eigenverantwortlich aus einem wissenschaftlich begründeten Gesamtzusammenhang in Bezug auf Umwelt und Gesundheit ab. Der Erkenntnisbedarf ergibt sich aus den relevanten Gegenwarts- und Zukunftsfragen. Er fügt sich in die mit dem Bundesumweltministerium und den anderen fachaufsichtsführenden Ministerien abgestimmte Aufgabenplanung des Amtes ein.
- ▶ Um eine hohe Qualität der wissenschaftsbasierten Beratung von Politik und Gesellschaft sicherzustellen, entwickeln wir unsere Forschungsmethoden nach dem Stand der Wissenschaft weiter.
- ▶ Unsere Forschung ist inter- und transdisziplinär sowie gendersensitiv angelegt und bindet diejenigen mit ein, die unsere Erkenntnisse nutzen und anwenden.
- ▶ Wir gewährleisten die gute wissenschaftliche Praxis. Zur Qualitätssicherung unserer Forschungsergebnisse stellen wir uns der wissenschaftlichen Debatte. Ergänzend sind Verwertbarkeit und Verwertung unserer Forschungsergebnisse essenzielle Qualitätskriterien unserer Forschung.
- ▶ Wir verfügen über die leistungsfähige Forschungsinfrastruktur, die wir benötigen, um eigene Forschung in hoher Qualität durchführen zu können.
- ▶ Wir qualifizieren unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu international sichtbaren und gefragten Expertinnen und Experten in Umweltschutzfragen.

Maßnahmen zur Stärkung unserer Forschung

- ▶ Wir bestimmen aktiv die Schwerpunkte unserer Arbeit einschließlich herausgehobener Forschungsschwerpunkte. Diese Schwerpunktsetzung nehmen wir anhand der Kriterien „Wichtigkeit des Umweltproblems“ und „Wirksamkeit des UBA für das Erreichen unserer Schutzziele“ vor und dokumentieren sie in unserem Forschungsprogramm. Wir schaffen die für gute Forschung notwendigen Freiräume für unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler.
- ▶ Über die Organisationseinheiten hinweg verfolgen wir eine inter- und transdisziplinäre Forschung.
- ▶ Um der Frühwarnfunktion des UBA gerecht zu werden, führen wir Vorlaufforschung durch. Wir veranstalten Themenkonferenzen unter Einbeziehung externer Expertinnen und Experten, um die Schwerpunktsetzung unserer Forschung wissenschaftlich breit abzusichern, zu schärfen und die Vernetzung des UBA in die Wissenschaftsgemeinschaft zu fördern.
- ▶ Wir unterstützen die fortlaufende fachliche Qualifikation aller unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses.
- ▶ Wir überprüfen und optimieren kontinuierlich die forschungsunterstützenden administrativen Prozesse.
- ▶ Wir investieren in unsere experimentelle und nicht-experimentelle Forschungsinfrastruktur, um die vorhandene Qualität und Leistungsfähigkeit zu erhalten und auszubauen.

- ▶ Wir verstärken unsere Kooperationen mit Hochschulen und anderen Forschungseinrichtungen und nutzen mit diesen gemeinsam unsere Forschungsinfrastruktur.
- ▶ Wir publizieren unsere Forschungsergebnisse in anerkannten wissenschaftlichen Fachzeitschriften sowie in anderen wissenschaftlichen Foren. Die im UBA gewonnenen und verfügbaren Daten bereiten wir systematisch auf und stellen sie qualitätsgesichert sowie gemäß der FAIR-Prinzipien zur Verfügung. Wir nutzen diese Daten für die weitere Forschung und die Information der Öffentlichkeit.

1.2 Forschungsverständnis des UBA

Für das UBA umfasst Ressortforschung drei eng miteinander verknüpfte Schritte an der Schnittstelle der Systeme Wissenschaft und Politik⁹:

- ▶ **Forschung** im engeren Sinne bedeutet die vom Stand der Wissenschaft ausgehende systematische, methodengestützte und reproduzierbare Generierung neuer Erkenntnisse und deren Veröffentlichung, inklusive der Datengrundlagen. Die im Forschungsprozess angewandten wissenschaftlichen Prinzipien, Methoden und Standards werden bei Bedarf mit Blick auf die praktische Anwendung beispielsweise im Vollzug modifiziert (Methodenentwicklung). Forschung kann dabei experimentell, empirisch oder literaturbasiert durchgeführt werden.
- ▶ **Integration** meint die wechselseitige, iterative Rückkopplung zwischen Forschungsprozess und Verwertungsansprüchen während des gesamten Forschungsprozesses, um eine gute praktische Anschlussfähigkeit der Forschungsergebnisse zu gewährleisten (anwendungsorientierte Forschung). Dies umfasst die Übersetzung von Wissensbedarf im Ressort oder in der Gesellschaft in geeignete Forschungsfragen und -vorhaben beziehungsweise in Projektdesigns sowie deren Rückkopplung.
- ▶ **Verwertung** von Forschungsergebnissen im Ressort erfolgt in Form von Politikberatung, Standardisierung, Informations- und Vollzugsdienstleistungen und gehört zur wissenschaftlichen und politikberatenden Arbeit des UBA. Zudem ist eine wissenschaftliche Verwertung der Forschungsergebnisse durch Veröffentlichungen und Beiträge auf Fachtagungen wichtig und in der Regel als Teil der externen Qualitätssicherung unabdingbar.

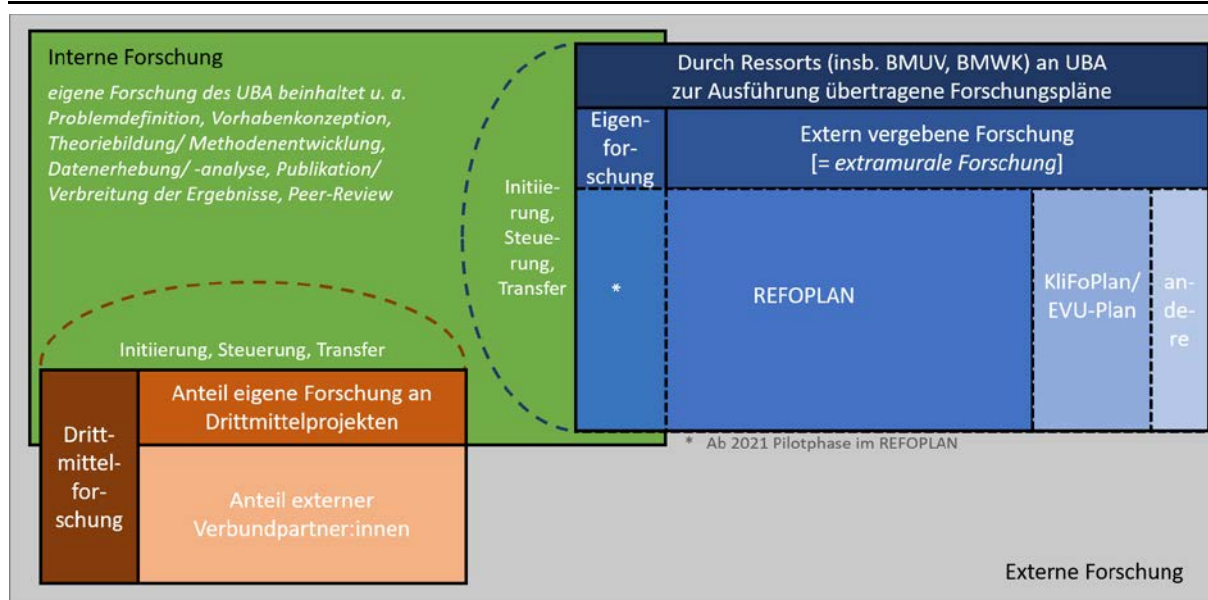
Abbildung 1 illustriert aus UBA Sicht wesentliche Forschungsbegriffe: Unter **interner Forschung** verstehen wir die UBA-eigenen FuE-Aktivitäten des wissenschaftlichen, haushaltfinanzierten Stammpersonals. Ein wesentlicher Teil unserer internen Forschung besteht aus der Konzipierung und Begleitung von Forschungsvorhaben, die von externen Forschungnehmern durchgeführt werden (**extramurale Forschung**), sowie der Aus- und Verwertung der Ergebnisse dieser Vorhaben. Diese Forschungsvorhaben werden über den Ressortforschungsplan (REFOPLAN) des BMUV und seit der 20. Legislaturperiode ergänzend durch den Klimaforschungsplan (KLIFOPLAN) und Energieforschungsplan (EVUPLAN) des BMWK sowie die Forschungsplanung des Auswärtigen Amtes (ko-)finanziert (siehe auch Kapitel 1.1). Als Besonderheit können in begrenztem Umfang in Abstimmung mit dem BMUV **REFOPLAN-finanzierte Eigenforschungsprojekte** statt an Auftragnehmer vergeben, direkt im UBA durchgeführt werden, in der Regel durch befristet eingestelltes Personal in engem Austausch mit dem begleitenden, wissenschaftlichen Stammpersonal (sog. Fachbegleitung der Vorhaben). Diese Projekte, die ebenfalls zu

⁹ Das Forschungsverständnis basiert auf dem Modell von Böcher/Krott zur Umsetzung des Konzepts einer modernen Ressortforschung im Geschäftsbereich des BMU: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3995.pdf>

unserer internen Forschung zählen, fördern, insbesondere auch als Leuchtturmprojekte, die akademische Entwicklung am UBA und helfen, Fragestellungen im Projektkontext noch UBA-spezifischer und für das BMUV noch adressatengerechter aufzuarbeiten.

Durch vornehmlich aus anderen Bundesressorts und von der EU akquirierte Drittmittelprojekte wird die interne und extramurale Forschung vertieft und es werden nationale sowie internationale Forschungsk Kooperationen und -netzwerke ausgebaut. Auf diesem Wege wirkt das UBA an der Realisierung des europäischen Forschungsraumes mit. Wir entwickeln die systematische und strategisch ausgerichtete **Drittmittelforschung** am UBA fort. Durch die 2022 eingerichtete Servicestelle Drittmittel, hausweite Bestandsanalysen und die 2023 verabschiedete Drittmittelstrategie wird ein enger inhaltlicher Bezug der Drittmittelprojekte zu den Amtsaufgaben des UBA sowie eine Fokussierung auf Themen des Forschungsprogramms sichergestellt.

Abbildung 1: Forschungsbegriffe im Umweltbundesamt



Quelle: Eigene Darstellung, Umweltbundesamt.

Unsere Forschung führt technische, medizin-, natur-, sozial-, wirtschafts- und rechtswissenschaftliche Perspektiven interdisziplinär zusammen. Wir nutzen einen breiten methodischen Werkzeugkasten – von Laborforschung über theoriegeleitete und empirische Studien bis hin zur Erprobung in der Praxis in Reallaboren. Unsere Teams binden in der Forschungspraxis jeweils alle erforderlichen Fachdisziplinen ein und arbeiten mit allen für die Umsetzung von Lösungsvorschlägen relevanten Praxisakteuren (zum Beispiel kommunale Behörden, Zivilgesellschaft) zusammen. So werden durch Forschungsgeneriertes Wissen und praktisches Erfahrungswissen integriert. Um Anknüpfungspunkte für mehr Akzeptanz, erhöhtes Engagement und Teilhabe an Umwelt- und Zukunftsgestaltung zu schaffen, spielen Bürgerbeteiligungsprozesse, das Umweltbewusstsein und alltagsrelevante Praktiken eine wichtige Rolle in unserer Forschung.

Unsere gesamte Forschung erfolgt unter Beachtung des Prinzips des **Gender Mainstreaming**. Dabei wird die Genderrelevanz eines Themas festgestellt und die Geschlechterdimension entsprechend in die Forschung integriert.

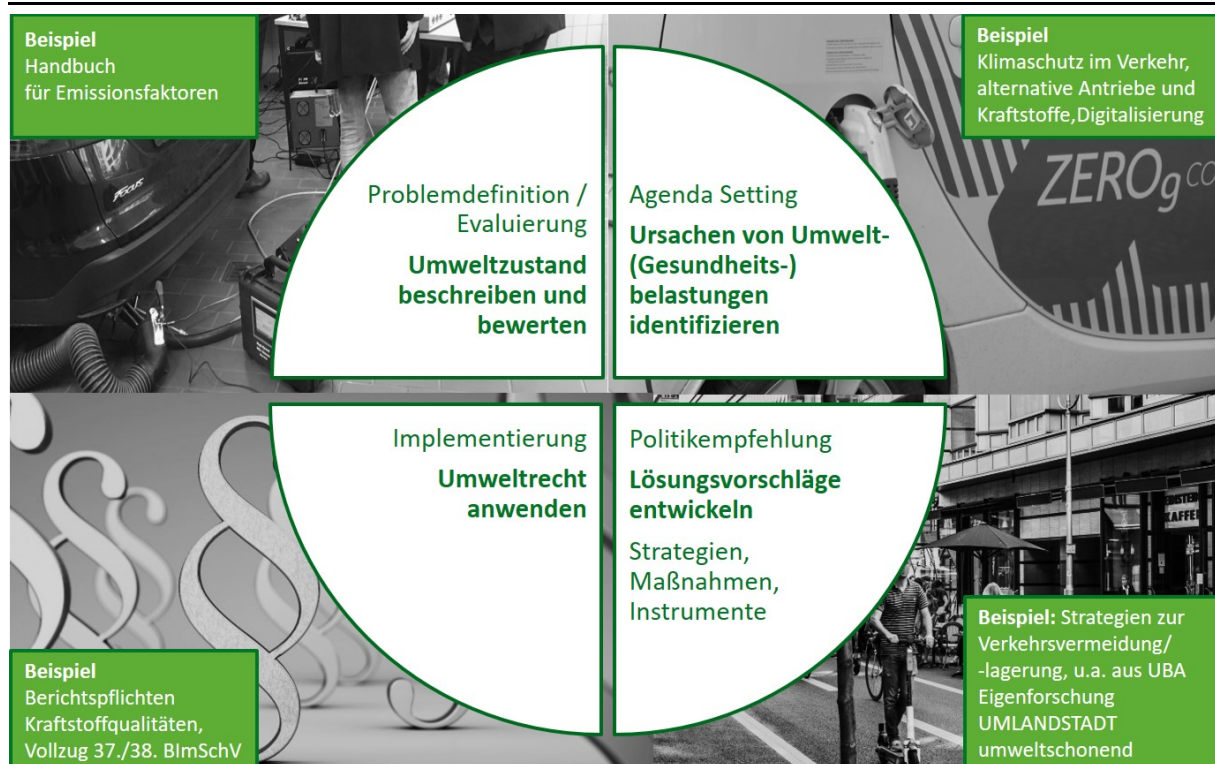
Die breite Palette an Ressortforschungsaktivitäten kann das UBA weitgehend durch die ihm eigenen Kompetenzen wahrnehmen. Dabei ist das Amt für die verschiedenen Bearbeitungsschritte – von der Feststellung des Umweltzustands bis hin zum Vollzug von Schutzmaßnahmen – zuständig. Das UBA verfügt über **Kettenkompetenz** von Umweltbeobachtung und -bewertung,

Maßnahmenentwicklung und -umsetzung bis Evaluation (siehe Abbildung 2), die sich in den vier Grundaufgaben des UBA (Forschung, Politikberatung, Vollzüge und Aufklärung der Öffentlichkeit) widerspiegeln. Dies verschafft uns die Möglichkeit, die erforderlichen Schritte aufeinander abzustimmen.

Unsere Forschung ist eng mit den Vollzugsaufgaben des UBA verknüpft. Daten und Know-how aus unseren Vollzügen nutzen wir für die Forschung und Politikberatung. Der Vollzug von Umweltrecht führt regelmäßig zu Anstößen für dessen zukünftige Weiterentwicklung (Implementationsforschung). Die Forschung unterstützt die Vorbereitung und Entwicklung neuer Umweltregularien sowie die Methodenentwicklung zur Umsetzung von Vollzügen (zum Beispiel zur Messung der Biodiversitätswirkungen von Pflanzenschutzmitteln).

Die **Forschungsfragen** diversifizieren sich angesichts der vielen planetaren Krisen (Klimakrise, Biodiversitätskrise, Verschmutzungs Krise) und aktuellen Herausforderungen wie der Energieversorgung, was sich im UBA stark widerspiegelt. Insgesamt streben wir an, durch eine umweltmedien- und schutzgutübergreifende Betrachtungsweise die inhaltliche Kohärenz und Konsistenz zu stärken, eine ganzheitliche Problemlösung sicherzustellen und eine Problemverlagerung zwischen verschiedenen Schutzgütern und Nachhaltigkeitsdimensionen zu vermeiden.

Abbildung 2: Kettenkompetenz des Umweltbundesamtes, Beispiel Umwelt und Verkehr



Quelle: Eigene Darstellung, Umweltbundesamt.

Die Kombination aus der Auswertung und Weiterentwicklung langjähriger Monitorings und kurzfristig gefragter Forschung macht das UBA zum kompetenten Ansprechpartner bei verschiedensten Umweltfragen. Das UBA gehört – zusammen mit drei weiteren Bundesämtern¹⁰ – als wissenschaftliche Fachbehörde zum Geschäftsbereich des BMUV. Als Ressortforschungseinrichtung befindet sich das UBA somit an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft einerseits und

¹⁰ Bundesamt für Naturschutz (BfN); Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) und Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE).

Politikandererseits. Dadurch wird ein unmittelbarer Transfer von ministeriell-politischem Unterstützungsbefehl in die Wissenschaft und umgekehrt von wissenschaftlichen Erkenntnissen in die politische Umsetzung ermöglicht.

Im Zuge einer **Optimierung der Ressortforschung** und einem danach angeschlossenen Prozess im Jahr 2022 unternahmen UBA und BMUV vielfältige Anstrengungen, Forschungsschwerpunkte zu bilden und diese in neuen Formaten für die Ressortforschung effizienter zu gestalten.¹¹ In einer jährlichen Ressortforschungsklausur werden Grundsätze einer koordinierten wissenschaftlichen Forschung und andere übergreifende Themen zwischen BMUV und den Geschäftsbeihilfsbehörden auf Leitungsebene erörtert.

Um das für die tiefgreifende Nachhaltigkeitstransformation erforderliche System-, Lösungs- und Umsetzungswissen beschleunigt zu schaffen, bauen wir zudem die **Zusammenarbeit** mit nationalen, europäischen und weiteren internationalen Forschungspartnern und Netzwerken weiter aus (zum Beispiel im EPA-Netzwerk mit einer UBA-geleiteten Interest Group zur Nachhaltigkeitsforschung, siehe Kasten 2, oder im Rahmen von Drittmittelprojekten).

Kasten 2: EPA Network „Interest Group on Sustainability Research and Solutions (IG EPAS)“

Umwelt- und Nachhaltigkeitsforschung müssen gestärkt werden, um System-, Umsetzungs- und Handlungswissen für die Erreichung der globalen, europäischen und nationalen Nachhaltigkeitsziele bereitzustellen und in die Anwendung zu bringen. Die europäischen Umweltagenturen arbeiten hierzu bisher zu wenig zusammen. Im Rahmen des Netzwerkes der europäischen Umweltagenturen (EPA Network) wurde die Interessengruppe EPAS als „European Platform for Actionable Knowledge and Solutions for Sustainable Development“ gegründet. Hier finden unter Koordination von UBA und Europäischer Umweltagentur (EEA) forschungsorientierte Umweltagenturen zusammen. Ziele sind über den Erfahrungsaustausch zu innovativer Nachhaltigkeitsforschung hinaus die konkrete Bearbeitung von gemeinsamen Projekten sowie die Vernetzung mit weiteren Partnerinstitutionen im europäischen Forschungsraum. IG EPAS nimmt innovative, zukunftsorientierte Umwelt- und Nachhaltigkeitsforschung in den Blick, die durch folgende Charakteristika geprägt ist: systemisch (zum Beispiel Verbindung von Biodiversität, Klimawandel, Zirkularität, Gesundheit), umsetzbar („actionable“ Wissen, das spezifische Maßnahmen und konkretes Handeln bewirkt), Transversal (Multi-Level-, Multi-Akteurs-Governance, inkl. Transformationsallianzen). Aktuelle Schwerpunkte sind die naturverträgliche Energiewende, die nachhaltige Urbanisierung, der Biodiversitäts-Klima-Nexus und resiliente zirkuläre Produktionssysteme.

1.3 Zahlen zur UBA-Forschung

Das UBA hatte Ende Dezember 2022 insgesamt 1.742 Mitarbeitende. Die der **internen Forschung** zuzurechnenden Tätigkeiten werden im Wesentlichen von den gut 900 Mitarbeitenden des höheren Dienstes in den fünf Fachbereichen sowie im Leitungs- und im Zentralbereich wahrgenommen. Der **Forschungsanteil** an den von den wissenschaftlichen Mitarbeitenden erbrachten Aufgaben beträgt ca. 28 % (Stand 2022). In den experimentell arbeitenden Fachgebieten tragen Mitarbeitende anderer Laufbahngruppen zu diesen Forschungsaktivitäten bei.

Für die an Forschungsnehmer vergebenen Forschungsvorhaben (**extramurale Forschung**) wurden im Jahr 2022 rund 47,4 Mio. Euro (davon 41,3 Mio. Euro im REFOPLAN) ausgegeben.

¹¹ Im Rahmen der Kooperation mit Work4Germany 2021 wurde die Planungsphase für alle Beteiligten des REFOPLAN im Umweltbereich optimiert und insbesondere die Arbeit in den Forschungsfeld-Steuerungsgruppen vereinfacht. Unter anderem werden Forschungsbedarfe nun interdisziplinär in strategischen Kernthemen gebündelt und neue Formate wie die UBA Forschungsdialoge genutzt. In Umsetzung dieser Maßnahmen wurden auch die Abstimmungsprozesse zwischen BMUV und UBA effizienter gestaltet.

Im Zeitraum 2020–2022 starteten 49 Projekte, die das UBA in kompetitiven Verfahren akquirierte. Insgesamt wurden im selben Zeitraum 103 **Drittmittelprojekte** durchgeführt und für diese Einnahmen in Höhe von rund 34 Mio. Euro vereinnahmt.

Das UBA fördert **wissenschaftlichen Nachwuchs**, indem es die Durchführung von Qualifizierungsarbeiten unterstützt. Im Zeitraum 2020–2022 wurden vier UBA haushaltsfinanzierte Promotionen abgeschlossen. Neun weitere Promotionsarbeiten sind nebenberuflich sowie eine weitere drittmittelfinanziert entstanden. Darüber hinaus wurden im selben Zeitraum 20 Bachelor- und 48 Diplom- bzw. Masterarbeiten am UBA verfasst. Die Themen knüpfen jeweils eng an die fachlichen Aufgaben des Amtes an.

1.4 Forschungsinfrastruktur des UBA

Wir gewinnen unsere Erkenntnisse unter anderem durch eigene wissenschaftliche Arbeiten in einer leistungsfähigen Forschungsinfrastruktur und auf einer soliden Datenbasis. Unsere gut ausgebildeten und für wissenschaftliches Arbeiten qualifizierten Beschäftigten repräsentieren fast alle wissenschaftlichen Disziplinen. Sie sind wichtigste Ressource für unsere Forschungstätigkeit. Die experimentelle Forschung nimmt innerhalb der UBA-internen Forschung in verschiedenen Bereichen (vgl. Anhang A.2) eine wichtige Rolle ein. Dazu kann das UBA unter anderem auf eigene Labore zurückgreifen.

Mit dem im Jahr 2023 eingerichteten **Anwendungslabor für Künstliche Intelligenz (KI) und Big Data (KI-Lab)**¹² ist das UBA ein Vorreiter in der Ressortforschung des Bundes. Der Aufbau des in Europa einzigartigen Labors zu Fragen der Digitalisierung und Nachhaltigkeitschafft einen Innovations- und Experimentierraum, der den Mehrwert von KI für Mensch und Umwelt in den Blick nimmt. Ein weiterer Fokus sind Forschungsfragen zur Nachhaltigkeit sowie zur nachhaltigen Nutzung und Betrieb von KI-Anwendungen (siehe Kasten 6).

Die gute Labor- und Geräteausstattung des UBA sowie die teilweise in Deutschland einzigartige Forschungsinfrastruktur hob auch der Wissenschaftsrat in seiner Stellungnahme zum UBA vom 10. Juli 2015 hervor¹³. Besonders zu erwähnen sind dabei das Luftmessnetz mit sieben Messstationen (u. a. auf der Zugspitze), die Fließ- und Stillgewässer-Simulationsanlage (FSA)¹⁴ und die Simulationsanlage für Ufer- und Langsandsandfiltration (SIMULAF)¹⁵ in Berlin-Marienfelde sowie das Prüflabor für Gesundheitsschädlinge auf dem Dahlemer Dreieck¹⁶. Einen Überblick über alle **experimentell arbeitenden Fachgebiete des UBA** und ihre jeweiligen Forschungsbereiche bietet Anhang A.2.

Die **Umweltbibliothek** des UBA als größte Einrichtung ihrer Art im deutschsprachigen Raum unterstützt unsere gesamten Forschungsaktivitäten. Dabei wird die umfassende Präsenzbibliothek seit einigen Jahren stetig durch ein vielfältiges Angebot an elektronisch zugänglichen Fachzeitschriften und wissenschaftlichen Suchportalen und Datenbanken ergänzt.

Mitte 2023 wird das **Open-Access Repository OpenUmwelt** eingeführt. Hier werden die UBA-eigenen Forschungsergebnisse im Volltext zitierfähig, dauerhaft und – soweit rechtlich möglich – nachnutzbar für die Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Das fördert den wissenschaftlichen Austausch und die Sichtbarkeit der Forschung des UBA in der Wissenschaftscommunity. In einem weiteren Schritt sollen ab Anfang 2024 auch die Forschungsdaten im Sinne der

¹² <https://www.umweltbundesamt.de/themen/digitalisierung/anwendungslabor-fuer-kuenstliche-intelligenz-big>

¹³ Wissenschaftsrat Drs. 4703-15: Stellungnahme zum Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau, Saarbrücken, 10.07.2015.

¹⁴ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/chemikalienforschung-im-uba/fliess-stillgewaesser-simulationsanlage-fsa>

¹⁵ https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/broschuere_marienfelde_web.pdf

¹⁶ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/chemikalienforschung-im-uba>

guten wissenschaftlichen Praxis nach den FAIR-Prinzipien in OpenUmwelt bereitgestellt und das Repositorium schrittweise in Abstimmung mit den Schwesterbehörden für den gesamten Geschäftsbereich des BMUV weiterentwickelt werden.

1.5 Qualitätssicherung der Forschung

Damit unsere Forschung eine verlässliche Grundlage für die umweltpolitische Beratung ist, muss sie sowohl Anforderungen an wissenschaftliche Qualität als auch an praktische Verwertung und Anschlussfähigkeit genügen. Dafür ist eine **systematische Qualitätssicherung der internen wie externen Forschung des UBA** unerlässlich. Verschiedene Instrumente und Maßnahmen sind hierzu institutionalisiert. Sie werden kontinuierlich überprüft und weiterentwickelt.

Das UBA wendet die Qualitätssicherungsmaßnahmen des Wissenschaftssystems an. Es orientiert sich in seiner wissenschaftlichen Tätigkeit an den **Leitlinien zur Sicherung einer guten wissenschaftlichen Praxis der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG)** und setzt diese über eine Hausanordnung als verbindlichen Standard für alle Mitarbeitenden um.¹⁷ Die Mechanismen der Qualitätssicherung greifen die in der UBA-Geschäftsordnung verankerte systematische Qualitätssicherung des Amtes, insbesondere die Qualitätssicherung durch die Linienverantwortung, auf. Sie gelten für experimentelle wie für nicht-experimentelle Forschungsaktivitäten und für intern sowie extern durchgeführte Forschung gleichermaßen. Um die Einhaltung der guten wissenschaftlichen Praxis zu unterstützen und wissenschaftlichem Fehlverhalten entgegenzuwirken, hat das Amt gemäß der DFG-Leitlinien drei unabhängige Ombudsleute benannt, an die sich Mitarbeitende in Konfliktfällen wenden können.

Für Vorhaben werden regelmäßig Begleitkreise mit externen Expertinnen*Experten gebildet. Im Sinne eines Peer-Review dienen diese Begleitkreise dazu, Erkenntnisse und methodische Herangehensweisen mit der wissenschaftlichen Community rückzukoppeln. Zudem diskutieren die Wissenschaftler*innen des UBA (Zwischen-)Ergebnisse je nach Verwertungsintention in Fachgesprächen mit externen Wissenschaftler*innen und mit Praxisakteuren oder in nationalen und internationalen Gremien. UBA-interne Kolloquien bieten darüber hinaus Raum, Schnittstellen zu anderen Forschungsvorhaben und Fragestellungen zu reflektieren. Die Forschungsergebnisse werden grundsätzlich öffentlich zugänglich gemacht. Dies erfolgt zum Beispiel auf den Internetseiten des UBA, über die Umweltforschungsdatenbank (UFORDAT), über die UBA-Fachbibliothek und über die Technische Informationsbibliothek (TIB) Hannover. Zudem werden Ergebnisse auf Fachveranstaltungen oder in Fachpublikationen vorgestellt. Das Open-Access Repositorium „OpenUmwelt“ (siehe 1.4) wird einen weiteren wesentlichen Beitrag zur Unterstützung der Forschungsqualität leisten. Es werden alle UBA-eigenen Veröffentlichungen nach Open Access Standards im Volltext verfügbar gemacht. Durch offene Schnittstellen können die Publikationen und Forschungsdaten effizient verbreitet werden. Das UBA setzt hier auf Open Source Software und gängige Metadatenschemata sowie die Nutzung verbreiteter Klassifikationen. Mit der geplanten Einbindung des Umweltthesaurus (Semantischer Netzwerkservice) wird in OpenUmwelt auch auf Linked Open Data gesetzt. Damit ist neben der Nutzung der Forschungsergebnisse durch Dritte auch die Möglichkeit einer öffentlichen Bewertung und wissenschaftlichen Diskussion gegeben. Zusätzlich hat das UBA zu ausgewählten Themenbereichen eine Reihe von Fachkommissionen aus externen Experten*Expertinnen eingesetzt¹⁸. Diese Kommissionen beraten das UBA und leisten einen wichtigen Beitrag zur Vernetzung mit der wissenschaftlichen Gemeinschaft, erlauben eine Einschätzung der durch das UBA geleisteten Arbeit und geben Empfehlungen zu künftigen Themen.

¹⁷ Die Anpassung der Hausanordnung (Stand 2014) an den aktuellen DFG-Kodex von 2019 lag der Geschäftsstelle der DFG zum Redaktionsschluss noch zur Abnahme vor.

¹⁸ <https://www.umweltbundesamt.de/das-uba/wer-wir-sind/kommissionen-fachbeiräte>

Auch als Grundlage für die **Politikberatung** müssen die Ergebnisse qualitativ hochwertig und faktenbasiert belastbar sein. Für die Verwertbarkeit ist auch entscheidend, dass Ergebnisse – gemessen am Verwertungskontext – zeitgerecht fertig gestellt werden und belastbares, anschlussfähiges Wissen liefern, mit dem konkrete Probleme gelöst werden können. Der Dialog vor allem mit Praxisakteuren stellt ein wichtiges Element dieser Integration dar. Entscheidend für die Glaubwürdigkeit der Forschung ist ihre Ergebnisoffenheit. Diese wird durch die Einhaltung der oben genannten Grundsätze zur guten wissenschaftlichen Praxis sichergestellt. Die Forschung des UBA ist damit zwar verwertungsorientiert, aber der Forschungsprozess ist unabhängig und nicht interessengetrieben.

Die **Laboratorien** des UBA unterliegen zusätzlichen besonderen Qualitätsanforderungen. Alle Labore sind zur Schaffung einheitlicher Kalibrierstandards, zur Validierung von Methoden, zur Ergebnissicherung (Qualitätsmanagement) und zur Einhaltung bestimmter Mindestanforderungen an Technik und Management verpflichtet. Die technischen Anforderungen umfassen u. a. Prüf- und Ringversuche. Zu den Managementanforderungen zählen Schulungspläne für Personal, die Einsetzung von Qualitätsmanagementbeauftragten, die regelmäßige Durchführung interner Audits, die Etablierung eines Prozesses kontinuierlicher Verbesserung und die Durchführung eines Management-Review-Prozesses mit Berichterstattung an die zuständige Leitung (Fachbereichsleitung). Einige Laboratorien sind als Prüflabor nach DIN EN ISO 17025 akkreditiert. Ein Labor arbeitet mit der GLP-Akkreditierung (Gute Laborpraxis).

Verantwortlich für die Durchführung von Forschungsvorhaben ist das wissenschaftliche Personal im UBA. Die Konzeption erfolgt mit Blick auf die spätere Verwertung und unter Berücksichtigung des aktuellen Stands von Wissenschaft und Forschung. Wenn Dritte mit der Durchführung von Forschungsvorhaben beauftragt werden, müssen sie die Kriterien **Fachkunde, Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit** erfüllen. Ausschlaggebend für die Vergabeentscheidung ist die Wirtschaftlichkeit im Verhältnis zur bewerteten Leistung, also das Preis-Leistungs-Verhältnis. Externe Vertragspartner sind verpflichtet, die Regeln guter wissenschaftlicher Praxis einzuhalten. UBA-Mitarbeitende begleiten die Durchführung der Vorhaben, steuern den Verlauf bei Bedarf nach und nehmen schließlich die Forschungsergebnisse ab.

Dies setzt entsprechende Qualifikationen und Kompetenzen bei den Mitarbeitenden voraus, die bei der Personalgewinnung berücksichtigt und im Rahmen der Personalentwicklung aktuell gehalten und weiter ausgebaut werden. Die **Personalentwicklung** wird durch Kooperationen mit Forschungseinrichtungen, Möglichkeiten zu Gastaufenthalten oder Betreuung von Dissertationen ergänzt.

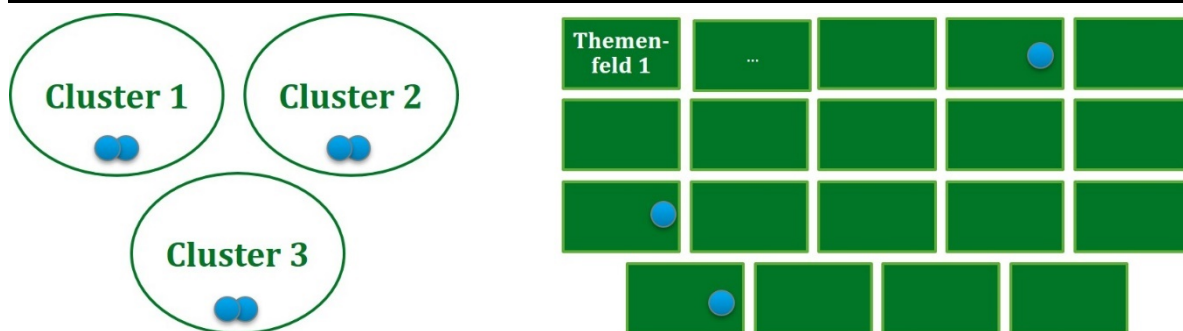
2 Aktueller und künftiger Forschungsbedarf des UBA

Mit seiner wissenschaftlichen Forschung schafft das UBA die Basis für die Erfüllung seiner Aufgaben und einer **Nachhaltigkeitstransformation zum Schutz von Mensch und Umwelt**. Die Forschungstätigkeiten des Amtes stehen in einem zum großen Teil stark von politischen Rahmenbedingungen geprägten Kontext. Wichtige Bezugspunkte im aktuellen Forschungsprogramm sind etwa die globalen wie nationalen Nachhaltigkeitsziele, das Klimaabkommen von Paris sowie der europäische „Green Deal“. Für den Zeitraum 2023–2027 werden prominente Felder unter anderem der natürliche Klimaschutz, die nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie, der Umgang mit der Biodiversitätskrise und der Klimaanpassung sowie nachhaltige Chemikalien sein. Auch soziale Aspekte werden stärker betrachtet. Gleichzeitig leistet die Forschung des UBA seit Jahrzehnten wertvolle Grundlagen für in der Öffentlichkeit im Regelfall weniger prominent wahrgenommene Themen wie die Hygiene von Trink- und Badebeckenwasser, die Wasser-, Boden- und Lufthygiene oder die Fortentwicklung des technischen Umweltschutzes.

Im Folgenden dargestellt sind **aktuelle Forschungsschwerpunkte des UBA** für den Zeitraum 2023–2027. In einem Strategieprozess hat das UBA 2022 für das breite bearbeitete Themenspektrum drei **Cluster** identifiziert, die fachbereichsübergreifend die Spannweite der Nachhaltigkeitsthemen integrieren. Diese Cluster integrieren Forschungs-, Umsetzungs- und Kommunikationsaufgaben des UBA und sind auf eine Perspektive von drei bis fünf Jahren angelegt. Innerhalb der Cluster verstärkt das UBA seine Forschungsaktivitäten, unter anderem durch das Identifizieren von Leuchttürmen der internen Forschung, die mit Blick auf die drängenden Transformationen interdisziplinär und systemisch Lösungen erarbeiten. Das Kapitel 2.1 stellt die drei Cluster des UBA mit ihrer Forschungsorientierung und **exemplarische Projekte der UBA-Forschung** kurz vor.

Im Kapitel 2.2 werden die **Forschungslinien in 19 Themenfeldern** vorgestellt. Die Themenfelder umfassen das gesamte vom UBA bearbeitete Spektrum von Umweltthemen, einschließlich gesundheitlicher Belange des Umweltschutzes.

Abbildung 3: Konzeptdarstellung Cluster, Themenfelder und Projekte im Forschungsprogramm



Quelle: Eigene Darstellung, Umweltbundesamt.

Die im UBA zu erforschenden Themen weisen viele Berührungspunkte untereinander auf. Eine besondere Qualität der UBA-Forschung ist genau diese thematische Breite, die **themenfeldübergreifende Lösungsansätze** erst ermöglicht (siehe Kapitel 1.2). An zentralen Stellen wird im Text auf Schnittstellen zwischen einzelnen Themen hingewiesen.

2.1 Aktuelle Cluster und exemplarische Projekte der UBA-Forschung

2.1.1 Cluster 1: Nachhaltigkeit für Gesundheit und Lebensqualität in einer resilienten und schadstofffreien Umwelt

Der ganzheitliche Ansatz zur Erreichung einer „Planetaren Gesundheit“ beinhaltet die Vereinigung von Nachhaltigkeit, Umwelt- und Klimaschutz, sowie Gesundheit und Lebensqualität. Grundlage dieser Zielsetzung ist eine intakte Umwelt in allen Umweltkompartimenten, das heißt hohe Luft, Wasser- und Bodenqualität, sowie die Schonung natürlicher Ressourcen. Unsere Forschungsaktivitäten in diesem Cluster (Humanbiomonitoring-Studien, Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit GerES, Daten der Umweltprobenbank) adressieren diese Aspekte und integrieren dabei stets soziale Auswirkungen, um Zielkonflikte zu vermeiden. In diesem Ansatz ist auch das One Health-Konzept enthalten, das auf die enge Verknüpfung von Umweltschutz und die Gesundheit von Menschen und Tieren fokussiert.

Ein wichtiges Ziel der Forschungsaktivitäten ist die Erreichung verbesserter Luftqualität durch gezielte Betrachtung der Maßstäbe für die Emission von Luftschadstoffen und Einhaltung von Luftgrenzwerten. Weiterhin werden Maßnahmen und Instrumente zur Lärminderung nach der EU-Umgebungslärmrichtlinie erarbeitet. Um den ambitionierten nationalen und europäischen strategischen Zielen (*Nationale Wasserstrategie, nationale Meeresstrategie, EU-Bodenstrategie für 2030 einschließlich der Gesetzesinitiative zu gesunden Böden, Biodiversitätsstrategie*) gerecht zu werden, verbessern wir durch unsere Forschungstätigkeiten aktiv Monitoring-Verfahren aller Umweltkompartimente. Das medienübergreifende Vorgehen des UBA adressiert somit die *Zero Pollution Ambition* unter dem Dach des *European Green Deal*. Konkret engagieren wir uns hier mit unseren Forschungsaktivitäten in der Forschungspartnerschaft PARC (*European Partnership for the Assessment of Risk from Chemicals*; siehe Kasten 3), um die Vision einer schadstofffreien Umwelt mithilfe von wissenschaftlichen Erkenntnissen zu unterstützen.

Kasten 3: Horizon Europe: European Partnership for the Assessment of Risk from Chemicals (PARC) (Laufzeit: 2022–2029)

PARC soll europäische und nationale Strategien voranbringen, mit denen Risiken chemischer Stoffe für die menschliche Gesundheit und Umwelt reduziert werden können. Mit PARC sollen Daten zur Schadstoffbelastung von Mensch und Umwelt generiert, die europäischen Forschungs- und Innovationskapazitäten gestärkt, sowie Wissen um chemische Substanzen verbessert werden, um die Gesundheit von Mensch und Umwelt nachhaltig zu schützen. PARC ist in Teilen die Nachfolgeaktivität der europäischen Humanbiomonitoring Initiative HBM4EU und schließt direkt an deren Ergebnisse an. PARC zeichnet sich durch eine intensive europäische und interdisziplinäre Zusammenarbeit im UBA und im gesamten Projekt (200 Partnerinstitutionen aus 28 Mitgliedsstaaten) sowie einer aktiven Beteiligung von nationalen und europäischen Behörden (ECHA, EFSA und EEA) aus. PARC hat das innovative Konzept von HBM4EU übernommen, mit passgenauer Forschung an der Schnittstelle von Wissenschaft und Politik die Regulierungsprozesse der europäischen Chemikalienpolitik zu unterstützen. Die integrative Betrachtung von unterschiedlichen Schutzgütern, eine Regulationsbereiche überschreitende Bewertung sowie die Beachtung von Mischungseffekten sollen die Risikobewertung auf ein neues Niveau bringen. PARC soll zu stoffbezogenen Regulierungen und zur EU-Chemikalienstrategie beitragen, um das „Zero Pollution“ Ziel des Europäischen Grünen Deal mit Monitoring in Mensch und Umwelt zu unterstützen. Das PARC-Programm verfolgt drei Hauptziele:

- ▶ Weiterentwicklung eines EU-weiten, interdisziplinären Netzwerks zur Förderung von Forschung und Innovation in der Chemikalienbewertung und -sicherheit, basierend auf den Arbeiten von HBM4EU.
- ▶ Initiierung gemeinsamer EU-Forschungsprojekte bei dringlichen Themen – so soll die Risikobewertung unterstützt und auf neue Herausforderungen reagiert werden.
- ▶ Stärkung bestehender Forschungskapazitäten sowie Entwicklung und Aufbau neuer EU-weiter, fächerübergreifender Plattformen, um der Risikobewertung von Chemikalien neue Impulse zu geben.

Der UBA-Forschungsleuchtturm „Ernährung und Landwirtschaft“ (siehe Kasten 4) steht exemplarisch für den erforderlichen ganzheitlichen Forschungsansatz zur gemeinsamen Betrachtung von Ernährungssicherheit und gesunder Ernährung und schädlicher Emission, sowie Erhaltung/Verbesserung von Böden, Wasser- und Luftqualität und Biodiversität. Zudem unterstützt unsere Forschung die Sustainable Product Initiative, die Green Claim Initiative und die Ausweitung der EU-Ökodesignrichtlinie mit dem Ziel, die stoffbezogene Nachhaltigkeit in Verbraucherprodukten zu stärken.

Kasten 4: UBA-Forschungsleuchtturm „Ernährung und Landwirtschaft mit Zukunft (ErLa)“ (Laufzeit: 2022–2026)

Das Agrar- und Ernährungssystem in Deutschland ist nicht ökologisch nachhaltig, sondern muss transformiert werden. Die aktuelle Dynamik und das Ambitionsniveau in Politik und Gesellschaft sind diesbezüglich vergleichsweise hoch, doch werden die unterschiedlichen Bereiche gegenwärtig getrennt voneinander und vorrangig mittels kurzfristiger Politiken bearbeitet. Ziel des Projektes ist die Entwicklung einer Gesamtstrategie zur Transformation des Agrar- und Ernährungssystems in Deutschland. Wegen der systemischen Vernetzung von konsum- und produktionsseitigen Aspekten werden wir langfristige und miteinander kohärente Politikempfehlungen erarbeiten. Folgende Forschungsfragen stehen dabei im Zentrum:

- ▶ Welche Mengen tierischer Lebensmittel (Fleisch, Milch, Eier) können in Deutschland umweltverträglich erzeugt werden?
- ▶ Wie sieht eine nachhaltige Ernährungsweise in Deutschland aus?
- ▶ Was sind geeignete Ansätze für eine ökologisch nachhaltige Flächennutzung durch die Landwirtschaft?
- ▶ Wie sieht ein effektiver Mix an Handlungsansätzen für die Transformation des Agrar- und Ernährungssystems in Deutschland aus?

Die ersten drei Forschungsfragen dienen der Generierung von Zielwissen und haben interdisziplinären Charakter. Dabei werden Produktions- und Konsumpotenziale aus den ökologischen Leitplanken (größtenteils bereits definiert durch Umweltziele) abgeleitet. Die Produktionspotenziale werden dabei aus regionalen, nationalen und dem nationalen Beitrag zu globalen Leitplanken abgeleitet. Die Konsumziele werden aus den globalen Leitplanken abgeleitet und auch soziale Aspekte miteinbezogen. Die vierte übergreifende Forschungsfrage dient der Erarbeitung von Transformationswissen und hat transdisziplinären Charakter.

2.1.2 Cluster 2: Zirkuläres und digitales Wirtschaften, umweltfreundliche Technologien

Die umweltschonende Nutzung von Ressourcen, die Senkung der absoluten Ressourceninanspruchnahme und die Entwicklung eines zirkulären Wirtschaftens sind Voraussetzungen für eine nachhaltige Entwicklung. Der dafür notwendige Paradigmenwechsel zum Denken in Stoffkreisläufen unter Einbeziehung der gesamten, oft globalen Wertschöpfungskette wird durch unsere Forschung gefördert.

Einen wichtigen Beitrag zur Senkung der Ressourcenverbräuche sowie zu Suffizienz, Kreislaufschließung und Ressourcenschonung leistet unsere Forschung über ein Ziele-Indikatoren-Dashboard für eine zirkuläre und ressourcenschonende Wirtschaftsweise und einen ambitionierten Policy Mix. Explizit sollen mit dem Kernthema „Zirkuläres Wirtschaften und Nachhaltigkeitsanforderungen an Chemikalien und deren Einsatz“ Lösungen zum Ausschleusen besorgniserregender Stoffe aus Stoffkreisläufen aufgezeigt und Früherkennungssysteme für Problemstoffe in diesen entwickelt werden.

Weiterhin helfen unsere Forschungstätigkeiten, die technologische Transformation der Wirtschaft in Richtung Nachhaltigkeit zu gestalten, insbesondere bezüglich Ressourcenschonung, Übergang zu einer Circular Economy und Dekarbonisierung der Industriebranchen. Dabei werden technische Lösungen für ressourcensparende, hocheffiziente und innovative industrielle (Groß-)Anlagen gezielt unterstützt. Durch die Forschung des UBA wird somit die fachliche Grundlage für einen umweltpolitischen Rahmen und konkrete umweltpolitische Vorgaben (EU-Sevilla-Prozess, EU Sustainable Product Initiative, Grenzwerte in BImSchV, Umweltqualitätsziele für Abwasserbereich) bereitgestellt, innerhalb derer Unternehmen ihre eingesetzte Technik und ihre Produkte fortentwickeln müssen.

Beispielhaft steht hierfür das Leuchtturmforschungsprojekt CircEEE (Kasten 5), welches ein Gesamtkonzept für eine lebenszyklusübergreifende zirkuläre Ökonomie am Beispiel des umwelt- und mengenrelevanten Produktstroms der Elektro- und Elektronikgeräte erforscht.

Kasten 5: UBA-Leuchtturmprojekt „Circular Economy für Elektro- und Elektronikgeräte (CircEEE)“ (Laufzeit: 2023–2026)

Herstellung und Gebrauch von Elektrogeräten (EEE) verursachen eine hohe Rohstoffnachfrage und einen hohen Energieverbrauch mit negativen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. Die Geräte- menge nimmt stetig zu, gleichzeitig stellen Langlebigkeit und Recycling eine große Herausforderung für diese Geräte dar. Das Projekt soll die „Leitsätze einer Kreislaufwirtschaft“ des UBA auf den Produktstrom anwenden und konkrete Maßnahmen zur Umsetzung einer zirkulären Ökonomie ableiten. Dafür werden sowohl die einzelnen Abschnitte des Lebenszyklus der Geräte als auch übergreifende Aspekte wie Materialflüsse und Vorkommen von gefährlichen Stoffen untersucht. Das Vorhaben ermittelt auf Basis der Verknüpfung von Produkt- und Materialstrombetrachtungen und einer Defizitanalyse der bestehenden Instrumente über den gesamten Lebenszyklus einen geeigneten Lösungsraum. Mittels Wechselwirkungsanalyse und systemdynamischer Modellierungen wird die Lenkungswirkung der Maßnahmen und Instrumente in ihrer Kombination bewertet und ein konsistenter Policy Mix für eine zirkuläre Ökonomie für Elektrogeräte abgeleitet. Die Forschungsfragen werden interdisziplinär unter Beteiligung der UBA-Fachbereiche I, III und IV bearbeitet. Durch die enge Zusammenarbeit der Fachbereiche werden Maßnahmen auf allen Wirkungsebenen untersucht und gemeinsam Maßnahmen und Instrumente abgeleitet. Das Projekt trägt so zu einer engen Vernetzung im UBA und folglich einer ganzheitlichen Betrachtung eines Schwerpunktthemas bei, was wiederum zu einer umfassenderen Politikberatung führt. Zudem soll das Vorhaben zur Vernetzung mit weiteren Organisationen, die das Thema bearbeiten, genutzt werden.

Unter Einbeziehung aller zur Verfügung stehenden Mittel, wie dem entstehenden KI-Lab (siehe Kasten 6), werden wir Chancen und Risiken der Digitalisierung für die Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele adressieren. Vorschläge für nachhaltige Digitalisierung müssen die Wirkungen der zunehmenden Digitalisierung auf die Stoffströme, den Ressourcenverbrauch sowie den Einsatz von umweltfreundlichen Technologien umfassen.

Kasten 6: Anwendungslabor für Künstliche Intelligenz und Big Data (KI-Lab) (Laufzeit 2022–2025)

Das Anwendungslabor für Künstliche Intelligenz und Big Data (KI-Lab), wurde als Teil des BMUV 5-Punkte-Programms „Künstliche Intelligenz für Umwelt und Klima“ am Umweltbundesamt eingerichtet. Das KI-Lab unterstützt die Behörden (UBA, BfS, BfN, BASE) des Ressorts des BMUV bei der Entwicklung von KI- und Big Data-gestützten Verfahren im Rahmen der Umweltpolitischen Digitalagenda der Bundesregierung. Es wird dabei als Innovationstreiber im Umweltressort verstanden und soll einen zentralen Kompetenzknoten zur Bildung von Netzwerken zum Thema KI und deren behördlicher Nutzung im Umweltressort und darüber hinaus bilden. Es soll unter Nutzung explorativer Methoden die Aufgabenerfüllung der Geschäftsbereichsbehörden in der Umweltüberwachung, in der Umweltberichterstattung sowie in europäischen und nationalen Rechtssetzungs- und Normierungsverfahren ergänzen und darüber hinaus die technologische und organisatorische Kompetenzentwicklung im Ressort stärken.

Mithilfe der neuen Stellenprofile, die durch das KI-Labor im Ressort verankert werden, können Analysen neuer und großer Datenmengen und -klassen durchgeführt werden und die bereits vorhandene Fachexpertise aus den Fachbereichen des UBA und der Schwesterbehörden mit innovativer datenwissenschaftlicher Expertise zusammengebracht werden. So wird ein neuer Blick auf Umwelt-, Natur- und Klimaschutzanalysen, eine neuartige Betrachtung unserer Umwelt auf Grundlage der vorhandenen Daten zur Umwelt ermöglicht.

Ziel ist es, das KI-Lab zum führenden Kompetenz- und Anwendungszentrum für den Einsatz von KI in der öffentlichen (Umwelt-) Verwaltung auszubauen, um Forschung und Beratung zu Biodiversität, Umwelt-, Natur- und Klimaschutz mit allen Mitteln und Technologien zu unterstützen, die uns gegenwärtig zur Verfügung stehen. Dabei sollen diese Technologien auch kritisch hinsichtlich ihrer Risiken, etwa ihres Ressourcen- und Energiebedarfs, potentieller rebound-Effekte ihrer Nutzung oder möglicher Technikfolgen, betrachtet werden.

2.1.3 Cluster 3: Klimaschutz und Klimawandelanpassung

Klimaschutz und Klimawandelanpassung sind zentrale Themen unserer Forschung (siehe Kapitel 2.2). Die Besonderheit des UBA ist, dass die Themen Klimaschutz und Klimawandelanpassung in einem Haus gemeinsam bearbeitet und damit auch die Synergien zwischen diesen Feldern in der Forschung adressiert werden.

Natürlicher Klimaschutz ist hierfür ein gutes Beispiel. Zur Erreichung der Treibhausgasneutralität weltweit müssen langfristig unvermeidbare, residuale Treibhausgasemissionen durch negative Emissionen ausgeglichen werden. Natürliche Senken und damit natürlicher Klimaschutz sind hierbei notwendige Voraussetzungen. Gleichzeitig ist natürlicher Klimaschutz ein unverzichtbarer Baustein für die Klimawandelanpassung. In den nächsten Jahren werden daher verstärkt die Potenziale naturbasierter Lösungen für Klimaschutz und Klimaanpassung erforscht. Die Forschungen sind auch ein Beitrag zum Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz.

Auch die UBA-Leuchtturmprojekte „Neues Europäisches Bauhaus weiterdenken: Nachhaltige Mobilität und resiliente Räume für mehr Lebensqualität (AdNEB)“ (siehe Kasten 7) und „Global GreenSupreme“ (siehe Kasten 8) sind Beispiele dieser integrierten Herangehensweise an die Themen Klimaschutz und Klimawandelanpassung.

Kasten 7: UBA-Leuchtturmprojekt „Neues Europäisches Bauhaus weiterdenken: Nachhaltige Mobilität und resiliente Räume für mehr Lebensqualität (AdNEB)“ (Laufzeit: 2022–2025)

AdNEB knüpft an die Initiative der Europäischen Kommission zum „Neuen Europäischen Bauhaus“ an. Ziel ist es, Empfehlungen für die sozial-ökologische Transformation urbaner Räume zu entwickeln und zu zeigen, wie sich Umwelt- und Klimaschutz und Klimaanpassung mit der Verbesserung der Lebensqualität der Menschen in Einklang bringen lassen. AdNEB ist ein Eigenforschungsprojekt des UBA, das aufbauend auf der Forschungsagenda Urbaner Umweltschutz daran arbeitet, Wissen im UBA zu generieren, neue Erkenntnisse zu entwickeln und auf nationaler und europäischer Ebene in wissenschaftliche Diskurse einzuspeisen. Die Zusammenarbeit erfolgt interdisziplinär und fachbereichsübergreifend. Dadurch können unterschiedliche Kompetenzen im Themenfeld „Urbaner Umweltschutz“ zusammengebracht werden und damit die ökologisch nachhaltige, sozial inklusive und attraktive Entwicklung urbaner Räume fortentwickelt werden. Gleichzeitig will AdNEB einen Beitrag zur Diskussion über das „Neue Europäische Bauhaus“ auf europäischer Ebene leisten und damit den Fokus des NEB auf das Gebäude um die Dimension des urbanen Raums erweitern. AdNEB wird:

- ▶ Bauen und Gebäude als Schadstoffquelle auch im Hinblick auf das Null-Schadstoff-Ziel des Europäischen Green Deals untersuchen,
- ▶ Das Konzept der dreifachen Innenentwicklung fortentwickeln und die Auswirkungen der Corona-Pandemie auf Innenstädte und Freiräume analysieren,
- ▶ Daten zur Gesundheit und zum Wohnumfeld in Deutschland mit einem besonderen Fokus auf soziale Ungleichheiten auswerten,
- ▶ Multifunktional gebaute und landschaftliche Strukturen und ihr Potenzial zur Klimaanpassung analysieren,
- ▶ Chancen der nachhaltigen Mobilität in Reallaboren untersuchen und
- ▶ Lösungswege für wesentliche Hindernisse bei der großflächigen Umsetzung des nachhaltigen Bauens erarbeiten.

Darüber hinaus sind neue Forschungen an den Schnittstellen zwischen Klimaschutz und Anpassung an die Folgen des Klimawandels mit dem Schutz der Gesundheit, Ressourcenschonung und Zirkularität, Flächenverbrauch, Biodiversität oder Zero Pollution Ambition verstärkt geplant. Dabei bauen wir auf Forschungsprojekte wie „Resource-Efficient Pathways towards Greenhouse-Gas-Neutrality (RESCUE)“ auf, die für Deutschland bereits frühzeitig den Nexus von Klima- und Ressourcenschutz erforscht haben. Dazu wird der RESCUE-Forschungsansatz zukünftig weiterentwickelt.

Kasten 8: UBA-Leuchtturmprojekt „Global GreenSupreme – Modellierung eines nachhaltigen globalen Klimaschuttszenarios“ (Laufzeit: 2023–2025)

Ziel des Projekts ist die Entwicklung globaler Klimaschutz-Szenarien, die unter den Leitplanken des UBA-Projektes RESCUE und dem Szenario GreenSupreme einen globalen Transformationspfad aufzeigen, der sowohl den Zielen des Übereinkommens von Paris als auch einer globalen nachhaltigen Entwicklung gerecht wird. Das Projekt soll auf Basis eines adaptierten

Open Source Integrated Assessment Models in Kooperation mit weiteren Forschungseinrichtungen erarbeitet werden. „Global GreenSupreme“ ist ein Eigenforschungsprojekt des UBA, das aufbauend auf den UBA-eigenen Studien für ein treibhausgasneutrales und ressourcenschonendes Deutschland (RESCUE) erstmals globale Klimaschuttszenarien in fachbereichsübergreifender Zusammenarbeit entwickeln wird. Dadurch sollen UBA-eigene Szenarien- und Modellkompetenzen sowie die Zusammenarbeit der Fachbereiche gestärkt werden. Neben der Weiterentwicklung des UBA wird auch angestrebt, die Außenwirksamkeit und Präsenz des UBA in der Forschungslandschaft durch Generierung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse zu erhöhen. Die zu erstellenden Publikationen sollen bestenfalls neue, besonders nachhaltige Transformationspfade aufzeigen und in globale Umweltberichte, zum Beispiel Berichte des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), eingehen. Das Eigenforschungsprojekt Global GreenSupreme wird:

- ▶ erforschen, welches die kritischen institutionellen und gesellschaftlichen Weichenstellungen für ein globales GreenSupreme Szenario sind,
- ▶ analysieren, wie groß die Sensitivität der Szenarien gegenüber verschiedenen Lernkurven und Kostenentwicklungen unterschiedlicher Minderungsoptionen, zum Beispiel bei Erneuerbaren Energien und Carbon Capture & Storage ist und
- ▶ herausarbeiten, wie groß der Beitrag negativer Emissionen sein muss und ob dieser Beitrag unter den Leitgedanken von GreenSupreme ausschließlich durch natürliche Senken geleistet werden kann.

2.2 Forschungsschwerpunkte in den Themenfeldern

Im Folgenden stellen wir die Forschungsschwerpunkte in 19 Themenfeldern vor.

Nach einem Überblick zu den leitenden Forschungsfragen führen die Kapitel jeweils zur Relevanz des Themas ein. Anschließend werden aktuelle und zukünftige Forschungsfragen näher vorgestellt. Hinweise in eckigen Klammern machen transparent, welche Themen das UBA durch eigene FuE Aktivitäten selbst bearbeitet [**interne Forschung – IF**] und wo externe Forscher*innen das UBA durch die Durchführung von Vorhaben unterstützen [**externe/extramurale Forschung – EF**]. Zudem ist angegeben, zu welchen Themen das UBA Vorlauftforschung betreibt [**Vorlauftforschung – VF**]. Die Einwerbung und Beteiligung an Drittmittelprojekten werden ad hoc sondiert. Für jedes Themenfeld geben wir sodann einen Überblick zu wesentlichen Akteuren des jeweiligen Forschungs-/ Netzwerkes und für den Wissenstransfer, die die enge Zusammenarbeit mit den Auftragnehmern der extramuralen Vorhaben ergänzen. Ein Überblick zu den angestrebten Produkten schließt die Darstellung des jeweiligen Themenfelds ab.

Abbildung 4: Themenfelder des UBA Forschungsprogramms 2023–2027



Quelle: Eigene Darstellung, Umweltbundesamt.

2.2.1 Luftreinhaltung

Trends der Luftbelastung verstehen, Emissionsinventare verbessern, Beobachtungsnetze fokussieren

Wie lässt sich die Entlastung der Umwelt durch emissionsmindernde Maßnahmen konsistent quantifizieren?

Welche Wissenslücken bestehen hinsichtlich des Verständnisses der Bildung sekundärer Luftschadstoffe und medienübergreifender Stoffflüsse?

Wie müssen Beobachtungsnetze und Wirkungsansätze verbessert werden, um die Gefährdung terrestrischer Ökosysteme beurteilen zu können?

Das Verständnis der Zusammenhänge zwischen Emissionen/Verursachern, daraus resultierenden Schadstoffkonzentrationen in der Luft, damit einhergehender Krankheitslasten sowie der Stoffeinträge in Ökosysteme ist an vielen Stellen immer noch unzureichend: So erfassen beispielsweise Emissionsinventare nicht zwangsläufig alle Freisetzungen eines Stoffes und erfassen die Einführung neuer Minderungstechnologien nicht hinreichend genau und zeitnah, um sie mit der beobachteten Entwicklung der Luftbelastung zu verknüpfen. Auch die zeitliche und räumliche Verteilung der Emissionen liegt häufig nicht mit der erforderlichen Genauigkeit vor. Unter anderem wegen dieser Defizite können mit Ausbreitungsmodellen berechnete Konzentrationen nicht systematisch mit vorhandenen Messdaten abgeglichen werden; zudem sind Datenerhebungsprogramme vielfach nicht geeignet für diese Validierung. Methoden zur Erhebung der Kosten von Maßnahmen lassen sich häufig nicht dem Nutzen gegenüberstellen, da sie beispielsweise nicht mit der derzeitigen Methodik zur Monetarisierung von Krankheitslasten kompatibel sind. Die Forschung in diesem Themenfeld dient unter anderem der Umsetzung der 2022 von der EU Kommission vorgeschlagenen Novellierung der Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG, die voraussichtlich 2024 von Europäischem Rat und Parlament verabschiedet werden wird.

Ein weiterer Fokus des Themenfelds ist die zeitlich verzögerte Reaktion von Ökosystemen auf luftbürtige Schadstoffeinträge. Diese stellt eine besondere Herausforderung dar, wenn der Zusammenhang zwischen Emissionsminderung und Wirkung anhand von Beobachtungen belegt werden soll. Hier setzt auch die EU-Richtlinie zur Emissionsreduktion 2016/2284 an, die eine Evaluierung der Wirkung der Emissionsminderungsmaßnahmen auf die Ökosysteme fordert.

2.2.1.1 Aktuelle/künftige Fragestellungen

- Wie lässt sich die Entlastung der Umwelt durch emissionsmindernde Maßnahmen konsistent quantifizieren?

Durch die Entwicklung einer Methodik zur räumlichen Verteilung von Emissionen (GRETA) haben wir die Möglichkeit, anhand individueller Verteilparameter die Emissionsstruktur von Luftschadstoffen und Klimagasen zu identifizieren [IF]. Diese Daten sollen in einem Ausbreitungsmodell verwendet werden, um die Luftbelastung der letzten Dekade und die Entwicklung bis 2030 zu betrachten [EF]. Parallel beurteilen wir die räumliche Repräsentanz und weitere Charakteristika der Luftmessstationen, um diese beispielsweise hinsichtlich verkehrlicher oder industrieller Einflüsse einordnen zu können. Hierzu trägt auch die Weiterentwicklung TERESE bei, mittels derer zudem eine zeitliche Verteilung der Emissionen berechnet wird. Während der Vergleich der Daten einzelner Stationen mit den berechneten Werten hohe Unsicherheiten mit sich bringt, erwarten wir von einem Vergleich von Stationen mit ähnlicher Charakteristik (beispielsweise verkehrsnah) belastbare Aussagen über die Zusammenhänge mit der vorgenommenen Emissionsminderung [IF]. Mangelnde Plausibilität der Emissionsdaten, aber auch Schwächen der Ausbreitungsrechnung oder ungeeignete Messstationen sollen so identifiziert und soweit möglich behoben werden. [IF]

Zudem soll eine Methode entwickelt werden, mit der sich der Beitrag einzelner Quellgruppen an der Belastung auch sekundärer Luftschadstoffe quantifizieren lässt [EF]. Wir erwarten hier einen Fortschritt in der Abschätzung der Wirkung zahlreicher Varianten der Emissionsentwicklung sowie der Kosten-/Nutzen-Schätzung. Die Erkenntnisse werden wir in das FAIRMODE-Netzwerk einbringen, das eine Harmonisierung der Modellierung und deren Validierung innerhalb der EU anstrebt, die für die Implementierung der novellierten Luftqualitäts-Richtlinie von hoher Relevanz sein wird [IF].

Um den Einfluss der wesentlichen Feinstaubquelle „Holzverbrennung“ besser quantifizieren zu können, erweitern wir unser Messprogramm unter anderem um Levoglucosan (EF).

- Welche Wissenslücken bestehen hinsichtlich des Verständnisses der Bildung sekundärer Luftschadstoffe und medienübergreifender Stoffflüsse?

Infolge erfolgreicher Emissionsminderungen treten lokale und kurzzeitige Spitzenkonzentrationen von Feinstaub und Ozon kaum noch auf. Im Unterschied dazu gefährden die großräumigen Hintergrundkonzentrationen, die die WHO-Empfehlungen überschreiten, unverändert die menschliche Gesundheit und die Ökosysteme.

Nachdem wir in einer Themenkonferenz „Ozon“ [VF] den aktuellen Wissensstand und Forschungsbedarf ermittelt haben, wobei wir unter anderem das Wissen aus Beobachtungsprogrammen wie TOAR (Tropospheric Ozone Assessment Report), aus Modellstudien beispielsweise des IASS (Institute for Advanced Sustainability Studies) und Wirkungsbetrachtungen etwa durch das International Cooperative Programme on Vegetation der Genfer Luftreinhaltekonvention zusammengeführt haben, werden wir nun schlussfolgern, wie der zukünftige Forschungsfokus zu setzen ist, um die Minderung von Ozonvorläufern bestmöglich zu fokussieren. In einem ersten Schritt haben wir ein Positionspapier zu Methan verfasst [IF].

Die wissenschaftliche Beschreibung komplexer Zusammenhänge zwischen den Konzentrationen sekundärer Luftschadstoffe – beispielsweise Ozon und Feinstaub – und den anthropogenen Prozessen, die diese Veränderungen hervorrufen, erfordert das Verständnis der dahinterliegenden Prozesse. Hierfür ist eine Strategie nötig, die interdisziplinär aufgestellt ist, international das wissenschaftliche Know-how bündelt und eng vernetzt die vorhandenen globalen Strukturen nutzt. Vor diesem Hintergrund hat sich auf europäischer Ebene der Forschungsverbund ACTRIS (European Research Infrastructure for the observation of Aerosol, Clouds, and Trace gases) aufgestellt. Wir unterstützen dessen nationale Infrastruktur-Komponenten unter anderem durch eine Verdichtung der Beobachtungen von Ozonvorläufern und Aerosolen sowie der Verbesserung der Qualitätssicherung der Messungen auch im Luftmessnetz des UBA [VF].

Langlebige Stoffe wie Schwermetalle und persistente organische Stoffe (POP) werden über die Luft in Ökosysteme sowie in Böden und Gewässer eingetragen und von dort auch wieder freigesetzt. Sie können so terrestrische und aquatische Ökosysteme schädigen und in die Nahrungskette gelangen, weswegen eine Quantifizierung der luftbürtigen Einträge mit dem Ziel der Minimierung erfolgen muss. Hierzu müssen die mittels Chemie-Transport-Modellen berechneten Eintragsraten durch Messdaten validiert werden, um Rückschlüsse auf die Vollständigkeit der Emissionsdaten und die Qualität der Beschreibung der Transportprozesse ziehen zu können [EF].

- Wie müssen Beobachtungsnetze und Wirkungsansätze verbessert werden, um die Gefährdung terrestrischer Ökosysteme beurteilen zu können?

Die Resilienz terrestrischer Ökosysteme ist vor allem durch Eutrophierung und Versauerung gefährdet. Critical Levels und Loads (CL) dienen hier als Bewertungsgrundlage. Die methodische

Basis ihrer Herleitung muss dem aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand angepasst werden [VF]. Auf der Basis dieser Informationen erfolgt dann eine Berechnung der CL Überschreitung v. a. mit Blick auf nachteilige Wirkungen durch Versauerung, Eutrophierung und Einträgen von Quecksilber anhand der – wie unter der ersten Leitfrage dargestellt – verbesserten Emissionsinventare [VF]. Die Ergebnisse werden zusammen mit Beobachtungsdaten der vergangenen 10-20 Jahre genutzt, um festzustellen, ob und in welchen Zeiträumen reduzierte Emissionen zu einer Verbesserung des Zustandes von Ökosystemen führen. Dabei ist auch zu prüfen, ob bestehende Monitoringsysteme diesen Anforderungen genügen [IF, EF].

Neben der stofflichen Belastung gefährden weitere Stressoren die Ökosystemintegrität, beispielsweise der Klimawandel (siehe auch Kapitel 2.2.9). Wir entwickeln einen Ansatz, mit dessen Hilfe die Summe der Belastungen standortspezifisch beurteilt werden kann [VF]. Zudem sollen Methoden der Fernerkundung in die Beurteilung des Zustands von Ökosystemen – insbesondere Wäldern – einbezogen werden [EF].

2.2.1.2 Forschungs-/ Netzwerke und Wissenstransfer

Wir streben eine Vernetzung mit externen Akteuren an. So wird

- die Beobachtung gemäß des Global Atmosphere Watch Programms der Weltmeteorologieorganisation in das ACTRIS Projekt (European Research Infrastructure for the observation of Aerosol, Clouds, and Trace gases) einfließen;
- die Gridding-Methodik GRETA in einer um Treibhausgase sowie um eine zeitliche Auflösung ergänzten Version (TERESE) im Rahmen des Integrated Carbon Observation Systems Verwendung finden;
- die Methode zur Abschätzung der quellgruppenbezogenen Beiträge zur Luftbelastung Forschergruppen beispielsweise im FAIRMODE-Netzwerk zur Verfügung gestellt werden;
- die Verbesserung der Critical Level und Loads sowie die Methode zur Ableitung von Belastungsgrenzen von Ökosystemen in die Arbeiten der Genfer Luftreinhaltekonvention und der Europäischen Kommission einfließen.

2.2.1.3 Angestrebte Produkte

Mittels eines in sich konsistenten Beobachtungs- und Bewertungssystems

- lässt sich wissenschaftlich begründet beurteilen, wie sich zukünftige Luftreinhaltemaßnahmen auf Luftqualität und Ökosysteme auswirken. Damit kann der verbleibende Handlungsbedarf zur Erreichung von Umweltzielen schlüssig belegt werden (siehe auch Kapitel 2.2.14);
- lassen sich die Chemietransport-Modelle verbessern, mit denen die Konzentration der Luftschadstoffe berechnet wird;
- kann die erwartete Verbesserung des Zustands der Ökosysteme quantifiziert und den Beobachtungen gegenübergestellt werden;
- können in den Emissionsinventaren enthaltene Daten auf Plausibilität hinsichtlich Höhe und Trend beurteilt werden;
- lässt sich die Relevanz der deutschen Emissionen für die Entwicklung der Luftqualität im Vergleich zu denen der Nachbarstaaten beziehungsweise zu den hemisphärischen Freisetzungen beurteilen.

2.2.2 Schutz von Grundwasser, Gewässern, Boden, Meeren und Polargebieten

Belastungen erkennen, messen, bewerten und minimieren. Landschaftswasserhaushalt stabilisieren



Noch immer sind Gewässer und Böden durch langlebige oder toxische Chemikalien, Kunststoffe und hohe Nährstoffkonzentrationen belastet und noch immer werden Schadstoffe in Gewässer und Böden emittiert und können zu einem schlechten Zustand von Gewässern und Böden führen. Langfristige Wirkungen vor allem neuer Schadstoffe auf die Ökosysteme sind meist unbekannt. Die Herstellung eines guten morphologischen, chemischen und ökologischen Zustands der Böden und Gewässer ist nur teilweise technisch realisierbar oder gar unverhältnismäßig. Hochwasser, Starkregen und Niedrigwassersituationen stellen Gefahren für Mensch und Umwelt dar. Hinzu kommen Stressoren wie Unterwasserschall und Müll in den Meeren. Die Lebensräume und Biozönosen sind durch anthropogene Eingriffe, klimatische Änderungen, hohen Flächenverbrauch und nicht nachhaltige Nutzungen gestört. Besonders sichtbar wird dies in empfindlichen Ökosystemen wie den Polargebieten und bei stark ausgeprägten Nutzungskonflikten: in der Landwirtschaft, bei als Wasserstraßen dienenden Gewässern und in urbanen Regionen.

2.2.2.1 Aktuelle/künftige Fragestellungen

► Wie können Nutzungen von Gewässern, Meeren und Böden nachhaltig gestaltet werden?

Um die Belastungstrends zu verstehen, die verschiedenen Nutzungen von Gewässern und Böden mit einem ökologisch akzeptablen Schutzniveau in Einklang zu bringen und Wasser und Böden als Ressourcen zu schonen, sind wirksame Überwachungs-, Vorsorge- und Minderungsstrategien weiterzuentwickeln und ökologische Leitplanken für Nutzungen bereitzustellen.

Relevante Daten zum Zustand der Gewässer und Böden sowie zu deren Nutzung sind zukünftig weitgehend automatisiert zu erfassen, zu berichten (zum Beispiel an die EU) und öffentlich bereitzustellen, um daraus Trends zu ermitteln und Vorhersagen zu ermöglichen. Mit ihnen wollen wir Trends erfassen sowie Strategien und Regularien fortschreiben, um die qualitativen und quantitativen Belastungen von Gewässern, Meeren und Böden zu minimieren, diese als Ressourcen zu schonen, Hoch- und Niedrigwasserrisiken zu minimieren, und Nutzungskonflikte zu lösen.

Um zum Erreichen der globalen Nachhaltigkeitsziele beizutragen, entwickeln wir Indikatoren und Maßnahmenvorschläge (weiter) und bringen sie in die praktische Umsetzung.

- Wie müssen das Umweltmonitoring und die Zustandserhebung inklusive Datenerhebung, -management und -verfügbarkeit weiterentwickelt werden?

Um Belastungen frühzeitig zu erkennen und die Umsetzung der Regularien zum Gewässer- und Bodenschutz und zum Schutz der Polargebiete zu verbessern gilt es, neuartige Nachweisverfahren wie die Non-target Analytik und Biotests in die Zustandsbewertung zu integrieren und die übergreifende Betrachtung über unterschiedliche Umweltmedien zu stärken. Dazu wollen wir das Bodenmonitoring mit Daten und Informationen aus den Bundesländern und auf Bundesebene aus anderen Ressorts erweitern. Das nationale Bodenmonitoringzentrum wird hier die koordinierende Rolle einnehmen.

Neben der Förderung der Verfahrensentwicklung sind Innovationen aus der Forschungslandschaft auf ihre Anwendbarkeit in den gesetzlichen Regelungen zu überprüfen und bei Bedarf für den Routineeinsatz, zum Beispiel bei der Gewässerbewertung anzupassen. Um die Vergleichbarkeit der Bewertung sicherzustellen und den Erfolg von Maßnahmen zu überprüfen, werden wir die Bewertungsverfahren weiterentwickeln und zu einer stärkeren internationalen Harmonisierung beitragen.

Ein anhaltend hoher Forschungsbedarf kommt dabei der Fortschreibung der Modellierung Bilanzierung und Vorhersage von Schad- und Nährstoffverhalten in Böden, Grund- und Oberflächenwasser, Meeresgewässern sowie Polarregionen sowie der Bewertung der Auswirkungen zu. Unser Ziel ist dabei, Maßnahmen zur weiteren Reduzierung der Stoffeinträge, besonders auch der Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft zu entwickeln, um einen guten Zustand der Gewässer, Meere, Polargebiete und Böden zu erreichen. Außerdem sind valide Daten zur Wassermengensituation (Zustand und Nutzung) vorzuhalten, um eine umweltverträgliche Gewässerbewirtschaftung und eine Stabilisierung des Landschaftswasserhaushaltes zu ermöglichen.

- Wie können Nutzungskonflikte und Risiken neuer Technologien für Gewässer-, Meeres-, Polar- und Bodenökosysteme bewertet und gelöst werden?

Der Schiffsverkehr und der Tiefseebergbau können die Meeres- und Polarökosysteme belasten. Der Ausbau erneuerbarer Energien an Land und im Meer kann sich negativ auf die Ökosysteme auswirken und den Flächenverbrauch erhöhen. Wir entwickeln Verfahren, um die Belastungen zu identifizieren, zu bewerten und Nutzungskonflikte zu minimieren. Damit Gewässer sich als Lebensräume entwickeln können, sind in den Fließgewässern die Nutzungen für die Schifffahrt und Energiegewinnung mit der Hochwasservorsorge und den Anforderungen an einen guten ökologischen Zustand zusammenzubringen. Dazu wollen wir auch die materiellen Maßstäbe für den Schutz der Umweltmedien und für bestimmte Belastungen, Sanierungsverfahren und Managementansätze weiterentwickeln. Für Nutzungen des Grundwassers (Entnahmen, Geothermie), Carbon Dioxide Capture and Storage (CCS) und Fracking sind Leitplanken aufzustellen, die sowohl der Bedeutung des Grundwassers als wichtigste Trinkwasserressource als auch als Lebensraum gerecht werden.

- Wie können Wasserdargebot und Nahrungsmittelsicherheit angesichts klimatischer Änderungen gewährleistet werden?

Gerade in den letzten Jahren sind die Auswirkungen des Klimawandels auf die Grundwasserressourcen, den Zustand der Flüsse (etwa der Oder), der Seen, der Meere und der Böden oder Einbrüche in der landwirtschaftlichen Produktion und damit einer Gefahr für die Nahrungsmittelsicherheit sichtbar geworden. Es ist notwendig, die möglichen Folgen der klimatischen Verände-

rungen besser zu beschreiben und vorauszusagen. Es müssen zudem Vorschläge erarbeitet werden, wie Gewässer und Böden resilient gegenüber Dürre und Starkregenereignissen werden und zum natürlichen Klimaschutz beitragen können.

2.2.2.2 Forschungs-/ Netzwerke und Wissenstransfer

Zur Unterstützung der Forschung sind Dialogprozesse mit Akteuren zu ausgewählten Themen durchzuführen und der Beitrag zum Erreichen der Schutzziele zu evaluieren. Dazu gehören Dialoge zu den Themen Bodenschutz, Wasserwirtschaft, Stoffe, Meeresmüll, Polar Code, Fischschutz und zukunftsfähige Landwirtschaft.

2.2.2.3 Angestrebte Produkte

Unsere Forschung soll

- die Umsetzung der Nationalen Wasserstrategie, der Nationalen Meeresstrategie, der EU-Wasserrahmenrichtlinie und deren Tochterrichtlinien, der EU-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie, der EU-Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie und anderer (geplanter) Richtlinien sowie Strategien als Beiträge zum Green Deal (zum Beispiel Farm to Fork Strategie, EU-Bodenstrategie für 2030, Sustainable Use Regulation) sowie das Aktionsprogramm Anpassung an den Klimawandel (APA) fachlich unterstützen;
- Vorschläge bereitstellen, die EU-Wasserrahmenrichtlinie, die EU-Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, das nationale Wasserrecht, die Gesetze und Konventionen zum Schutz der Arktis und Antarktis, die Übereinkommen und Regelungen zum Schutz der Meere, die nationale und europäische Bodenschutzgesetzgebung und die Gemeinsame EU-Agrarpolitik so fortzuschreiben, dass die Umweltschutzanforderungen und Transformationserfordernisse besser berücksichtigt sind;
- die fachlichen Grundlagen im nationalen Vollzug in der Antarktis effektiv umsetzen und die wissenschaftliche Arbeitsgrundlage der umweltbezogenen Arbeitsgruppen im Arktischen Rat unterstützen;
- dazu beitragen, die UN-Nachhaltigkeitsziele für Wasser, Ozeane, Böden und Ernährung zu erreichen.

Unsere Forschungsergebnisse dienen dazu,

- die Verfahren zur Bewertung des ökologischen, morphologischen und chemischen Zustands von Gewässern und Böden fortzuschreiben;
- Prognoseinstrumente für Einträge und Verhalten von Nährstoffen und Chemikalien für die Flusseinzugsgebiete, Meere, Grundwasser und Böden bundesweit weiter zu entwickeln;
- die Belastungen und Störungen in Böden und Gewässern durch anthropogene Eingriffe und Nutzungen nachhaltig auf ein ökologisch verträgliches Maß zu reduzieren;
- die Risiken für Mensch und Umwelt durch Hoch- und Niedrigwasser sowie Trockenheit/Dürre zu minimieren und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zu entwickeln;
- einen Beitrag zum natürlichen Klimaschutz zu leisten, unter anderem durch die Bewertung der potenziellen Kohlenstoff-Speicherkapazität von Böden;
- die Öffentlichkeit durch verständliche Risikokommunikation für Gewässer- und Bodenschutzthemen zu sensibilisieren.

2.2.3 Trinkwasser- und Badebeckenwasserhygiene

Risiken der Belastung von Trinkwasser und Badebeckenwasser mit Stoffen sowie Krankheitserregern verstehen und Strategien zu deren Beherrschung entwickeln

Welches Risiko besteht, dass Fremdstoffe und Krankheitserreger oder Resistenzen natürliche oder technische Barrieren durchbrechen – oder im technischen System entstehen – und bis an den Wasserhahn oder zum Badegast gelangen?

Wie wirkt sich der Rückgang der Gewässereutrophierung auf das Vorkommen toxischer Cyanobakterien und damit verbundene Gesundheitsrisiken aus?

Wie können wir die zunehmende Anzahl an im Wasser vorkommenden Stoffen rasch und ohne Tierversuche toxikologisch bewerten?

Wie können wir verschiedene – auch pathogene – Mikroorganismen im Wasser mit molekularen Methoden rasch analysieren?

Das Vorkommen von Noxen (Krankheitserreger, Schadstoffe) im Wasser verändert sich stetig. Die EG-Trinkwasserrichtlinie und die deutsche Trinkwasserverordnung sowie zahlreiche Standards, Normen und Regelwerke müssen immer wieder angepasst werden. Ebenso unterliegen unsere Kenntnisse über Gesundheitsrisiken durch Noxen im Trink- und Badebeckenwasser einem laufenden Wandel:

Für Krankheitserreger fokussieren unsere Regularien bislang auf Bakterien. Nun gilt es, Risiken durch bereits in extrem geringer Dosis infektiöse und im Wasser länger persistierende Viren, Protozoen und Pilze zu klären – insbesondere im Hinblick auf die Quantifizierung der Wirksamkeit von Barrieren gegen ihr Vorkommen am Wasserhahn und im Badebecken. Für humanpathogene Bakterien, die sich außerhalb des menschlichen Körpers in der wässrigen Umwelt vermehren (zum Beispiel Legionellen, Pseudomonaden) gilt es besser zu verstehen, unter welchen Bedingungen sie sich in unseren Leitungssystemen und bädertechnischen Anlagen vermehren und Maßnahmen zu ihrer Beherrschung zu entwickeln.

Unter den Stoffen, die ins Wasser gelangen können, nimmt die Vielfalt der anthropogenen Stoffe voraussichtlich weiter zu; insbesondere verschiebt sich das Stoffspektrum. So führen zum Beispiel die Bestrebungen, Persistenz zu vermeiden, zu kleineren, im Wasser mobilen, kaum durch Aufbereitungsverfahren entfernbaren Molekülen. Ferner kommen einige Naturstoffe regional in gesundheitsrelevanten Konzentrationen im Wasser vor, insbesondere Elemente aus dem Gestein (etwa Chrom, Arsen, Uran, Fluor, Vanadium) sowie Toxine aus Cyanobakterien. Anthropogene Einflüsse verstärken deren Mobilisierung massiv: Eutrophierung fördert Cyanobakterien und Nitrateinträge mobilisieren Uran und gegebenenfalls weitere Metalle. Gleichzeitig ändern sich unsere toxikologischen Bewertungsverfahren – weg von Tierversuchen und hin zu Tests an Zellsystemen.

Unsere Systeme der Wassernutzung entwickeln sich weiter, und dies kann zu neuen Gesundheitsrisiken führen. Aktuelle Beispiele sind energiesparende Warmwassersysteme (Risiko Legionellen), neue Bauteile in der Trinkwasser-Installation (zum Beispiel Duschwände) und neue Materialien (etwa thermoplastische Elastomere), neue Wasseraufbereitungsstoffe (mit Verunreinigungen) und neuartige Wasserattraktionen auf öffentlichen Plätzen (Risiko der Verbreitung von Krankheitserregern) sowie neue Technologien und Verfahren mit dem Ziel der Wassereinsparung. Forschung zur Klärung, in wieweit neue Entwicklungen zu neuen Gesundheitsrisiken für die Wassernutzung führen, bleibt daher Daueraufgabe.

2.2.3.1 Aktuelle/künftige Fragestellungen

- Welches Risiko besteht, dass Fremdstoffe und Krankheitserreger oder Resistenzen natürliche oder technische Barrieren durchbrechen – oder im technischen System entstehen – und bis an den Wasserhahn oder zum Badegast gelangen?

Zu Transport beziehungsweise Rückhalt von Noxen experimentieren wir zunächst im Labormaßstab. Anschließend validieren wir die Ergebnisse im Praxismaßstab durch realitätsnahe Simulation von Prozessen wie Filtration durch Böden, Sedimente oder technische Aufbereitung [IF]. Im Fokus zum Rückhalt chemischer Noxen steht aktuell die Elimination von persistenten, mobilen und gegebenenfalls toxischen Substanzen (PMT-Substanzen, unter anderem PFAS) mit Relevanz für Trinkwasserressourcen, welche anhand von halbtechnischen Aufbereitungsverfahren untersucht wird [EF] sowie das Verhalten von Düngemittelzusatzstoffen [IF].

Um die Methodik der systematischen Risikobewertung voranzubringen, etablieren wir eine Plattform zum Austausch der Erfahrungen unterschiedlicher Wasserversorgungen, werten diese Erfahrungen aus und entwickeln Schulungsmaterialien [IF mit externen Akteuren].

Aktuell und in den kommenden Jahren rückt bei der Thematik der Übertragung von Krankheitserregern in das Trinkwasser die Untersuchung des Rückhalts von Antibiotikaresistenzgenen (ARG) und Antibiotikaresistenten Bakterien (ARB) in den Vordergrund. Dabei untersuchen wir die Eliminationsleistung durch naturnahe Prozesse der Trinkwasseraufbereitung (Ufer-, Langsandsandfiltration, künstliche Grundwasseranreicherung) und technische Aufbereitungsverfahren mit dem Ziel der Entwicklung einer Bewertungsgrundlage für die Praxisanwendung [EF]. Die Abgabe von Stoffen durch Materialien im Kontakt mit Trinkwasser untersuchen wir durch Exposition verschiedenster Materialien, auch an einer simulierten Trinkwasser-Installation. Für Ausgangsstoffe zur Herstellung von organischen Materialien und deren Abbauprodukte, die ins Trinkwasser übergehen können, entwickeln wir Analysenverfahren [IF]. Neben Untersuchungen zur Wirksamkeit von Desinfektionsmitteln forschen wir zur Entstehung von Desinfektionsnebenprodukten (DNP) in Trink- und Badebeckenwasser. Aktuell erfolgen Untersuchungen zur Wirksamkeit von Chlor zur Desinfektion von Salzwasser, zur Geruchsentstehung sowie zur Eignung der im Süßwasser verwendeten Indikatorbakterien auch bei Salzwasser [EF].

- Wie wirkt sich der Rückgang der Gewässereutrophierung auf das Vorkommen toxischer Cyanobakterien und damit verbundene Gesundheitsrisiken aus?

Im Zuge der Restaurierung kommen inzwischen vermehrt in den wieder klareren Gewässern assoziiert an Unterwasserpflanzen Cyanobakterienarten vor, welche Neurotoxine in für Säugetiere relevanten Konzentrationen produzieren können. Hier untersuchen wir Fragen zu Toxingehalt, ökologischer Bedingungen und wachstumsfördernden Faktoren für ihr Auftreten [VF].

- Wie können wir die zunehmende Anzahl an im Wasser vorkommenden Stoffen rasch und ohne Tierversuche toxikologisch bewerten?

Wir prüfen Zelltestsysteme und entwickeln diese so weiter, dass damit neben Gen- und Zytotoxizität auch neurotoxische und endokrine Wirkungen semiquantitativ erfasst werden können. Wir bringen diese in Normungsgremien ein und entwickeln Entscheidungsbäume zur Testdurchführung zwecks Gesamtbewertung der Wirkungen eines Stoffes. Ferner testen wir im Wasser gefundene Stoffe und stellen deren semiquantitative Bewertung als „gesundheitliche Orientierungswerte – GOW“ oder toxikologische Leitwerte im Internet allgemein zur Verfügung [IF]. Eine neue Aufgabe im Rahmen der gesetzlichen Anforderungen der Trinkwasserrichtlinie ist dabei auch die Ableitung von Leitwerten für nicht relevante Pestizid-Metaboliten.

- Wie können wir verschiedene – auch pathogene – Mikroorganismen im Wasser mit molekularen Methoden rasch analysieren?

Im Vergleich mit herkömmlichen Kulturverfahren prüfen wir neue molekulare Nachweismethoden auf ihre Praxistauglichkeit, entwickeln diese weiter zur „lebend-tot-Unterscheidung“ und wenden sie an, wie zum Beispiel Eliminationseffizienz von Barrieren, Vorkommen von Krankheitserregern auf Spielplätzen mit Wasserattraktionen oder Aufklärung der Infektionswege mit Krankheitserregern, für die Wasser als Quelle oder Reservoir fungiert [IF]. Für eine valide Aussage zur Verbreitung von Antibiotikaresistenzen sind zunächst die Validierung der Methoden zum kulturellen Nachweis von ARB und Untersuchungen zur Persistenz von ARB und ARG notwendig [EF].

2.2.3.2 Angestrebte Produkte

Auf der Grundlage unserer Forschungsergebnisse entwickeln wir insbesondere für Gesundheitsbehörden und Politikberatung, aber auch für die Fachwelt

- Übersichten und Entscheidungshilfen zur Wirksamkeit verschiedener Barrieren gegen ins Wasser eingetragene Noxen;
- Schulungsmaterialien und Anleitung zur Bewertung von Risiken durch Noxen im Trinkwasser und zur Entwicklung von Water Safety Plans zwecks wirksamer Beherrschung ihres Vorkommens;
- Kriterien für die Bewertung von materialbürtigen Stoffen im Trinkwasser in den Bewertungsgrundlagen nach Trinkwasserverordnung sowie für die Zulassung von Desinfektionsverfahren für Trinkwasser (künftig auch für Badebeckenwasser);
- chemische Analysenmethoden zur Bestimmung und Quantifizierung von Migrationsstoffen aus in der Trinkwasser-Installation eingesetzten Kunststoffen;
- Bewertung der Gesundheitsrisiken durch geogene Stoffe im Trinkwasser und Klärung der Notwendigkeit gesetzlicher Regelung ihrer Konzentration;
- Aufklärung der Gesundheitsrisiken durch als Aufwuchs vorkommende Cyanobakterien und der Notwendigkeit von Regularien für deren Überwachung;
- Testbatterien zur Bewertung der Toxizität von im Wasser vorkommenden Stoffen und deren Etablierung als Standardmethode;
- toxikologische Bewertungen einer wachsenden Anzahl an im Wasser gefundenen Stoffen;
- rasche molekulare Nachweismethoden für pathogene Bakterien, Viren, Parasiten und Pilze im Wasser sowie von Antibiotikaresistenzen.

2.2.4 Umwelt und Gesundheit

Welche Einflüsse aus der Umwelt auf den Menschen sind gesundheitsförderlich und welche können Krankheiten verursachen oder verstärken?

Wie schaffen wir eine gesundheitsfördernde Umwelt für alle?	Welche Auswirkung hat der Klimawandel auf die Gesundheit von Menschen?	Mit welchen Methoden können wir die Exposition und Wirkungen unterschiedlicher Feinstäube und Aerosole in der Umwelt untersuchen?
Wie stark sind die Menschen in Deutschland und Europa gegenüber schädlichen Umwelteinflüssen belastet?	Welche Bedeutung hat Umweltmonitoring für die Erfassung mikrobiologischer Risiken?	Wie können wir die gesundheitlichen Folgen der verschiedenen Umwelteinflüsse für die Bevölkerung quantifizieren und adäquat kommunizieren?

Eine intakte Umwelt fördert die psychische und physische Gesundheit und ist neben sozialen und ökonomischen Einflüssen eine wichtige Voraussetzung für gute Lebensqualität. Auch der Schutz der Bevölkerung vor schädlichen Umwelteinflüssen ist eine wesentliche Aufgabe der Umwelt- und Gesundheitspolitik. Zentrale Forschungsinhalte in diesem Themenfeld sind die Auswirkungen verschiedener Umwelteinflüsse – einzeln beziehungsweise in Kombination – auf die menschliche Gesundheit sowie die Entwicklung wirksamer Maßnahmen zur Belastungsminderung, zu Prävention und Gesundheitsförderung. Zudem werden gesundheitsförderliche Umweltfaktoren (etwa eine nachhaltige und bewegungsfreundliche Stadtentwicklung) untersucht. Unsere Forschungsaktivitäten orientieren sich dabei an aktuellen Konzepten wie „Health in all Policies“ und „One Health“, einem aktuellen ressortübergreifenden Politikschwerpunkt. In diesem Zusammenhang ist auch die im Oktober 2022 etablierte Forschungsplattform für One Health für das UBA von Bedeutung. Die UBA-Forschung orientiert sich zudem auch am über „One Health“ hinausgehenden Konzept der „Planetary Health“.

2.2.4.1 Aktuelle/künftige Fragestellungen

► Wie schaffen wir eine gesundheitsfördernde Umwelt für alle?

Umweltgerechtigkeit erlangt aufgrund der zunehmenden sozialen Polarisierung in Deutschland eine immer größere Bedeutung – auch vor dem Hintergrund des Klimawandels. In innerstädtischen Gebieten konzentrieren sich oft hohe Umweltbelastungen, soziale Problemlagen und stadtentwicklungspolitische Defizite. Auch ist die Versorgung mit gesundheitsfördernden Umweltressourcen wie grüner und blauer Infrastruktur meist mangelhaft. Hier werden beispielsweise die negativen gesundheitlichen Auswirkungen – unter anderem durch Hitzeperioden – zunehmen. Diese Zusammenhänge zwischen (auch gebauter) Umwelt, Gesundheit und sozialen Faktoren werden wir zukünftig verstärkt im Rahmen interdisziplinärer Forschung zur Schaffung urbaner, resilienten Räume mit hoher Lebens- und Umweltqualität untersuchen [IF] (siehe auch Kapitel 2.2.15). Unterschiedliche Belastungen gesellschaftlicher Gruppen durch Umweltprobleme sind dabei stets im Kontext aktueller Krisen und transformativer Politikansätze (unter anderem sozial-ökologische Transformation) zu betrachten [EF].

► Welche Auswirkung hat der Klimawandel auf die Gesundheit von Menschen?

Neben der Betreuung mehrerer Forschungsvorhaben [EF] bündeln wir den Sachverstand zu Auswirkungen des Klimawandels und bewerten Auswirkungen auf die Gesundheit [IF] (siehe auch Kapitel 2.2.9). Wir entwickeln Handlungsempfehlungen zur Förderung und zum Schutz der Gesundheit vor Klimawandelfolgen weiter [IF] und lassen überprüfen, ob diese auf Bundesebene verbindliche Bedeutung erlangen können [EF]. Außerdem ist die Anpassungskapazität von privaten Akteuren zu stärken und zu erhalten. Diese hängt sowohl von den individuellen Handlungsmöglichkeiten ab, als auch davon, wie sie die Notwendigkeit zum Handeln einschätzen [IF]. Die Faktoren für Handlungsbedingungen und -möglichkeiten sollten insbesondere für vulnerable und sozial benachteiligte Gruppen empirisch analysiert werden. Zudem führen wir eine Studie über psychische Effekte des Klimawandels und mögliche Maßnahmen zur Resilienzstärkung durch.

► Mit welchen Methoden können wir die Exposition und Wirkungen unterschiedlicher Feinstäube und Aerosole in der Umwelt untersuchen?

Um die Exposition gegenüber Feinstäuben und biogenen Aerosolen im Innen- und Außenbereich (siehe auch Kap. 2.2.1) besser erfassen und differenzieren zu können, werden Verfahren weiterentwickelt. Somit können Herkunft, Genese und mögliche Gesundheitswirkungen besser identifiziert und differenziert werden [EF]. Ein Schwerpunkt liegt in der Analyse der Wirkungen unterschiedlicher Feinstaubpartikel und Aerosolkomponenten durch innovative molekularbiologische Methoden. Des Weiteren gehen wir den Ursachen für unterschiedliche Empfindlichkeiten von Individuen oder bestimmten Gruppen auf derartige Umwelteinflüsse nach [IF] und betrachten Effekte auf das Epigenom [EF]. In Zukunft sollen kleinräumige beziehungsweise im Innenraum erhobene Daten genutzt werden, um die menschliche Exposition gegenüber Schadstoffen präziser zu beurteilen [EF, IF]. Citizen Science wird in die Forschungen einbezogen [EF] und [IF].

► Wie stark sind die Menschen in Deutschland und Europa gegenüber schädlichen Umwelteinflüssen belastet?

Die Humanbiomonitoring (HBM)-Studien Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit (GerES) und Umweltprobenbank (UPB) zeigen, wie hoch die innere menschliche Schadstoffbelastung ist, aus welchen Quellen sie stammt (siehe auch Anhang A.2, Trinkwasseruntersuchungen im Rahmen von GerES), welche Faktoren das Belastungsrisiko erhöhen und ob gesundheitliche Auswirkungen zu erwarten sind [IF, EF]. Die abgeleiteten Referenzwerte geben Auskunft über in Deutschland übliche Belastungen und ihre Variabilität [IF]. Durch Kombination von umfangreichen Befragungen zu relevanten Verhaltensweisen und Lebensumständen mit Messungen von Schadstoffen in Innenraumluft und Trinkwasser werden Belastungszusammenhänge und -mechanismen untersucht [IF, EF]. GerES und UPB stellen eine wichtige Referenz für die Umwelt- und Verbraucherpolitik dar, anhand derer die Wirksamkeit regulatorischer Maßnahmen überprüft werden kann. Darüber hinaus ermöglichen die Ergebnisse, zusätzlichen Handlungsbedarf zu identifizieren und zu begründen. International tragen die deutschen HBM-Studien zu dem großen, auf Politikberatung ausgerichteten EU-weiten HBM-Drittmittelprojekt PARC bei (siehe auch Kapitel 2.1.1), welches mit harmonisierten Methoden die Belastung in Europa untersucht, um Chemikalienpolitik und Gesundheitsschutz in Europa weiter zu verbessern [IF, EF]. Mit gezielten Untersuchungen und toxikologischen Methoden werden Zusammenhänge zwischen Umwelteinflüssen und gesundheitlichen Wirkungen erforscht und bewertet [IF, EF]. HBM-Daten dienen zudem zur Ermittlung umweltbedingter Krankheitslasten [IF] und durch methodische Weiterentwicklung und Datennutzung der Verbesserung von Umwelt- und Geschlechtergerechtigkeit [IF, EF].

► Welche Bedeutung hat Umweltmonitoring für die Erfassung mikrobiologischer Risiken?
[VF,IF]

Eine frühzeitige Erfassung des Vorkommens potenziell pathogener Erreger in der Umwelt ist eine wichtige Komponente des vorbeugenden Gesundheitsschutzes. Erfahrungen aus der Corona-Pandemie haben gezeigt, dass Maßnahmen zur Erkennung und Minimierung mikrobiologischer Risiken aus der Umwelt eine enge Vernetzung von Umwelt- und Gesundheitsschutz erfordern. Um aus dem Umweltbereich belastbare Daten zu erhalten, müssen im Rahmen von Monitoringprogrammen standardisierte Nachweisverfahren entwickelt und an die jeweilige Situation angepasst werden [VF] (siehe auch Kapitel 2.2.3). Durch den Einsatz von Antibiotika, Bioziden und Pestiziden wird ein Selektionsdruck auf das Umweltresistom, also die Gesamtheit aller Resistenzen in Mikroorganismen, ausgeübt. Dadurch wird die Gefahr der Bildung multiresistenter Krankheitserreger weiter erhöht. Gleichzeitig wird die Biodiversität der Ökosysteme beeinträchtigt. Die Resistenzgene akkumulieren auf mobilen Elementen und werden von den Umweltmikroben sowohl über harmlose als auch pathogene Infektionserreger weiterverbreitet; ein Vorgang, der durch den Klimawandel begünstigt wird. Um die Folgen dieser Entwicklung für die menschliche Gesundheit abschätzen und zielgerichtete Gegenmaßnahmen ergreifen zu können, ist Forschung zu geeigneten Indikatoren auf diesem Gebiet notwendig [IF].

► Wie können wir die gesundheitlichen Folgen der verschiedenen Umwelteinflüsse für die Bevölkerung quantifizieren und adäquat kommunizieren [IF, EF]?

Informationen zur Belastung der Bevölkerung durch Umweltrisiken können unter Nutzung des von der WHO entwickelten Environmental Burden of Disease (EBD)-Ansatzes mit Gesundheitsdaten verknüpft und statistisch ausgewertet werden. Wir führen EBD-Analysen für verschiedene Umweltrisikofaktoren durch und ermitteln, welche Umwelteinflüsse mit einer besonders hohen Krankheitslast einhergehen. Dies hilft zu entscheiden, ob und welche Umweltschutz-Maßnahmen besonders wichtig für den Schutz der Bevölkerungsgesundheit sind [IF]. Über die „klassischen“ Luftschadstoffe oder den Umgebungslärm hinaus wollen wir zukünftig für weitere Umwelteinflüsse verlässliche Datengrundlagen erarbeiten [IF, EF] und Schätzungen zur Krankheitslast auch im internationalen Vergleich verlässlich durchführen [IF].

Besonderes Augenmerk kommt dabei Chemikalien zu, denen der Mensch in vielfältiger Weise ausgesetzt ist (siehe auch Kapitel 2.2.16). So untersuchen wir im European Topic Centre Human Health and the Environment (ETC HE) (siehe Kasten 9) im Auftrag der EEA mit europäischen Partnern die Krankheitslast der Bevölkerungen in den EU-Mitgliedstaaten, die auf Luftschadstoffe und andere Umweltrisikofaktoren, insbesondere auf gesundheitsrelevante Chemikalien, zurückgeführt werden kann [EF]. Dies wird von Aktivitäten im Rahmen des PARC-Projekts flankiert, bei denen insbesondere die methodische Weiterentwicklung im Fokus steht (siehe Kasten 3). Das UBA wird außerdem als Collaborator auch weiterhin an der Global Burden of Disease-Studie des IHME mitarbeiten und die methodischen Entwicklungen im Bereich der umweltbedingten Krankheitslasten vorantreiben.

Kasten 9: European Topic Centre on Human Health and the Environment (ETC HE) / (Laufzeit: 2022–2026)

Im ETC HE unterstützt ein Konsortium aus zehn wissenschaftlichen Institutionen die Europäische Umweltagentur (EEA) bei der integrierten Berichterstattung zum Zustand der Umwelt und ihrer Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. Gesundheitliche Aspekte spielen hierbei eine zunehmend wichtige Rolle, weil sie die Bedeutung ambitionierter Umweltschutzmaßnahmen untermauern. Das Projekt zeichnet sich insbesondere durch eine hohe politische Wirksamkeit aus, da die EEA ihre integrierte Umweltberichterstattung stark an den politischen Prozessen auf EU-Ebene ausrichtet. So dienen die Ergebnisse des ETC HE auch dazu, EU-Parlamentarier*innen im Vorfeld wichtiger Gesetzgebungsverfahren (zum Beispiel Novellierung der EU-Luftqualitätsrichtlinie) zu informieren und von der Notwendigkeit eines ambitionierten Umweltschutzes für die Gesundheit aller Menschen zu überzeugen. Ein weiteres Charakteristikum des Projekts ist die enge Zusammenarbeit des UBA (als wissenschaftliche Ko-Leitung) mit der EEA und der interdisziplinäre Austausch mit den Konsortialpartnern, zum Beispiel Norwegisches Luftforschungsinstitut (NILU) und Schweizerisches Tropen- und Public Health-Institut (Swiss TPH). Das UBA konzentriert sich im ETC HE auf Forschungsfragen im Themenfeld „Umwelt und Gesundheit“, zum Beispiel: Welche Auswirkungen haben Umweltbelastungen auf die Gesundheit von Kindern? Wie hoch ist die Krankheitslast durch Umweltverschmutzung, zum Beispiel durch gesundheitsrelevante Chemikalien? Wie weit sind die EU-Mitgliedstaaten auf dem Weg zur Erreichung des Null-Schadstoff-Ziels als Teil des European Green Deals?

2.2.4.2 Forschungs-/ Netzwerke und Wissenstransfer

Für unsere Forschung sind die Ressortforschungseinrichtungen RKI, Bundesinstitut für Risikobewertung, BAuA und Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA) sowie die FhG wichtige Kontakte. Wesentliche europäische und internationale Akteure sind EEA, ECHA, EFSA, EU-Kommission, OECD, WHO, IHME, CDC, Health Canada sowie europäische Schwester- und Risikobewertungsbehörden.

Mit Blick auf Netzwerke und Wissenstransfer sind wir engagiert in der Leitung/Beteiligung an nationalen, europäischen und internationalen Projekten (zum Beispiel UKAGEP, INGER, PARC, ETC HE) und fördern den Wissenstransfer über Publikationen und Vorträge sowie in dialogorientierter Kommunikation und verschiedenen Konferenz- und Kooperationsformaten.

2.2.4.3 Angestrebte Produkte:

Die Forschungsergebnisse bilden eine wichtige Grundlage für folgende Produkte:

- Erarbeitung politischer Handlungsempfehlungen/Beratung in Bezug auf gesundheitsförderliche und -schädigende Umweltfaktoren, insbesondere mit Blick auf die Exposition der Bevölkerung gegenüber gesundheitsrelevanten Chemikalien, physikalische und biologische Noxen sowie den Klimawandel.
- Weiterentwicklung von Strategien und Maßnahmen zum Gesundheitsschutz und zur Gesundheitsförderung auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene.
- Erarbeitung und Interpretation gesundheitsbezogener Umweltindikatoren zur begleitenden Kontrolle nationaler und internationaler Nachhaltigkeitsziele und zur Politikberatung.
- Erarbeitung von Richt- und Beurteilungswerten für nationale wie internationale Politikberatung, zur Unterstützung von Fachleuten und zur zielgruppenspezifischen Kommunikation.

2.2.5 Klimaschutz übergreifend

Welche Konzepte und ökologischen Leitplanken braucht die sektorübergreifende Transformation?

Wie kann eine Kohlenstoffwirtschaft in Kreisläufen funktionieren?

Welches Potenzial haben naturnahe Lösungen für den globalen Klimaschutz und den Erhalt der Biodiversität? Wie werden sie vom fortschreitenden Klimawandel beeinflusst?

Weiterentwicklung und Verbesserung der Aussagekraft von Szenarien und Projektionen

Mit dem Klimaschutzgesetz hat sich Deutschland das verbindliche Ziel gesetzt bis 2030 seinen Treibhausgasausstoß um 65% gegenüber 1990 zu verringern und bis 2045 treibhausgasneutral¹⁹ zu werden. Am UBA forschen wir zu den damit einhergehenden sektorübergreifenden und teils grundsätzlichen Fragestellungen, beispielsweise zur Gestaltung und zum Monitoring einer zirkulären Kohlenstoffwirtschaft, zunehmender Sektorkopplung und zielgerichteter Klimaschutz-Governance auf kommunaler, nationaler und europäischer Ebene sowie zur Entwicklung und Bewertung klimapolitischer Instrumente (siehe auch Kapitel 2.2.7). Internationale Zielstellungen wie die SDGs und das Übereinkommen von Paris finden dabei ebenso Berücksichtigung, wie aktuellste klimawissenschaftliche Erkenntnisse.

Unsere Forschungsergebnisse zeigen, dass die Umsetzung der Klimaschutzmaßnahmen derzeit nicht Schritt mit den eigentlichen Erfordernissen und den gesetzlichen Zielen hält. Im Projektionsbericht der Bundesregierung (UBA 2021) zeigen wir, dass mit den bisherigen Maßnahmen nur eine Minderung um 49,3% statt 65% bis 2030 erreicht werden kann. Je nach Entwicklung der Preise für CO₂-Zertifikate im Europäischen Emissionshandel können auch 51,2% erreicht werden. Dennoch besteht eine große Lücke. Im Mittelpunkt der Forschung stehen daher die Analyse, Bewertung und Erarbeitung von Konzepten, Strategien, Instrumenten und Maßnahmen zur sektorübergreifenden Transformation und Weiterentwicklung der Klimapolitik. Dabei werden ökonomische, gesellschaftliche und soziale Belange einbezogen. Damit kann wissenschaftsbasierte Politikberatung für eine Zielerfüllung der Treibhausgasminderung um 65% bis 2030 erfolgen. Wir nehmen zudem die Ressourcenpolitik und generationsübergreifenden Aufgaben im Klimaschutz mit in den Blick. Unsere Forschung zeigt diesbezüglich, dass Deutschland bis 2030 höhere Minderungsanstrengungen unternehmen muss. Wir fokussieren daher auf Grundsatzzfragen im Klimaschutz, Zielerreichung und Zielarchitektur, Klimaschutz-Governance, Ambitionssteigerung der Klimaschutzziele, sektorübergreifende Szenarien und Projektionen für eine ambitionierte Klimapolitik. Seit jüngstem erforschen wir auch Konzepte zur zirkulären Kohlenstoffwirtschaft und zur Senkenstrategie bis hin zum Monitoring der Treibhausgase und dessen Fortentwicklung im Kontext der nationalen, europäischen und internationalen Berichterstattungspflichten.

¹⁹ Gemäß IPCC ist Treibhausgasneutralität der Zustand, in dem die metrisch gewichteten anthropogenen Treibhausgasemissionen für einen bestimmten Bezugsbereich durch metrisch gewichteten anthropogenen Treibhausgasentzug ausgeglichen werden. Der Bezugsbereich kann zum Beispiel ein Land, eine Organisation, ein Produkt oder eine Aktivität wie eine Dienstleistung und eine Veranstaltung sein. Treibhausgas-Neutralität umfasst neben Kohlenstoffdioxid (CO₂) sechs weitere menschlich verursachte Treibhausgase.

2.2.5.1 Aktuelle/künftige Fragestellungen

- Welche Konzepte und ökologischen Leitplanken braucht die sektorübergreifende Transformation?

Für die sektorübergreifende Transformation bedarf es erneuerbarer strombasierter Energieträger. Auf Basis dieser kann eine nachhaltige Umstellung der Energieversorgung und aller Anwendungsbereiche gelingen. Hierfür erarbeiten wir Konzepte und ökologische Leitplanken, um dies nachhaltig in Deutschland, Europa und weltweit zu gestalten. Neben den strombasierten Energieträgern sind gleichfalls Leitplanken und Konzepte für eine nachhaltige Biomassestrategie zu entwickeln. Basis dieser Arbeiten sind bis zum Jahr 2026 verschiedenen Forschungsvorhaben, Szenarien und Analysen [IF, EF].

- Wie kann eine Kohlenstoffwirtschaft in Kreisläufen funktionieren?

Mit der Transformation zur Treibhausgasneutralität gehen Änderungen der Kohlenstoffwirtschaft einher. Kohlenstoff wird fossilen, biogenen und atmosphärischen Ursprungs sein. Er wird mehrfach verwendet werden und auch in Form von natürlichen und technischen Senken gespeichert. Für die sachgerechte Abbildung von unterschiedlichen Kohlenstoffquellen und zirkulärer Kohlenstoffwirtschaft in der Architektur für eine nachhaltige Treibhausgasneutralität und deren Monitoring sowie für zielführende Anreizsysteme werden wir Vorschläge zur konkreten Umsetzung erarbeiten und dabei auch regulative und ökonomische Anreizstrukturen berücksichtigen [IF, EF].

- Welches Potenzial haben naturnahe Lösungen für den globalen Klimaschutz und den Erhalt der Biodiversität? Wie werden sie vom fortschreitenden Klimawandel beeinflusst?

Die Rolle von Ökosystemen im globalen Klimasystem und für den Klimaschutz ist äußerst komplex und daher ein zentraler Forschungsgegenstand im Umweltbundesamt. Dies umfasst sowohl terrestrische als auch marine Ökosysteme. Naturnahe Lösungen (nature-based solutions) sollen sowohl den Klimaschutz als auch den Erhalt der biologischen Vielfalt adressieren. Sie umfassen Maßnahmen zum Schutz, zur Stärkung und zur Wiederherstellung natürlicher Ökosysteme. Der Effekt dieser Maßnahmen sollte quantitativ erfasst werden [EF]. Da der Klimawandel diese Systeme zunehmend beeinflusst, beziehen die Analysen auch solche Wechselwirkungen mit ein [EF].

- Weiterentwicklung und Verbesserung der Aussagekraft von Szenarien und Projektionen

Die erfolgreiche Umsetzung des nationalen und internationalen Klimaschutzes bedarf stetiger Prüfung durch Szenarien und Projektionen, Nachjustierung, Weiterentwicklung und zielgerichtete Kommunikation. Dazu betreuen wir verschiedene Forschungsvorhaben, welche die Fortentwicklung der Klimaschutzmaßnahmen für Deutschland projizieren, Vorschläge erarbeiten, wie Gesetzentwürfe auf ihre Klimawirkung und die Vereinbarkeit mit den nationalen Klimaschutzzielen hin überprüft werden können (Klimacheck). Unsere Forschung gibt Antworten darauf, wie Investitionen effektiv in treibhausgasneutrale Techniken gelenkt und gemonitort werden können und wie sektorübergreifend auch auf kommunaler Ebene Szenarien für eine zielgerichtete Politikberatung entwickelt werden können. Ebenfalls analysiert wird, wie Klimaschutz sozialverträglich im Sinne einer Just Transformation gestaltet werden kann. Das Potenzial bi- und multilateraler Kooperationen auf staatlicher und nicht-staatlicher Ebene zur Beschleunigung des globalen Klimaschutzes ergänzen des Forschungsportfolio des Umweltbundesamtes [IF, EF].

Bei den internen Forschungsschwerpunkten handelt es sich um haushaltsfinanzierte Eigenforschung. Für die Erreichung der gesetzlichen Ziele ist ein Monitoring erforderlich, das gleichermaßen der Politikberatung und der Erfüllung von Berichtspflichten dient. Wir entwickeln Methoden zur Energieberichterstattung und bearbeiten ergebnisgebundene Forschungsaufgaben zu verschiedenen Aspekten der Berichterstattung [IF]. Im Leuchtturm-Projekt „Global Green-Supreme“ sollen die Eigenforschungsarbeiten zum RESCUE-Projekt (IF-Eigenforschungsprojekt RESCUE: Resource-Efficient Pathways towards Green-house-Gas-Neutrality) weiterentwickelt und ein globales Szenario entwickelt werden (siehe Kasten 5). Dieses soll den Zielen des Übereinkommens von Paris und gleichzeitig den Sustainable Development Goals gerecht werden und intergenerationale Gerechtigkeit berücksichtigen. Der mögliche Wandel soll in diesem Szenario von Beginn an durch ein ambitioniertes gemeinschaftliches Verständnis zur Umsetzung von Klimaschutz und Ressourcenschutz, Dekarbonisierung sowie konsequente Energieeinsparung geprägt sein und beinhaltet sowohl technologische als auch gesellschaftliche Änderungen [IF, EF].

2.2.5.2 Forschungs-/Netzwerke und Wissenstransfer

Mit unseren Forschungserkenntnissen und unserer Expertise beraten wir Bundesministerien wie BMUV, BMWK, Auswärtiges Amt und tauschen uns aus mit Fachbehörden, wissenschaftlichen Einrichtungen, Interessenverbänden, NGOs, Bundesländern, Kommunen und der Öffentlichkeit aus. Wir arbeiten der EU-Kommission zu, um die notwendige Forschung für den European Green Deal inklusive Fit-for-55-Paket bereitzustellen. Wir wirken außerdem in internationalen Netzwerken aktiv mit, beispielsweise arbeiten wir dem International Panel on Climate Change (IPCC) aktiv zu.

2.2.5.3 Angestrebte Produkte

Zu den Ergebnissen der Forschungsvorhaben zählen die Erarbeitung von Szenarien, Modellierungen, Berichtspflichten der Bundesregierung, Vorschläge zu konkreten Maßnahmen und Instrumenten, Handlungsempfehlungen sowie Workshops und Austausche mit Akteursgruppen der oben genannten Themenfelder. Unsere Kettenkompetenz von der Datenbereitstellung und -analyse über die Ableitung von Prognosen und Szenarien bis hin zu konkreten Umsetzungsvorschlägen ist unser Alleinstellungsmerkmal in der Politikberatung.

2.2.6 Klimaschutz sektoral

Wie kann die Transformation der Wärmenetze voranschreiten? Welche Potentiale und Auswirkungen sind aus der kommunalen Wärmeplanung zu erwarten?

Umstellung der Kohlenstoffversorgung der Grundstoffindustrie

Klimaschutzpotentiale aus Minderungen von Nicht-CO₂-Emissionen

Mit den Zielen des KSG geht eine Vielzahl von Herausforderungen in den einzelnen Sektoren Energie, Industrie, Gebäude, Verkehr, Abfallwirtschaft und Landwirtschaft einher, welche unterschiedlich ausgeprägt sind. So gilt als Kernelement der Wärmewende der Abschied von brennstoffbasierten Heiztechniken in Gebäuden, wobei der Hochlauf der Nutzung von Umweltwärme und nachhaltigen erneuerbaren Energien mit Energieeinsparungen kombiniert werden muss. In der Industrie bedarf es neuer Prozesstechniken, um einerseits auch hier den Wechsel weg von brennstoffbasierten zu erneuerbaren Energieträgern zu realisieren, und andererseits prozessbedingte Treibhausgasemissionen wo möglich zu beseitigen oder auf ein Minimum zu begrenzen. Im Verkehr gilt es, die Umstellung der Antriebstechniken umzusetzen als auch die Verkehrswende mit Verkehrsvermeidung und attraktiven modernen Verkehrskonzepten voranzubringen. Im Bereich der Abfall- und Abwasserwirtschaft sind neben Datenkonsolidierungen vor allem geeignete Minderungsmaßnahmen zu entwickeln.

Wir leisten mit verschiedenen Forschungsaktivitäten einen Beitrag zur Bewältigung dieser Herausforderungen. Dazu zählen Analysen, Bewertungen, Konzepte, Strategien und Weiterentwicklung der kommunalen, nationalen und europäischen Klimapolitik. Bei all diesen Forschungsarbeiten wird die internationale Dimension berücksichtigt, im Besonderen bei der Minderung spezifischer Treibhausgase aus Energie- und Industrieprozessen oder mit Blick auf Partnerschaften zur sektoralen Zusammenarbeit. Insbesondere forschen wir zu den für sektorale Minderungsziele relevanten klimaschutzpolitischen Maßnahmen und Instrumente, fertigt die Bestandsaufnahmen der sektoralen Treibhausgasemissionen an und entwickelt die Methoden und Emissionsfaktoren der anlagenbezogenen Treibhausgas-Bemessung fort. Klimaschutzprogramme (beispielsweise sektorale Förderprogramme) sowie damit verbundene Wirkungen auf die Wirtschaft und Gesetzgebung werden ebenfalls weiterentwickelt. Für den Sektor Gebäude wird damit der Weg in einen treibhausgasneutralen Gebäudebestand aufgezeigt. Für den Sektor Verkehr wird neben Grundsatzfragen zum sektoralen Klimaschutz insbesondere der klimapolitisch sinnvolle Technologie- und Instrumentenmix mit Fokus auf eine synergetische Kombination von Antriebs- und Verkehrswende dargelegt. Für die Industrie steht im Forschungsmittelpunkt, wie ein treibhausgasarmer und perspektivisch treibhausgasneutraler Sektor aussehen kann. Für die Sektoren Abfall- und Abwasserwirtschaft zeigen die Forschungsergebnisse auf, wie groß die residualen Emissionen sind und wie diese künftig weiter reduziert werden können.

2.2.6.1 Aktuelle/künftige Fragestellungen:

- Wie kann die Transformation der Wärmenetze voranschreiten? Welche Potentiale und Auswirkungen sind aus der kommunalen Wärmeplanung zu erwarten?

Die Transformation hin zur Versorgung der Gebäude mit treibhausgasneutraler Wärme ist eine sehr große Herausforderung. Bis 2026 stehen Fragen zur Transformation der Wärmenetze und zu Potentialen und Wirkungen der kommunalen Wärmeplanung im Vordergrund. Hieraus werden Strategien und Leitplanken für eine sichere und nachhaltige Wärmeversorgung mit vorausschauender Planung entwickelt [EF].

► Umstellung der Kohlenstoffversorgung der Grundstoffindustrie

Die Industrie muss für die Herstellung chemischer Grundstoffe mittel- bis langfristig notwendigen Kohlenstoff nicht länger aus fossilen Rohstoffen, sondern aus alternativen Quellen wie recycelten Materialien, nachhaltiger Biomasse oder CO₂ gewinnen. Vor diesem Hintergrund muss untersucht werden, welche technischen, und ökonomischen Voraussetzungen geschaffen werden müssen, um eine Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft aufzubauen und welche Infrastrukturen erforderlich sind, um die Distanz zwischen industriellen Kohlenstoffquellen und -abnehmern zu überwinden, um eine defossilisierte Industrie dauerhaft wettbewerbsfähig zu machen [EF].

► Emissionsreduktion im Verkehr: welche Wechselwirkungen und Potentiale bestehen?

Laut KSG sind im nationalen Verkehr die Treibhausgasemissionen bis 2030 auf 85 Megatonnen CO₂-Äquivalenz zu reduzieren. Auf Basis von mehreren Forschungsvorhaben untersuchen wir in Szenarien und Analysen unter anderem wie sich die Wechselwirkungen zwischen europäischen Vorgaben und nationalen Zielen, zwischen Wirkung und Umsetzung konkreter Instrumente, zwischen der Elektrifizierung im Verkehr und der Ressourcenschonung sowie zwischen Klimaschutzwirkung- und Potenzialen aus Digitalisierungs- und Automatisierungsmaßnahmen im Verkehr darstellen. Darauf basierend werden Strategien und Leitplanken für die Transformation des Verkehrs - insbesondere nach 2030 - und konkrete Instrumente entwickelt [EF, IF].

► Klimaschutzpotentiale aus Minderungen von Nicht-CO₂-Emissionen

Für die Abfallwirtschaft weisen die EU-Methanstrategie und der Global Methane Pledge auf die großen und globalen Klimaschutzpotentiale dieses Treibhausgases hin. Diese sind vor allem in den Staaten des europäischen Südens und Süd-Ostens wie auch in Schwellen- und Entwicklungsländern hoch. Für die Erfassung und Behebung von Leckagen in der Gasinfrastruktur wurde daher das Leak Detection And Repair (LDAR) Programm aufgelegt. Als Forschungsgegenstand in Deutschland stehen Strategien im Mittelpunkt, die an die konkrete Situation bei kommunaler und regionaler Hoheit im Siedlungsabfall und dem Zusammenspiel von öffentlichem und privatem Sektor anknüpfen. Ebenfalls sollen Instrumente und Maßnahmen zur Methanminderung in den kommenden Jahren entwickelt werden [EF].

2.2.6.2 Forschungs-/Netzwerke und Wissenstransfer

Mit unseren Forschungserkenntnissen und unserer Expertise beraten wir Bundesministerien wie BMUV, BMWK, Auswärtiges Amt und tauschen uns aus mit Fachbehörden, wissenschaftlichen Einrichtungen, Interessenverbänden, NGOs, Bundesländern, Kommunen und der Öffentlichkeit aus. Wir arbeiten der EU-Kommission zu, um die notwendige Forschung für den European Green Deal inklusive Fit-for-55-Paket bereitzustellen. Wir wirken außerdem in internationalen Netzwerken aktiv mit, beispielsweise arbeiten wir dem International Panel on Climate Change (IPCC) aktive zu.

2.2.6.3 Angestrebte Produkte

Aus den Forschungsvorhaben entstehen Szenarien, Modellierungen, Berichte entlang der Berichtspflichten der Bundesregierung, Vorschläge zu konkreten Maßnahmen und Instrumenten, Handlungsempfehlungen sowie Workshops und Austausche mit Akteursgruppen der oben genannten Themenfelder. Unsere Politikberatung erfolgt faktenbasiert, wissenschaftlich unterlegt, qualitätsgesichert, adressaten- und zeitgerecht. Unsere Kettenkompetenz von der Datenbereitstellung und -analyse über die Ableitung von Prognosen und Szenarien bis hin zu konkreten Umsetzungsvorschlägen ist unser Alleinstellungsmerkmal in der Politikberatung.

2.2.7 Emissionshandel, Carbon Pricing und internationaler Kohlenstoffmarkt



Der Europäische Emissionshandel (EU-ETS 1) ist ein zentraler Eckpfeiler für die Absicherung der deutschen und europäischen Klimaschutzziele. Mit der Schaffung eines nationalen Emissionshandels für Brennstoffe (nEHS) werden seit 2021 rund 85 % der deutschen Treibhausgas-Emissionen einer Bepreisung unterworfen. Mit den Beschlüssen im Rahmen des Fit for 55-Pakets steigt die Bedeutung von Treibhausgas-Bepreisung im Rahmen des Emissionshandels weiter: Der Seeverkehr wird 2024 Teil des EU-ETS 1 und ab Mitte der 2020er Jahre wird der nEHS in ein europäisches System (EU-ETS 2) überführt. Außerdem wird der EU-ETS 1 um einen CO₂-Grenzausgleichsmechanismus (Carbon Border Adjustment Mechanism – CBAM) ergänzt, mit dem die Effektivität des Emissionshandels in der EU weiter gesteigert wird. Ebenso werden Anreize für mehr Klimaschutz in Drittstaaten geschaffen, insbesondere auch für die Einführung und Stärkung von Carbon Pricing-Ansätzen. Bereits mit Beginn der 2020er Jahre lässt sich international ein Bedeutungszuwachs dieser Politikinstrumente feststellen, beispielsweise in Asien und Lateinamerika. Unsere spezifische Kompetenz aus Vollzugserfahrung, Branchen-, und wissenschaftlicher Expertise im Bereich des Emissionshandels und der CO₂-Bepreisung fließt in die Konzeption von innovativen Forschungsvorhaben ein und sichert die Anschlussfähigkeit unserer Forschung an den wissenschaftlichen Vollzug sowie auch dessen hohe Relevanz für die maßgeblichen politischen Entscheidungsprozesse. Unsere Forschung zielt insbesondere auf die Evaluierung und Weiterentwicklung der oben genannten Instrumente mit Blick auf ökonomische, technische, rechtliche und gesellschaftspolitische Fragestellungen und wird sich im Rahmen des Bedeutungszuwachses – national europäisch und international – und der daraus erwachsenden Komplexität weiter intensivieren. Unsere Forschung erfolgt im Kontext der Schnittstellen des nationalen, europäischen und internationalen Policy-mix von übergreifenden und sektorspezifischen Instrumenten und Maßnahmen sowie der verschiedenen Ebenen der klimapolitischen Ziel- und Governance-Architektur. Die folgenden Fragestellungen werden überwiegend als extramurale Forschungsvorhaben (EF) bearbeitet. Vorlaufforschung (VF) und interne Forschung (IF) machen untergeordnete Anteile an der Bearbeitung aus.

2.2.7.1 Aktuelle/künftige Fragestellungen:

► Internationaler Kohlenstoffmarkt, Klimaallianzen, Linking

Die Sicherung der Klimaschutzziele des Übereinkommens von Paris (ÜvP) erfordert erhebliche Minderungsanstrengungen weltweit, insbesondere aller großen Treibhausgasemittenten. Die Entwicklung eines internationalen Kohlenstoffmarktes mit ambitionierten, letztlich konvergierenden Preissignalen sowie die Förderung bilateraler Austauschmöglichkeiten über kooperative Ansätze auf der Grundlage eines robusten, umweltintegrierenden Regelwerks unter dem Dach des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC) sind hierfür zentrale Elemente. In Ergänzung zu multilateralen Übereinkommen sollen zudem Zusammenschlüsse von gleichgesinnten Staaten den globalen Klimaschutz verstärken und beschleunigen. Die Einführung neuer sowie die ambitionierte Weiterentwicklung bestehender CO₂-Bepreisungssysteme sind maßgebliche Voraussetzungen. Auch die schrittweise Verknüpfung von nationalen oder regionalen Emissionshandelssystemen (so genanntes „Linking“) gewinnt an Bedeutung. Im Rahmen von fachübergreifenden Forschungsvorhaben sollen besonders Konzepte und Strategien in folgenden Handlungsfeldern entwickelt werden: Gestaltung und Evaluierung der Architektur von Klimaallianzen (unter anderem G 7 Klimaclub) und ihrer Schnittstellen mit anderen Klimaschutzinstrumenten, -maßnahmen und -initiativen, Implementierung von Artikel 6 des Übereinkommens von Paris, Linking von Emissionshandelssystemen (unter anderem mit UK-ETS), Einführung und Weiterentwicklung der CO₂-Bepreisung in Regionen außerhalb der EU, Beobachtung und Analyse von Aktivitäten im freiwilligen Kohlenstoffmarkt (siehe auch Kapitel 2.2.5).

► CO₂-Bepreisung im Luft- und Seeverkehr

Durch ihren wachsenden Anteil an den globalen Treibhausgasemissionen fällt den Sektoren Luft- und Seeverkehr bei der Absicherung der internationalen Klimaschutzziele eine wichtige Rolle zu. Eine effektive und ambitionierte CO₂-Bepreisung ist dabei von entscheidender Bedeutung innerhalb des sektoralen Policy-mix. Mit der Einbeziehung beider Sektoren in den EU-ETS 1 nimmt die EU hier eine wichtige Voreiterrolle ein. Ergänzend existiert mit dem Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA) auf internationaler Ebene ein marktbasierter Ansatz für den Luftverkehr, der aktuell aber noch hinter das europäische Ambitionsniveau zurückfällt. Für den Seeverkehr ist ein vergleichbarer internationaler Ansatz noch nicht beschlossen – auch wenn es entsprechende Initiativen auf Ebene der International Maritime Organisation (IMO) gibt. Im Rahmen von fachübergreifenden Forschungsvorhaben sollen insbesondere Konzepte und Strategien in folgenden Handlungsfeldern entwickelt und angewendet werden: sektorspezifische Ausgestaltung, Weiterentwicklung und Evaluierung der Regeln im EU-ETS 1 sowie der bestehenden und geplanten marktbasierten Maßnahmen auf internationaler Ebene hin zu verstärkten Emissionsminderungen innerhalb der Sektoren mit Blick auf eine angestrebte Dekarbonisierung zur Mitte des Jahrhunderts. Ein besonderer Fokus soll dabei auf der Regulierung und Bepreisung der Nicht-CO₂-Effekte (weitere Emissionen und atmosphärische Prozesse) des Luftverkehrs gelegt werden.

► CO₂-Bepreisung in der Industrie, Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM), Carbon Leakage

Die Transformation der Industrie hin zur Treibhausgasneutralität ist mit vielfältigen Herausforderungen verbunden (siehe auch Kapitel 2.2.6). Der Emissionshandel setzt hierfür mit seinen sinkenden Emissionsobergrenzen und den steigenden CO₂-Preisen den entscheidenden Rahmen. Die Einnahmen aus dem Emissionshandel ermöglichen gleichzeitig eine aktive staatliche Flan-

kierung dieses Transformationsprozesses (unter anderem EU-Innovationsfonds, Klimaschutzverträge, Dekarbonisierungsprogramm Industrie). Der Adressierung des Risikos einer Verlagerung von Produktion und Investitionen in Drittstaaten mit fehlender oder weniger ambitionierter CO₂-Bepreisung kommt hierbei eine Schlüsselrolle zu (Carbon Leakage): Eine ambitionierte CO₂-Bepreisung und ein wirkungsvolles Regime gegen Carbon Leakage bedingen sich. Die EU wird hierfür ab Mitte der 2020er Jahre einen CBAM einführen und sukzessive weiterentwickeln. Im Rahmen von fachübergreifenden Forschungsvorhaben sollen insbesondere Konzepte und Strategien in folgenden Handlungsfeldern entwickelt und angewendet werden: Ausgestaltung, Weiterentwicklung und Evaluierung der Zuteilungs- und Carbon-Leakage-Regeln im EU-ETS 1, der bestehenden und geplanten Fördermaßnahmen zur Transformation der Industrie im Kontext des EU-ETS 1 und 2 sowie des neuen CBAM.

► CO₂-Bepreisung im Gebäude- und Verkehrsbereich, Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG), ETS 2

Zur Absicherung der Klimaschutzziele im Verkehrs- und Gebäudebereich sind angesichts einer bislang deutlich zu niedrigen Transformationsgeschwindigkeit erhebliche Anstrengungen erforderlich. Dem Emissionshandel kommt hierbei eine Schlüsselrolle zu. Neben den direkten Anreizen der CO₂-Bepreisung erlauben die Erlöse eine zielgerichtete sektorspezifische Flankierung. Dies gilt insbesondere auch für sozialpolitische Maßnahmen (siehe auch Kapitel 2.2.12). Maßgeblich ist in diesem Kontext der Beschluss zur Schaffung eines EU-Klimasozialfonds ab Mitte der 2020er Jahre. Gleichzeitig liegen in Deutschland und der EU angesichts der bislang geltenden Festpreise aktuell noch keine Erfahrungen zur Preisbildung auf Kohlenstoffmärkten und der Wirkung preisdämpfender Maßnahmen in entsprechenden Upstream-Systemen vor. Im Rahmen von fachübergreifenden Forschungsvorhaben sollen insbesondere Konzepte und Strategien in folgenden Handlungsfeldern entwickelt und angewendet werden: Ausgestaltung, Weiterentwicklung und Evaluierung der wesentlichen Systemelemente zur CO₂-Bepreisung im Gebäude- und Verkehrsbereich insbesondere auch mit Blick auf die Überleitung des nationalen Emissionshandels für Brennstoffe (nEHS) in den EU-ETS 2 sowie der Schnittstellen mit dem sektorspezifischen Policy-mix (siehe auch Kapitel 2.2.14).

► EU Ziel-Debatte, Integration ETS 1 und 2

Angesichts der steigenden Bedeutung des Emissionshandels stellen sich zunächst übergeordnete Fragen zum Zusammenspiel der europäischen ETS-Ansätze im Rahmen der EU-Klimaschutzarchitektur. Neben deren Konsistenz mit den Treibhausgas-Einsparzielen auf europäischer und nationaler Ebene betrifft dies insbesondere auch die Abstimmung mit angrenzenden Politikzielen und Strategien, zum Beispiel für erneuerbare Energien oder die Energieeffizienz. Außerdem ergibt sich ab 2030 die Perspektive einer sukzessiven Integration von EU-ETS 1 und 2, um schrittweise einen einheitlichen europäischen Kohlenstoffmarkt zu etablieren. Dieser übergeordnete Politikrahmen wird bereits ab Mitte der 2020er Jahre konzipiert und vorbereitet. Mit übergreifenden Forschungsvorhaben sollen insbesondere Konzepte und Strategien in den oben genannten Handlungsfeldern entwickelt werden. Dies betrifft insbesondere auch die Szenarienentwicklung an den Schnittstellen zwischen Emissionshandel und angrenzenden klimaa- und energiepolitischen Bereichen.

2.2.7.2 Forschungs-/Netzwerke und Wissenstransfer:

Die Konzeption, Durchführung und Verwertung unserer Forschungsvorhaben erfolgen in einem engen Dialog mit der Bundesregierung, der Europäischen Kommission, wissenschaftlichen Einrichtungen, Interessenverbänden und der Öffentlichkeit. Wir forschen mit internationalen Akteuren, wie beispielsweise im Rahmen des International Carbon Action Partnerships (ICAP), und internationalen Forschungsinstitutionen, wie dem Asia Policy Institute und der Chinese University Hong Kong.

2.2.7.3 Angestrebte Produkte

In den Forschungsarbeiten sollen insbesondere konkrete Konzepte, Strategien und Maßnahmenvorschläge in den oben genannten Handlungsfeldern entwickelt und angewendet werden. Die Ergebnisse unserer Forschungsaktivitäten sollen rechtzeitig und adressatengerecht als wissenschaftliche Politikberatung in die zentralen Entscheidungsprozesse auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene zur Weiterentwicklung der CO₂-Bepreisung als zentralem Element der Klimaschutzarchitektur einfließen. Dies stellen wir über vollzugs- und politiknahe Forschungsberichte, Diskussionspapiere und Webinars, Workshops und Fachgespräche sowie im direkten Austausch mit politischen Entscheidungsebenen und wissenschaftlichen Netzwerken sicher.

2.2.8 Energiewende



Die mit dem KSG verbundenen Minderungsziele in Deutschland bis 2030 und 2045 haben den Druck zur CO₂-Minderung in der Energiewirtschaft und im Gebäudesektor stark erhöht. So soll bis 2035 ein Anteil von 85% der erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung erreicht werden. Um dieses Ziel zu erreichen, muss das noch fossil-atomar geprägte Energiesystem vollständig auf erneuerbaren Energien umgestellt, um sodann bis 2045 treibhausgasneutral werden (siehe Definition TGH-Neutralität in Kapitel 2.2.5). Wir erstellen Analysen und Bewertungen zu dieser Transformation und erarbeitet Konzepte, Strategien, Instrumenten und Maßnahmen für den Energiesektor einschließlich der europäischen und internationalen Bezüge in den Bereichen Strom, Wärme, Kälte, erneuerbare Energieträger, Netzinfrastruktur und Speicher für Energie. Die umweltfachliche und -politische Relevanz des Forschungsfelds ist auch deswegen hoch, da die Transformation des Energiesystems mit Umwelteffekten verbunden ist und Zielkonflikte bestehen. Umweltziele müssen mit sozialen sowie wirtschaftlichen, den Klimazielen und der Ressourcenschonung in Einklang gebracht werden.

2.2.8.1 Aktuelle und künftige Fragestellungen

- Welche Ansätze bestehen, um die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung in Gebäuden voranzutreiben?

Der Wechsel weg von brennstoffbasierten Heiztechniken in den Gebäuden hin zur Nutzung von Umgebungswärme und weiteren nachhaltigen erneuerbaren Energien sowie die Kombination mit Energieeinsparungen sind die Kernelemente der Wärmewende. Die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung stellt in großen Teilen noch eine Herausforderung dar, bei der die Geothermie eine wichtige Rolle spielen kann, wie verschiedene UBA-Szenarien zeigen. Bis zum Jahr 2026 betreuen wir verschiedene Forschungsvorhaben, die neben der detaillierteren Potenzialermittlung sowohl systemische sowie technische Aspekte als auch Umwelteffekte und planerische Ansätze betrachten.

- Wie kann der Energieeinsatz in Rechenzentren genutzt werden?

Ein seit Jahren propagiertes Ziel der Umwelt- und Energiepolitik ist es, den Energieeinsatz im Rechenzentrum effektiv zu nutzen. Der größte Energieverbrauch im Rechenzentrum wird durch die Informationstechnik verursacht. Um den Energiebedarf im Rechenzentrum zu reduzieren, ist die Auslastung der Server zu erhöhen. In verschiedenen Forschungsvorhaben erarbeiten wir Konzepte und Instrumente, um die dortigen Potenziale zu heben.

► Wie lässt sich der Ausbau der Stromnetze und -märkte gestalten?

Die Eckdaten für den Ausstieg aus der Kernenergie im Jahr 2023 sind gegeben. Die EU und Deutschland streben einen Ausstieg aus der Erdgasverstromung bis 2035 an und der Ausstieg aus der Kohleverstromung muss für den Klimaschutz gelingen. Zur Erreichung einer nachhaltigen und treibhausgasneutralen Transformation der Stromversorgung werden ein beschleunigter Ausbau erneuerbarer Energien, ein entsprechender Ausbau der Stromnetze und die systemdienliche, flexible Integration neuer Verbraucher notwendig werden. Dafür bedarf es verschiedener Analysen des Stromsystems auf Basis von Strommarktmodellierungen und Versorgungssicherheitsrechnungen. Darauf basierend sind Strategien und Leitplanken für die Transformation des Stromsystems insbesondere nach 2030, Leitplanken für eine sichere und stabile Stromversorgung sowie die übergreifende Kohärenz von Instrumenten im Strombereich zu entwickeln.

► Umgang mit Flächenkonkurrenzen beim Ausbau von Wind- und Solarenergie

Wesentliche Voraussetzung für den Ausbau von Wind- und Solarenergie ist ausreichend nutzbare Fläche. Hier setzen wir unsere bisherigen Forschungsarbeiten zur Flächenverfügbarkeit der Windenergie an Land fort und weiten diese auf die Offshore-Windenergie sowie Photovoltaik-Freiflächenanlagen und der Mehrfachnutzung von Flächen aus. Infolge der auf EU-Ebene beschlossenen Beschleunigung der Genehmigungsverfahren ergibt sich neuer Forschungsbedarf zur Nutzbarkeit und Genehmigungsfähigkeit von Flächen an Land. Zur Vorlaufforschung zählt ein Forschungsvorhaben zu schwimmenden Fundamenten von Offshore-Windenergieanlagen, in dessen Rahmen auch eine Bedarfs- und Wirtschaftlichkeitsanalyse erstellt werden.

► Ausbau von Herkunftsnachweisregistern für das Energiesystem der Zukunft

Des Weiteren sind Herkunftsnachweisregister mit Blick auf die Transformation des Energiesystems aufzubauen, zu optimieren und weiterzuentwickeln. Als Vollzugsbehörde erforschen wir Effekte der Herkunftsnachweise für Strom auf den Strommarkt. Ein weiterer wichtiger Schwerpunkt sind die künftigen Herkunftsnachweise aus Gas, Wasserstoff, Wärme/Kälte mit Blick auf rechtlicher, prozessualer und technischer Umsetzung.

Bei den internen Forschungsschwerpunkten handelt es sich um haushaltsfinanzierte Eigenforschung. Für die Erreichung der gesetzlichen Ziele ist ein Monitoring erforderlich, das gleichermaßen der Politikberatung und der Erfüllung von Berichtspflichten dient. Wir entwickeln Methoden zur Energieberichterstattung und bearbeiten ergebnisgebundene Forschungsaufgaben zu verschiedenen Aspekten der Berichterstattung. Des Weiteren bauten wir einen Windatlas, der als Datensatz langjährige, konsistente Zeitreihen von Wetterdaten der vergangenen Jahre in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung für ganz Deutschland enthält, auf. In Verbindung mit dem Flächenmonitoring für Windenergie an Land können wir eigene Analysen zu verschiedenen Fragestellungen durchführen.

2.2.8.2 Forschungs-/Netzwerke und Wissenstransfer

Mit unseren Forschungserkenntnissen und unserer Expertise beraten wir Bundesministerien wie BMWK und BMUV, Fachbehörden und sind im Austausch mit wissenschaftlichen Einrichtungen, Interessenverbänden, NGO, Bundesländer, Kommunen und der Öffentlichkeit. Wir arbeiten in nationalen, europäischen und internationalen Netzwerken aktiv mit und setzen uns in entsprechenden Gremien für ambitionierte Rahmenseetzungen, Gesetzgebung und Umsetzung ein. Eine herauszustellende Kooperation stellt die ressortübergreifende Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) dar, in der gemeinsam mit Ministerien, Behörden und Forschungseinrichtungen Statistiken und Daten der erneuerbaren Energien zusammengestellt und

abgestimmt werden. Zur Verbesserung der Datenbasis und wissenschaftlichen Berechnungsmethoden werden im Rahmen der AGEE-Stat verschiedene Forschungsarbeiten und Fachgespräche durchgeführt. Seit 2016 ist das UBA mit der Leitung und Koordinierung der AGEE-Stat beauftragt, die Geschäftsstelle ist im UBA Fachgebiet V 1.5 angesiedelt.

2.2.8.3 Angestrebte Produkte

Zu den Ergebnissen der Forschungsvorhaben zählen die Erarbeitung von Szenarien, Modellierungen, Handlungsanleitungen, Berichten, Vorschlägen zu konkreten Maßnahmen und Instrumenten sowie Handlungsempfehlungen zu den oben genannten Themenfeldern. Unsere Politikberatung erfolgt stets faktenbasiert, wissenschaftlich unterlegt, qualitätsgesichert, adressaten- und zeitgerecht. Unsere Kettenkompetenz von der Datenbereitstellung und -analyse über die Ableitung von Prognosen und Szenarien bis hin zu konkreten Umsetzungsvorschlägen in Maßnahmen und Instrumente ist unser Alleinstellungsmerkmal in der Politikberatung.

2.2.9 Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels



Um den Umgang mit dem unvermeidbaren Klimawandel durch neues Wissen stetig zu verbessern und die Anpassungspolitik in Deutschland kontinuierlich zu unterstützen, ist es zentral, die Auswirkungen von Klimawandel und -schäden zu monitoren, zukünftige Klimarisiken und Handlungsbedarfe zu bewerten sowie Handlungsmöglichkeiten, (transformative) Maßnahmen und Instrumente umfassend zu analysieren und durch partizipative Prozesse zu begleiten.

Der Klimawandel und seine Auswirkungen sind global, aber auch in Deutschland nicht mehr zu übersehen, die Folgen werden künftig noch stärker zu spüren sein. Damit werden auch die Schäden durch den Klimawandel steigen. Mit steigenden Treibhausgasemissionen nimmt die Gefahr zu, dass Grenzen der Anpassung erreicht oder überschritten werden könnten. Bund und Länder verabschiedeten Politiken und Maßnahmen (Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) 2008 und Fortschrittsberichte 2015, 2020, Aktionsplan Anpassung 2011, 2015, 2020), die der Anpassung an den Klimawandel dienen. Klimaanpassung in Deutschland ist mittlerweile ein eigenständiges Politikfeld und verfolgt einen integralen, Handlungsfelder übergreifenden Ansatz bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Verantwortlichkeiten der Ressorts. Hierbei hat das „mainstreaming“ eine besondere Bedeutung: staatliche und nicht-staatliche Akteure sollen die Folgen des Klimawandels systematisch in Planungen und Entscheidungen berücksichtigen. Notwendig sind daher anwendungsorientierte Forschungen auf verschiedenen Ebenen: 1) Entwicklung eines gesetzlichen und strategischen Rahmens einer vorsorgenden Anpassungsstrategie (DAS 2.0), in der messbare sektorale und sektorenübergreifende Ziele mit wirksamen Maßnahmen und Indikatoren festgelegt werden sollen, 2) Forschungen, um Handlungsfelder übergreifend die wissenschaftliche Basis für die Umsetzung und Weiterentwicklung des DAS-Prozesses kontinuierlich zu sichern, u. a.: Klimawirkungs- und Risikoanalyse des Bundes, Identifizierung von wirksamen, einschließlich transformativen Maßnahmen und Instrumenten zur Erstellung von Aktionsplänen Anpassung, ökonomische und sozial-ökologische Analyse und wissenschaftliche Bewertung von Maßnahmen- und Instrumentenkombinationen, Monitoring- und Evaluationsberichte zur DAS, Anpassung von Normen im Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels, Weiterentwicklung Klimavorsorgeportal (KLiVO Portal) / KlimAdapt, Verstärkung von Beteiligungsprozessen, 3) Detaillierte Analysen in einzelnen Handlungsfeldern beispielsweise zu vergangenen und zukünftig möglichen Auswirkungen des Klimawandels, um spezifische Klimarisiken aufzuzeigen, konkrete vorsorgeorientierte Maßnahmen und Instrumente abzuleiten und deren Wirksamkeit zu überprüfen (siehe beispielsweise 2.2.2, 2.2.4, 2.2.15).

2.2.9.1 Aktuelle und künftige Fragestellungen

- Welche Handlungsmöglichkeiten bestehen bei starkem Klimawandel und Extremereignissen und lassen sich Szenarien-gestützt ableiten?

Szenarien eines starken Wandels und damit erhöhter Schadensrisiken bilden die Planungsbasis für die Klimawandelanpassung in einer Welt, in der Emissionen weiter ansteigen [VF, EF]. Diese umfassen Klimarisiken und abgeleitete Handlungserfordernisse für die 15 Handlungsfelder der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel [VF, EF]²⁰. In der aktuellen Klimarisikoanalyse des Bundes, die in Zusammenarbeit von 25 Bundesbehörden aus 9 Ressorts durchgeführt wurde, wurden 31 Klimawirkungen mit sehr dringendem Handlungsbedarf identifiziert. Dies ist ein Ansatzpunkt für die ressortübergreifende Forschung, um notwendige und wirksame Maßnahmen und Instrumente zu identifizieren. Forschungsgegenstand muss auch sein, wie Planung mit Prognoseunsicherheit umzugehen hat (no und low regret-Strategien). So liegen für die Bewertung vieler Klimarisiken und die Entwicklung von Maßnahmen derzeit noch nicht ausreichend gute Daten und Modelle vor, beispielsweise zeitnahe Morbiditäts- und Mortalitätsdaten mit hoher Auflösung einschließlich von physiologisch relevanten Wetterdaten und Luftqualitätsdaten [EF]. Auch die Veränderung des Vorkommens von biologischen Vektoren, die Krankheiten übertragen können (zum Beispiel Zecken, Mücken, Nagetiere), muss beobachtet und mit Klimaereignissen korreliert werden [EF]. Vor dem Hintergrund einer klimagerechten Anpassungspolitik sollen die Handlungsbedingungen und -möglichkeiten insbesondere für vulnerable und sozial benachteiligte Gruppen empirisch analysiert und entsprechende Politikempfehlungen erstellt werden.

- Wie wirken Maßnahmen und Instrumente der Klimaanpassung sowie Kombinationen von Politikinstrumenten (Policy Mixes)?

Der Bund beschloss in den Aktionsplänen zur Deutschen Anpassungsstrategie und zur Nationalen Wasserstrategie zahlreiche Maßnahmen und Instrumente zur Klimawandelanpassung. Wir entwickeln integrierte Verfahren zur Bewertung von Maßnahmen und Instrumenten sowie deren Kombinationen. Diese Methoden werden genutzt, um 1) Maßnahmen und Instrumente in einzelnen Sektorpolitiken zu identifizieren und in ihren Wirkungen abzuschätzen; und 2) Instrumente Politikfeld übergreifend integriert analysieren und bewerten und ihr sozial-ökologisches Transformationspotenzial abschätzen zu können.

Die Auswahl von sektorspezifischen Instrumenten sollte wissenschaftlich begründet und ihre Wirkungen und trade offs bewertet werden, um die Umsetzungschancen von politikfeldübergreifenden Policy mixes zu erhöhen und Maladaptation zu verhindern. Kriterien für die Bewertung von Policy mixes wie Effektivität, Flexibilität, Effizienz sollten im Sinne einer integrierten und erweiterten Betrachtung zu einem Nachhaltigkeits- und Transformationspotenzial-Check erweitert und für Entscheidungssituationen anwendungsorientiert entwickelt werden [EF]. Für einen umfassenden Schutz der Gesellschaft gegenüber Klimafolgen sollten Rechtsvorschriften und Normen darauf überprüft werden, ob sie ausreichende Vorgaben zur Anpassung an den Klimawandel enthalten. Dies gilt insbesondere für die Genehmigung von Vorhaben, die Aufstellung von Plänen und Programmen und zum Schutz der Umweltgüter [EF, IF]. Die Raumplanung sollte daraufhin überprüft werden, ob sie die nötigen Anstöße zur Berücksichtigung von Anpassungserfordernissen gibt [EF]. Forschungsbedarf besteht darin, wie Maßnahmen und Instrumente optimal kombiniert werden können, um eine resiliente Entwicklung von Siedlungen, Infrastrukturi-

²⁰ Siehe dazu die Darstellungen in den Themenfeldern 2.2.1 „Luftreinhaltung“, 2.2.4 „Umwelt und Gesundheit“, 2.2.6 „Klimaschutz sektoral“, 2.2.11 „Umweltfreundliche Technologien“, 2.2.12 „Umwelt und Wirtschaft“, 2.2.15 „Urbaner Umweltschutz/ Nachhaltiges Flächenmanagement/ Nachhaltiges Bauen“.

ren und Umweltmedien in vertretbarer Zeit zu tragbaren Kosten und unter Berücksichtigung sozialer, kultureller, gesundheitlicher und ökologischer Belange zu bewerkstelligen [EF]. So sind zum Beispiel in der Nationalen Wasserstrategie identifizierte Handlungsfelder mit Forschung und Vorschlägen zu konkreten Umsetzungsmaßnahmen zu hinterlegen und Synergien mit Vorhaben zum natürlichen Klimaschutz zu identifizieren und auszugestalten. Zudem sind Gewässerbewertungssysteme zur Überprüfung der Wirksamkeit von Maßnahmen unter den Bedingungen des Klimawandels mit Blick auf verschiedene Schutzziele zu evaluieren und gegebenenfalls weiterzuentwickeln [EF]. Industrieanlagen können durch den Klimawandel zur Gefahrenquelle werden: Berücksichtigen technische Regeln zur Anlagensicherheit den Klimawandel, und sind Anpassungen im Fachrecht erforderlich, um ausreichenden Schutz zu bieten? Im Handlungsfeld menschliche Gesundheit sind Instrumente neben den staatlichen Ebenen auch auf Individuen (Verhaltenstipps oder Informationskampagnen) und auf die Gesundheitsinfrastruktur allgemein auszurichten [EF].

► Wie ist die Governance der Klimaanpassung im Mehrebenensystem zu gestalten?

Klimaanpassungsmaßnahmen müssen möglichst präzise auf die örtlich und regional sehr heterogenen Auswirkungen des Klimawandels ausgerichtet werden. Wir arbeiten eng mit Landesbehörden zusammen und unterstützen Akteure der Klimaanpassung zum Beispiel durch wissenschaftlich basierte Klimaanpassungsdienste oder durch Förderung gegenseitigen Lernens im kommunalen Bereich sowie mit Leitfäden für die kommunale Planungspraxis [EF]. In der Wasserwirtschaft / Gewässerschutz müssen Akteure für den Umgang mit Wassernutzungskonkurrenzen besser vorbereitet werden. Forschungsbedarf besteht vor allem darin, wie ein Vorteils-Nachteils-Ausgleich bewerkstelligt werden kann, wenn nachteilige Maßnahmen oder der Verzicht auf Entwicklung im Interesse der Allgemeinheit oder anderer Betroffener geduldet werden müssen. Um beurteilen zu können, ob und wie gesundheitliche und gesundheitsbezogene Anpassungsmaßnahmen in den Kommunen, Gemeinden und Ländern umgesetzt werden, sollten bestehende Empfehlungen sowie deren Umsetzungsmöglichkeiten analysiert, evaluiert und weiterentwickelt werden [EF].

► Wie lassen sich (Fach-)Politiken und Anpassungspolitik, auch international, integrieren?

Aus unserer Sicht sollte v. a. unter Bedingungen eines starken Klimawandels konkreter analysiert werden, wie Politiken mit Bezug zu Klimaanpassung besser miteinander verzahnt werden können, zum Beispiel durch Querschnittsforschung zwischen klimaverträglicher und klimaangepasster Stadtentwicklung, Gestaltungsforschung zu Infrastrukturen und Katastrophenvorsorge. Diese Verzahnung ist auf verschiedenen Ebenen (Bund, Länder, Kommunen) im Ansatz initiiert. Vor diesem Hintergrund sollte analysiert werden, mit welchen Argumenten der internationale und europäische Diskurs zur Politikintegration, beispielsweise zu den globalen Nachhaltigkeitszielen (SDGs) oder dem Sendai Rahmenwerk, geführt wird und welche Schlussfolgerungen für die Weiterentwicklung der Anpassungspolitik in Deutschland zu ziehen sind.

2.2.9.2 Forschungs-/Netzwerke und Wissenstransfer

Wir kooperieren in der Anpassungsforschung in Netzwerken mit anderen Bundes- und Länderbehörden (vor allem als Leitung des Behördennetzwerks Klimawandel und Anpassung sowie des Bund-Länder-Fachgesprächs Klimafolgen und Anpassung), und mit Forschungsförderern (BMBF, DFG, Stiftungen wie Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Volkswagen-Stiftung) sowie als Projektpartner im Querschnittsprojekt WIRKSAM der BMBF Fördermaßnahme RegIKlim. Wir sind auch in internationalen Gremien und Netzwerken vertreten, wie in der Steuerungsgruppe der OECD Task Force on Climate Change Adaptation, im IPCC WG Impacts, Adaptation, and Vulnerability sowie im Future Earth Emerging Knowledge Action Network „Societal Resilience and

Extremes“. Auf europäischer Ebene agiert das UBA als Co-Leitung der Interest Group „Climate Change and Adaptation“ des EPA Netzwerks sowie im ETC Sustainability Trends, Prospects and Responses (EIONET) und in direktem Kontakt zur Europäischen Kommission.

2.2.9.3 Angestrebte Produkte

Durch wissenschaftliche Analysen legen wir die Grundlage für die Weiterentwicklung und Implementierung der Klimaanpassungspolitik in Deutschland:

- Hierfür werden vergangene Klimawirkungen und künftige Klimarisiken analysiert und fachlich bewertet.
- Wir erarbeiten Vorschläge für Maßnahmen und Instrumente (Policy Mix) und Methoden der ex-post und ex-ante Prüfung zur Wirksamkeit.
- Wir entwickeln Methoden und Indikatoren und setzen diese beispielsweise zur Evaluation der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel-Prozesses um.
- Wir sondieren Themen mit künftig hoher politischer Relevanz, zum Beispiel Umriss einer klimaresilienten und nachhaltigen Gesellschaft.

2.2.10 Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft

Wie kann die Umsetzung der Ressourcenpolitik mit adäquaten Zielen, Instrumenten, Bewertungsansätzen und Indikatoren gestärkt werden?

Wie können Stoffkreisläufe ressourcenschonend, qualitätsgerecht und schadstoffarm geschlossen werden?

Welche Synergien zu anderen Politikfeldern gibt es, wie können sie genutzt werden?

Wie wirken sich Krisen auf die Kreislauf- und Abfallwirtschaft aus und wie können diese Wirtschaftszweige helfen, Krisen zu begegnen?

Die nicht nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen ist die Hauptursache für die dreifache planetare Krise. Eine nachhaltigere Ressourcennutzung in Deutschland, Europa und der Welt ist daher von entscheidender Bedeutung, um Klimawandel, Biodiversitätsverlust und Umweltverschmutzung zu bekämpfen. Dazu gehören die Reduzierung der Rohstoffgewinnung sowie die Stärkung der Kreislaufwirtschaft bei gleichzeitiger Verringerung der bewegten Masse an Materialien. In Krisenzeiten (Lockdown in ressourcenreichen Staaten wie China wegen SARS-CoV-2, Krieg in der Ukraine) zeigt sich, dass eine nachhaltige Ressourcennutzung, Vermeidung von Abfällen und Verschwendung – neben den positiven Effekten für Mensch und Umwelt – stabilisierend auf Wirtschaft und Gesellschaft wirken. Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft haben auch sicherheitspolitische Aspekte.

Zur Verbesserung der aktuellen Situation in Deutschland und der EU bedarf es unter anderem eines Denkens in Stoffströmen aus der Lebenszyklusperspektive unter Einbeziehung der gesamten, oft globalen Wertschöpfungskette von der Rohstoffgewinnung über die Produktgestaltung und Produktion bis hin zur Kreislaufschließung werthaltiger Abfallströme. Unter anderem mit der nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS) und der nationalen Biomassestrategie, die beide 2023/2024 entwickelt werden, und der Bioökonomiestrategie zeigt die Bundesregierung, dass die Themen nachhaltige Ressourcennutzung/Abfallvermeidung/Kreislaufwirtschaft auf der politischen Agenda stehen. Unsere Forschung unterstützt diese Arbeiten wie auch die Weiterentwicklung der Ressourcenschonungs- und Kreislaufwirtschaftspolitik entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Neben diesen politisch-praktischen Agenden braucht es Forschung, die darüber hinaus geht und Wege für eine ausnahmslose zirkuläre Wirtschaft in 2040 und 2050 aufzeigt.

Gänzlich lässt sich der Einsatz von Primärmaterialien auch künftig nicht vermeiden, da viele Recyclingkreisläufe an Grenzen stoßen (keine unendliche Kreislaufführung), dissipative Emissionen den Kreislauf verkleinern oder das Recycling bestimmter Materialien beispielsweise wegen zu hohen Energieaufwandes nicht nachhaltig ist. Hier sind Ressourcen umwelt- und menschenrechtsschonend sowie sozial gerecht zu gewinnen und in der Lieferkette zusammen mit eindeutigen, transparenten Informationen weiterzugeben. Forschung ist nötig zu geeigneten Rahmenbedingungen für Rezyklate, beispielsweise mit Blick auf Normung und die Entwicklung von Märkten.

Forschungslücken sehen wir bei der Bereitstellung geeigneter Indikatoren- und Zielsysteme für eine nachhaltige Ressourcennutzung und für eine funktionierende Kreislaufwirtschaft und die Ausgestaltung von kombinierten und integrierten Handlungsansätzen (Policy Mix), so dass ein

optimales Zusammenwirken gewährleistet wird und unerwünschte Effekte minimiert werden. Eine weitere Herausforderung ist die adäquate Verzahnung mit anderen Politikfeldern wie dem Klimaschutz und der Erhaltung der Biodiversität.

2.2.10.1 Aktuelle/künftige Fragestellungen

- Wie kann die Umsetzung der Ressourcenpolitik mit adäquaten Zielen, Instrumenten, Bewertungsansätzen und Indikatoren gestärkt werden?

Die Diversität natürlicher Ressourcen und ihre Interdependenzen erfordern multifaktorielle Bewertungsansätze. Wir arbeiten daher an der Weiterentwicklung des Ressourcenschutzkonzepts, um die Ziele für die Ressourcenschutzpolitik zu konkretisieren [IF, EF]. Dabei sind sozioökonomische, intra- und intergenerationelle sowie interregionale Verfügbarkeitsfragen und Verteilungskonflikte zu berücksichtigen. Wir entwickeln Indikatoren und Bewertungsmetriken [IF], um Ressourceneffizienz- und Ressourcenschonungspotenziale zu identifizieren, und erarbeiten Datengrundlagen, die wir öffentlich zugänglich machen [IF, EF].

Für die Gestaltung der Ressourcenpolitik betrachten wir die gesamte Wertschöpfungskette sowie die ressourcenrelevanten Infrastrukturen. Wir untersuchen mit Stoffflussanalysen und Szenariotechniken den industriellen Metabolismus, um effektive Strategien und Maßnahmen zur nachhaltigen Rohstoffgewinnung, der Umsetzung von Vermeidungsstrategien und Substitutionstechnologien, der Etablierung von hochwertigem Recycling und der Schließung von Stoffkreisläufen sowie der Steigerung der Materialeffizienz zu entwickeln [IF, EF, VF]. Wir erforschen, wie die jeweiligen Ziele, Handlungserfordernisse, Zielgruppen und Politikebenen zu adressieren und Politikansätze zu einem konsistenten Policy Mix zusammenzuführen sind [IF, EF]. Bei der rechtlichen Ausgestaltung ressourcenpolitischer Ansätze haben wir sowohl Völker-, als auch EU- und Bundesrecht im Blick [IF].

- Wie können Stoffkreisläufe ressourcenschonend, qualitätsgerecht und schadstoffarm geschlossen werden?

Wir entwickeln Konzepte, Methoden und Indikatoren, die die Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft hin zu einer kreislauforientierten Wirtschaft im Sinne des EU-Kreislaufwirtschaftsaktionsplans von 2020 unterstützen. Dazu gehören unter anderem Methoden zur Charakterisierung von Materialien hinsichtlich ihrer Umweltrelevanz und Verfügbarkeit und ein Berichtswesen. Eine Bewirtschaftung des anthropogenen Lagers (Urban Mining) sollte etabliert und in einer langfristigen Urban-Mining-Strategie gebündelt werden. Unter Zugrundelegung der fünfstufigen Abfallhierarchie ist es notwendig, die Maßnahmen und Instrumente zur Vermeidung von Abfällen sowie der Vorbereitung zur Wiederverwendung durch Identifizieren und Erschließen produktgruppen- beziehungsweise abfallstromspezifischer Potenziale weiter zu stärken sowie die Implementierung und Fortentwicklung des Abfallvermeidungsprogramms (AVP) einschließlich geeigneter Vermeidungsindikatoren zu forcieren. Im Rahmen eines intelligenten Stoffstrommanagements wollen wir die getrennte Erfassung sowie hochwertige Recyclingprozesse verbessern und die weitere Verwertung ressourcenschonend ausbauen. Dafür ist es notwendig, Potenziale zur Sekundärrohstoffgewinnung und den Einsatz von Rezyklaten zu identifizieren, Strategien zu deren Erschließung und gegebenenfalls Identifikation und Ausschleusung von Schadstoffen sowie Maßnahmen und Instrumente zur Umsetzung zu erarbeiten. Schadstoffe in Produkten und Abfällen sind frühzeitig zu erkennen und mit geeigneten Maßnahmen zu vermeiden beziehungsweise auszuschleusen. Eine wissenschaftsbasierte Früherkennung und sowohl technische als auch organisatorische Anpassungen sind erforderlich, um auf zeitlich und stofflich variierende Wert- und Schadstoffgehalte im Abfallstrom reagieren zu können. Techniken zur Stoff-

rückgewinnung wollen wir weiterentwickeln, um aus Verwertungsrückständen, wie Verbrennungsaschen Wertstoffe wie Nicht-Eisen-Metalle und Phosphor zurückzugewinnen. Da der Bergbau aufgrund von Wachstumseffekten mittelfristig auch in einer Kreislaufwirtschaft eine bedeutende Rohstoffquelle bleiben wird, entwickeln wir Politikansätze (zum Beispiel zu Sorgfaltspflichten und Transparenz in Rohstofflieferketten) für eine nachhaltigere Rohstoffbeschaffung aus primären Quellen.

► Welche Synergien zu anderen Politikfeldern gibt es, wie können sie genutzt werden?

Zirkularität ist eine der größten Herausforderungen für die Treibhausgasneutralität. Der Ausbau des erneuerbaren Energiesystems ist sehr ressourcen- und materialintensiv. Das Zusammenbringen von Ressourcen- und Klimaschutzpolitik muss Schwerpunkt im Rahmen der Forschungen zur ressourcenschonenden Transformation zur Treibhausgasneutralität der Wirtschaft und Gesellschaft werden [IF, EF]. Daneben gibt es auch starke Verknüpfungen der Ressourcenschonung/Abfallvermeidung/Kreislaufwirtschaft mit den Themen Erhalt der Biodiversität, Mobilität, Produktgestaltung, Chemikalien, Gesundheit und Stadtentwicklungspolitik, die wir nutzen wollen. Der European Green Deal bietet hier eine starke Klammer um diese Politikbereiche. Von Bedeutung sind Anknüpfungspunkte zur Digitalisierung mit den Fragen, wie eine notwendige Dematerialisierung der Digitalisierung gelingen kann und wie Digitalisierung für die Weiterentwicklung der Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft genutzt werden kann.

► Wie wirken sich Krisen auf die Kreislauf- und Abfallwirtschaft aus und wie können diese Wirtschaftszweige helfen, Krisen zu begegnen?

Die Abfallentsorgung als Teil der Daseinsvorsorge und kritischen Infrastruktur trägt maßgeblich zur Entsorgungssicherheit bei und ist in Krisensituationen (zum Beispiel Seuchenereignisse wie Corona-Pandemie, Naturkatastrophen (zum Beispiel Hochwasser Ahrtal), Versorgungsengpässe infolge Ukraine-Krieg) besonderen Herausforderungen ausgesetzt, die insbesondere einen sicheren Betrieb von Behandlungsanlagen erfordern. Hiervon sind unter anderem Anlagen zur thermischen, biologischen und mechanisch-biologischen Abfallbehandlung betroffen, die – auch vor dem Hintergrund ihres nicht unerheblichen Beitrags zur Strom- und Wärmeversorgung – über eine ausreichende Anpassungsfähigkeit (Resilienz) an die jeweilige Krisensituation, zum Beispiel an sich ändernde Versorgungslagen mit notwendigen Energieträgern und Betriebsmitteln oder bei Cyberangriffen, verfügen müssen. Es müssen hierfür Maßnahmen und Instrumente zur Verbesserung der erforderlichen Infrastrukturen und IT-Sicherheit (Kritische Infrastrukturverordnung, Kritische Infrastruktur-Dachgesetz) sowie für ein „vorausschauendes“ Handeln (zum Beispiel Aufbau alternativer Lieferketten) entwickelt werden.

2.2.10.2 Forschungs-/Netzwerke und Wissenstransfer

Wir beraten mit unserer Forschung Ministerien und Behörden auf Bundes- und Landesebene (zum Beispiel RKI und Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik). Wir entwickeln Strategien mit Schwesterbehörden in Europa, zum Beispiel in Interest Groups (IG) des EPA-Netzwerkes (IG Green and Circular Economy, IG Plastics), IMPEL (European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law). Wir kooperieren und forschen in Drittmittelprojekten, beispielsweise im ETC „Circular Economy and Resource Use“, mit Universitäten und Instituten (Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, TU Dresden), mit Abfallwirtschaftsverbänden, Akteuren der Runden Tische im Rahmen der Erstellung der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie.

2.2.10.3 Angestrebte Produkte

- Politikempfehlungen zur Fortentwicklung der Ressourcenpolitiken auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene (zum Beispiel im Kontext von G7, G20, International Resource Panel, UN Environmental Programme)
- Erarbeitung von Politikempfehlungen zur Umsetzung der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie, der Bioökonomiestrategie, der Biomassestrategie, zur Fortentwicklung des Abfallvermeidungsprogramms (AVP) und gegebenenfalls zur Weiterentwicklung von ProgRes III sowie Betrachtung einzelner Umweltpolitiken im Sinne von Nexus-Ansätzen
- Vorschläge zur Weiterentwicklung des Bundes-(Fachplanungs-)rechts (beispielsweise für ein Stammgesetz zum Schutz der natürlichen Ressourcen) sowie völkerrechtlicher Instrumente zur Steigerung der Ressourceneffizienz und zum umweltschonenderen Rohstoffabbau
- Erarbeitung einer langfristigen Urban-Mining-Strategie inkl. Bewertungsschemata für urbane Minen, digitale Kataster, Gebäude- und Güterpässe zur Stärkung der Wissensbasis und Entwicklung von Politiken
- Erarbeitung von Konzepten zur transparenten Informationsbereitstellung zu eingesetzten Chemikalien, Substitution umwelt- und gesundheitsschädlicher Chemikalien über die gesamte Wertschöpfungskette und Ausschleusung aus den Recyclingströmen
- Weiterentwicklung von Sammel- und Sortierungssystemen zur Mengen- und gleichzeitiger Qualitätssteigerung getrennt erfasster Abfälle einschließlich neuer Materialien (zum Beispiel carbon- und glasfaserverstärkter Kunststoff) und Vorschläge zur Weiterentwicklung von Konzepten und Techniken (etwa Deponierückbau, Aufarbeitung von Verbrennungsrückständen) zum Ausbau der Sekundärrohstoffgewinnung
- Weiterentwicklung der Produktverantwortung insbesondere durch konzeptionelle Optimierung für einzelne Abfallströme und das Aufgreifen neuer Stoffströme
- Instrumente zur Stärkung der Nachfrage nach Sekundärrohstoffen und Rezyklaten (etwa Kunststoffe, Baumaterialien, Textilien, Phosphor aus Klärschlämmen)
- Ausarbeitung eines Ressourcen-Indikatoren- und Monitoringsystems inkl. Vorschlägen zu Zielen bis 2030 sowie Entwicklung von Indikatoren zur verbesserten Beschreibung von Entwicklungen der Kreislaufwirtschaft (zum Beispiel Charakterisierung von Materialien hinsichtlich ihrer Umweltrelevanz und Verfügbarkeit).

2.2.11 Umweltfreundliche Technologien

Den „Stand der Technik“ in Industrie und Kommunen national und international definieren und weiterentwickeln.

Wie können umweltfreundliche Technologien weiterentwickelt und ihr Einsatz in den Branchen gestärkt werden?

Welche Untersuchungs- und Überwachungsverfahren für die verschiedenen Umweltmedien sind zur Sicherstellung einer effektiven Genehmigungs- und Überwachungspraxis verfügbar oder müssen entwickelt werden?

Wie können erfolgreiche Techniken und Lösungen auf andere gesellschaftliche und technische Rahmenbedingungen, etwa in Schwellen- und Entwicklungsländern übertragen werden?

Deutschland ist ein wichtiger Industriestandort. Durch Erfindergeist und hohe Anforderungen an den Umweltschutzstandard entwickelt die deutsche Industrie fortschrittliche Technologien, wie GreenTech, und setzt sie ein. Auch in den Bereichen der technikgestützten Daseinsvorsorge, der Abfall- und Abwasserwirtschaft, kommen umweltfreundliche Technologien zum Einsatz und verbessern so seit Jahrzehnten die Umweltleistung und verringern die weiterhin vorhandenen Umweltwirkungen. Umweltfreundliche Technologien umfassen Techniken und Betriebsweisen innerhalb der Produktion oder innerhalb von – meist kommunalen – Infrastrukturen der Daseinsvorsorge, die dazu beitragen, mögliche negative Wirkungen auf die Umwelt zu vermeiden oder zu vermindern. Um Techniken und ihre Anwendung zu verbessern, bedarf es Forschung insbesondere zur Konzeptionierung und Umsetzung regulatorischer (zum Beispiel ordnungsrechtliche Festlegung des Standes der Technik) und politischer Maßnahmen (etwa Entwicklung gezielter Förderprogramme zur Praxiseinführung innovativer Techniken).

Etabliert hat sich inzwischen die regelmäßige EU-weite Festlegung des aktuellen Standes der Technik als durch alle Industriebranchen und sonstigen betroffenen Infrastrukturen, einschließlich der Abfall- und Abwasserwirtschaft, zu erreichender Standard. Wir beteiligen uns mit unserer Forschungstätigkeit und unserer Rolle als nationale Koordinierungsstelle maßgeblich an den Prozessen.

Neben dieser schrittweisen Verbesserung der Umweltleistung befindet sich Deutschland auf dem Weg einer industriellen Transformation. Die aus Klimaschutzgründen und durch das Übereinkommen von Paris geforderte drastische Senkung der Treibhausgasemissionen in den Sektoren Industrie und Abfallwirtschaft und sonstige nach dem Bundes-Klimaschutzgesetz bei gleichzeitiger nachhaltiger Nutzung der Ressourcen und die Lösung weiterer wichtiger Umweltprobleme, beispielsweise Schadstoffemissionen und Flächenverbrauch, erfordern den Einsatz völlig neuer, heute zum Teil noch nicht vorhandener oder noch nicht wirtschaftlicher Technologien. Die Rolle des Ermöglichs dieser Transformation kann die Digitalisierung als querschnittsbezogene Entwicklung übernehmen. Auch werden künftig Energieerzeugungs- und Energieeffizienzfragen bei der Abfall- und kommunalen Abwasserentsorgung erheblich an Bedeutung gewinnen.

In Schwellen- und Entwicklungsländern können die Bedingungen für anlagenbezogenen Umweltschutz oft sehr unterschiedlich sein. Daher ist für eine Entwicklung von länder- oder regionsspezifischen Konzepten und für einen nachhaltigen Umwelttechnologietransfer eine gezielte Auseinandersetzung mit regions-, kultur- und entwicklungsspezifischen Fragestellungen im Hinblick auf die tatsächliche Übertragbarkeit bestimmter Konzepte und Technologien erforderlich.

Auch im Störfälle sollen möglichst keine negativen Umweltwirkungen entstehen. Gerade neue Technologien, beispielsweise im Rahmen der Energiewende, sind hinsichtlich ihrer Anfälligkeit für Störfälle und hinsichtlich ihres Verhaltens bei Eintritt eines Störfalles zum Teil noch nicht erforscht. Hier bedarf es Leitplanken, um die Vorteile der neuen Technologien zu nutzen und gleichzeitig die Umwelt hinreichend zu schützen.

2.2.11.1 Aktuelle/künftige Fragestellungen:

- Wie können umweltfreundliche Technologien weiterentwickelt und ihr Einsatz in den Branchen gestärkt werden?

Wir untersuchen, welche Techniken in den Bereichen Produktion, Anlagensicherheit, Abfall- und Abwasserbehandlung und im medienübergreifenden Umweltschutz in Branchen angewandt werden. Dazu dient auch die Begleitung konkreter Projekte im Rahmen der Förderprogramme „Umweltinnovationsprogramm“ (UIP) und „Dekarbonisierung der Industrie“ (DDI), aus denen wir für die Branche lernen. Zudem prüfen wir, welche neuartigen Techniken anwendungsreif sind beziehungsweise kurz vor der Markteinführung und -durchdringung stehen beziehungsweise welche Gründe diese blockieren. Wir identifizieren den „Stand der Technik“ und die Wirkungen der Digitalisierung und erforschen, welche Minderungsziele bezüglich Emissionen und Ressourceninanspruchnahme damit zu erreichen sind. Ein Schwerpunkt dabei sind die Techniken zur Abwasserbehandlung im kommunalen Bereich, zu denen wir eigene experimentelle Untersuchungen durchführen [IF], [EF]. Zudem untersuchen wir, ob und unter welchen Voraussetzungen Umweltschutztechniken, die in einer Branche erfolgreich angewandt werden, auf andere Branchen technisch und wirtschaftlich übertragbar sind. Zur Erhöhung der Wirksamkeit des UIP zur Markteinführung neuer Technologien konzipieren und begleiten wir gezielte UIP-Förderschwerpunkte [IF], [EF]. Zudem prüfen wir Instrumente zur Marktdurchdringung nachhaltiger Techniken, Verfahren und Produkte [IF].

- Welche Untersuchungs- und Überwachungsverfahren für die verschiedenen Umweltmedien sind zur Sicherstellung einer effektiven Genehmigungs- und Überwachungspraxis verfügbar oder müssen entwickelt werden?

Hierbei werden einerseits neue Untersuchungsparameter entwickelt und validiert oder existierende Verfahren mit bislang anderem Anwendungsschwerpunkt auf ihre Eignung untersucht. Diese Fragestellungen werden, insbesondere im Abwasserbereich, neben externer Forschung durch experimentelle Eigenforschung, einschließlich der Beteiligung an nationalen oder internationalen Drittmittelprojekten bearbeitet [IF, EF].

Kasten 10: Pandemieradar - Nutzung von Abwasserdaten für Trend- und epidemiologische Analysen auf Landes- und Bundesebene (Laufzeit 2022–2024)

Verschiedene Krankheitserreger lassen sich im Abwasser nachweisen und überwachen. SARS-CoV-2 Genfragmente und andere gelangen ins Abwasser und können mittels molekularbiologischer Methoden nachgewiesen werden. Die im Abwasser erhobenen Daten können Rückschlüsse auf den Trend der Infektionsdynamik erlauben.

Der Nachweis von Krankheitserregern mittels Polymerase Chain Reaction (PCR) im Abwasser ist ein relativ neues Forschungsfeld und hat mit dem Auftreten der Pandemie eine starke Beschleunigung erfahren. Die bisher erzielten Forschungsergebnisse haben gezeigt, dass der analytische Verfahrensansatz geeignet ist. Größte Herausforderung ist die harmonisierte und schnelle Übermittlung der Daten verschiedenster Standorte an zentrale Datenbanken. Dort müssen die Daten nach einheitlichen Verfahren einer Qualitätsprüfung unterzogen und auf einheitliche Dimensionen normalisiert werden. Im Anschluss können sie durch Partner der Gesundheitsbehörden zusammen mit weiteren epidemiologischen Leitparametern genutzt werden, das Infektionsgeschehen zu bewerten. Hervorzuheben ist die enge ressort- und disziplinübergreifende Zusammenarbeit zwischen Abwasser-/Umweltseite (BMUV, UBA) und Gesundheitsseite (BMG, RKI).

Eine Übertragung des Verfahrensansatzes auf andere Erreger ist möglich, inklusive der Sequenzierung von Genfragmenten. Dieser neue Verfahrensansatz ermöglicht eine neuartige Perspektive der Abwasserüberwachung (Abwasser als Informationsquelle für Gesundheitsdaten).

- Wie können erfolgreiche Techniken und Lösungen auf andere gesellschaftliche und technische Rahmenbedingungen, etwa in Schwellen- und Entwicklungsländern übertragen werden?

Zur Erarbeitung von länder- oder regionsspezifischen Konzepten für Umwelttechnologietransfer und eine Unterstützung zum Aufbau von nachhaltigen Anlagen- und Behördenstrukturen im Zielland sind realistisch umsetzbare Technologiebedarfe zu identifizieren. Hierbei leisten die Erkenntnisse aus unseren eigenen Forschungsvorhaben, sowie aus den BMUV-Beratungshilfe-, EU-Technical Assistance and Information Exchange (AIEX) und InterReg-Projekten wertvolle Dienste [IF], [EF].

2.2.11.2 Forschungs-/Netzwerke und Wissenstransfer

Wir tauschen uns eng aus mit den Ministerien und Behörden auf Bundes- und Landesebene, Schwesterbehörden in Europa (zum Beispiel Interest Groups des EPA-Netzwerkes [IG Green and Circular Economy, IG Plastics]), IMPEL (European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law), EU-Einrichtungen (zum Beispiel ETC „Circular Economy and Resource Use“), Universitäten und wissenschaftlichen Einrichtungen (etwa Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Technische Universität Dresden, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ).

2.2.11.3 Angestrebte Produkte

- kontinuierliche Zuarbeit zu den laufenden Aktivitäten zur Fortentwicklung des Standes der Technik, insbesondere zum sog. Sevilla-Prozess der EU mit dem Ziel, die Festlegung anspruchsvoller Anforderungen an die industrielle Produktion, Abfalldeponierung und kommunale Abwasserentsorgung zu unterstützen
- Erarbeitung von Konzepten und Kriterien für die fachliche Bewertung von Forschungs- und Entwicklungs-, Pilot- und großtechnischen Projekten zur Dekarbonisierung der industriellen Produktion sowie der fachlichen Begleitung dieser Projekte im Kontext verschiedener Förderprogramme, insbesondere des Förderprogramms „Dekarbonisierung der Industrie“
- Bewertung der Chancen und Risiken der Digitalisierung (Industrie 4.0, Wasser 4.0) einschließlich Beiträgen zu Standardisierungsprozessen und Konzepte zur Integration in den „Stand der Technik“
- Ableitung von Verfahren und Normen für biologische und chemische Verfahren zur Regelung und Überwachung von Abwassereinleitungen, insbesondere für Spurenstoffe
- Erstellung von Konzepten und Vorschlägen für Energieeinsparungen bei der Abfall- und Abwasserbehandlung und einer volkswirtschaftlich effizienten Nutzung des Energie- und Nährstoffinhaltes von Klärschlämmen und biologischen Abfällen unter den Bedingungen einer Veränderung des Energiesystems
- Konzepte und praktische Projekte zur Implementierung des Standes der Technik in ausgewählten Schwellen- und Entwicklungsländern

2.2.12 Umwelt und Wirtschaft



Knapper werdende natürliche Ressourcen, der Klimawandel und der Verlust biologischer Vielfalt erfordern einen grundlegenden Wandel des Wirtschaftens auf nationaler und globaler Ebene, um die natürlichen Lebensgrundlagen sowie Wohlstand und Beschäftigung auch in Zukunft zu sichern. Dieser Wandel muss sich schnell vollziehen und betrifft nahezu alle Bereiche der Wirtschaft. Forschungspolitisch stellt sich damit die Herausforderung, wissenschaftlich fundierte Konzepte, Strategien und Instrumente für den Transformationsprozess hin zu einer Wirtschaft zu erarbeiten, die sich innerhalb der Grenzen der ökologischen Tragfähigkeit bewegt und eine hohe Resilienz aufweist. Dies erfordert die Transformation ganzer Systeme, etwa des Energie- und Verkehrssystems, sowie die Gestaltung eines tiefgreifenden intra- und intersektoralen Strukturwandels. Bei der Entwicklung von Lösungskonzepten sind die Einbettung Deutschlands in internationale Märkte und soziale Ziele zu berücksichtigen. Ein grundlegender Wandel ist auch in der Finanzwirtschaft erforderlich, damit sich Kapitalflüsse von nicht-nachhaltigen zu nachhaltigen Verwendungen verlagern, ebenso eine ökologische Finanzreform, die Wettbewerbsverzerrungen zu Lasten umweltfreundlicher Produkte und Techniken abbaut und Umweltkosten stärker internalisiert. Der Transformationsprozess muss auch in den Unternehmen, öffentlichen Verwaltungen und anderen Organisationen vorangetrieben werden, etwa durch eine stärkere Verbreitung von Umweltmanagement und wissenschaftlich fundierte Konzepte für treibhausgasneutrale Organisationen.

2.2.12.1 Aktuelle/künftige Fragestellungen:

► Wie lässt sich der ökologische Strukturwandel forcieren und sozialverträglich gestalten?

Die erfolgreiche Umsetzung des europäischen Green Deal wird wesentlich über das Gelingen der sozial-ökologischen Transformation entscheiden. Dessen Gestaltung und nationale Umsetzung bilden daher einen Forschungsschwerpunkt des UBA. Zusätzlicher Forschungsbedarf besteht angesichts der sich wandelnden geopolitischen Rahmenbedingungen: Materialengpässe durch unterbrochene Lieferketten, die Energiekrise im Gefolge des Ukraine-Krieges und der sich verschärfende internationale Wettbewerb um grüne Zukunftsmärkte werfen die Frage auf, welche Schlussfolgerungen daraus für die Gestaltung des Transformationsprozesses zu ziehen sind.

Vor diesem Hintergrund erarbeiten wir Vorschläge für eine neue Industriepolitik, die gezielt die Marktdiffusion grüner Technologien und Produkte beschleunigt und die Wettbewerbsfähigkeit erhöht. [EF] Gegenstand der Forschung ist auch eine Reform der regionalen Strukturpolitik, insbesondere der EU-Strukturfondsförderung und des Gesamtdeutschen Fördersystems. [IF, EF] Parallel untersuchen wir, welche Bedeutung der Umweltschutz für Innovation, Beschäftigung,

Wettbewerbsfähigkeit und wirtschaftliche Entwicklung hat, wie sich grüne Märkte entwickeln und welche Treiber und Hemmnisse für grüne Innovationen und Investitionen maßgeblich sind. [EF] Ein wichtiges Forschungsfeld bildet auch die Analyse des Fachkräftebedarfs und der Qualifikationsanforderungen für die sozial-ökologische Transformation. [EF] Darauf aufbauend werden wir Vorschläge zur Qualifizierung und Bekämpfung des Fachkräftemangels erarbeiten. [EF, IF]

- Sustainable Finance und Umweltkosten: Wie können Investitionsentscheidungen nachhaltig ausgerichtet werden?

Der nationale und europäische Finanzmarktrahmen muss so gestaltet werden, dass sich die Finanzströme in Richtung nachhaltiger Investitionen verlagern. Dies setzt voraus, dass den Investoren die nötigen Informationen für nachhaltige Investitionen zur Verfügung stehen, sie berichtspflichtig hinsichtlich der Nachhaltigkeit ihrer Anlagen sind und die Nachhaltigkeitsrisiken und Umweltwirkungen ihrer Anlagen einpreisen müssen. Außerdem sind geeignete Finanzmarktinstrumente zu schaffen, auch für nicht-klimabezogene Umweltziele und nicht-klassische Geschäftsmodelle. Die Arbeiten fokussieren auf die Kohärenz und umweltpolitische Effektivität des EU Sustainable Finance Framework und dessen nationale Umsetzung entlang der Besonderheiten der deutschen Wirtschaft (mittelstandsbasiert) und des deutschen Finanzmarktes (Hausbankprinzip). [EF, IF]

Für die Erreichung der oben genannten Ziele leistet die Ermittlung von Umweltkosten einen wichtigen Beitrag. Sie erleichtern die Berücksichtigung von Umwelteffekten in Entscheidungsprozessen sowohl in Unternehmen (zum Beispiel True-Cost Ansatz) als auch im öffentlichen Bereich (etwa Kosten-Nutzen-Analysen, öffentliche Beschaffung, ökologische Finanzreform). Die „UBA-Methodenkonvention zur Ermittlung von Umweltkosten“ dient dabei als Grundlage. Sie wird regelmäßig aktualisiert und erweitert, derzeit um die Themen Wasser und Ökosystemleistungen. Geplant sind außerdem praxisbezogene Anwendungshilfen für Unternehmen, die öffentliche Hand und die Finanzmärkte. [IF, EF]

- Welchen Beitrag kann eine Ökologische Finanzreform für die Transformation leisten?

Eine ökologische Finanzreform, die umweltschädliche Subventionen abbaut und die Besteuerung stärker auf den Faktor Umwelt verlagert, ist unerlässlich für eine erfolgreiche sozial-ökologische Transformation, denn derzeit ist der Wettbewerb systematisch zu Lasten umweltfreundlicher Produkte und Produktionsverfahren verzerrt. Wir analysieren daher regelmäßig die umweltschädlichen Subventionen in Deutschland und erarbeiten Vorschläge für ihren Abbau beziehungsweise ihre Reform. [IF, EF] Weitere Forschungsschwerpunkte sind stärkere Anreize für den Umwelt-, Natur- und Klimaschutz durch eine Reform der Steuern, Abgaben und Entgelte in allen umweltrelevanten Bereichen sowie Vorschläge für die Gestaltung ressourcenbezogener Steuern und anderer marktbasierter Instrumente. [IF, EF] Ein wichtiges Forschungsfeld stellt auch das Green Budgeting öffentlicher Haushalte dar, insbesondere Verfahren zur Bewertung der ökologischen Wirkungen staatlicher Ausgaben, die Entwicklung von Indikatoren für die ökologische Nachhaltigkeit staatlicher Budgets und daraus abzuleitende Empfehlungen für eine nachhaltige Finanzpolitik. [EF]

- Wie lässt sich Umweltschutz sozialverträglich gestalten?

Die Zusammenhänge zwischen Umweltschutz und sozialen Zielen sind komplex und zugleich für eine erfolgreiche Umsetzung der Umweltpolitik essentiell. Wir werden deshalb die Forschung auf diesem Gebiet prioritär vorantreiben, um eine wissenschaftlich fundierte Grundlage für eine

Just Transition zu ermöglichen. Im Rahmen eines strategischen Kernthemas der Ressortforschung sollen für zentrale Bedürfnisfelder (Ernährung, Mobilität, Wohnen) Policy Mix Konzepte für eine sozial gerechte Umweltpolitik entwickelt werden. Ziel ist es, Lösungen zur Bewältigung von Zielkonflikten zu entwickeln und Synergien zwischen Umweltschutz und sozialen Zielen zu erschließen. Ein Fokus liegt auf vulnerablen Bevölkerungsgruppen und der Konzipierung zielgruppengerechter Förderprogramme für den Umwelt- und Klimaschutz. Ein weiterer Fokus soll darauf liegen, wie die deutlich überdurchschnittlichen Umweltbelastungen durch Haushalte mit hohem Einkommen verringert werden können. Ferner sollen Strategien entwickelt werden, wie die sozial-ökologische Transformation stärker auf Grundlage des Verursacherprinzips und der Leistungsfähigkeit finanziert werden kann. Wesentlich ist auch die Frage einer engeren Verzahnung zwischen Umwelt- und Sozialpolitik. [IF, EF]

- Welche Strategien und Instrumente sind zur Weiterentwicklung des Umwelt- und Klimaschutzes in Unternehmen, öffentlichen Verwaltungen und anderen Organisationen erforderlich?

Wir verfolgen das Ziel, Umweltmanagement breit zu etablieren, in Richtung Klima- und Ressourcenmanagement auszuweiten und stärkere Anreize zur Einführung von Umweltmanagementsystemen zu geben. Hierzu werden wir in den nächsten Jahren konkrete Vorschläge erarbeiten. Außerdem ist geplant, die Chancen der Digitalisierung für das Umweltmanagement zu analysieren, die Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen zu evaluieren, Vorschläge zu ihrer Verbesserung zu erarbeiten und die umweltbezogenen Sorgfaltspflichten der Unternehmen entlang der Lieferkette weiterzuentwickeln. Zudem werden wir Unternehmen, öffentliche Verwaltungen und andere Organisationen auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität unterstützen und dafür wissenschaftlich fundierte Methoden und praxisorientierte Strategien bereitstellen. Anforderungen an ein Klimamanagement sollen praktischerprobt und ausgewertet werden. [IF, EF]

2.2.12.2 Forschungs-/Netzwerke und Wissenstransfer

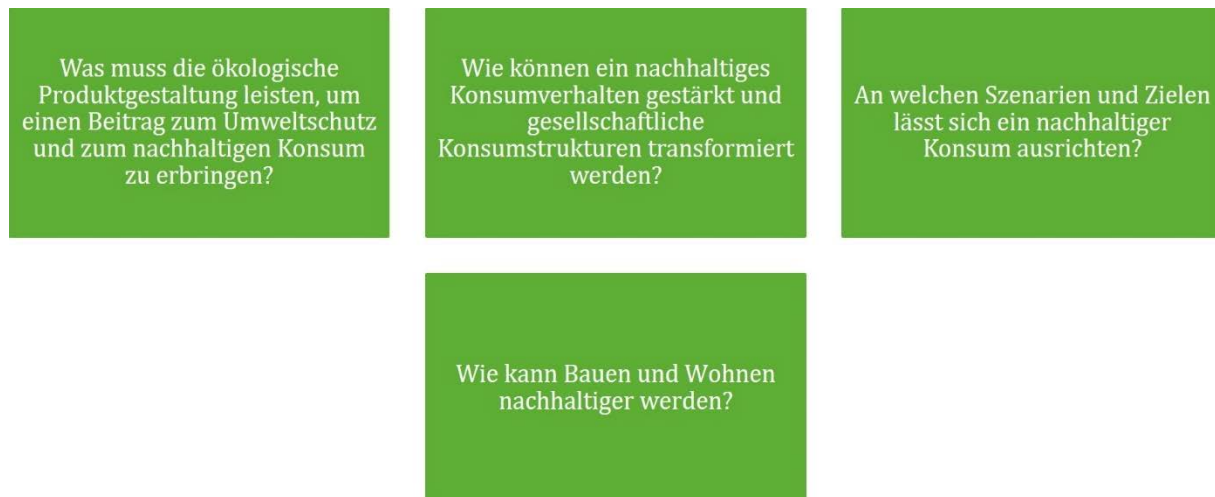
Mit unseren Forschungserkenntnissen und unserer Expertise sind wir regelmäßig im Dialog mit den fachlich zuständigen Bundesressorts (insbesondere BMUV, BMWK, BMF, BMBF), Fachbehörden, wissenschaftlichen Bundes-/Einrichtungen, Interessenverbänden, NGOs und der Öffentlichkeit. Wir arbeiten in zahlreichen nationalen, europäischen und internationalen Gremien und vernetzen uns mit wichtigen Akteuren, im Bereich Sustainable Finance und Umweltkosten zum Beispiel im Rahmen der Capitals Coalition und der Value Balancing Alliance, im Bereich Beschäftigung und Qualifizierung im nationalen Netzwerk Grüne Arbeitswelt. Wichtig sind auch die EPA-Netzwerke und der Austausch der Umwelt- und Naturschutzämter in Deutschland, Österreich und der Schweiz, etwa zu den sozialen Aspekten des Umweltschutzes.

2.2.12.3 Angestrebte Produkte

Die Forschungsergebnisse fließen in die Ressortarbeiten des BMUV und anderer Ressorts sowie auf EU- und internationaler Ebene ein. Die Produkte umfassen empirische und theoretische Analysen, methodische Arbeiten, praxisorientierte Leitfäden, konkrete Vorschläge für Maßnahmen, Instrumente und gesetzliche Regelungen, ebenso Positionspapiere sowie Workshops mit Akteursgruppen der oben genannten Themenfelder.

2.2.13 Nachhaltige Produkt- und Verbraucherpolitik

Produkte umweltfreundlicher gestalten, umweltfreundlichen Konsum fördern, gesellschaftliche Transformation unterstützen.



Konsum ist eine der Hauptursachen für Umweltbelastungen. Um dem zu begegnen, bedarf es einer umweltfreundlichen Produktgestaltung sowie einer Transformation des Konsumverhaltens und der Konsumstrukturen hin zu einer Nachhaltigkeitsorientierung.

Seit der Verabschiedung des Nationalen Programms für nachhaltigen Konsum stellt dieses eine wesentliche Grundlage für eine nachhaltigkeitsorientierte Produkt- und Verbraucherpolitik in Deutschland dar. Es liefert einen maßgeblichen Orientierungsrahmen für die Forschungsplanung des Umweltbundesamtes im Bereich Nachhaltiger Konsum.

Für die ökologische Produktgestaltung setzt zudem die Europäische Union einen Rahmen, der sowohl durch die geplante Ausweitung der Mindestanforderungen an Produkte unter der Öko-design-Richtlinie beziehungsweise -Verordnung als auch durch voraussichtlich zunehmende Anforderungen an die Kennzeichnung von Umwelteigenschaften von Produkten an Bedeutung gewinnt. Es gilt, diese europäischen Vorgaben ambitioniert auszugestalten und durch freiwillige Maßnahmen zu ergänzen.

Um die Ziele des Ressourcen- und Klimaschutzes zu erreichen, bedarf es auch eines grundlegenden Wandels im Konsumfeld Bauen und Wohnen, der insbesondere intensiv mit Forschung zu umweltfreundlichen Bauprodukten, die für eine erfolgreiche Bauwende nötig sind, begleitet werden muss.

2.2.13.1 Aktuelle/künftige Fragestellungen

- Was muss die ökologische Produktgestaltung leisten, um einen Beitrag zum Umweltschutz und zum nachhaltigen Konsum zu erbringen?

Die Weiterentwicklung von Instrumenten zur Ausgestaltung der Angebote an ressourcensparenden, klimaschonenden, umweltfreundlichen Produkten ist eine drängende Notwendigkeit der nachhaltigen Entwicklung (siehe auch Kapitel 2.2.5f, 2.2.8, 2.2.10 und 2.2.14) und wird vom Umweltbundesamt als Schwerpunkt im Rahmen externer Forschung [EF] durchgeführt. Aktuelle Schwerpunkte der Forschung für eine den Nachhaltigkeitsansprüchen genügende Produktgestaltung sind die Integration von Ressourceneffizienz in die produktpolitischen Instrumente sowie von Vorgaben zur Bestimmung und Senkung des Treibhausgaspotenzials [EF]. Zudem hat die fortlaufende Weiterentwicklung von Umweltzeichen, wie der Blaue Engel, zu Vertrauenslabeln eine hohe Bedeutung [EF, IF].

Ein besonderer Fokus der ökologischen Produktgestaltung liegt derzeit auf den Aspekten Lebensdauer und Reparierbarkeit von Produkten sowie der Kreislauffähigkeit und dem Rezyklateinsatz. Es werden sowohl materielle Anforderungen an die Produkte selbst als auch an die Produktkennzeichnung für nachhaltige Konsumententscheidungen und ein späteres Recycling weiterentwickelt. Die Informationsweitergabe in der Lieferkette gewinnt zunehmend an Bedeutung, dies bezieht sich auch auf Daten zum Environmental/Carbon Footprint und zur Herkunft bestimmter metallischer Rohstoffe, wozu es auf Produktebene klarer, spezifischer Vorgaben bedarf [EF]. Die Informationen sollen dann in einem Digitalen Produktpass für verschiedene Akteure als Entscheidungsgrundlage abrufbar sein.

Ein Schwerpunkt der Forschung soll weiterhin auf energie- und ressourceneffizienten Produkten, Dienstleistungen und Infrastrukturen der Informations- und Kommunikationstechnik (Green-IKT) liegen, denn sie sind der Treiber und die technische Basis für die Digitalisierung [EF, IF]. Weiter werden die Textilien einen Schwerpunkt darstellen [EF], um die ambitionierte Umsetzung der europäischen Textilstrategie zu unterstützen, die sowohl Ökodesign-Anforderungen als auch eine Produktverantwortung für Textilien vorsieht. Bei den Umweltzeichen wird neben umfassenden Umweltaspekten seitens der Verbraucher*innen eine zunehmende Integration von Sozialkriterien erwartet, so dass es für deren Diskussion und praktikable Ausgestaltung Begleitforschung bedarf [IF].

- Wie können ein nachhaltiges Konsumverhalten gestärkt und gesellschaftliche Konsumstrukturen transformiert werden?

Umweltschonende Produkte allein werden nicht ausreichen, damit Verbraucherinnen und Verbraucher ihr Konsumverhalten umwelt- und klimafreundlich gestalten und einzelne Verbesserungen nicht durch andere Aktivitäten kompensieren. Für das am UBA angesiedelte Kompetenzzentrum Nachhaltiger Konsum geht es um die Frage, wie nachhaltige Konsumstrukturen und nachhaltiges Konsumverhalten induziert und gestärkt werden können. Dabei geht es nicht zuletzt auch um das Konsumverhalten von Haushalten mit hohen Einkommen, die in der Regel durch ihren Lebensstil deutlich überdurchschnittlich für Umweltbelastungen verantwortlich sind.

Ersteres erfordert Instrumente der Produktkennzeichnung und Verbraucherinformation, damit Verbraucherinnen und Verbraucher die mit dem Kauf und der Nutzung von Produkten verbundenen ökologischen Auswirkungen besser in die Kaufentscheidung einbeziehen können [EF]. Die Informationen müssen dabei sowohl im stationären als auch im Online-Handel zur Verfügung stehen. Die Forschung adressiert aber auch eine Änderung der ökonomischen Rahmenbedingungen zugunsten umweltfreundlicher Produkte (siehe auch Kapitel 2.2.12 und 2.2.18).

Letztlich bedarf es einer gesellschaftlichen Transformation der Konsumstrukturen. Aus Forschungssicht stellt sich dabei die Frage, wie nachhaltige Konsumstrukturen durch Verhaltensänderungen von Verbraucherinnen und Verbrauchern, durch innovative Nutzungsformen wie Sharing- und Reparaturkonzepte [EF] und durch soziale Innovationen [EF, IF] gefördert und unterstützt werden können. Der Partizipationsforschung [EF] kommt dabei eine wichtige Rolle zu.

Im Bereich der Ernährung, der für Verbraucher/-innen und Umweltschutz ein besonders sensibles Handlungsfeld darstellt, sind die Umweltwirkungen des Konsums entlang der gesamten Lebensmittelkette zu betrachten [VF]. In der Einflussnahme des Handels auf Lebensmittelhersteller und Konsumenten, der Veränderung von Essgewohnheiten und der Vermeidung von Lebensmittelabfällen sehen wir hier maßgebliche Hebel für einen nachhaltigen Konsum, die weiter erforscht werden sollen (siehe auch Kapitel 2.2.17). Auch im wachsenden Konsumfeld Freizeit und Tourismus sollen angesichts der erheblichen Auswirkungen auf die Nutzung von natürlichen

Ressourcen die Forschung und die Anstrengungen für nachhaltige Angebote verstärkt werden [EF] (siehe auch Kapitel 2.2.18).

► An welchen Szenarien und Zielen lässt sich ein nachhaltiger Konsum ausrichten?

Im Bereich Monitoring verfügt die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie über erste vom Umweltbundesamt erarbeitete Leitindikatoren zum nachhaltigen Konsum. Darüber hinaus besteht die Notwendigkeit, ein differenziertes Indikatorenset zu entwickeln und in Verbindung mit Indikatoren Szenarien für nachhaltigen Konsum zu entwickeln und umweltpolitische Zielstellungen zu formulieren [EF]. Ein daran ausgerichtetes Monitoringsystem kann nicht zuletzt Grundlagen für eine internationale Berichterstattung zu den Sustainable Development Goals liefern [EF].

► Wie können Bauen und Wohnen nachhaltiger werden?

Um nachhaltig bauen zu können, sind treibhausgasneutrale, langlebige, schadstoffarme und recyclingfähige Bauprodukte erforderlich. Gleichzeitig sollen die Produkte eine geringe Ressourceninanspruchnahme sowohl bei der Herstellung als auch bei der Nutzung aufweisen. Die bestehenden Maßstäbe und Indikatoren sind weiter zu entwickeln, damit für alle am Bau Beteiligten wissenschaftlich fundierte und in der Baupraxis praktikable Instrumente zur Verfügung stehen [EF, IF]. Über die gesamte Lebensdauer von Gebäuden verwendbare Kommunikationsformate einschließlich für Verbraucher*innen und Bauenden verständliche Produktinformationen sind weiterzuentwickeln [EF]. Durch den Klimawandel wird der Heizbedarf im Winter sinken und der Kühlbedarf im Sommer steigen, zudem wird die Beanspruchung von Gebäuden durch Extremereignisse wie Starkniederschläge künftig voraussichtlich zunehmen. Hierfür bedarf es innovativer Produkte sowie architekturbasierter Lösungen (insbesondere Low Tech) [EF]. Zudem strebt unsere Forschung an, beim Abbau von Hemmnissen für innovative Umbau- und Wohnkonzepte im Sinne des New European Bauhaus zu unterstützen.

2.2.13.2 Verwertungsziele und angestrebte Produkte

Die Forschung im Bereich der nachhaltigen Produkt- und Verbraucherpolitik einschließlich Bauprodukte verfolgt das Ziel, Umwelt- und Konsumpolitik wissenschaftlich zu beraten und deren Entscheidungsgrundlagen durch Studien und Handlungsempfehlungen zu verbessern. Diese Forschung wird benötigt für die Weiterentwicklung gesetzlicher Regelungen, insbesondere der EU-Ökodesign-Richtlinie beziehungsweise die kommende Ökodesign-Verordnung politischer Programme, wie das Nationale Programm Nachhaltiger Konsum und das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm (Prog-Ress), und freiwilliger Instrumente wie das Umweltzeichen Blauer Engel oder das Europäische Umweltzeichen. Sie soll zudem wichtige Erkenntnisse und Impulse liefern für Verbraucher/-innen, Unternehmen und Verbände durch praxisorientierte Leitfäden, Online-tools und Informationen.

Forschungsergebnisse für eine nachhaltige Produktgestaltung werden genutzt, um

- Durchführungsbestimmungen der Ökodesign-Richtlinie/-Verordnung mitzugestalten, unter anderem zur Berücksichtigung horizontaler oder produktspezifischer Anforderungen an die Materialeffizienz (Lebensdauer, Reparierbarkeit, Aufrüstbarkeit, Recycelbarkeit, Rezyklateinsatz) sowie an die Energieeffizienz, die Schadstoffreduktion, die Rohstoffherkunft und eine ausführliche Produktinformation (Materialkennzeichnung, Reparaturindex, Digitaler Produktpass)
- freiwillige Instrumente, wie das Umweltzeichen Blauer Engel und das EU Umweltzeichen ambitioniert auszugestalten und damit branchenweite Standards zu setzen,

- Leitfäden zur öffentlichen Beschaffung von Standardprodukten und Dienstleistungen weiter zu entwickeln und damit auch die Beschaffungsvorgaben der Bundesregierung zu unterstützen (KSG, Kreislaufwirtschaftsgesetz, Maßnahme-Programm Nachhaltigkeit).

Erkenntnisse zum nachhaltigen Konsumverhalten und Transformation der Konsumstrukturen münden in

- ein Szenarienmodell einer nachhaltigen Produkt- und Verbraucherpolitik unter Berücksichtigung von verhaltenswissenschaftlichen, ökonomischen und technischen Ansätzen wie Nudging, Monetarisierung und Digitalisierung,
- eine Grundlagenstudie und ein Positionspapier zur Förderung innovativer und ressourcenschonender Nutzungsformen der Sharing Economy sowie zu Nachhaltigkeitspotenzialen von Produzenten-/Konsumentensystemen (Prosuming),
- Handlungsempfehlungen und ein Strategiepapier für mehr Beteiligung und soziale Teilhabe für nachhaltigen Konsum in verschiedenen Handlungsfeldern wie dem Bereich Freizeit und Tourismus.

Nachhaltiges Bauen und Wohnen erfordern passende Bauprodukte. Die Forschungsergebnisse werden benötigt für

- die Entwicklung neuer Mess- und Prüfverfahren, um die Umweltauswirkungen von Bauprodukten sicher und kostengünstig bestimmen sowie die Bewertungsmaßstäbe in Normen und Regelwerken fortschreiben zu können (europäische Harmonisierung der Bewertungskonzepte auf hohem Niveau),
- die Weiterentwicklung der Umweltproduktdeklaration und Entwicklung eines Gebäudepasses auf dieser Basis sowie für nachhaltige Innovationen bei Produkten, ihrer Verarbeitung und ihres Recyclings (Förderung des Baustoffrecyclings durch eine Primärbau-stoffsteuer).

2.2.14 Lärmschutz und nachhaltige Mobilität

Menschen wirksam vor Lärm schützen, Klimaschutz im Verkehr umsetzen, nachhaltige und emissionsfreie Mobilität fördern.



Im dicht besiedelten und verkehrsreichen Deutschland sind weite Teile der Bevölkerung von Lärm betroffen – oft von verschiedenen Quellen gleichzeitig. Für eine Minderung des Lärms sind Kenntnisse über die Entstehung, Auswirkungen und Reduktionsmöglichkeiten des Lärms erforderlich. Die bislang erzielten Fortschritte bei der Lärminderung werden jedoch häufig durch Verkehrszunahme und den verstärkten Einsatz von Geräten und Maschinen in lärmsensiblen Gebieten kompensiert. Verfahren zur Ermittlung der Lärm-Belastungssituation, Analysen der negativen Auswirkungen von Lärm auf Mensch und Umwelt sowie Beurteilungsmaßstäbe insbesondere für Gesamtlärm müssen daher konsequent weiterentwickelt werden. Darüber hinaus sind Untersuchungen zu Lärminderungspotentialen notwendig um die Geräuschvorschriften für Industrie, Straßen-, Schienen- und Luftverkehr kontinuierlich fortzuschreiben.

Die Klimaschutzziele des Verkehrs werden verfehlt: Der Verkehr hat seit 1990 seinen Treibhausgasausstoß nicht im ausreichenden Maße reduzieren können und wird auch für das Jahr 2022 seine Minderungsziele verfehlt haben. Bis spätestens zum Jahr 2045 muss der Verkehrssektor treibhausgasneutral werden. Dazu bedarf es neben weiterer Forschung im Bereich der technischen Maßnahmen v. a. auch Forschung zu nicht-technischen Maßnahmen sowie zu sozialen und ökonomischen Folgen und damit zu Umsetzungsmöglichkeiten der Klimaschutzmaßnahmen. Um die Ziele des Klimaschutzgesetzes zu erreichen, muss eine integrierte Strategie bestehend aus einer Verkehrswende mit Verlagerung, Vermeidung und Verbesserung der Energieeffizienz sowie einer Energiewende mit alternativen Antrieben und Kraftstoffen weiterentwickelt und deren Umsetzung forciert werden. Die Digitalisierung kann bei der Transformation des Verkehrssystems treibende Kraft sein; durch Forschung müssen die ökologischen Chancen gestärkt und ökologische Risiken vermieden werden (siehe auch Kapitel 2.2.19). Der Stadtverkehr spielt für die Lebensqualität der Menschen, die Verlagerung auf nachhaltigere Mobilitätsalternativen und den urbanen Umweltschutz insgesamt eine wichtige Rolle. Eine zielgerichtete Kommunikation unterstützt die notwendigen Verhaltensänderungen.

Anforderungen zu den Abgasemissionen von Kraftfahrzeugen werden auf EU-Ebenen noch einmal überarbeitet und verschärft, um schädliche Emissionen weiter zu mindern.

2.2.14.1 Aktuelle/künftige Fragestellungen

- Wie können Lärmschutzziele und -indikatoren weiterentwickelt werden?

Die Forschungsaktivitäten zum Schutz vor Lärm konzentrieren sich auf die wirkungsgerechte Erfassung und Beurteilung unterschiedlicher Lärmarten (Gesamtlärm) (IF, EF). Die gesundheitlichen Auswirkungen des Nachtflugbetriebs sowie des Schienengüterverkehrs auf die Bevölkerung werden in Forschungsvorhaben beurteilt und ökonomische Instrumente sowie technische Maßnahmen zur Minderung des Verkehrs- und Anlagenlärms untersucht [EF]. Zur Minderung des Schienenverkehrslärms wird eine integrierte Gesamtstrategie entwickelt [EF]. Die Lärmbelastung der deutschen Bevölkerung durch den Straßenverkehr erzeugt neben massiver Belästigung erhebliche volkswirtschaftliche Schäden in Form externer Kosten. Daher ist die Analyse rechtlicher und administrativer Aspekte des Straßenverkehrslärms ein zentrales Instrument zur Minderung der Lärmbelastung. Da besonders nachts solche Einzelereignisse aus Lärmwirkungssicht relevant sind, wird analysiert, wie Ruhezone geschaffen werden können, in denen die Bevölkerung wirksam vor solchen lauten Einzelereignissen geschützt ist (Geräuschplakette). Darüber hinaus werden die Chancen und Risiken des zukünftigen Drohnenbetriebs in Deutschland untersucht, wobei die damit verbundenen Gesundheits- und Umweltprobleme im Fokus stehen. Die hierfür notwendigen akustischen Untersuchungen führen wir z. T. im UBA-eigenen Lärmlabor durch [IF]. Die Lärmauswirkungen der Energiewende und die Fortschreibung der Anforderungen an die Geräuschemissionen und Messverfahren von Produkten nach der Richtlinie 2000/14/EG (Outdoor-Richtlinie) sind ebenfalls Gegenstand der Forschung [EF].

- Wie kann Verkehr klimagerecht gestaltet werden und welchen Beitrag zur Umweltentlastung kann Digitalisierung im Verkehr leisten?

Zur Konkretisierung und Umsetzung des Klimaschutzplanes 2050 und des Klimaschutzgesetzes wird ein Gesamtkonzept für die klimagerechte Ausgestaltung des Verkehrs erarbeitet und mit entsprechender Forschung unterlegt [IF, EF]. Wir erarbeiten ein langfristiges Konzept zur Einführung regenerativer Energieträger im Verkehr [IF] (siehe auch Kapitel 2.2.8). Für ein tragfähiges Gesamtkonzept werden die ökonomischen Auswirkungen von Klimaschutzstrategien im Verkehr analysiert [EF], eine Strategie zum umweltschonenden Güterverkehr entwickelt [IF], Vorschläge für ein postfossiles sozial gerechtes Steuern- und Abgabensystem im Verkehr entwickelt [VF] (siehe auch Kapitel 2.2.8), ökologische Chancen und Risiken von Digitalisierung im Verkehr bewertet [EF] sowie Kommunikationsstrategien für eine erfolgreiche Bewusstseins- und Verhaltensänderung erarbeitet (IF, EF).

- Welche Konzepte tragen zu einer umweltfreundlichen und nachhaltigen Stadtmobilität bei? Welche sind für ländliche Räume erforderlich?

Um die Vision einer „Stadt für Morgen“ zu realisieren, die umweltschonend mobil, lärmarm, grün, kompakt und durchmischt ist, werden Umsetzungsmöglichkeiten und Best-Practice-Beispiele erforscht und Modellvorhaben zur nachhaltigen Stadtmobilität begleitet, umgesetzt und evaluiert [EF, IF]. Nachhaltige Mobilitätsangebote für die Stadt wie der öffentliche Personennahverkehr, Fuß- und Radverkehr sowie Sharing-Angebote (etwa Carsharing) stehen im Fokus [EF] ebenso wie die Frage der Umverteilung des Straßenraums [VF]. Dafür ist eine Voraussetzung eine Anpassung des gegenwärtigen Rechtsrahmens [EF]. Möglichkeiten den Umstieg vom konventionellen, privaten Fahrzeug auf andere Verkehrsmodi zu fördern werden in Vorhaben untersucht, die Testphasen und Bürgerbeteiligung einschließen [VF]. Der Beitrag temporärer Lösungen im Straßenverkehr zu einer Transformation des urbanen Raums wird erforscht [EV, IF]. Im ländlichen Raum wird der Frage nachgegangen, wie Mobilität durch integrierte Planung und Konzepte nachhaltiger werden kann [VF].

- Wie sind Emissionsminderungen im Verkehr zu erreichen, und wie kann man Emissionen valide messen?

Zur Verbesserung der Datengrundlage für die Umweltberichterstattung zu Kraftstoffen und Verkehrsträgern (Straßen-, Schienen-, Luft- und Schiffsverkehr) werden die Methoden zur Ermittlung der Umwelt- und Lärmbelastung durch den Verkehr weiterentwickelt und Verbrauchs- und Emissionsdaten (Luftschadstoffe, Lärm) im Realbetrieb erhoben [EF]. Ein Schwerpunkt ist die messtechnische Erhebung der Emissionen des Kfz-Verkehrs und die Erarbeitung eines effektiven und validen Überwachungssystems der Schadstoff- und Klimagasemissionen [EF]. Auf Basis der Forschungsergebnisse werden wir Vorschläge zur Weiterentwicklung der Gesetzgebung zu den Klimagas- und Schadstoffemissionen des Verkehrs erarbeiten [IF, EF]. Die Fortschreibung der Anforderungen an die Schadstoffemissionen von Kraftfahrzeugen ist ebenfalls Gegenstand der Forschung [EF].

- Wie sieht ein Umsetzungskonzept für einen umweltverträglichen Luft- und Seeverkehr aus?

Zur Erreichung der in Paris beschlossenen Klimaschutzziele muss auch der Luft- und Seeverkehr langfristig treibhausgasneutral werden. Es wird daher ein Umsetzungskonzept zur Dekarbonisierung des Luft- und Seeverkehrs erarbeitet [EF]. Dabei werden der Stand der Technik bei den Luftschadstoff- und Geräuschemissionen sowie beim Energieverbrauch insbesondere auch unter Berücksichtigung diskutierter alternativer Kraftstoffoptionen analysiert und die Gesetzgebung weiterentwickelt [EF, IF].

2.2.14.2 Forschungs-/Netzwerke und Wissenstransfer

Für die Forschungsarbeiten sind wir im Austausch mit Universitäten, wissenschaftlichen Einrichtungen sowie europäischen und internationalen Organisationen (WHO, International Civil Aviation Organisation, International Maritime Organisation). Die Forschungsaktivitäten bilden vor allem die wissenschaftliche Grundlage für die Politikberatung auf kommunaler, nationaler, europäischer und internationaler Ebene. Hauptadressaten sind das BMUV, das BMWK, das BMDV und die EU-Kommission sowie die EEA.

2.2.14.3 Angestrebte Produkte

- Empfehlungen für Förderprogramme, Strategien und Rechtsvorschriften zur Minderung des (Gesamt-)Lärms sowie der Umweltauswirkungen des Verkehrs;
- Fortschreibung und Weiterentwicklung der Gesetzgebung zur Minderung der Luftschadstoff- und Klimagasemissionen des Verkehrs (auch des Luft- und Seeverkehrs), zu Geräuschemissionen und -immissionen sowie deren Messverfahren;
- Messungen der Luftschadstoff-, Treibhausgas- und Geräuschemissionen von Kfz sowie von mobilen Maschinen/Geräten zur Weiterentwicklung und Verbesserung der Umweltberichterstattung (etwa Kyoto-Protokoll, Genfer Konvention für grenzüberschreitende Luftschadstoffe) sowie Entwicklung von Methoden zur Bewertung von Gesamtlärm;
- Entwicklung von Handlungsempfehlungen (zum Beispiel zum umweltschonenden Luft- und Güterverkehr, zur Minderung des Schienenverkehrslärms sowie zur Einführung regenerativer Energieträger im Verkehr, zur zukünftigen Gestaltung der Bundesverkehrswegeplanung, zum Straßenverkehrsrecht);
- Themenbezogene Fachkonferenzen zur Vorstellung der Forschungsaktivitäten im Bereich Lärmschutz/nachhaltige Mobilität (etwa UBA-Forum mobil & nachhaltig).

2.2.15 Urbaner Umweltschutz, nachhaltiges Flächenmanagement und Bauen

Nachhaltig, ressourcenschonend und schadstofffrei (um-)bauen; umweltschonende, sozialverträgliche und resiliente Siedlungen mit hoher Lebensqualität gestalten

Wie lassen sich Instrumente zum Flächensparen und zur nachhaltigen Flächennutzung auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene umsetzen? Wie kann eine Flächenkreislaufwirtschaft etabliert werden?

Wie können die Umweltauswirkungen urbaner und regionaler Stoffströme reduziert werden?

Wie lässt sich resiliente, umwelt- und sozialverträgliche, gesundheitsfördernde Stadtentwicklung mit den Zielen zur Wohnraumschaffung in Einklang bringen? Wie ist die Freisetzung von Schadstoffen besser zu verstehen und zu reduzieren?

Wie kann die EU-Initiative zum Neuen Europäischen Bauhaus im Sinne einer nachhaltigen und somit resilienten Entwicklung urbaner Räume und einer urbanen Mobilitätswende konzeptionell unteretzt werden?

Wie lassen sich Umweltziele in Kommunen mit Blick auf Regulierung, Planung, Governance und Finanzierung operationalisieren und umsetzen? Wie kann die regionale Zusammenarbeit gestärkt werden?

Urbane Siedlungsräume sind weltweit und in Deutschland Lebensmittelpunkt der Mehrheit der Menschen, Hot-Spots des Energie- und Ressourcenverbrauchs und Entstehungsort vieler Umweltbelastungen. Gleichzeitig sind Kommunen entscheidende Akteure für die Erreichung der Ziele von Umwelt-, Klima- und Ressourcenschutz. Sie stehen vor der Herausforderung, zu mehr Ressourcen-, Energie- und Flächeneffizienz sowie zum Klimaschutz, zum Erhalt der biologischen Vielfalt und Ökosystemleistungen beizutragen, die Flächenneuinanspruchnahme zu reduzieren, bestehende Umweltbelastungen abzubauen und Siedlungen mit einer hohen Lebensqualität für alle Bewohnerinnen und Bewohner bereitzustellen. Die Vielfalt der Räume spiegelt sich in den unterschiedlichen Herausforderungen wider, beispielsweise zwischen wachsenden und schrumpfenden Siedlungsräumen, zwischen dichten Großstädten und ländlichen Räumen.

Der Zeitdruck angesichts der Krisen (Klima, Biodiversität), parallele Handlungserfordernisse, Wechselwirkungen und Zielkonflikte ergeben neue Fragen an die Weiterentwicklung bestehender Siedlungsstrukturen und des Gebäudebestands mit Blick auf Regulierung, Governance und Finanzierung. Zur Erreichung der oben genannten Ziele müssen sowohl die Gebäude- und Quartiersebene als auch die gesamtstädtische und regionale Ebene betrachtet und die Zusammenarbeit relevanter Akteure gestärkt werden. Organisatorische, rechtliche und ökonomische Rahmenbedingungen müssen optimiert und die Chancen der Digitalisierung (Stichwort: Smart Cities) besser genutzt werden (siehe auch Kapitel 2.2.19). Dafür ist auch ein Umdenken in der Bauwirtschaft erforderlich. Eine wichtige Rolle für die Reduzierung der Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen spielt die Erfassung, Bewertung und gezielte Beeinflussung von Materialflüssen. Es gilt, Materialkreisläufe im Baubereich zu verlangsamen, den Bezug zu Lebenszykluskosten und lebenszyklusweiten Umweltwirkungen auszubauen sowie die Resilienz durch verstärkten Rezyklat-Einsatz und Rückbaubarkeit zu steigern. Umweltbelange jenseits des Klimaschutzes, wie etwa die Freisetzung von Schadstoffen aus Bauprodukten oder Umweltbelastungen durch Nutzung natürlicher Ressourcen, werden in der sehr traditionsbewussten und kleinteiligen (> 90 % kleine und mittlere Unternehmen) Baubranche bislang wenig berücksichtigt, obwohl zunehmend auf Hightech(-Materialien) gesetzt wird. Dies hat potenziell schwerwiegende Folgen für Ökosysteme und die menschliche Gesundheit, und bedeutet für Eigentümer*innen ökonomische Risiken.

Mit diesem Forschungsschwerpunkt will das Umweltbundesamt fachübergreifende umweltorientierte Lösungen identifizieren und ihre Anwendung fördern. Den Rahmen bildet die UBA Forschungsagenda „Urbaner Umweltschutz“, die wesentliche Schwerpunkte der umweltorientierten Stadtforschung benannt hat und unter hausweiter Beteiligung umgesetzt und weiterentwickelt wird. Im Rahmen des Eigenforschungsprojekts „Neues Europäisches Bauhaus weiterdenken (AdNEB)“ entwickeln wir interdisziplinär konzeptionelle Beiträge zur EU-Initiative zum Neuen Europäischen Bauhaus (NEB).

2.2.15.1 Aktuelle/künftige Fragestellungen

- Wie lassen sich Instrumente zum Flächensparen und zur nachhaltigen Flächennutzung auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene umsetzen? Wie kann eine Flächenkreislaufwirtschaft etabliert werden?

Es gilt, die Entwicklung des Flächenverbrauchs und den politischen Diskurs auf nationaler und europäischer Ebene zu analysieren, um geeignete Argumente zum Flächensparen zu identifizieren und in Politik und Öffentlichkeit zu tragen [EF]. Zielführende Instrumente müssen identifiziert, mit Bund und Ländern eruiert und in Gesetzen, ökonomischen Rahmensetzungen und in der Planungspraxis auf allen Ebenen verankert werden. Beiträge zur Etablierung einer Flächenkreislaufwirtschaft sollen erarbeitet werden [EF]. Angesichts steigender Nutzungskonkurrenzen sind Freiflächenverluste zu analysieren und Maßnahmen für eine flächensparende und multifunktionale Stadt- und Raumentwicklung zu erarbeiten [EF].

- Wie können die Umweltauswirkungen urbaner und regionaler Stoffströme reduziert werden?

Es gilt, die Erkenntnisse zu Umweltwirkungen und Ressourceneffekten urbaner und regionaler Stoffströme zu operationalisieren und Empfehlungen abzuleiten [VF]. Diese zielen sowohl auf die Weiterentwicklung rechtlicher, ökonomischer und planerischer Instrumente sowie auf kooperative Maßnahmen zur Reduzierung der Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen für eine umweltorientierte Stadt- und Infrastrukturentwicklung [EF]. Dabei gilt es, die Chancen der Digitalisierung zu nutzen, um Umweltbelastungen zu reduzieren und nachhaltige Lösungen für Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung zu unterstützen [EF]. Des Weiteren werden konzeptionelle Beiträge zur Harmonisierung von Materialinventaren erarbeitet und die Aufnahme der Instrumente in die Gebäudezertifizierung, in Förderprogramme sowie der digitalen Gebäudeplanung (BIM) unterstützt [EF].

- Wie lässt sich eine resiliente, umwelt- und sozialverträgliche, gesundheitsfördernde Stadtentwicklung stärken und mit den Zielen zur Wohnraumschaffung in Einklang bringen? Wie lässt sich die Freisetzung von Schadstoffen aus Gebäuden und Quartieren besser verstehen und reduzieren?

Es sind ambitionierte Ziele und Umsetzungsempfehlungen für eine gute Umweltqualität und gesundes Leben in Städten unter Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels zu formulieren. Dabei gilt es, Resilienz, Umwelt- und Gesundheitsbelange in Stadtentwicklungsprozessen und im Bauwesen zu stärken und Synergien mit einer sozialverträglichen Entwicklung von Städten abzuleiten, Empfehlungen für den Bestandsumbau sowie die nachhaltige Wohnraumschaffung zu formulieren, Zielkonflikte zu lösen sowie Anforderungen an umweltschonende gesunde Baustoffe sowie architekturbasierte Lösungen wie Low Tech zu formulieren. Das Leitbild der dreifachen Innenentwicklung zur räumlichen Auf- und Verteilung von Flächen für Bauen, Mobilität sowie grün-blaue Infrastrukturen ist wissenschaftlich zu untersetzen. [IF, EF]. Hierbei soll auch in

den Blick genommen werden, welche positiven Gesundheitswirkungen (zum Beispiel durch verstärkte Begrünung) durch nachhaltige Stadtentwicklung zu erzielen sind.

- Wie kann die EU-Initiative zum Neuen Europäischen Bauhaus im Sinne einer nachhaltigen und somit resilienten Entwicklung urbaner Räume und einer urbanen Mobilitätswende konzeptionell untersetzt werden? [IF]

Ziel des Eigenforschungsprojekts ist es, die Perspektive des NEB vom Bauen und Gebäude auf andere Themen zu erweitern. Dazu sollen Bauen und Wohnen, Frei- und Grünräume, Klimawandelanpassung, Gesundheit und Umweltgerechtigkeit sowie nachhaltige Mobilität zusammengedacht werden. Untersucht beziehungsweise ausgewertet werden sollen: Auswirkungen der Corona-Pandemie auf Innenstädte und Freiräume, Daten zu Kindergesundheit und Wohnumfeld in Deutschland, Chancen der nachhaltigen Mobilität in Reallaboren, nachhaltiges und ästhetisch ansprechendes Bauen sowie die Potenziale multifunktionaler Stadtstrukturen zur Klimaanpassung.

- Wie lassen sich Umweltziele in Kommunen mit Blick auf Regulierung, Planung, Governance und Finanzierung operationalisieren und umsetzen? Wie kann die regionale Zusammenarbeit gestärkt werden?

Zur Operationalisierung von übergeordneten Zielen sind nationale Programme und Strategien in konkrete Maßnahmen für die städtische Ebene zu übersetzen und für die kommunalen Akteure handhabbar zu machen [IF, EF]. Zudem sind die Förderprogramme des Bundes für die Erarbeitung von Konzepten zum Flächensparen, für eine klima- und ressourcenschonende Stadtentwicklung und zur Stärkung grüner Infrastruktur zu nutzen (zum Beispiel Aktionsprogramm natürlicher Klimaschutz) und die Kommunen bei der Umsetzung zu unterstützen [EF]. Aufbauend auf der Vision „Umlandstadt umweltschonend“ werden umweltrelevante Wechselwirkungen zwischen Stadt, Umland und Land untersucht und Strategien zur Umsetzung der Empfehlungen zu entwickeln [VF, EF]. Wichtige Ergebnisse dafür werden auch in der am UBA laufenden Begleitforschung zum BMBF-Programm „Stadt-Land-Plus“ erarbeitet (Drittmittelforschung).

2.2.15.2 Forschungs-/Netzwerke und Wissenstransfer

Für die Forschungsarbeiten wird ein breites wissenschaftliches Netzwerk genutzt, das von nationalen Ressort-/Forschungseinrichtungen (zum Beispiel Bundesinstitut für Bau-, Stadt-, und Raumforschung, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung,) und Universitäten bis hin zu europäischen und internationalen Organisationen (UBA Wien, Europäische Kommission Generaldirektion Umwelt, EEA, WHO) reicht. Diese und die Forschungsaktivitäten durch verschiedene Forschungsinstitute (wie Deutsches Institut für Bautechnik, Deutsches Institut für Urbanistik) bilden die wissenschaftliche Grundlage für die Politikberatung auf kommunaler, nationaler und europäischer Ebene. Hauptadressaten sind BMUV, BMWSB, BMBF sowie die EU-Kommission und die EEA.

2.2.15.3 Angestrebte Produkte

- Empfehlungen für Förderprogramme, Strategien und Rechtsvorschriften des Bundes zum Flächensparen, zum nachhaltigen Aus- und Umbau von Siedlungen und Infrastrukturen sowie zur Verbesserung der Umwelt- und Lebensqualität in Städten;
- Bereitstellung von Informations- und Kommunikationsinstrumenten zum Transfer von Wissen, neuen Lösungsansätzen und guten Praxisbeispielen an Kommunen und Multiplikatoren aus Wissenschaft und Praxis;

- Entwicklung konzeptioneller und fachlicher Beiträge für die EU-Initiative zum Neuen Europäischen Bauhaus (NEB) und zum Flächensparen auf europäischer Ebene
- Empfehlungen an Bauherren und Politik für eine ökologisch notwendige, sozial gerechte und ökonomisch machbare Transformation im Bauwesen mit Schwerpunktsetzung auf Bestandsumbau, schadstoffarme und langlebige Baumaterialien sowie klimaresiliente und zirkuläre sowie Low Tech Bauweisen;
- Etablierung eines Berichtswesens über die Nutzung natürlicher Ressourcen im Bauwesen, Ausgestaltung des Ressourceneffizienzprogramms der deutschen Bundesregierung (ProgRess);
- Empfehlungen für Materialinventare und ihre Integration in die Gebäudezertifizierung, Förderprogramme und digitale Gebäudeplanung (BIM) sowie Erstellung prototypischer „Gebäuderessourcenpässe“ für die UBA-Liegenschaften.
- Entwicklung europäischer Standards für Prüfmethoden und Deklarationen zur Reduzierung von Schadstoffen auf der Gebäude- und Quartiersebene.

2.2.16 Stoffliche Risiken

Umweltrisiken durch Chemikalien frühzeitig erkennen, prospektiv bewerten, effektiv managen

Welche Wissenslücken bestehen hinsichtlich der Umweltauswirkungen von Stoffen und deren Verwendungen, insbesondere wenn sie keiner gesetzlich vorgeschriebenen Umweltbewertung unterliegen?

Wie kann die Risikobewertung mit Fokus auf Realitätsnähe, wissenschaftlichem Anspruch, Rechtssicherheit und Vorsorgeprinzip weiterentwickelt und dennoch effizient gestaltet werden?

Wie können die Auswirkungen der Chemikalienanwendung auf die Umwelt insgesamt und die Erfolge des Risikomanagements erfasst und dokumentiert werden- welche Anreize und Konzepte tragen zur Risikoreduzierung bei?

Wie lässt sich der Schutz der Lebensgrundlagen bei der Entwicklung von Stoffen effektiv verankern - welche Beiträge liefert das Konzept nachhaltiger Chemie zu Risikoreduzierung, Risikoprävention und Schutz der Lebensgrundlagen?

Chemikalien unterliegen einer Reihe spezifischer Regelungen.

- Die REACH-Verordnung regelt für die EU grundsätzlich die Herstellung, den Import und die Verwendung von allen Stoffen. Deren Risiko für die Umwelt wird von den Registranten ermittelt. Bei Bedarf kann behördlicherseits veranlasst werden, dass der Eintrag in die Umwelt über eine Zulassungspflicht oder Beschränkungsvorschläge reduziert wird. Es gibt jedoch Ausnahmen, die sich zum Beispiel auf kosmetische Stoffe, Medizinprodukte, Lebens- und Futtermittel, Mineralien, Erze, Erzkonzentrate, Erdgas, Rohöl und Kohle in verschiedenster Weise beziehen. Sie können aber auch mit anderer Intention zum Beispiel in Körperpflegeprodukten genutzt werden, ohne einer Umweltbewertung zu unterliegen.
- Stoffe mit intendierter toxischer/ökotoxischer Wirkung (Wirkstoffe) werden in Abhängigkeit vom beabsichtigten Gebrauch hinsichtlich der Gefährdung von Mensch und Umwelt bewertet und reguliert. Eine relevante Anzahl von Stoffen wird dabei parallel zum Beispiel als Pflanzenschutz-, Arzneimittel- oder Biozidwirkstoff betrachtet.
- Darüber hinaus gibt es Chemikalien wie Lebensmittelzusatzstoffe, deren Auswirkungen auf die Umwelt nicht betrachtet werden. Auch bestimmte neuartige Materialien fallen unter die Stoff- oder die Produktregulierung (zum Beispiel Pflanzenschutzmittel oder Biozide), aber die Informationsanforderungen und Bewertungsinstrumente sind unter Umständen nicht sachgerecht. Es unterliegen also nicht alle Chemikalien (und/oder Wirkstoffe) einer umfassenden Bewertung über ihren gesamten Lebenszyklus und eines übergreifenden Managements hinsichtlich des Umweltschutzes. Dies führt dazu, dass es in Hinblick auf die Identifizierung stofflicher Risiken nach wie vor viele „blinde Flecken“ und daraus resultierende Defizite in der Risikominderung und Prävention gibt.

Für die Umweltrisikobewertung stehen viele standardisierte Methoden zur Bestimmung von Exposition, Verhalten und Wirkung zur Verfügung. Diese sind verbesserungsbedürftig hinsichtlich der Realitätsnähe, der Effizienz und der Effektivität. Für die Risikobewertung in Bezug auf Endpunkte wie die Biodiversität, weitere ökologische Faktoren wie das Fluchtverhalten und indirekte Effekte, fehlen Methoden oder sind nicht standardisiert. Für polare organische aber auch sehr schlecht wasserlösliche Stoffe und für viele anorganische Stoffe fehlen z. T. passende Bewertungsmethoden. Im Sinne des vorsorgenden Umweltschutzes fehlen Methoden zur sicheren

Früherkennung von bislang zu wenig betrachteten Stoffen. Dies gilt auch für die Bewertung von Mischungen in der Umwelt.

Für eine zielgerichtete Regulierung mit messbarem Erfolg sind an vielen Stellen das verfügbare Instrumentarium und das Wissen noch unzureichend. Die Zusammenhänge zwischen Anwendungsbereich, Emissionen und Verbleib von Stoffen in der Umwelt einschließlich der Auswirkungen auf Nahrungsnetze sind (auch vor dem Hintergrund des Verlusts der Biodiversität) oft nicht geklärt. Häufig fehlen für ein wirksames Chemikalienmanagement noch, eng verknüpft mit der Minimierung und Prävention von Schäden, systematische Betrachtungen zur Ergebnisbewertung und -maximierung von Chemikalienanwendungen im Sinne nachhaltiger Entwicklung.

Für effektive Risikominderungsmaßnahmen und die vergleichende Bewertung von Substitutionskandidaten im Wirkstoffverfahren fehlen Bewertungsmethoden insbesondere für den Abgleich der Eignung und der Auswirkungen wirkstofffreier Methoden.

Viele persistente beziehungsweise besorgniserregende Stoffe, deren Herstellung und Verwendung z. T. seit langem verboten sind, verursachen immer noch aktuelle Umweltprobleme, weil sie durch die Technosphäre (Recycling) und durch Wiederfreisetzung belasteter Umweltkompartimente (zum Beispiel Bodenaushub und -transfer) für Mensch und Umwelt wieder verfügbar gemacht werden. Die Lösung dieses Problems und die Konsequenzen für Bewertung und Management aktueller Stoffe sind nicht klar.

Zudem fehlen handhabbare Indikatoren für die Umweltauswirkungen durch Stoffe, die auch als Trendmesser fungieren können. Der Erfolg von Managementmaßnahmen muss daher in der Regel einzeln für die jeweilige Chemikalie überprüft werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die forschungspolitischen Herausforderungen in der Chemikaliensicherheit umfassend sind, auf internationaler Ebene bearbeitet und entschieden werden (zum Beispiel OECD-Normung, rechtliche Änderungen). Das Umweltbundesamt wird auch in den nächsten Jahren konkrete Beiträge zu einzelnen Themen leisten.

2.2.16.1 Aktuelle/künftige Fragestellungen

- Welche Wissenslücken bestehen hinsichtlich der Umweltauswirkungen von Stoffen und deren Verwendungen, insbesondere wenn sie keiner gesetzlich vorgeschriebenen Umweltbewertung unterliegen?

Den Weg hin zu einer zusammenfassenden Bewertung und zum Schließen der „Blinden Flecken“ zeigen wir auf [IF]. Dazu gehört zum Beispiel die Betrachtung der Umweltrelevanz bisher nicht der Stoffregulierung unterliegender Stoffanwendungen, die Belastung der Umwelt mit bestimmten Wirkstoffen und Industriechemikalien, der Umgang mit mangelhaften Daten in den Registrierungsdossiers gemäß REACH, die Etablierung einer zusammenfassenden Bewertung unter Berücksichtigung der Gesamtexposition bei Wirkstoffen, die in unterschiedlichen (Rechts-)Bereichen angewandt werden, in denen sie reguliert oder auch nicht reguliert werden (Biozide in Wasch- und Reinigungsmitteln und Kosmetika, Arzneimittel in Futtermittelzusatzstoffen, Wiederverwertung nach Recycling). Schnittstellen zwischen Stoffrecht und anderen Rechtsbereichen (Anlagenrecht, mediales Umweltrecht, Produktrecht, Kreislaufwirtschaftsrecht) analysieren wir [IF]. Wir benennen Defizite in der REACH-Verordnung etwa in Bezug auf Erzeugnisse und Polymere und neuartige Materialien und Werkstoffe und machen Verbesserungsvorschläge im Zusammenspiel der Regulierungen [IF, EF]. Zur Qualitätsverbesserung der REACH-Registrierungsdossiers tragen wir bei [IF]. Die Relevanz bisher nicht berücksichtigter Eintragspfade von Arzneimitteln in die Umwelt (zum Beispiel durch Haustiere) bewerten wir [EF]. Wir identifizie-

ren Formulierungshilfsmittel, die wirkungs- und mengenrelevant sind und unter die Umweltbewertung verschiedener Stoffgesetze fallen [IF]. Wir analysieren die Umweltrelevanz von Düngemitteln, Nitrifikations- und Ureasehemmer und betrachten die Gesamtbelastung der Umwelt durch die Gesamtheit der in der landwirtschaftlichen Praxis eingesetzten Chemikalien.

- Wie kann die Risikobewertung mit Fokus auf Realitätsnähe, wissenschaftlichem Anspruch, Rechtssicherheit und Vorsorgeprinzip weiterentwickelt und dennoch effizient gestaltet werden?

Die verfügbaren standardisierten Bewertungsmethoden sind in der Regel mit dem Fokus auf unpolare organische Stoffe entwickelt worden. Die Bewertungsmethoden müssen daher an anorganische, ionische und polare organische Stoffe angepasst werden [IF, EF]

Die Nutzung von Simulations-Methoden zur Risikobewertung sowie Bewertungsmethoden für persistente, bioakkumulierbare und toxische Stoffe (PBT-Stoffe und persistente organische Stoffe mit Ferntransportpotenzial POP) entwickeln wir weiter [EF, IF]. Für persistente, mobile und toxische Stoffe (PMT-Stoffe) entwickeln wir analytische Methoden weiter und erforschen wie wir deren Regulierung in den verschiedenen Rechtsbereichen etablieren können [IF, EF]. Das Screening nach POP-, PBT-, PMT-Stoffen sowie nach Endokrinen Disruptoren und anderen besonders umweltkritischen Stoffgruppen entwickeln wir weiter [EF].

Wir untersuchen, ob relevante Wirkungsendpunkte in der Risikobewertung fehlen, zum Beispiel ob aquatische Pilze als neue Endpunkte und Schutzgut in die Risikobewertung integriert werden können und sollten [IF, VF]. Direkte vs. indirekte Effekte von Insektizid-Herbizid-Mischungen auf die Lebensgemeinschaft aquatischer Invertebraten erfassen wir auch über Isotopenverhältnisse als Indikator [IF, VF].

Für endokrin wirkende Stoffe sowie für neue und besonders umweltrelevante Arzneimittel-Wirkstoffgruppen entwickeln wir maßgeschneiderte Strategien zur Risikobewertung [EF, IF, VF]. Für Antiparasitika entwickeln wir Ansätze zur Berücksichtigung ihrer Auswirkungen auf die Biodiversität. Wir ermitteln die Relevanz der Umwelt für die Verbreitung von Antibiotikaresistenzen (AMR) und leiten Methoden her zur Berücksichtigung von AMR in der Risikobewertung von Antibiotika.

Strategien zur Risikoregulierung für Pflanzenschutzmittel bewerten wir hinsichtlich ihrer Effizienz (Aufwand, Komplexität) und Wirksamkeit bei der Erreichung der Umweltschutzziele [IF]. Wir befassen uns mit den Methoden der ökologischen und GIS-basierten Modellierung bei der Risikobewertung von Pflanzenschutzmitteln [EF, IF, VF] sowie dem Ökosystemdienstleistungs-Ansatz und seiner Verwendung zur Operationalisierung gesetzlich definierter Umweltschutzziele [IF, EF]. Zum Schließen erkannter Bewertungs- und Regulierungslücken zu Pflanzenschutzmitteln erarbeiten wir Konzepte und Methoden, unter anderem für eine angemessene Berücksichtigung von Auswirkungen auf das Ökosystem durch die Interaktion trophischer Ebenen.

Für Biozide optimieren wir die Risikobewertung durch die (Weiter-)Entwicklung von Expositionsszenarien, durch Anwendung ökologischer Modelle und durch die Berücksichtigung des Schutzes der Biodiversität [IF, EF]. Konzepte zur vergleichenden Bewertung und für die Berücksichtigung kumulativer Exposition und Kombinationswirkungen über die Regelungsbereiche hinweg bringen wir in die Anwendung [IF, EF].

Für neuartige Materialien begleiten wir neue Entwicklungen von neuen Werkstofftechniken und deren Anwendungen im Sinne der „Regulatory Preparedness“.

- Wie können die Auswirkungen der Chemikalienanwendung auf die Umwelt insgesamt und die Erfolge des Risikomanagements erfasst und dokumentiert werden? Welche Anreize und Konzepte tragen zur Risikoreduzierung bei?

Für Arzneimittel integrieren wir Monitoring und Biomonitoring in die Risikobewertung [VF], erfassen experimentell das Umweltverhalten des Wirkstoffs Metformin [IF], bilanzieren die Einträge nach Quellen (Herstellung, Ausscheidung, unsachgemäße Entsorgung) und leiten daraus Minderungspotenziale ab [EF]. Für Biozide und Pflanzenschutzmittel klären wir die Belastung der Umwelt, zum Beispiel für Kleingewässer oder Biota, und ermitteln Eintragspfade. Weiterhin entwickeln wir Methoden für das Monitoring von neuartigen Materialien und schwer abbaubaren Inhaltsstoffen von Wasch- und Reinigungsmitteln [EF]. Wir prüfen den Einsatz von Passivsammlern für das Monitoring von Stoffen in Gewässern [EF, IF].

Wir verbessern das prospektive und retrospektive Indikatorensystem für die Umweltauswirkungen des Pflanzenschutzes und verbinden es enger mit der Risikobewertung in den Zulassungsverfahren von Pflanzenschutzmitteln [EF]. Insbesondere streben wir einen engeren Regelungskreislauf aus Umweltbeobachtung und regulatorischen Entscheidungen zu Pflanzenschutzmitteln an.

Wir entwickeln die beiden Säulen der EU-Pflanzenschutzmittelpolitik – das Zulassungssystem und die Regelungen zur nachhaltigen Verwendung und der Mengen- und Risikoreduktion – zu einem kongruenten Gesamtkonzept für ein Risikomanagement im Pflanzenschutz weiter. Unsere Forschung unterstützt die Entwicklung der Rechtsgrundlagen, insbesondere deren Umsetzung in die Praxis. Einen Fokus bilden dabei Maßnahmen in der Landwirtschaft, die sicherstellen, dass die hinter den Reduktionszielen stehenden ökologischen Ziele erreicht werden.

Wir arbeiten außerdem an einer engeren Verzahnung der auf Pflanzenschutzmittel bezogenen Regelungen und Maßnahmen des Wasser- und Naturschutzrechts mit denen des Pflanzenschutzrechts.

Für Biozide optimieren wir die Umweltexpositionsszenarien, die Risikominderungsmaßnahmen und die Monitoringkonzepte.

Durch Analyse von Verbraucherprodukten, Verwendungsmustern und durch Monitoring leiten wir zielgenaue Risikomanagementmaßnahmen für unter REACH regulierungsbedürftige Stoffe ab [EF]. Die Substitution besonders besorgniserregender Stoffe fördern wir durch die Stärkung der Verbraucherrechte [IF]. Monitoringdaten nutzen wir zur Dokumentation des Erfolgs von Risikomanagementmaßnahmen [IF]. Wir analysieren und verbessern die Effizienz der Regulierungen und die Schnittstelle zum Anlagenrecht [EF, IF].

- Wie lässt sich der Schutz der Lebensgrundlagen bereits bei der Entwicklung von Stoffen und Formulierungen effektiv verankern? Welche Beiträge liefert das Konzept nachhaltiger Chemie zu wirksamerer Risikoreduzierung, Risikoprävention und umfassendem Schutz der Lebensgrundlagen?

Die Ziele und Konzepte der „Nachhaltigen Chemie“ möchten wir auf der einen Seite enger mit den stoffgesetzblichen Regelungen verknüpfen [IF, EF] und auf der anderen Seite systematischer dafür einsetzen, Voraussetzungen zu klären für wirksames Erreichen chemikalienrelevanter SDGs (Agenda 2030) und im Sinne relevanter Elemente des European Green Deal (etwa Zero Pollution Ambition, Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit durch safe and sustainable by design [SSbD]). In diesem Kontext analysieren wir auch die Nachhaltigkeitsanforderungen an Chemikalien und deren Einsatz in einer schadstoffarmen Kreislaufwirtschaft (s. 2.1.10). Möglichkeiten, Optimierungspotentiale und Grenzen des Konzepts der „Nachhaltigen Pharmazie“ zeigen wir auf [IF].

Für die Bewertung von Sicherheit und Nachhaltigkeit neuartiger Materialien erlangen wir Kenntnisse über deren Verhalten und Wirkung in der Umwelt und entwickeln sachgerechte Methoden und Instrumente [VF, EF]. Wir entwickeln Strategien und Instrumente zur nachhaltig umweltgerechten Nutzung von Bioziden [IF, EF].

Steuerungsinstrumente für die Umsetzung der Rahmenrichtlinie zur nachhaltigen Verwendung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) wie die Steuer für PSM entwickeln wir weiter [VF, EF]. Umweltkosten und –nutzen des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln und anderen Chemikalien analysieren wir in einer umfassenden und vergleichenden Bilanzierung gegenüber alternativen (gegebenenfalls wirkstofffreien) Verfahren [EF].

Wir untersuchen Möglichkeiten der Umweltentlastung durch geeignete gute fachliche Praxen und nicht-chemische Alternativen für Biozide. Weiterhin entwickeln und überprüfen wir Testverfahren und Bewertungskriterien zur Wirksamkeitsprüfung von biozidfreien Alternativmethoden zur Bekämpfung von Gesundheitsschädlingen und fördern deren Durchsetzung auf dem Markt [IF, EF]. Wir hinterfragen die übliche Anwendungspraxis von Bioziden und setzen uns kritisch mit bisherigen Managementkonzepten zur Kontrolle von Schadorganismen auseinander (SCOTTY-Initiative) [VF, IF, EF].

Kasten 11: Sustainable Control of Harmful Organisms in the 21st Century (SCOTTY) (Laufzeit: 2020–2030)

Schadorganismen verbreiten sich durch globale Warenströme, Tourismus, zunehmende Urbanisierung und den Klimawandel wie nie zuvor. Chemikalien zu deren Bekämpfung werden in einem Spannungsfeld eingesetzt: einerseits ist ihr Einsatz zum Teil unverzichtbar, um die menschliche oder tierische Gesundheit oder Materialien vor Schäden zu schützen. Andererseits können diese Chemikalien Schäden für Mensch und Umwelt verursachen. SCOTTY sucht in diesem Spannungsfeld nach Lösungen für ein nachhaltiges Management der Organismen.

SCOTTY verknüpft in diesem Spannungsfeld die interdisziplinären Kettenkompetenzen des UBA, um Zielkonflikte aufzuzeigen und handlungsorientiert Lösungen zu entwickeln. Dabei wird transdisziplinären Ansätzen große Bedeutung zugemessen, in die Projekte sind regelmäßige Akteure aus der Praxis eingebunden (beispielsweise Wasserbetriebe, Schädlingsbekämpfungsfirmen, Kommunen).

Die Initiative profitiert dabei davon, dass Forschung, Vollzug und Politikberatung im Haus eng verzahnt sind. Im Rahmen des Vollzugs der EU-Biozidverordnung sind die Fachgebiete IV1.2 und IV1.4 für die Bewertung von Umweltrisiken und der Wirksamkeit einer Vielzahl von Produkten zuständig. Die dabei festgestellten Probleme und Wissenslücken fließen direkt in interne und externe Forschung und Politikberatung auf nationaler und europäischer Ebene ein.

Die Forschung fokussiert auf nachhaltige Managementkonzepte für Schadorganismen. Aufgrund festgestellter Umweltprobleme durch Rattengift lag ein erster Schwerpunkt auf der Aufklärung der problematischsten Anwendungsarten, gefolgt von Forschung zu und Förderung von alternativen Konzepten (beispielsweise Feldstudie Ökologie von Stadtratten, Entwicklung Vorhersagemodell Rötelmäuse/Hantaviren, transdisziplinäre Entwicklung von Testmethoden für Schlagfallen). Dieser Ansatz wird auch für anderen Bereiche verfolgt (zum Beispiel Management von Schiffsbewuchs: Entwicklung eines Blauen Engels für Alternativen, Bewuchsatlas zur Information von Bootseigentümern). Zur Identifikation von neuen Forschungsfragen werden die Methoden der Transformationswerkstatt genutzt.

Außerdem erarbeiten wir Strategien für eine verantwortungsbewusste und verständliche Risikokommunikation zur Reduzierung der Umweltbelastung durch verstärkte Risikoprävention [EF].

2.2.16.2 Forschungs-/Netzwerke und Wissenstransfer

Die Forschung zu stofflichen Umweltrisiken findet in enger Kooperation mit Bundeseinrichtungen mit Forschungs- und Entwicklungsaufgaben (etwa Thünen-Institut, RKI, Bundesanstalt für Gewässerkunde), Universitäten und Forschungsinstituten (etwa Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ, Karlsruher Institut für Technologie, Fraunhofer-Institute) statt. Ferner ist die Forschung eingebettet in diverse europäische und internationale Netzwerke, Forschungsverbünde und Rahmenkonzepte (European Partnership for the Assessment of Risks from Chemicals (PARC), Zero Pollution Action Plan (ZPA), One Health, etc.).

2.2.16.3 Angestrebte Produkte

Mittels den durch die geplante Forschung gewonnenen Erkenntnissen

- leisten wir Beiträge zu einer realitätsnäheren und zugleich immer noch effizienten Bewertung der stofflichen Risiken für die Umwelt in den stoffgesetzlichen Verfahren; darüber hinaus zur Betrachtung bislang nicht betrachteter Risiken durch nicht regulierte Verwendungen und Stoffe. Ein Schwerpunkt liegt auf den besonders besorgniserregenden Stoffen, die nicht in die Umwelt gelangen sollen.
- leisten wir Beiträge zur realitätsnäheren Risikobewertung der Wirkstoffe in ihrer Gesamtheit, der Optimierung der Möglichkeiten der Risikoreduzierung und des Risikomanagements aller Stoffe und ihrer nachhaltig umweltgerechten Verwendung.
- zeigen wir Erfolge, einerseits durch die Anwendung spezifischer Monitoringkonzepte und andererseits durch Verbesserung der Realitätsnähe der Expositionsmodellierung, auf. Diese Konzepte sind zu unterscheiden vom Monitoring zur allgemeinen Überwachung der Umweltqualität.
- erreichen wir eine verbesserte Verzahnung und Verständigung über häufig missverständlich genutzte Konzepte und Begriffe wie „Nachhaltigkeit“, „Nachhaltige Pharmazie“ und „Nachhaltige Chemie“ durch klaren Bezug zu den vorhandenen stoffrechtlichen Regelungen und Konventionen. So soll sichergestellt sein, dass das Vorsorgeprinzip eingehalten wird und ein hohes Schutzniveau für die Umwelt gewahrt ist.
- fördern wir die nachhaltige Nutzung von Chemikalien und Wirkstoffen, die auf das notwendige Mindestmaß begrenzt ist. Dies wird insbesondere erreicht durch die Entwicklung und Verbreitung moderner Managementkonzepte für Schadorganismen, bei denen präventive Methoden und wirksame wirkstofffreie Alternativen zum Einsatz kommen und so den Einsatz von Wirkstoffen und deren Einträge in die Umwelt möglichst weit reduzieren.

2.2.17 Landwirtschaft und Ernährungssystem

Landwirtschaft und Ernährungssystem zukunftsfähig gestalten: Aufgaben und Herausforderungen für den Umweltschutz.



Eine gesunde, tiergerechte und umweltschonende Ernährung sicherzustellen und ihr eine gebührende Wertschätzung zu verleihen, ist eine Aufgabe entlang der gesamten Wertschöpfungskette von Lebensmitteln. Mit der bisherigen Landwirtschaft und dem Ernährungssystem gehen vielfältige negative Wirkungen auf die Umwelt einher: Rückgang der Artenvielfalt, der übermäßige Eintrag von Nährstoffen sowie Pflanzenschutzmitteln und Tierarzneimitteln in Ökosysteme oder knapper werdende Ressourcen wie landwirtschaftlich nutzbare Flächen und dauerhaft fruchtbare Böden sowie Belastungen von Wasser, Boden, Luft und Klima. Dabei sind unterschiedliche Akteure aus der Landwirtschaft, der Lebensmittelverarbeitung, des Handels und der Gastronomie sowie Konsumentinnen und Konsumenten beteiligt und stehen in Wechselbeziehung zueinander. Die Herausforderung besteht weiterhin darin, diese Umweltwirkungen des gesamten Ernährungssystems (einschließlich der Landwirtschaft) zu erforschen und über alle Akteure zu verringern. Es bedarf sowohl weiterer Forschung für geeignete Instrumente als auch der Erprobung konkreter Maßnahmen, um die Verbraucherinnen und Verbraucher mit Blick auf die unterschiedlichen Bedürfnisse zielgruppenspezifisch zu erreichen.

Ansätze gibt es hierzu sowohl auf der nationalen als auch auf der europäischen und internationalen Ebene. Über Berichte wie dem Global Nutrition Report zur globalen Ernährungssituation oder dem jährlichen Bericht zur Ernährungssicherheit der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen hinaus formulieren internationale Übereinkommen wie die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung mit den Nachhaltigen Entwicklungszielen (SDGs), der Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework (KM-GBF) zu biologischer Vielfalt und das Pariser Klimaabkommen einen Rahmen für eine zukunftsfähige Landwirtschaft und ein nachhaltiges Ernährungssystem. Hinzu kommen spezifische Konzepte wie die Planetary Boundaries und die Planetary Health Diet.

Mit der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie hat die Bundesregierung 2017 die Zielsetzungen der UN auf die nationale Ebene übersetzt und mit dem Maßnahmenprogramm 2021 konkretisiert. Der Bereich Ernährung wurde als eines von sechs zentralen Bedürfnisfeldern im Nationalen Programm für nachhaltigen Konsum (NPNK) festgelegt. Auch in der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt, im Nationalen Aktionsplan Pflanzenschutzmittel und dem Klimaschutzplan 2050 hat die Bundesregierung für die Landwirtschaft Ziele und Maßnahmen formuliert. Im Koalitionsvertrag von 2021 wurde außerdem die Entwicklung einer nationalen Ernährungsstrategie

vereinbart. Mit seiner Forschung zu den Umweltwirkungen von Landwirtschaft und Ernährungssystem verfolgt das Umweltbundesamt das Ziel, umweltpolitische Vorschläge für eine zukunftsfähige Landwirtschaft und ein nachhaltiges Ernährungssystem zu erarbeiten.

2.2.17.1 Aktuelle/künftige Fragestellungen

- Wie lassen sich die negativen Umweltwirkungen der Landwirtschaft (unter anderem Nährstoffeinträge) minimieren?

Im Bereich Landwirtschaft gilt es, die relevanten negativen Umweltwirkungen der Landwirtschaft in Deutschland zu identifizieren. Welche Ursachen und Zusammenhänge liegen diesen zugrunde? Eine zentrale Rolle spielen dabei die Nährstoffüberschüsse, welche auch eine Folge der Intensivtierhaltung sind. Welche Maßnahmen können eine Entschärfung der Situation herbeiführen? Wie lassen sich die Umwelteffekte unterschiedlicher Produktionssysteme monetär bewerten? Mit welchen Maßnahmen und Instrumenten lassen sich die negativen Umweltwirkungen der Landwirtschaft effizient und effektiv minimieren. Wie können zum Beispiel die Auswirkungen der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf die Umwelt insgesamt erfasst werden und welche Maßnahmen tragen zur Risikoreduzierung bei?

- Welche Instrumente können die negativen Umweltwirkungen der Landwirtschaft reduzieren?

Wir beschäftigen uns auf der Instrumentenebene mit Fragen des landwirtschaftlichen Ordnungsrechtes und der ökonomischen Rahmenbedingungen (Honorierung ökologischer Leistungen, Abbau umweltschädlicher Subventionen, Nutzung verursacherorientierter Instrumente wie Steuern und Abgaben). Einen besonderen Stellenwert nehmen hierbei eine Evaluierung und Weiterentwicklung des Düngerechts und der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (GAP) ein.

- Wie können einzelne Akteure die negativen Umweltwirkungen entlang der Wertschöpfungskette von Lebensmitteln vermindern?

Im Bereich Ernährungssysteme geht es darum, relevante negative Umweltwirkungen einzelner Lebensmittelprodukte entlang der Lebensmittelkette zu identifizieren und Ansätze zur Reduzierung dieser Umweltauswirkungen aufzuzeigen. Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes werden das Thema Ernährung im Hinblick auf Umweltwirkungen, Klima- und Ressourcenschutz sowie auf produkt- und verbraucherpolitische Nachhaltigkeitspotenziale untersuchen [EF, IF]. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Weiterentwicklung der Methoden. Hierfür kann an eine Studie der EU-Kommission zum Product Environmental Footprint (PEF) angeknüpft werden, die auch vom Umweltbundesamt wissenschaftlich mit begleitet wurde [EF].

Darüber hinaus stehen die Akteure der Lebensmittelwertschöpfungskette, insbesondere die Lebensmittelindustrie, der Handel, die Anbieter des Außer-Haus-Verzehrs, die Verbraucherinnen und Verbraucher sowie die Rahmenbedingungen, die durch die Politik festgelegt werden, im Fokus unserer Fragestellungen: Welchen Beitrag können die verschiedenen Akteure und die Rahmenbedingungen leisten, um die ernährungsbedingten negativen Umweltwirkungen zu minimieren, die Wertschätzung für Lebensmittel zu erhöhen und Lebensmittelverluste zu vermeiden? [EF] Wie können die Konsumentinnen und Konsumenten zum Beispiel durch verbesserte Ansprache, verbesserte Information und ein besseres Angebot an umwelt- und klimaverträglich erzeugten Lebensmitteln beziehungsweise Speisen aber auch durch neue Teilhabe in die Lage versetzt und ertüchtigt werden, ihren Beitrag für eine umweltschonende und wertschätzende Ernährung zu leisten?

- Welche Umweltentlastungspotenziale liegen in innovativen Lebensmitteln und Produktionsverfahren?

Es wird derzeit an einer Vielzahl von Produkten und Produktionsverfahren, insbesondere im Kontext alternativer Proteinquellen, geforscht, die ressourcenschonende, attraktive und alltagskompatible Lebensmittel für den Mainstream hervorbringen sollen. Im Rahmen dieses Forschungsstrangs untersuchen wir diese Innovationen und schätzen diese im Hinblick auf ihr Nachhaltigkeitspotenzial ein.

- Wie können Innovationen und Exnovationen zur erfolgreichen Umsetzung ökologischer Verbesserungen beitragen?

Wir prüfen, wie Erkenntnisse aus der Transformationsforschung für konkrete Vorschläge im Themenfeld Ernährung-Landwirtschaft nutzbar gemacht werden können. Dabei werden wichtige Aspekte von Transformationen, v.a. existierende Nischen und mögliche Exnovationsstrategien, untersucht.

- UBA strategisches Kernthema „Ernährung und Landwirtschaft mit Zukunft“ (ErLa)

Im Rahmen des fachbereichsübergreifenden, strategischem Kernthemas werden folgende Forschungsfragen beantwortet:

- Welche Menge tierischer Lebensmittel (Fleisch, Milch, Eier) kann in Deutschland umweltverträglich erzeugt werden?
- Wie setzt sich eine gesunde und nachhaltige Ernährungsweise in Deutschland zusammen? Die Forschung hierzu umfasst, welche Umweltkriterien für Bewertung der ökologischen Aspekte der Ernährung zwingend berücksichtigt werden müssen, welche Methoden für die Quantifizierung der Auswirkungen in diesen Wirkungskategorien die derzeit am besten geeigneten sind und welche Daten zur Zeit dafür verfügbar sind. Zur Aufbereitung des Stands der Wissenschaft zu diesen Fragen wird unter anderem ein Fachdialog durchgeführt.
- Was sind geeignete Ansätze für eine ökologisch nachhaltige Flächennutzung durch die Landwirtschaft?
- Wie sieht ein effektiver Mix an Handlungsansätzen für die Transformation des Agrar- und Ernährungssystems in Deutschland aus?

Das Herzstück des strategischen Kernthemas bildet ein UBA-Eigenforschungsprojekt mit gleichem Namen (siehe auch Kasten 4).

2.2.17.2 Forschungs-/Netzwerke und Wissenstransfer

Unsere Forschungsergebnisse adressieren auf internationaler Ebene Institutionen wie die European Environment Agency (EEA) oder das Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). National ist die enge Kooperation mit dem BfN und mit dem Thünen-Institut hervorzuheben, beispielsweise im Bereich der Gemeinsamen Agrarpolitik oder zur jährlichen Ausrichtung des Agrarkongresses im Vorfeld der Grünen Woche. Zu den wichtigen Akteuren, mit denen wir im Austausch stehen, zählen die Deutsche Agrarforschungsallianz (DAFA), Wirtschaftsverbände der Landwirtschaft, der Lebensmittelindustrie und des Einzelhandels, Nichtregierungsorganisationen wie Umwelt-, Entwicklungshilfe-, Sozial- und Verbraucherverbände sowie weitere Stakeholder (Kommunale Verwaltungen, Wasserversorger und Landwirtschaftskammern).

2.2.17.3 Angestrebte Produkte

Übergeordnetes Ziel ist es, die Transformation hin zu einer umweltgerechten, zukunftsfähigen Landwirtschaft und zu nachhaltigen Ernährungssystemen zu erreichen.

Dazu liefern wir mit unseren Forschungsaktivitäten Beiträge, um Transparenz über die negativen Umweltwirkungen der Landwirtschaft und der Ernährungssysteme sowie der ihnen zugrunde liegenden Ursachen und Wechselwirkungen herzustellen:

- Vorschläge zur Neugestaltung der Europäischen Agrarpolitik und Politikempfehlungen für die Bundesregierung;
- Politische Handlungsoptionen für eine zukunftsfähige Landwirtschaft und Ernährung sowie für den dafür notwendigen kulturellen Wandel der Gesellschaft, etwa Empfehlungen zu Instrumenten und Maßnahmen, mit denen die negativen Umweltwirkungen minimiert und positive Ansätze unterstützt werden;
- Steuerungsinstrumente für die Umsetzung der Rahmenrichtlinie zur nachhaltigen Verwendung von Pflanzenschutzmitteln wie zum Beispiel die Abgaben auf Pflanzenschutzmittel entwickeln wir weiter. Gleiches gilt für den nachhaltigen Umgang mit Nährstoffen in der Landwirtschaft. Wir evaluieren das Düngerecht und machen Vorschläge für dessen Weiterentwicklung;
- Bilanzierung von Umweltkosten und -nutzen unterschiedlicher Rinderhaltungssysteme und des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln gegenüber alternativen (gegebenenfalls wirkstofffreien) Verfahren (siehe auch Kapitel 2.2.16);
- Marktanalysen und Marktdaten zu negativen Umweltwirkungen in der Lebensmittelkette, zur Rolle des Handels und zur Entwicklung des Anteils von Biolebensmitteln;
- Fachbroschüre zu alternativen Proteinquellen und Analoga.

Erkenntnisse werden auch dazu genutzt, um unterschiedlichen „Pionieren des Wandels“ zielgruppengerechte Hilfsmittel zur Verfügung zu stellen.

2.2.18 Kooperation, gesellschaftliche Gruppen, übergreifende Fragen der Umweltpolitik



Die zunehmende Blockbildung in der globalen Weltordnung, multiple Krisen wie die Corona-Pandemie und der russische Angriffskrieg in der Ukraine, der demografische Wandel, populistische Strömungen und eine wachsende Staats- und Politikverdrossenheit, Wissenschaftsskeptizismus und der schwindende gesellschaftliche Zusammenhalt sind Entwicklungen, die auch die Umweltpolitik vor neue Herausforderungen stellen (siehe auch Kapitel 2.2.4). Zugleich erfordert die dreifache ökologische Krise (Klimaerwärmung, Verlust an Biodiversität, Verschmutzung der Umwelt) eine wesentlich umsetzungsstärkere, beschleunigte und in alle politischen Bereiche hineinwirkende Umweltpolitik. Vor dem Hintergrund dieser Herausforderungen rücken Forschungsfragen, wie zum Beispiel eine gesellschaftliche Dynamik und Bereitschaft gestärkt werden kann, die die erforderlichen Wenden (Ernährungswende, Mobilitätswende, Energiewende) unterstützt, zunehmend in den Mittelpunkt. Ein wichtiger Forschungsschwerpunkt liegt auch auf der Frage, wie sich die Politik und Verwaltung als wichtiger Transformationsakteur selbst transformieren müssen. Auch die Erforschung des Zusammenspiels mit weiteren gesellschaftlichen Akteuren und der Voraussetzungen für die Bewahrung des gesellschaftlichen Zusammenhalts gewinnt an Bedeutung. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt liegt auf einem zukunftsfähigen Management von Umweltdaten, das von der Erschließung über die (Open Data) Bereitstellung bis hin zur Analyse, Visualisierung und Vermittlung von datengestütztem Umweltwissen reicht (siehe hierzu auch Kapitel 2.2.19).

2.2.18.1 Aktuelle/künftige Fragestellungen

- Wie kann die Umweltpolitik die Umsetzung der SDG weiter stärken und neuartige Herausforderungen proaktiv adressieren?

Bei der Umsetzung der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung spielen die internationale, europäische, nationale und subnationale Ebene eine wichtige Rolle. Anknüpfend an bisherige Forschungsergebnisse soll untersucht werden, wie die Nachhaltigkeitsarchitektur und -prozesse auf und zwischen internationaler Ebene, EU, Bund, Ländern und Kommunen weiterentwickelt werden können, wie die politischen Instrumente kohärenter und effektiver gestaltet werden können und wichtige Akteure wie Zivilgesellschaft, Verbände und Unternehmen eingebunden werden können, [IF, EF]. Mit Blick auf den Populismus in seinen unterschiedlichen Facetten beforschen wir Handlungsbedarfe und -möglichkeiten für das Umweltressort diesen Tendenzen entgegenzuwirken (EF). Dabei beforschen wir auch, welche Beteiligungs- und Kommunikationsformate geeignet sind, Menschen anzusprechen, die der Umweltpolitik eher skeptisch gegenüberstehen,

welche innovativen Verwaltungspraktiken, -verfahren oder -strukturen nachhaltige Transformationsprozesse voranbringen können und welche Fähigkeiten eine transformationsförderliche Verwaltungskultur auszeichnet (EF, VF). Zur Stärkung einer antizipativen Umweltgovernance führen wir kontinuierlich Foresight-Vorhaben und -Projekte (Horizon Scanning, Trendanalysen, Szenariostudien, Modellierungen etc.) durch (VF, IF, EF). Schließlich soll auch das Thema nachhaltiger Tourismus im UBA (weiter) etabliert werden. Es werden Daten erhoben sowie Indikatoren entwickelt, die Auskunft über Umweltauswirkungen des Tourismus geben können und Maßnahmen und Instrumente für nachhaltigen Tourismus untersucht und entwickelt [IF, EF].

- Wie kann ein zukunftsfähiges Umweltrecht zu der Bewältigung der dreifachen Umweltkrise beitragen?

Wir fragen uns, wo die wesentlichen Stellschrauben und Anknüpfungspunkte in den umweltrelevanten Regelungsregimen auf nationaler, europäischer und globaler Ebene sind und wir wollen mit der Rechtswissenschaft diskutieren, wo die grundlegenden Änderungsbedarfe sind, um eine sozial-ökologische Transformation voranzubringen (VF) (s. auch Kapitel 2.2.12). Ein Schwerpunkt unserer Forschung werden auch extraterritoriale Regelungskonzepte sein (EF). Fortführen werden wir unsere Evaluationen in den Bereichen Umweltrechtsschutz, Umweltstraft- und Umweltschadensrecht (EF). Wir begleiten zudem wissenschaftlich die anstehenden Änderungen im Industrieanlagenrecht und Fragen der Energiewende im Bereich Gebäude (IF) sowie im Bereich KI (EF). Auch die Ökologisierung des Produktrechts bleibt Schwerpunkt unserer Forschung (IF) (siehe auch Kapitel 2.2.13). Im Themenfeld Umweltprüfungen wollen wir weitere Beiträge zur Beschleunigung von Planungs- und Zulassungsverfahren leisten (EF). Weiterhin sind methodische Fragestellungen an die Prüfinstrumente zu beantworten (EF). Zum Ende der Programmperiode werden wir die turnusmäßige Ermittlung der internationalen Trends der Forschung zu Umweltprüfungen als Basis unserer weiteren Forschungskonzeption im Themenfeld Umweltverträglichkeitsprüfung und Strategische Umweltprüfung (UVP/SUP) wieder aufnehmen (siehe auch Kapitel 2.2.15).

- Wie können gesellschaftliche und soziale Veränderungsprozesse im Sinne der sozial-ökologischen Transformation gestärkt werden?

Wir beforschen, auch über transdisziplinäre Forschungsansätze wie Reallabore, wie Engagementkulturen und Gemeinwohlorientierung entwickelt und gestärkt werden können (EF). Ein weiteres Augenmerk unserer Forschung liegt auf der Frage, welche Erwartungen die Adressatinnen und Adressaten der Umweltpolitik (etwa Unternehmen, Zivilgesellschaft, Verbände etc.) an eine zukunftsfähige Umwelt- und Nachhaltigkeitspolitik stellen und wie die Umweltverwaltung diese Stakeholder angemessen einbinden kann, um Nachhaltigkeitstransformationen weiter voranzubringen (EF). Wir beforschen, welche Kollaborationen innerhalb und über das Umweltressort hinaus diese Zielstellungen befördern (EF). Dabei ist auch das Zusammenspiel mit gesellschaftlichen Akteuren und neuen Bündnispartnern Gegenstand unserer Forschung. Als Grundlage für eine reflexive, wissensbasierte Umweltpolitik werden im Zwei-Jahres-Rhythmus repräsentative Bevölkerungsbefragungen zum Umweltbewusstsein und Umweltverhalten (Umweltbewusstseinsstudie) sowie eine eigenständige Jugendstudie durchgeführt (IF, EF).

- Wie können das Management und die Kommunikation von Umweltdaten und -informationen weiterentwickelt und ihre Wirksamkeit für die Wissensvermittlung gestärkt werden?

Um das UBA als zentrale Anlaufstelle für Umweltinformationen und Open Data zu positionieren, beforschen wir die Konzeptionierung, Entwicklung und Umsetzung eines Data Cubes, auf dessen Grundlage die Bereitstellung, Speicherung, Analyse, Exploration und Visualisierung des Umweltdatenangebots zeitgemäß und effizient erfolgen soll (IF, EF). Auch die Erprobung KI basierter

Methoden ist Teil dieser Forschung. Bezüglich neuartiger Möglichkeiten der Bewertung und Vermittlung von Umweltdaten, -fakten und -indikatoren an verschiedene Ziel- und Nutzer*innen-gruppen beforschen wir den Einsatz neuartiger Bewertungs- und Analysemethoden (zum Beispiel Machine-Learning Ansätze) sowie digitaler Verbreitungswege und -instrumente für Umweltdaten, -fakten und -indikatoren (EF, IF). Eine weitere Forschungsfrage zielt darauf, wie gezielter Desinformation im digitalen Zeitalter datengestützt und effektiv begegnet werden kann. Im Zusammenhang mit der Entwicklung des Portals umwelt.info als zentraler Zugangspunkt zu Umweltinformationen und -daten in Deutschland erforschen wir Methoden des Semantic Web und der Künstlichen Intelligenz und entwickeln vorhandene Instrumente, Datenbanken und Anwendungen weiter (siehe auch Kapitel 2.2.19).

2.2.18.2 Forschungs-/Netzwerke und Wissenstransfer

Wir sind national wie international im Austausch, unter anderem im EIONET European Topic Centre Sustainability trends, prospects and responses; im Sustainable Development Solution Network (SDSN) Germany und Netzwerk Regionale Netzstellen Nachhaltigkeitsstrategien (RENN); im Gemeinschaftswerk Nachhaltigkeit; mit der Bundeszentrale für politische Bildung; sowie in KomUR - Kompetenznetzwerk "Zukunftsherausforderungen des Umweltrechts".

2.2.18.3 Angestrebte Produkte

- Weiterentwicklung der Nachhaltigkeitsarchitektur und -prozesse auf und zwischen internationaler Ebene, EU, Bund, Ländern und Kommunen
- Strategie zur Stärkung der Umweltpolitik gegen populistische und antidemokratische Interventionen und Entwicklung von Engagement-, Beteiligungs- und Kommunikationsformaten, die (auch) Umwelt-Skeptiker*innen ansprechen
- Entwicklung von (interaktiven) Lernmaterialien zur Stärkung einer transformative literacy in der Verwaltung
- Anwendung und Weiterentwicklung von Methoden der strategischen Vorausschau zur Früherkennung, Analyse und Bewertung von wirtschaftlichen, technischen und gesellschaftlichen Entwicklungen für ein effektiveres Agenda-Setting
- Datenerhebung, Indikatorenentwicklung, Entwicklung von Instrumenten und Maßnahmen für einen nachhaltigen und umweltverträglichen Tourismus
- Foren und Tagungsbände für den Diskurs über ein zukunftsfähiges Umweltrecht
- Datenbank für Umweltverbandsklagen, Publikation zu Umweltdelikten
- Stärkung und Weiterentwicklung des Zugangs zu Umweltinformationen (Open Data), unter anderem mit dem Portal umwelt.info
- Weiterentwicklung von Umweltindikatoren zur Nutzung als Elemente der Politikevaluation
- Data Cube als zentrales Datenmanagementsystem für die Bereitstellung von Daten, Indikatoren, Dashboards und Angebote zur Datenexploration im Internetangebot des UBA

2.2.19 Digitalisierung und Nachhaltigkeit



Während Digitalisierung und Nachhaltigkeit bereits seit vielen Jahren als zwei Mega- (oder Meta-) Trends bezeichnet werden, die als zentrale Herausforderungen und Gestaltungsfelder verstanden werden, steht die Forschung zu ihren Wechselwirkungen und Synergiepotentialen erst am Anfang. Zunehmende Digitalisierung kann große Belastungen für Umwelt, Klima und Energiesysteme mit sich bringen, aber auch als ein möglicher Treiber bei Findung und Verwirklichung von Innovationen für deren Schutz wirken. In jedem Fall muss eine digitale Transformation in allen Entwicklungsstufen und Sektoren so nachhaltig wie möglich gestaltet werden, um negative Wirkungen auf Umwelt, Klima und Natur gering zu halten. Das Zusammendenken dieser beiden Imperative (der gerechten digitalen Entwicklung und der Alternativlosigkeit von Umwelt-, Klima- und Naturschutz) wird mittlerweile auf unterschiedlichen Ebenen und in diversen Programmen in der EU und international nachgeholt (etwa innerhalb des European New Green Deals, des Horizon Europe Programms für Innovationen, auf Ebene der UN Development and Environment Programme (UNDP, UNEP) oder in der OECD oder durch unterschiedliche sektorale Vereinbarungen wie dem „European Chips Act“, „European Digital Services Act“ oder dem „European Artificial Intelligence Act“).

Auch am Umweltbundesamt wird Digitalisierung nicht lediglich als Querschnittsthema oder „Trend“ verstanden, sondern in seiner gesellschaftlichen und politischen Relevanz, gemeinsam mit Potentialen, aber auch Risiken für Umwelt- und Klimaschutz sowie Ressourcen- und Energiebedarfe (im Folgenden zusammengefasst als Nachhaltigkeit) als überwölbendes Transformationsfeld, besser bezeichnet als digitale Transformation. Die Nutzung digitaler Methoden, insbesondere zur Verarbeitung großer Datenmengen (Big Data) ist Bestandteil unserer Forschung. Wir arbeiten an E-Government Ansätzen und an der Verwirklichung digitalisierter Vollzüge, um als Behörde zukunfts- und handlungsfähiger zu werden. Unsere Forschung unterfüttert dabei den systematischen Transformationsprozess. Digitalisierung machen wir somit zum Forschungsgegenstand selbst und verstehen sie gleichzeitig als systemisches Mittel der Transformation zum Erreichen der Nachhaltigkeitsziele.

2.2.19.1 Aktuelle/künftige Fragestellungen

► Potentiale und Risiken der Digitalisierung im Transformationsprozess

Forschung im Zusammenhang mit digitaler Transformation unterteilen wir in zwei Kategorien. Einerseits werden die Potentiale neuer Technologien für die Verarbeitung von Umweltdaten genutzt, etwa mit Blick auf nachhaltiges Steuern und Gestalten in Smart Cities, in der Satellitenfernerkundung und bei der automatisierten Auswertung, perspektivisch auch mit Methoden der künstlichen Intelligenz (unter anderem mit dem im Ressort angesiedelten und neu gegründeten Anwendungslabor für Big Data und künstliche Intelligenz). Dabei werden auch die Möglichkeiten digitaler Technologien für die Umweltbildung und Umweltkommunikation berücksichtigt. Auf der anderen Seite werden die direkten Einflüsse der Digitalisierung, technischer Fortentwicklung (etwa mit Foresight- oder Horizon-Scanning Methoden) und ihrer Folgewirkungen hinsichtlich der Effekte für Umwelt und Nachhaltigkeit betrachtet (Technikfolgenabschätzung).

und Betrachtung von digitalen rebound-Effekten auf Kosten der Nachhaltigkeit). Ein Forschungsschwerpunkt adressiert dabei die nachhaltige Nutzung von KI. Bei diesen Forschungsvorhaben wird auf extramurale Forschung zurückgegriffen, um sowohl personelle und fachliche Kapazitäten am UBA auszubauen, aber auch, um externe Expertise einzubinden und so die Vorhaben und eigene Projekte an den neuesten Forschungsstand anzupassen.

► Wirkung von Digitalisierung auf unterschiedliche Politikfelder

Die digitale Transformation wirkt in quasi allen gesellschaftlichen Bereichen und Politikfeldern. Diese Veränderungen müssen aus Sicht des Umweltbundesamtes im Sinne der Nachhaltigkeit mitgestaltet werden. So sind zum Beispiel Rebound-Effekte der Digitalisierung bei Produkten und Dienstleistungen zu beachten, wenn Kosteneinsparungen oder Umwelteffekte durch technologische Innovationen etwa dazu führen, dass diese Produkte oder Dienstleistungen mehr konsumiert oder genutzt werden. Damit gehen auch höhere Ressourcenverbräuche, Einträge in die Umwelt und systemische Veränderungen wie etwa in der Stadtentwicklung und beim Gebäude(um)bau einher. Zudem werden bei sogenannten smarten Technologien zur Konsumsteigerung oft geplante Haltbarkeiten der Produkte, auch der Software selbst, einprogrammiert, was letztlich zu mehr Konsum, damit mehr Rohstoff- und Energieaufwand und höheren Anforderungen an Kreislaufwirtschaft und Recyclingsysteme führt. Die geplante Obsoleszenz ist eine der negativen Auswirkungen der Programmierbarkeit früher analoger Produkte. Zudem ermöglicht die Digitalisierung zuvor nicht dagewesene Wechselwirkungen zwischen den unterschiedlichen Feldern, Energiebedarfe steigen, Konsummuster verändern sich durch den Webhandel, online organisierte Plattformen verändern ganze Märkte. Nicht zuletzt bleibt bei allen „smarten“ Entwicklungen für das UBA eine entscheidende Frage, welche Umweltwirkungen Innovationen haben, etwa wenn man den Energiebedarf von Rechenprozessen betrachtet, oder welche Rohstoff- und Energiebedarfe neue Hard- und Software aufweisen.

► Umgang mit (digitalen) Daten und Big Data

Die Möglichkeit, immer größere Datenmengen zu erfassen, zu speichern, zu analysieren und zur Verfügung zu stellen, verändert unseren Blick auf die Welt, die Umwelt, die Nachhaltigkeit und Chancen und Risiken der Entwicklungen unserer Zeit. Deswegen wurde am UBA ein Anwendungslabor für Künstliche Intelligenz und Big Data gegründet, um Potentiale, aber auch Wechselwirkungen dieser neuen Möglichkeiten für die Forschung im Ressort systematisch zu analysieren, Praxisprojekte durchzuführen und existierende Forschungsvorhaben durch neue Technologien zu begleiten. Zu den bestehenden Umweltinformationssystemen und -diensten werden am Umweltbundesamt Schnittstellen mit diesem KI-Anwendungslabor geschaffen, um die Potentiale etwa zur Satellitenfernerkundung und der Infrastruktur von Umweltdaten für die Forschung nutzbar zu machen.

2.2.19.2 Netzwerke und Wissenstransfer

Nicht zuletzt zeigt sich, dass sich durch neue Informations- und Kommunikationstechnologien die Möglichkeiten der Vermittlung und Vernetzung unserer Forschung verändert haben. Wir arbeiten in trans- und interdisziplinären Teams anders zusammen. Neue Methoden und Daten ermöglichen nicht nur innovative Analysenverfahren für Umwelt und Klima, sie verändern auch unseren Blick auf Forschung und Forschungsgegenstände. Ebenso verändert sich die Vermittlung von Wissen und Beratung durch digitale Innovationen. Dies machen wir dezidiert auch zum Gegenstand unserer Forschung: Ohne ein Verständnis davon, wie Digitalisierung auch öffentliche Meinungsbildungs- und Entscheidungsprozesse verändert, wird das UBA seinem Auftrag zu relevanter und zeitgemäßer Politikberatung nicht erfolgreich nachkommen können.

Dabei nehmen wir auch unser Vollzugshandeln in den Blick und analysieren die digitale Transformation als systemische Variable von Organisations- und Verwaltungsmodernisierung.

Um den wachsenden Anforderungen an unsere Forschung und unsere Daten im Sinne von Open Access und Findable Accessible Interoperable Reusable (FAIR)-Kriterien zu entsprechen als auch angesichts der größeren Relevanz von Daten für unsere Forschung (auch hinsichtlich künstlicher Intelligenz), werden neue Standards für die Forschung selbst notwendig, etwa mit einer Datenstrategie, bei der alle Aspekte des Datenlebenszyklus betrachtet werden müssen, da wir sowohl Daten zur Umwelt und Forschungsdaten von Extern aufnehmen und weiterverarbeiten, als auch selbst generieren und diese aufbereiten, visualisieren, kommunizieren und Politik, Zivilgesellschaft und der Öffentlichkeit zur Verfügung stellen. Ein Beispiel hierfür ist das Vorhaben „E-Government weiterdenken“, bei dem E-Governance-Ansätze getestet und gleichermaßen grundlegende Möglichkeiten der Verwaltungsmodernisierung am Beispiel des UBA als Umweltbehörde konzeptionell erforscht werden.

2.2.19.3 Angestrebte Produkte

Wir beraten relevante politische Akteure und Entscheidungsträgerinnen bei der Verhandlung neuer Strategien im Bereich der digitalen Transformation, insbesondere unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsaspekte, um so der bisherigen Trennung von Digitalisierung und Nachhaltigkeit entgegenzuwirken.

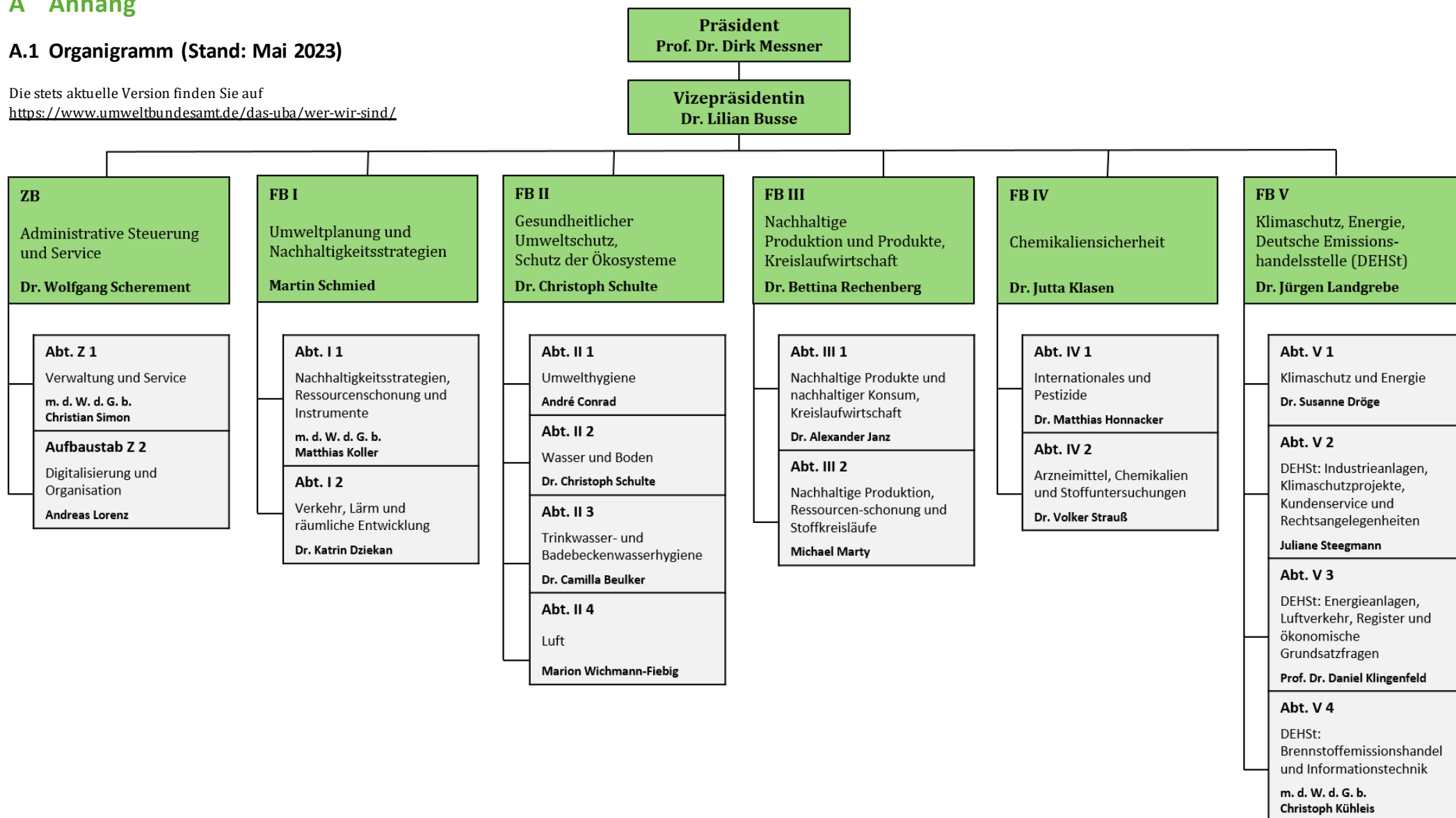
Wir setzen uns dafür ein, dass bei allen aktuellen Transformationsfeldern (Mobilität 4.0, Konsum 4.0, Industrie 4.0, oder die Agrarwende, Bauwende, Energiewende) die Chancen der Digitalisierung als Treiber, aber auch die aus ihr resultierenden Risiken erkannt werden, da sie beispielsweise andere oder mehr Rohstoff- und Energieverbräuche nach sich zieht. Eine wichtige Funktion kommt deshalb der Expertise des UBA im Bereich Green IT zu, die das UBA auf nationaler und europäischer Ebene in politische Prozesse einbringt.

Da dies nicht ausschließlich politische Fragestellungen betrifft, bauen wir unsere Zusammenarbeit mit Wissenschaft, Wirtschaft, Verbänden, Zivilgesellschaft, Medien und Bürger/-innen entlang dieses Verständnisses weiter aus. Die Beratungsstelle Green IT am UBA ermöglicht diverse Eigenforschungsvorhaben, während hier gerade im Kontext mit Effizienzmessungen auch auf extramurale Expertise zurückgegriffen wird. Bei speziellen Sektoren, etwa Konsum 4.0, Onlinehandel, Obsoleszenz von „smarten“ Produkten sowie Industrie 4.0 wird sowohl auf Eigenforschung zum Ausbau der Kompetenzen am UBA (Industrie 4.0 als eines der beispielhaften Projekte hierbei) als auch auf extramural finanzierte Vorhaben, oft kombiniert mit Eigenforschungsvorhaben, gesetzt, um beiderseits eigene Kompetenzen aufzubauen und zu nutzen aber auch, um externe Dienstleistungen in Anspruch zu nehmen, etwa bezüglich notwendiger Effizienzmessungen von Hardware und Software.

A Anhang

A.1 Organigramm (Stand: Mai 2023)

Die stets aktuelle Version finden Sie auf
<https://www.umweltbundesamt.de/das-uba/wer-wir-sind/>



A.2 Experimentell forschende UBA-Fachgebiete und ihre Tätigkeiten (Stand: Anfang 2023)

Fachgebiet	Tätigkeiten
Lärminderung bei Anlagen und Produkten, Lärmwirkungen (I 2.4)	Geräuschmessungen an Anlagen, Maschinen, Geräten und Verkehrsmitteln im UBA-Lärm Labor und im Freien; Ermittlung von Schalldämmmaßen für den baulichen Schallschutz und messtechnische Begleitung psychoakustischer Untersuchungen
Innenraumhygiene, gesundheitsbezogene Umweltbelastungen (II 1.3)	Erfassung und Bewertung gesundheitsrelevanter Schadstoffe in Innenräumen
Mikrobiologische Risiken (II 1.4)	Laborgestützte und theoretische Bearbeitung von seuchenhygienischen Fragen in der Umwelt einschließlich des Siedlungsbereiches (Badegewässer und andere freie Gewässer, Abwässer, Klärschlamm, Biokompost, Innenraum, etc.)
Umweltmedizin und gesundheitliche Bewertung (II 1.5)	Wissenschaftliche Erfassung und Bewertung umweltassoziierten Gesundheitsstörungen und -risiken
Labor für Wasseranalytik (II 2.5)	Standardisierung und Harmonisierung von physikalisch-chemischen Analyseverfahren und biologischen Methoden
Nationale und internationale Fortentwicklung der Trinkwasserhygiene, Trinkwasserressourcen (II 3.1)	Methoden zur analytischen Erfassung von Cyanobakterientoxinen, ausgewählten PMT-Substanzen und weiteren Parametern experimenteller Forschung auf dem Versuchsfeld Marienfelde.
Schwimm- und Badebeckenwasser, chemische Analytik (II 3.2)	Chemisch-analytische Methoden zur Eignungsprüfung von Materialien im Trinkwasserkontakt; Chemisch-analytische Untersuchungen als Serviceleistung für andere Fachgebiete des UBA, Mitarbeit bei der GerES-Studie sowie Methodenentwicklung für PFAS und Desinfektionsnebenprodukte
Trinkwasserressourcen und Wasseraufbereitung (II 3.3)	Betrieb des Wasserwerkes der Speicherteichanlage und des Desinfektionsprüfstandes auf dem Versuchsfeld Marienfelde; Betrieb der Lysimeteranlage auf dem Versuchsfeld Marienfelde
Trinkwasserverteilung (II 3.4)	Experimentelle Erarbeitung und Erprobung europäisch harmonisierter Prüfverfahren zur Regelung von Materialien im Kontakt mit Trinkwasser
Mikrobiologie des Trink- und Badebeckenwassers (II 3.5)	Bewertung, Weiterentwicklung, Standardisierung von Nachweisverfahren für wasserübertragbare Krankheitserreger (Bakterien, Viren, Protozoen, Resistenzen)
Toxikologie des Trinkwassers und des Badebeckenwassers (II 3.6)	Erarbeitung von Methoden zur Risikoabschätzung und von Kriterien für Prüf- und Gefahrenwerte definierter Stoffe, Summen- und Gruppen-Parameter auf den (Teil-)Pfadern Boden-Grundwasser-Rohwasser-Trinkwasser-Mensch im Hinblick auf einschlägige Gesetze und Verordnungen
Experimentelle Untersuchungen zur Luftgüte (II 4.4)	Spurenanalytik und medienübergreifende Bewertung spezieller organischer Stoffe und Metaboliten
Luftmessnetz (II 4.5)	Messung klimabeeinflussender Luftverunreinigungen an zwei „Regional-Stationen“ im Rahmen des Global Atmosphere Watch-Programms (GAW) der UN-WMO, sowie weitere Messstationen in Reinluftgebieten

Fachgebiet	Tätigkeiten
Überwachungsverfahren, Abwasserentsorgung (III 2.5)	Wissenschaftliche Methodenentwicklung chemisch-physikalischer und biologischer Analyseverfahren für Abwasser, Abfall, Schlämme, Bodenhilfsstoffe/Kultursubstrate, Sedimente und Boden
Abwassertechnikforschung (III 2.6)	Untersuchung und Beurteilung der Leistungsfähigkeit von technischen Verfahren der Abwasserreinigung
Gesundheitsschädlinge und ihre Bekämpfung (IV 1.4)	Prüftierhaltung und Massenaufzucht für die Mittel- und Verfahrensprüfung zur Bekämpfung von Gesundheitsschädlingen (Glieder- und Nagetiere); Mittel- und Verfahrensprüfungen sowie deren Weiterentwicklung
Wassergefährdende Stoffe – Ökotoxikologielabor (IV 2.4)	Experimentelle Bestimmung der aquatischen Ökotoxizität im Labor
Spurenanalytik, Fließ- und Stillgewässersimulation (IV 2.5)	Fließ- und Stillgewässersimulationsanlage (FSA) zur Untersuchung der Wirkung, der Verteilung und des Verhaltens von Chemikalien (REACH, Arzneimittelgesetz, Pflanzenschutzmittelgesetz, Biozid-Verordnung) in aquatischen Ökosystemen und deren Wirkung auf Lebensgemeinschaften. Messungen von Stoffkonzentrationen in Umweltkompartimenten, FSA und Labor für die Expositionsbewertung