

# Forschungsprogramm des Umweltbundesamtes

2011 – 2014



# **Forschungsprogramm des Umweltbundesamtes**

2011 - 2014

**UMWELTBUNDESAMT**

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter  
<http://www.uba.de/uba-info-medien/4223.html>  
verfügbar.

**Abschlussdatum:** Juni 2012

**Herausgeber:** Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel.: 0340/2103-0  
Telefax: 0340/2103 2285  
E-Mail: [info@umweltbundesamt.de](mailto:info@umweltbundesamt.de)  
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>  
<http://fuer-mensch-und-umwelt.de/>

Dessau-Roßlau, September 2012

## Vorwort

Es ist Aufgabe des Umweltbundesamtes (UBA), sich umwelt- und gesundheitsrelevanter Problemlagen in der Gesellschaft anzunehmen und auf Lösungen hinzuwirken. Das UBA tut dies, indem es das Bundesumweltministerium hinsichtlich Lösungsoptionen berät, die Öffentlichkeit über den aktuellen Umweltzustand informiert sowie im Rahmen der Vollzugsaufgaben Maßnahmen zur Verringerung von Umweltbelastungen umsetzt. Zur Wahrnehmung seiner Funktion als wissenschaftlicher Berater ist eine gesicherte Wissensbasis, die der Politikberatung und Aufklärungsarbeit zu Grunde liegt, unerlässlich. Um diese aufzubauen, zu erhalten und weiterzuentwickeln führt das UBA Ressortforschung durch.

Die Ressortforschung, die an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft, Gesellschaft und Politik Lösungsbeiträge zu Umweltproblemen erarbeitet, nimmt als eigenständiger Forschungsansatz zunehmend einen Platz in der wissenschaftstheoretischen Diskussion um Umwelt- und Nachhaltigkeitsforschung ein. Auch die Evaluation der Ressortforschungseinrichtungen des Bundes durch den Wissenschaftsrat seit 2004 hat dazu geführt, dass die von diesen Einrichtungen betriebene Ressortforschung und deren Spezifika stärker wahrgenommen werden. Im Konzept der Bundesregierung für eine moderne Ressortforschung von 2007 ist die Erarbeitung von Forschungsprogrammen für die einzelnen Ressortforschungseinrichtungen vorgesehen. Dieser Verpflichtung kommt das UBA mit diesem Forschungsprogramm nach.

Das vorliegende Forschungsprogramm gibt einen Überblick über Ressortforschungsaktivitäten des UBA mit besonderem Augenmerk auf den aktuellen und künftigen inhaltlichen Schwerpunkten. Es stellt dar, welches Wissen in den nächsten drei bis fünf Jahren voraussichtlich verfügbar sein muss, um zeitgerecht Antworten auf umweltpolitisch relevante Fragen geben zu können. Dabei zeigt das Forschungsprogramm auf, dass die einzelnen Forschungsthemen disziplinäre und organisatorische Grenzen überschreiten. Damit wird den Erfordernissen für die Bewältigung komplexer Umweltprobleme Rechnung getragen und eine Problemverlagerung sowie das Auftreten unerwünschter Nebenwirkungen vermieden.

Das Forschungsprogramm richtet sich an eine breite Zielgruppe aus Wissenschaft, Politik und Gesellschaft. Es stärkt die Transparenz hinsichtlich der gegenwärtigen Umwelt- und Nachhaltigkeitsforschungsbeiträge des UBA und soll der besseren Koordinierung von Forschungsaktivitäten mit anderen Einrichtungen dienen. Zudem stellt es das zentrale Instrument für die strategische interne Forschungsplanung dar. Das Forschungsprogramm wird regelmäßig fortgeschrieben.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Abkürzungen

Forschungsprogramm des UBA 2011 - 2014.....	1
1 Einleitung.....	1
1.1 Die Bedeutung von Forschung für die Aufgaben des UBA .....	1
1.2 Forschungsverständnis des UBA .....	2
1.3 Qualitätssicherung der Forschung.....	5
2 Aktueller und künftiger Forschungsbedarf des Umweltbundesamtes.....	8
2.1 Fachbereich Gesundheitlicher Umweltschutz, Schutz der Ökosysteme.....	10
2.1.1 Umwelthygiene.....	10
2.1.2 Wasser und Boden .....	12
2.1.3 Trinkwasser- und Badebeckenwasserhygiene .....	16
2.1.4 Luft und Biodiversität .....	19
2.2 Fachbereich Nachhaltige Produktion und Produkte, Abfallwirtschaft.....	24
2.2.1 Nachhaltige Produkte und Konsummuster, Kommunale Abfallwirtschaft.....	24
2.2.2 Nachhaltige Produktion, Ressourcenschonung und Stoffkreisläufe .....	27
2.3 Fachbereich Umweltplanung und Nachhaltigkeitsstrategien .....	30
2.3.1 Nachhaltigkeitsstrategien, Ressourcenschonung und Instrumente.....	30
2.3.2 Klimaschutz und Energie .....	36
2.3.3 Verkehr, Lärm.....	39
2.4 Fachbereich Chemikaliensicherheit .....	43
2.4.1 Internationales und Pestizide .....	43
2.4.2 Arzneimittel, Chemikalien und Stoffuntersuchungen.....	45
2.5 Fachbereich Emissionshandel, Deutsche Emissionshandelsstelle.....	48
2.5.1 Industrieanlagen, Klimaschutzprojekte, Kundenservice und Rechtsangelegenheiten .....	48
2.5.2 Energieanlagen, Luftverkehr, Register und ökonomische Grundsatzfragen.....	50
2.6 Fazit .....	54
3 Daten und Fakten .....	55
3.1 Ausgaben für Forschung.....	55

3.2	Forschungsinfrastruktur des UBA.....	56
3.2.1	Fließ- und Stillgewässer Simulationsanlage (FSA).....	56
3.2.2	Die Simulationsanlage für Uferfiltration und Langsandsandfilter (SIMULAF).....	57
4	Anhang.....	1
5	Quellenverzeichnis.....	3

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Kettenkompetenz des UBA.....	1
Abbildung 2: Aufgaben des UBA .....	8
Abbildung 3: Zusammenhänge der Nachhaltigkeit: Ziele und Strategien.....	30

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Ressortforschungsaktivitäten, Quelle: Krott/Böcher (2010).....	3
Tabelle 2: Qualitätskriterien für die Forschung des UBA, Quelle: Hausanordnung 06/2011 .....	7
Tabelle 3: Laufende Promotionen am UBA im Zeitraum 2010/11 .....	1
Tabelle 4: Laufende Diplomarbeiten am UBA im Zeitraum 2010/11.....	2

## Abkürzungen

BfN	Bundesamt für Naturschutz
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
bspw.	beispielsweise
BVT	Beste verfügbare Techniken
CCS	Carbon Capture and Storage
CDM	Clean Development Mechanism
DEHSt	Deutsche Emissionshandelsstelle
d.h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung
EFSA	European Food Safety Authority
EN	Europäische Normen
etc.	et cetera
EU	Europäische Union
FSA	Fließ- und Stillgewässer-Simulationsanlage
FuE	Forschung und Entwicklung
ggf.	gegebenenfalls
GLP	Gute Laborpraxis
GSBL	Gemeinsamer Stoffdatenpool Bund / Länder
ICS	Informationssystem Chemikaliensicherheit
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IMO	International Maritime Organization
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnik
JI	Joint Implementation
KOM	Europäische Kommission
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
MSRL	Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie
MVOC	Mycotic Volatile Organic Compounds
NBS	Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt
NEC	National Emission Ceiling
NGO	Non-Governmental Organization

OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PBT	Polybutylenterephthalat
POPs	persistent organic pollutants
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals
SdT	Stand der Technik
SIMULAF	Simulationsanlage für Uferfiltration und Langsandsandfilter
SOP	Standard Operating Procedure
SVOC	semi-volatile organic compounds
TOSU	2,4,8,10-Tetraoxaspiro[5.5]undecan
u.a.	unter anderem
UBA	Umweltbundesamt
UFOPLAN	Umweltforschungsplan
UFORDAT	Umweltforschungsdatenbank
UN	United Nations
UN ECE	United Nations Economic Commission for Europe
UNEP	United Nations Environment Programme
usw.	und so weiter
v.a.	vor allem
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vgl.	vergleiche
VOC	volatile organic compounds
WHO	World Health Organization
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil

# 1 Einleitung

## 1.1 Die Bedeutung von Forschung für die Aufgaben des UBA

Das UBA als Ressortforschungseinrichtung berät das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und auch andere Ministerien in Fragen des nationalen und globalen Umweltschutzes sowie zu gesundheitlichen Belangen des Umweltschutzes. Es hat die Aufgabe, Beeinträchtigungen des Menschen und seiner Umwelt sowie entsprechende Risiken frühzeitig zu erkennen und praktikable Vorschläge zur Verringerung und Vermeidung der Umweltbelastungen zu machen. Dazu liefert das UBA an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft, Politik und Gesellschaft Fakten über den Zustand der Umwelt, bewertet diese, identifiziert Belastungsursachen, leitet daraus Vorschläge zur Verbesserung des Umweltzustandes ab, setzt diese zum Teil selbst in den Vollzugsaufgaben um und beobachtet die Wirksamkeit dieser Maßnahmen.

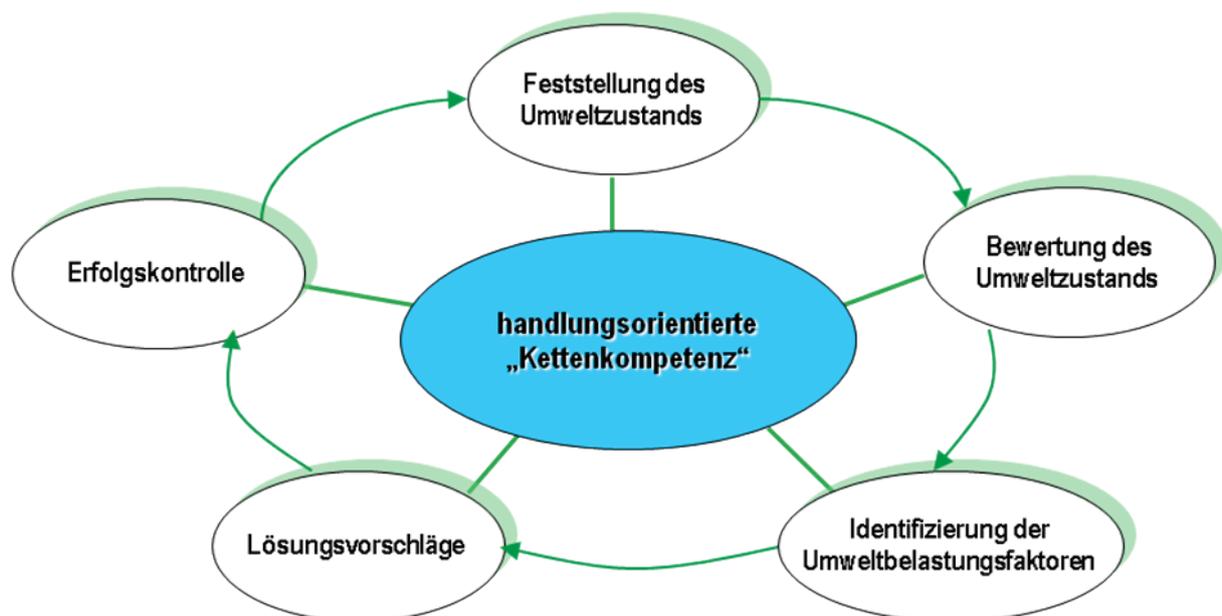


Abbildung 1: Kettenkompetenz des UBA

Um die ihm übertragenen Dienstleistungen wissenschaftsbasiert zu erbringen, führt das UBA Ressortforschung im experimentellen und nicht-experimentellen Bereich in zweifacher Weise durch:

- Es betreibt interne Forschung, teilweise auch drittmittelfinanziert sowie durch Promotionen, und
- es konzipiert, vergibt, betreut und bewertet extern durchgeführte Forschungsvorhaben aus dem Umweltforschungsplan (UFOPLAN) des BMU.

Ergänzend zu Forschung für aktuellen oder unmittelbar absehbaren Beratungsbedarf der Bundesregierung betreibt das UBA Vorlaufforschung, um seine Frühwarnfunktion zu stärken und die Politik in die Lage zu versetzen, rechtzeitig Maßnahmen zur Vermeidung

künftiger Umweltbelastungen einzuleiten. Als Ressortforschungseinrichtung dient die Forschung des UBA - im Unterschied zur universitären und außeruniversitären Forschung - der Erfüllung der Ressortaufgaben. Die Forschungsthemen richten sich daher nach dem Bedarf des Umweltressorts.

Das Forschungsprogramm stellt den mittel- bis langfristigen Forschungsbedarf des UBA für die nächsten drei bis fünf Jahre dar und ist das zentrale Instrument für dessen strategische Forschungsplanung. Unter strategischer Forschungsplanung versteht das UBA ein kontinuierliches System der Festlegung prioritärer Forschungslinien sowie der Verständigung hinsichtlich der geeigneten – externen und/oder internen – Art der Forschungsdurchführung gemäß seiner Kernkompetenzen und Alleinstellungsmerkmale.

Dem im Forschungsprogramm in großen Linien aufgezeigten Forschungsbedarf wird mittels interner und externer Forschung nachgekommen. Die Themen externer Forschungsvorhaben werden im Wesentlichen über den jährlich aufgestellten und mit dem Beratungsbedarf des BMU abgestimmten UFOPLAN konkretisiert. Das Forschungsprogramm bietet darüber hinaus eine Grundlage für die Ermittlung von drittmittelfinanzierten Forschungsmöglichkeiten, geeigneten Promotionsthemen sowie der Identifizierung von Themen, die für nationale und internationale Forschungs- und Förderkooperationen geeignet sind. In diesem Kontext ermöglicht es auch einen leichteren Abgleich der UBA-Forschungsschwerpunkte mit denen anderer Forschungsprogramme wie z. B. den EU-Forschungsrahmenprogrammen.

## **1.2 Forschungsverständnis des UBA**

Ressortforschung wie sie das UBA durchführt ist, ebenso wie Umwelt- und Nachhaltigkeitsforschung, inter- und transdisziplinär. Gegenstand dieser Forschung sind aktuelle gesellschaftliche, umweltpolitisch relevante Probleme. Ziel ist es, mögliche Beiträge zur Bewältigung dieser Umweltprobleme zu erarbeiten, die, bedarfsgerecht aufbereitet, in die Politikberatung oder den gesellschaftlichen Problemlösungsprozess einfließen. In der Forschungspraxis arbeiten die für eine Problemlösung erforderlichen WissenschaftlerInnen verschiedener Disziplinen sowie Praxisakteure, d. h. Anwender der Lösungsvorschläge (z. B. kommunale Behörden, Zivilgesellschaft), zusammen. Wissenschaftlich abgesichertes Wissen und praktisches Erfahrungswissen werden in einem solchen Forschungsprozess integriert und System-, Ziel- und Transformationswissen generiert.

In seinem Forschungsverständnis folgt das UBA der Definition von Krott/Böcher<sup>1</sup>, die sich im Rahmen eines FuE-Vorhabens mit den Charakteristika von Ressortforschung und der Entwicklung möglicher Qualitätskriterien befasst haben. Ressortforschung ist danach Forschung an der Schnittstelle der Systeme Wissenschaft und Politik, die sich durch die Verbindung von Forschung und Integration und Verwertung auszeichnet. Ressortforschung knüpft an aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse an, geht

---

<sup>1</sup> Krott, Max/Böcher, Michael (2010): Umsetzung des Konzepts einer modernen Ressortforschung im Geschäftsbereich des BMU.

ergebnisoffen vor und erfüllt die Anforderungen guter wissenschaftlicher Praxis. Gleichzeitig stellt sie eine Grundlage für wirkungsvolles Praxishandeln dar. Die im Forschungsprozess angewendeten wissenschaftlichen Prinzipien, Methoden und Standards werden bei Bedarf mit Blick auf die praktische Anwendung von Methoden bspw. im Vollzug modifiziert (Methodenentwicklung). Die Integration stellt die wechselseitige Ausrichtung wissenschaftlicher Erkenntnisse auf die Lösung von Praxisproblemen und umgekehrt dar. Anders als in der akademischen oder außerakademischen Forschung jenseits der Ressortforschung sind die Forschungsaufgaben der Ressortforschungseinrichtungen nicht vordergründig auf eine wissenschaftliche Verwertung ausgerichtet, sondern durch die enge und unmittelbare Bindung an die Verwertungsinteressen des Ressorts gekennzeichnet. Die praktische Umsetzbarkeit und Anschlussfähigkeit der Ergebnisse wird durch wiederholte Rückkopplung zwischen wissenschaftlichen Bearbeitern und praktischen Verwertern während des gesamten Forschungsprozesses gewährleistet. Das genaue Zusammenspiel von Forschung, Integration und Verwertung richtet sich am jeweiligen Forschungsgegenstand aus und variiert von Produkt zu Produkt.

Das Schaubild zeigt eine Auswahl typischer Aktivitäten des UBA in den verschiedenen Segmenten dieses Modells (Krott/Böcher, 2010).

Tabelle 1: Ressortforschungsaktivitäten, Quelle: Krott/Böcher (2010)

B. Forschung	D. Wissenschaftliche Verwertung
Identifizierung von Forschungsfragen Definition Forschungsgegenstand Methodenentwicklung Datenerhebung / -analyse Wissenschaftliche Interpretation	Wissenschaftliche Publikationen und Vorträge
Ausrichtung der Forschung auf ein Praxisproblem Ausrichtung eines Praxisproblems auf Forschung Selektion in zwei Richtungen	Informationen zur Vollzugsvorbereitung Vollzug (z. B. bewerten und in Bescheide fassen) Beratung politischer Akteure Beratung der Bürger/innen Beratung der Öffentlichkeit
A. Integration	C. Praktische Verwertung

Das Forschungsverständnis des UBA ist breit und geht unter Berücksichtigung der Standards guter wissenschaftlicher Praxis vor allem in den Bereichen Integration und Verwertung über das traditionelle Bild von Forschung hinaus. Zusätzlich zur für das wissenschaftliche Arbeiten üblichen Ermittlung des „Standes des Wissens“ und des peer-

review werden Dialogprozesse, Fachgespräche mit universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen unter Einbezug der Anwender und Praxisakteuren durchgeführt, um Entwicklungspfade und -potenziale aufzuzeigen, Praxisanstöße zu geben und Forschungsbedarf abzuleiten. Auch die Mitarbeit der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des UBA in nationalen und internationalen, z. T. wissenschaftlichen Arbeitsgruppen – etwa auf EU-, WHO- oder OECD-Ebene – spielt sowohl für die Verwertung, als auch bei der Definition neuer Forschungsthemen eine wichtige Rolle. Durch Initiierung, Aufbau, Unterstützung und Pflege von Netzwerken gesellschaftlicher Akteure (Politik, Wissenschaft und Wirtschaft, Verbände und NGOs) generiert das UBA ebenfalls Wissen und kann seine Erkenntnisse und Positionen in diesen Kreisen besser verankern. Nicht zuletzt spielen die individuellen Kenntnisse und Erfahrungen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter eine große Rolle für die Wissensgenese und -anwendung. Dazu gehört, dass wissenschaftliche Erkenntnisse synoptisch zusammengeführt wie auch wissenschaftliche Ergebnisse Dritter mit in die eigene Arbeit einbezogen werden.

Der Erkenntnisbedarf des UBA wird intern in wissenschaftliche Fragestellungen und in ein für ein Forschungsvorhaben geeignetes Projektdesign umgesetzt. Anschließend erfolgt die Forschung des UBA ist in der Regel als eine Kombination von interner Forschung und extern vergebener Forschung an außeruniversitäre wissenschaftliche Einrichtungen und Forschungsinstitute sowie an Hochschulen. Schließlich werden die Forschungsergebnisse durch UBA-Mitarbeitende bewertet und für die Verwertung im Ressort aufbereitet. Bei der internen Forschung bearbeitet das UBA die Forschungsfragen selbst mit experimentellen und nicht-experimentellen Methoden, teilweise in Drittmittelvorhaben, Forschungsk Kooperationen oder durch Promotionen. Ein wichtiger methodischer Zugang zu vielen Forschungserfordernissen ist dabei der Einsatz von Szenarien und prognostischen Modellinstrumentarien, mit deren Hilfe Zukünfte vorstellbar werden und sich der Gestaltungsspielraum und die dazu notwendigen Maßnahmen aufzeigen und bewerten lassen. Hier spielen vor allem Methoden zur Aufbereitung von Wissen und Forschungsergebnissen für die Politikberatung eine immer wichtigere Rolle. Die Weiterentwicklung von Methoden selbst – besonders im Vollzugsbereich - ist ebenfalls Forschungsgegenstand des UBA. Die Entscheidung darüber, ob Forschung intern oder extern durchgeführt wird, hängt davon ab, ob spezifischer externer Sachverstand notwendig ist, die kapazitativen und infrastrukturellen Voraussetzungen im UBA gegeben sind und wie eng die Verflechtungen zwischen Forschungsergebnissen und Verwertung (z. B. für den Vollzug) sind.

Die skizzierte breite Palette an Forschungsaktivitäten kann das UBA durch die ihm eigenen Alleinstellungsmerkmale und Kernkompetenzen wahrnehmen. Durch die Zuständigkeit für die verschiedenen Bearbeitungsschritte von der Feststellung des Umweltzustands bis hin zum Vollzug von Schutzmaßnahmen verfügt das UBA über Kettenkompetenz und die Möglichkeit, die erforderlichen Schritte optimal aufeinander abzustimmen. Dabei wird angestrebt, durch eine umweltmedien- und schutzgutübergreifende Betrachtungsweise die inhaltliche Kohärenz und Konsistenz sowie damit eine ganzheitliche Problemlösung sicherzustellen und eine Problemverlagerung zu vermeiden. Die Kombination aus der Auswertung und Weiterentwicklung langjähriger Monitorings und kurzfristig gefragter Forschung macht

das UBA zum kompetenten Ansprechpartner für verschiedene Umweltfragen. Aus der institutionellen Zugehörigkeit des UBA als wissenschaftliche Fachbehörde zum Umweltressort resultiert eine direkte Kommunikationsschnittstelle zwischen Wissenschaft und Politik, die einen unmittelbaren Transfer von ministeriell-politischem Beratungsbedarf in die Wissenschaft und umgekehrt von wissenschaftlichen Erkenntnissen in die politische Verwertung ermöglicht.

### **1.3 Qualitätssicherung der Forschung**

Die Forschung des UBA ist nur dann eine verlässliche wissenschaftliche Grundlage für die weiteren Dienstleistungen des Amtes, wenn sie bestimmten Ansprüchen (gute wissenschaftliche Praxis, ressortforschungsspezifische Ansprüche, vgl. Kap. 1.2) genügt. Aus diesem Grund ist eine systematische Qualitätssicherung der internen wie externen Forschung des UBA unerlässlich. Verschiedene Instrumente und Maßnahmen wurden hierzu institutionalisiert und werden bei Bedarf weiterentwickelt.

Die Mechanismen der Qualitätssicherung sind in der „Handlungsanleitung zur Sicherung der Qualität der Forschung des UBA“ (2003) und der Hausanordnung „Regeln zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis im Umweltbundesamt“ (2011) definiert und gelten für experimentelle ebenso wie nicht-experimentelle Forschungsaktivitäten, die intern oder durch Externe durchgeführt werden. Um die Einhaltung der guten wissenschaftlichen Praxis zu unterstützen und wissenschaftlichem Fehlverhalten entgegen zu wirken, hat das Amt zwei Ombudsleute benannt.

Die Ressortforschung des UBA steht, unbenommen ihrer Ausrichtung auf die spätere Verwertung, im engen Bezug zur Wissenschaftslandschaft und wendet die Qualitätssicherungsmaßnahmen des Wissenschaftssystems an. Dafür werden in der Regel Projektbeiräte oder -begleitkreise für Forschungsvorhaben gebildet und mit externen ExpertInnen im Sinne des peer-review besetzt. Erkenntnisse und methodische Herangehensweisen werden so regelmäßig mit der wissenschaftlichen Community rückgekoppelt. Zudem diskutieren die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen des UBA (Zwischen-)Ergebnisse je nach Verwertungsintention in Fachgesprächen mit externen WissenschaftlerInnen und Praxispartnern oder in nationalen und internationalen Gremien mit KollegInnen von Partnereinrichtungen. UBA-interne Kolloquien bieten darüber hinaus Raum, Schnittstellen zu anderen Forschungsvorhaben und Fragestellungen zu reflektieren. Die Forschungsergebnisse werden grundsätzlich öffentlich zugänglich gemacht (siehe Kap. 3) und teilweise auf Fachveranstaltungen oder in Fachpublikationen vorgestellt. Damit ist neben einer Nutzung der Forschungsergebnisse durch Dritte auch die Möglichkeit einer öffentlichen Bewertung und wissenschaftlichen Diskussion gegeben.

Da Ressortforschung als Grundlage für die Erbringung von Dienstleistungen durchgeführt wird, ist die Verwertung der Ergebnisse Ziel von Ressortforschung (vgl. Kap. 1.2) und die Verwertbarkeit für Ressortbelange ein wichtiges Qualitätskriterium. Für die Verwertbarkeit ist u. a. entscheidend, dass Ergebnisse fristgerecht fertig gestellt werden und belastbares, anschlussfähiges Problemlösungswissen liefern. Zudem spielt die Glaubwürdigkeit der Forschungsergebnisse, die sich durch Einhaltung der o. g. Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis und die zwar verwertungsorientierte, aber

nicht interessensgeleitete und damit unabhängige Forschung speist, eine wichtige Rolle. Die oben angesprochene Diskussion von Ergebnissen und Zwischenergebnissen mit WissenschaftlerInnen und Praxispartnern stellt ein wichtiges Element der Integration dar, die die Anschlussfähigkeit von Forschungsergebnissen sicherstellen und so zu einer optimalen Verwertung führen soll.

Die Laboratorien des UBA haben darüber hinaus für ihre wissenschaftliche Arbeit spezielle Regeln zur Qualitätssicherung und zum Qualitätsmanagement festgelegt. Neben den Möglichkeiten zur formellen Akkreditierung als Anwender der Guten Laborpraxis (GLP-Labor) oder zur Zertifizierung als Prüflabor nach DIN EN ISO 17025 haben sich alle Laboratorien zur Schaffung einer einheitlichen Qualitätssicherungskultur und zur Einhaltung bestimmter Mindestanforderungen an Technik und Management verpflichtet. Die technischen Anforderungen umfassen die Erstellung von Standardarbeitsanweisungen (Standard Operating Procedure, SOP), die Überwachung von Messgeräten sowie Prüf- und Kalibriergegenständen, die Validierung von Methoden und die Ergebnissicherung (bspw. Ringversuche). Zu den Managementanforderungen zählen Schulungspläne für Personal, der Einsatz 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.

Tabelle 2 zeigt wesentliche Qualitätskriterien, die der UBA-Forschung zu Grunde liegen. Diese berücksichtigen bereits Vorschläge für Qualitätskriterien aus dem FuE-Vorhaben von Böcher/Krott (siehe Fußnote 1).

Tabelle 2: Qualitätskriterien für die Forschung des UBA, Quelle: Hausanordnung 06/2011

### **Qualitätskriterien für die Forschung des UBA**

- Kontinuierliche Erfassung des Standes des Wissens und Kenntnis der Forschungslandschaft
- Einbindung in nationale und internationale Fachgremien und Netzwerke
- Erkennung und Einbindung interner und externer wissenschaftlicher Potenziale
- Einschätzung notwendiger Ressourcen für die Forschungstätigkeit
- Identifikation von für das Ressort relevanten Wissenslücken, z. B. durch Fachgespräche oder interne forschungsbezogene Arbeitskreise
- Dokumentation der Quellen, Methoden und Resultate zur Nachvollziehbarkeit
- kritisches Hinterfragen der Ergebnisse interner und externer Forschung, z. B. durch Fachgespräche mit externen Fachleuten aus Wissenschaft und Praxis
- Ehrlichkeit bei der Nutzung von Quellen
- Vorrang von Originalität und Qualität vor Quantität bei der Bewertung wissenschaftlicher Arbeit
- Veröffentlichung der Ergebnisse der wissenschaftlichen Arbeit
- Einhaltung der rechtlichen Vorgaben für die Vergabeverfahren bei externer Forschung
- Begleitung und Steuerung der externen Forschung mit Blick auf die Verwertbarkeit für das Ressort
- Sicherung und Aufbewahrung von Primärdaten für mindestens 10 Jahre

Verantwortlich für die Realisierung von Forschungsvorhaben ist das wissenschaftliche Personal im UBA. Die Konzeption erfolgt mit Blick auf die spätere Verwertung und unter Berücksichtigung des aktuellen Stands des Wissens in der Forschungslandschaft. Wenn Dritte mit der Durchführung von Forschungsprojekten beauftragt werden, sind bei der Vergabeentscheidung die Kriterien Fachkunde, Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit ausschlaggebend. Externe Partner sind vertraglich verpflichtet, bei der Bearbeitung von Vorhaben die Regeln guter wissenschaftlicher Praxis einzuhalten. UBA-Mitarbeitende begleiten die Durchführung der Vorhaben, steuern bei Bedarf gegen und nehmen schließlich die Forschungsergebnisse ab.

Dies setzt entsprechende Qualifikationen und Kompetenzen bei den MitarbeiterInnen voraus, die im Rahmen der Personalentwicklung aufgefrischt und weiter ausgebaut werden. Die Personalentwicklung wird durch Kooperationen mit Forschungseinrichtungen, WissenschaftlerInnenaustausch oder der Betreuung von Dissertationen ergänzt.

## 2 Aktueller und künftiger Forschungsbedarf des Umweltbundesamtes

Das Umweltbundesamt befasst sich mit der Regelung von Mensch-Umwelt-Interaktionen. Diese finden auf der Grundlage natürlicher Güter (Wasser, Boden, Luft, Biodiversität, Klima, Gesundheit, Ressourcen) statt, die für die Befriedigung menschlicher Bedürfnisse genutzt werden oder als Senken für die durch die Nutzung entstehenden Auswirkungen fungieren. Die Nutzung erfolgt in Form von industriell gefertigten Produkten und den zugehörigen Produktionsprozessen, bei denen Stoffe (Chemikalien, Nährstoffe, Treibhausgase) zum Einsatz kommen oder entstehen, die beim Verbleib in der Umwelt z. T. schädliche Wirkungen auf einzelne Schutzgüter haben können. Zur Erfüllung gesellschaftlicher Bedürfnisse (z. B. Mobilität, Bauen und Wohnen, Informations- und Kommunikationstechnologien, Konsum) wird darüber hinaus eine komplexe Ver- und Entsorgungsinfrastruktur (z. B. Wasserver- und -entsorgung, Abfallwirtschaft, Energieversorgung, Verkehr) aufrecht erhalten, die Umwelt- und Gesundheitskosten mit sich bringt. Kern der Arbeit des UBA ist es zu ermitteln, bis zu welchen Grenzen natürliche Güter für die Befriedigung menschlicher Bedürfnisse als Ressource oder Senke genutzt werden können, ohne dass eine Übernutzung und dadurch eine Gefährdung der natürlichen Güter stattfindet. Die menschlichen Nutzungen sind an diesen Kapazitätsgrenzen zu orientieren. Für die Wechselwirkungen zwischen Nutzung und Schutzgut gilt es daher, Regelungen zu schaffen und diese über verschiedene Instrumente operationalisierbar und deren Einhaltung überprüfbar zu machen.

Aufgaben des UBA:

Regelung von Mensch-Umwelt-Interaktionen

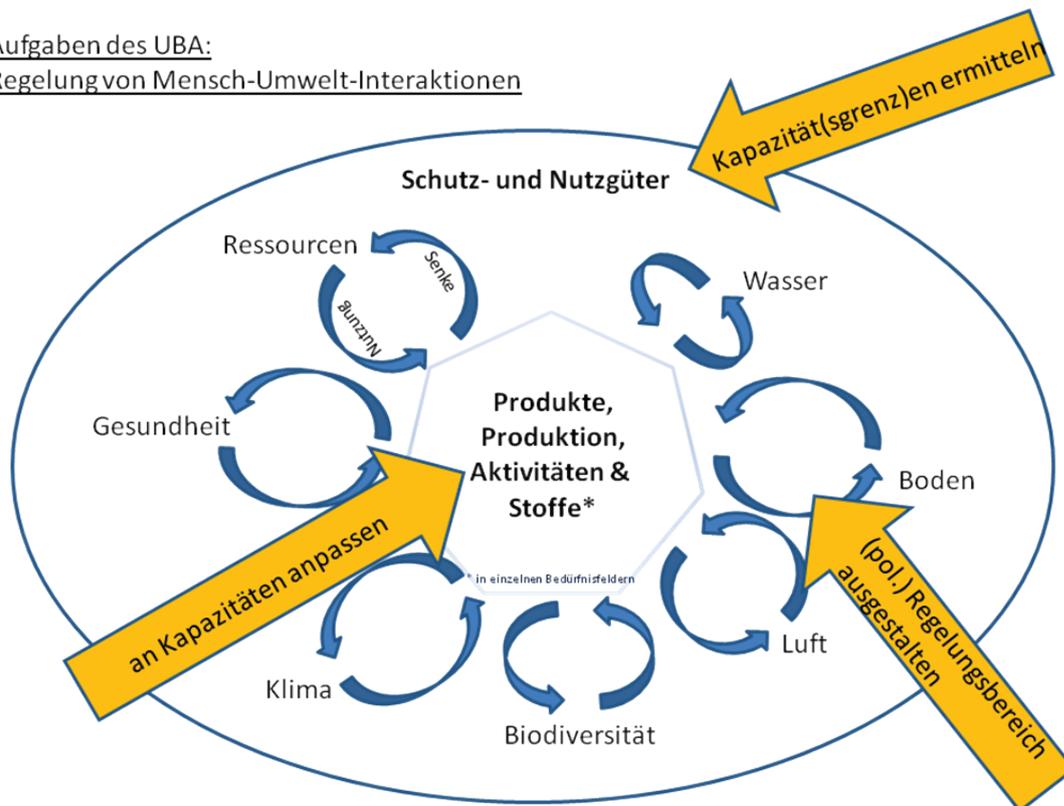


Abbildung 2: Aufgaben des UBA

Die im Folgenden dargestellten aktuellen und künftigen Forschungsschwerpunkte des UBA orientieren sich an dessen Organisationsstruktur (Organigramm siehe Anhang 1). Je nach Zuschnitt der einzelnen Abteilung gruppieren sich die Forschungsaktivitäten um Einwirkungen auf einzelne Schutzgüter oder Auswirkungen menschlicher Nutzungen. Im Fachbereich Gesundheitlicher Umweltschutz, Schutz der Ökosysteme stehen einzelne Schutzgüter, deren Belastungs- und Nutzungsgrenzen sowie die jeweiligen Stressoren im Zentrum der Betrachtung. Der Fachbereich Nachhaltige Produktion und Produkte, Abfallwirtschaft befasst sich schwerpunktmäßig mit der umwelt- und gesundheitsverträglichen Produktions- und Produktgestaltung über den gesamten Produktlebenszyklus. Die Erarbeitung politischer Strategien und Instrumente für umweltpolitisch prioritäre Sektoren ist Kernaufgabe des Fachbereichs Umweltplanung und Nachhaltigkeitsstrategien. Der Fachbereich Chemikaliensicherheit sorgt durch Erarbeitung und Anwendung wirkungsvoller Vollzugsinstrumente dafür, dass umweltbelastende Stoffe in möglichst geringem Umfang in die Umwelt gelangen. Zur Reduktion der Treibhausgasemissionen vollzieht der Fachbereich Emissionshandel, Deutsche Emissionshandelsstelle die Regelungen des europäischen Emissionshandels sowie zu den Kyoto-Klimaschutzprojekten (Clean Development Mechanism/CDM, Joint Implementation/JI) und wirkt an deren Weiterentwicklung mit.

Es liegt in der Natur komplexer Umweltprobleme, dass zwischen einzelnen Themen Wechselwirkungen bestehen. Durch hausinterne Zusammenarbeit der verschiedenen Fachexperten sowie Kooperation mit externen Partnern stellt das UBA sicher, dass auch diese Wechselwirkungen in den Blick genommen und Problemverlagerungen so vermieden werden. Auf wesentliche Schnittstellen zwischen den dargestellten Forschungslinien wird im Text hingewiesen.

## **2.1 Fachbereich Gesundheitlicher Umweltschutz, Schutz der Ökosysteme**

### **2.1.1 Umwelthygiene**

Die Forschungsschwerpunkte im Bereich Umwelthygiene resultieren unter anderem aus der Zielsetzung, die neuen gesundheitlichen Risiken, denen der Mensch durch den schnellen Wandel der Industriegesellschaft ausgesetzt ist, zu identifizieren, hinsichtlich ihres Gefährdungspotentials zu untersuchen und zu bewerten. So sind sowohl umweltbedingte Erkrankungen in ihrer Genese und Entwicklung zu untersuchen als auch Qualitätsziele für schädliche Noxen abzuleiten und fachlich zu begründen. Sie sind die Grundlage für Anforderungen in verschiedenen umweltpolitischen Regelungsbereichen, in denen schädliche Umweltauswirkungen relevant sind. Dazu gehören der Verkehr ebenso wie der Klimaschutz oder Bauprodukte in Innenräumen.

Wir werden in den kommenden Jahren weitere Untersuchungen durchführen, um die potentiellen Auswirkungen aktueller technischer Entwicklungen im Hinblick auf neue, gesundheitlich bedenkliche chemische oder mikrobiologische Noxen, denen die Bevölkerung ausgesetzt ist, zu untersuchen. Dazu ist es erforderlich, neue Quellen/Noxen zu identifizieren, zu bewerten, Nachweismethoden zu entwickeln und zu verbessern und repräsentative Daten über das Ausmaß der Belastung des Menschen (mittels Humanbiomonitoring und Expositionsmodellierung) zu gewinnen und die Krankheitslast der Bevölkerung zu mindern. Die Belastung besonders empfindlicher Gruppen, wie z. B. Ungeborene und Neugeborene, sind uns besonders wichtig.

Dabei verfolgen wir das Ziel, praxistaugliche Strategien und Maßnahmen zur Minderung von Umweltbelastungen zu entwickeln. Zielkonflikte zwischen Gesundheits-, Umwelt- und Klimaschutz sollen frühzeitig erkannt und Lösungsstrategien entwickelt werden.

#### **Forschungsschwerpunkte**

##### *Identifizierung neuer gesundheitlicher Risiken*

Derzeit beobachten wir steigende Krebsinzidenz, abnehmende Reproduktionsgesundheit und Zunahme von Allergien und lärmbedingten Herz-/Kreislaufschäden. Dies sind Beispiele für negative gesundheitliche Entwicklungen, die auch umweltbedingt sind. Für diese gilt es, die umweltbedingten Ursachen zu erforschen und gegebenenfalls Gegen- und Vorsorgemaßnahmen zu entwickeln. Besonderes Augenmerk gilt denjenigen Bevölkerungsgruppen, die von den verschiedenen gesundheitsrelevanten Umwelteinflüssen jeweils besonders betroffen sind (Risikogruppen).

Ein künftiger Forschungsschwerpunkt ist die Identifizierung neuer Noxen und Belastungen. Dazu zählen die Risiken der Anwendung nanotechnischer Produkte, die Erfassung und Bewertung der Belastung des Menschen mit gesundheitsrelevanten Schadstoffen einschließlich der Ermittlung der Wirkungen von Nanopartikeln und Innenraumschadstoffen. Dabei stehen die Quellenidentifikation und Freisetzung im Innenraum und der wohnnahen Umgebung sowie die Freisetzung von Nanosilber aus textilen Materialien im Vordergrund. Im Bereich der Stäube bedarf das Zusammenwirken chemischer und biologischer Staubbestandteile aus Verbrennungsvorgängen (Biomasse-,

Holzverbrennung) angesichts zunehmender Verwendung nachwachsender Energieträger der Aufklärung.

Die gesundheitlichen Folgen des Klimawandels werden verstärkt zu bewerten sein. Große Wissenslücken bestehen insbesondere bei den Mechanismen klimawandelbedingter Allergien und bei geeigneten Monitoringsystemen für neu auftretende (nichtinfektiöse) Erkrankungen (siehe auch Abschnitt 2.1.4).

Im Bereich neuer Stoffe liegt ein weiterer Schwerpunkt bei der Identifikation neuer Noxen im Innenraum (Phthalatersatzstoffe, neue flüchtige organische Verbindungen (volatile organic compounds, VOC) sowie die Erfassung und Bewertung von Gerüchen. Einer dringenden Absicherung bedürfen bei der Lärmwirkungsforschung zu Herz-Kreislaufwirkungen auch die Dosis-Wirkungskurven und die Klärung möglicher Kombinationseffekte von Lärm und Luftverunreinigungen.

Hygienische Probleme sind weiterhin aufgrund neuer technischer Entwicklungen und neuer Umweltbedingungen ein wichtiges Thema des Umweltschutzes. Dabei stehen Strategien zum Schutz des Menschen vor Belastungen mit Mikroorganismen und die Bestimmung von Infektionsrisiken im Vordergrund. Im Trinkwasserbereich sind zur Überwachung hygienischer Belastungen stabile Methoden für den Nachweis von Viren im Rohwasser zu etablieren, die Leistungsfähigkeit der eingesetzten Aufbereitungsverfahren zur Rückhaltung von Viren zu validieren und Kriterien zur Inaktivierung von Viren und Bakterien zu entwickeln. Ferner müssen Wirkstoffe für die Trinkwasserdesinfektion auf ihre Effizienz gegenüber Biofilmen/ Legionellen in Hausinstallationen untersucht werden.

Zum Schutz der Gesundheit vor Belastungen entwickeln wir verallgemeinerbare Lösungsstrategien für ausgewählte Themen, für die fachliche Grundlagen zu erforschen sind. Im Hinblick auf (Innenraum-)Bauprodukte ist es erforderlich, den Einsatz von durch den *Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten* geprüften Bauprodukten im Realraum zu untersuchen und die Freisetzung von VOC und SVOC aus Bauprodukten im Verbundsystem (z. B. Fußbodenaufbauten) zu ermitteln (siehe auch die Abschnitte 2.2.1 und 28.2.2). Weitere Forschungsschwerpunkte mit Beispielcharakter betreffen "gesunde" Schulen, sowie die Zertifizierung "gesunder" Gebäude.

### *Humanbiomonitoring*

Bevölkerungsstudien (Humanbiomonitoring) geben Auskunft über die reale Belastung mit gesundheitsrelevanten Stoffen. Sie machen deutlich, in welchen Bereichen die Umweltpolitik in den letzten Jahrzehnten eine deutliche Absenkung der Belastungen erreicht hat und wo weiter Handlungsbedarf zum Schutz der menschlichen Gesundheit besteht.

Solche bevölkerungsbezogenen Humanbiomonitoring-Studien, insbesondere repräsentative Querschnittsuntersuchungen (Umweltsurvey), die Vorbereitung einer Geburtskohorte und die Weiterentwicklung der Human(umwelt)probenbank durch Anlage eines Perinatalarchivs bilden auch in den kommenden Jahren einen Forschungsschwerpunkt.

Die gesundheitlichen Folgen von Umweltbelastungen bedürfen dringend der weiteren Erforschung. Hier setzen wir die Schwerpunkte bei der Ermittlung von Zusammenhängen zwischen pränatalen Umweltbelastungen und gesundheitlichen Wirkungen, Wirkungen

auf das Immunsystem (Allergien, rheumatische Erkrankungen) sowie Wirkungen von Umwelteinflüssen auf die Genetik (insbesondere die Epigenetik).

### *Belastung einzelner Bevölkerungsgruppen*

Viele mikrobielle, chemische und physikalische Noxen sind in ihrer Wirkung gut untersucht, ihre Wirkungsschwellen sind bekannt und gut belegt. Oft liegen diese Daten aber nur für die Durchschnittsbevölkerung vor und nicht für empfindliche Gruppen. Bekannt ist z. B., dass sozial benachteiligte Gruppen (Bildung, Einkommen etc.) oftmals besonders stark belastet sind. Zudem haben diese Bevölkerungsgruppen einen geringeren Zugang zu Umweltressourcen (z. B. Grünflächen, Parks).

Die Verbesserung der Datengrundlage zur Bewertung der umweltbedingten Exposition der Bevölkerung, d. h. die Klärung, welche Teile der Bevölkerung besonders hoch belastet sind und aus welchem Grund, liefert die Grundlage für eine effiziente Reduktion der Belastung. Die Methodik soll am Beispiel der Stoffgruppen Weichmacher sowie der Flammschutzmittel entwickelt werden. Einen wichtigen Indikator, um gesundheitliche Effekte in ihrer relativen Bedeutung miteinander zu vergleichen und zu priorisieren, ermöglicht das WHO-Konzept „Environmental Burden of Disease“ (EBD), das wir erproben wollen.

Für die nachgewiesenen gesundheitlichen Effekte bei Bewohnern feuchter Wohnungen benötigen wir Wirkungsanalysen mikrobieller Interaktionen und die Validierung von derzeit angewandten Nachweismethoden für Mikroorganismen in Innenräumen, d. h. die Entwicklung von VDI- und ISO-Standards zum Nachweis von Schimmelpilzen. Zu klären ist in diesem Zusammenhang auch die Bedeutung einzelner oder potenziell synergistischer Wirkungen von MVOC, Mykotoxinen und Endotoxinen.

## **2.1.2 Wasser und Boden**

### **Gewässerschutz**

Die Forschungsschwerpunkte im Bereich Gewässerschutz resultieren aus dem Ziel, langfristig einen guten ökologischen und chemischen Zustand der Gewässer zu erreichen und zu erhalten. Damit soll sichergestellt werden, dass die naturraumtypischen Lebensgemeinschaften allenfalls geringfügige Veränderungen aufweisen und alle weiteren Nutzungen, darunter v.a. die Gewinnung von Trinkwasser (zu Trinkwasser siehe Abschnitt 2.1.3), problemlos möglich sind. Der gute Umweltzustand der Meere erfordert weitere Reduzierungen der Stoff- und Mülleinträge vom Lande sowie des Lärms. Die Landwirtschaft steht als Hauptverursacher der Eutrophierung der Meeres- und der Binnengewässer und der Grundwasserverschmutzung im Fokus. Während der gute mengenmäßige Zustand des Grundwassers überwiegend bereits erreicht ist, gilt dies nicht für seinen chemischen Zustand. Nitrateinträge aus der Landwirtschaft sind hier die Hauptursache der Verfehlung des Ziels eines flächendeckend guten chemischen Zustands des Grundwassers.

Der Schutz vor giftigen Stoffen, Schadstoffen mit hoher Persistenz und hoher Anreicherung im Nahrungsnetz, Nährstoffen und sauerstoffzehrenden Stoffen waren in der Vergangenheit die wichtigsten Themen des Gewässerschutzes. Erst in den 1990er Jahren hat die Fachwelt das Ausmaß und die Intensität hydromorphologischer

Belastungen erkannt (Begradigungen, Wehre, Profilveränderungen, Erosion und die Trennung von Fluss und Landschaft), die heute die Hauptursachen für das Verfehlen des „guten ökologischen Zustands“ von 90% der Bäche und Flüsse sind. Die Nährstoffeinträge sind für 40% der Seen sowie alle Küstengewässer ursächlich für ein Verfehlen des „guten ökologischen Zustands“.

## **Forschungsschwerpunkte**

### *Verfahren zu Analyse und Bewertung*

Unsere Forschung gilt der Entwicklung geeigneter Analysemethoden für im Wasser vorkommende Noxen und deren Normung. Wir erforschen wissenschaftliche Grundlagen zur Bewertung des Gewässerzustands.

Zur Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) erforschen wir, ob und wie die für Binnengewässer entwickelten Methoden und Bewertungsansätze übertragen werden können oder entwickeln sie ggf. neu. Schließlich sind für alle für den Menschen relevanten Belastungen Konzepte zur Vermeidung zu entwickeln. So ist z. B. eine Lärmkartierung deutscher Meeresgebiete erforderlich.

Im Bereich der Biologie fokussieren wir auf die Entwicklung qualitätsgesicherter biologisch-ökologischer Untersuchungsverfahren für Oberflächengewässer sowie ein Bewertungskonzept für die Grundwasserbiologie.

Schwerpunkte unserer zukünftigen Forschung betreffen die stoffliche Gewässerqualität und die Identifizierung der Hauptproblemstoffe. Dazu gehören die Prüfung der Ökotoxizität potenziell relevanter Schadstoffe und die Ableitung von Umweltqualitätsnormen ebenso wie die Entwicklung statistischer Anforderungen an ihre Überprüfung – wann ist eine Norm „sicher“ überschritten und wann „sicher“ eingehalten – und die Festlegung von Anforderungen an Zuverlässigkeit und Genauigkeit von Überwachungsdaten. Eine effektive Überwachung der Umweltqualitätsnormen erfordert auch die Überprüfung der Messnetze des Bundes und der Länder und die Weiterentwicklung von Messtechniken.

### *Nutzungsbedingte Belastungen*

Wassernutzungen bringen Auswirkungen auf die Gewässer mit sich. Wir analysieren die Auswirkungen relevanter Wassernutzungen wie Schifffahrt, Wasserkraft, Off-shore Windenergie, Hochwasserschutz, Landwirtschaft (Landentwässerung) und Urbanisierung. Wir entwickeln Konzepte für die umweltverträgliche Nutzung.

Eine neue Forschungsthematik ergibt sich aus der Entwicklung von Technologien, die in den Untergrund eingreifen. Zu klären ist insbesondere, welche Gefährdungen von neuen Technologien (Geothermie, Fracking, Carbon Capture and Storage (CCS)) für das Grundwasser ausgehen (siehe auch die Ausführungen zu Bodenschutz sowie die Abschnitte 2.3.2 und 2.5.1).

### *Instrumente zur umweltverträglichen Nutzung und Beschränkung von Belastungen*

Wir werden in den kommenden Jahren die Instrumente der neuen EU Gewässerpolitik implementieren und die dafür notwendigen Entwicklungen vorantreiben. Neue Anforderungen an den ökologischen und chemischen Zustand der Gewässer erfordern

umfangreiche methodische Entwicklungen auf fachlich-technischer und organisatorischer Ebene. Dazu gehören auch wirtschaftliche Fragestellungen (z. B. Kostendeckung, Kosteneffizienz, Bewertung von Nutzen und Kosten) sowie Fragen einer transparenten Einbindung der Öffentlichkeit.

Für die Beurteilung der Effektivität verschiedener Maßnahmen ist zu klären, wie sich die Gewässerqualität in den kommenden Jahren aufgrund der Klimaänderung und der Emissionstrends entwickeln wird und welchen Einfluss spezifische Minderungsmaßnahmen auch im Bereich Hydromorphologie auf die Gewässerqualität haben. Dabei ist auch Kostenoptimierung gefordert, um den guten Zustand der Gewässer am kostengünstigsten zu erreichen. Dazu bedarf es der Entwicklung methodischer Grundlagen für Kosten-Nutzen-Analysen bei Folgenabschätzungen von Maßnahmen.

#### *Entwicklung ressourcenschonender Technologien*

Bei den wissenschaftlichen Grundlagen zur Effizienzsteigerungen in Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung gilt es, den Energie- und Ressourcenbedarf zu reduzieren. Zur Flankierung der Modernisierungsstrategie für die Deutsche Wasserwirtschaft besteht Forschungsbedarf u. a. bei der Identifizierung von Trends für den mittelfristigen Bedarf nach technologischen und konzeptionellen Lösungen in verschiedenen Regionen der Welt sowie der Analyse der Entwicklung auf relevanten Auslandsmärkten. Die hohe Attraktivität fortschrittlicher deutscher Produkte und Managementmethoden im Ausland ist dabei ein wichtiger Gewinn (zu Umwelttechnologietransfer siehe auch die Abschnitte 2.2.2 und 2.3.1).

### **Bodenschutz**

Die Forschungsschwerpunkte im Bereich Bodenschutz resultieren aus der Zielsetzung, den Boden als Lebensgrundlage für die naturraumtypischen Lebensgemeinschaften und als Produktionsfaktor für die Erzeugung von Nahrungsmitteln und Biomasse langfristig zu erhalten und zu entwickeln.

Unsere Forschung bezieht sich auf alle relevanten Funktionen, die der Boden für unterschiedliche Nutzungen hat, und die notwendigen Maßnahmen, um gesunde Böden zu erhalten oder wieder herzustellen. Wir erbringen Forschungsleistungen, die die Belastung des Bodens mit gefährlichen, langlebigen Stoffen aufklären, um wesentliche Eintragspfade und Qualitätsziele zu erarbeiten sowie geeignete Kenngrößen zur Beurteilung möglicher Beeinträchtigungen der Bodenfruchtbarkeit zu entwickeln. Zum Schutz der naturraumtypischen Lebensgemeinschaften gilt es, den „guten ökologischen Bodenzustand“ zu charakterisieren sowie maßgebliche Stressoren zu identifizieren, die ihn beeinflussen. Dabei stehen auch Klimaänderungen im Fokus.

Die genannten Ziele sind verbunden mit dem Leitgedanken, dass Boden eine nicht vermehrbare Ressource ist und Beeinträchtigungen nur mit hohem Aufwand oder gar nicht rückgängig zu machen sind.

### **Forschungsschwerpunkte**

Derzeit stehen die alternativen Nutzungsmöglichkeiten der nicht erneuerbaren natürlichen Ressource Boden zueinander unter einem hohen Konkurrenzdruck. Es gilt

daher im besonderen Maße, Regelungen zum Schutz der Bodenfunktionen zu überprüfen und ggf. fortzuschreiben.

#### *Qualitätsziele für Böden*

Wir entwickeln Qualitätsziele zum Schutz der Böden vor stofflichen und nichtstofflichen Belastungen und für die Sanierung kontaminierter Standorte als materielle Grundlage für das Bundesbodenschutzgesetz und seine Verordnungen.

Fragen, die das Umweltbundesamt in den kommenden Jahren durch Forschung klären wird, betreffen die die Bodenqualität zukünftig gefährdenden wesentlichen Belastungen. Dabei stellt sich die Frage, ob die gefährlichen Stoffe bisher ausreichend und vollständig geregelt sind, auch im Hinblick auf die potentielle Gefährdung von Lebensmitteln über die Nahrungskette. Um die Prioritäten richtig zu setzen, sind Herkunftspfade aufzuklären und Entwicklungstrends zu verfolgen. Damit werden auch die Grundlagen für die Verbesserung und Fortschreibung des Bodenschutzrechts verbessert. Wichtiges Augenmerk ist die Vollzugstauglichkeit und ein sinnvolles Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen.

Trotz langjähriger Erfahrung mit der Beurteilung von Altlasten und Sanierungstechniken besteht auch weiterhin Forschungsbedarf in Bezug auf die Entwicklung neuer Managementkonzepte für großräumige und komplexe Altlasten und Schadensfälle, die Entwicklung komplexer Sanierungsstrategien sowie die Beurteilung innovativer Verfahren (z. B. in-situ-chemische Oxidation, Nanotechnologie) zur Verbesserung der Effektivität von Boden- und Grundwassersanierungen.

#### *Umweltverträgliche Bodennutzungen*

Wir bewerten den Zustand der Böden und entwickeln Anforderungen an die Umweltverträglichkeit von Flächennutzungen, insbesondere der Landwirtschaft. Im Fokus stehen Erosion, Verdichtung, Versiegelung und Flächenverbrauch (siehe auch Abschnitt 2.3.1).

Potentielle Gefährdungen durch neue Technologien im Untergrund (wie Geothermie, Fracking, CCS) sind bisher weitgehend unerforscht. Wie auch mit Blick auf den Gewässerschutz geht es hier um die Entwicklung von Kriterien, um potentielle Umweltgefährdungen abschätzen zu können (siehe auch die Abschnitte 2.3.2 und 2.5.1).

Aufgrund der zunehmenden Nachfrage nach Biomasse und Intensivierung der Pflanzenproduktion sind die Maßnahmen der „Guten fachlichen Praxis“ in der Landwirtschaft weiter zu entwickeln und festzuschreiben. Kritische Parameter sind insbesondere Erosion und Humusversorgung, deren Mechanismen und Bedeutung noch unzureichend erforscht sind. Dabei sind die zu erwartenden Klimaveränderungen mit einzubeziehen und durch Anpassungsmaßnahmen aufzufangen.

#### *Entwicklung von Bewertungskriterien und Messverfahren*

Für andere Belastungen (z. B. Bodenverdichtung, Erosion) fehlen bisher weitgehend Bewertungskriterien. Hier sind Messtechniken zu entwickeln bzw. zu optimieren, die eine Bewertung und die Festlegung von Anforderungen erlauben.

Zur Verbesserung der Datenlage bedarf es der Entwicklung von Kriterien zur Optimierung von Messstrategien sowie der Entwicklung geeigneter Messtechniken, um Qualitätsziele überprüfen zu können. Dazu gehören auch Screeningverfahren für neue Stoffe.

Schädliche Auswirkungen von Bodenveränderungen entwickeln sich nur langsam. Sie zu erforschen ist jedoch eine drängende Aufgabe, nicht nur für Ackerböden, sondern gleichermaßen für Waldböden. Dies betrifft die Prüfung der Ökotoxizität potenziell relevanter Schadstoffe sowie die Veränderung der Bodenbiozönose durch andere Bodenbelastungen einschließlich Klimaveränderungen.

### **2.1.3 Trinkwasser- und Badebeckenwasserhygiene**

Unsere Forschung gilt der Entstehung von Gesundheitsgefährdungen aus den natürlichen und technischen Bedingungen in der Versorgungskette (Ressource → Gewinnung → Aufbereitung → Verteilung) durch Mikroorganismen, deren Stoffwechselprodukte sowie anthropogen und natürlich vorkommende Stoffe. Als „Lebensmittel Nr. 1“ ist Trinkwasser ein besonders sensibles Thema in der öffentlichen Wahrnehmung, das bei auftretenden Fragen zum Vorkommen von Noxen und Verunreinigungen rasche Klärung erfordert.

Ziel im Bereich Trink- und Badebeckenwasserhygiene ist es, das erreichte hohe hygienische Sicherheitsniveau in Deutschland zu halten, indem wir mögliche Verschlechterung infolge neuer Krankheitserreger, Schadstoffe, Materialien und Verfahren rechtzeitig erkennen und die Entwicklung von Abwehrstrategien vorantreiben. Wichtiges Instrument ist die interne Forschung des UBA im Labor, Technikum und Feld: Sie ermöglicht rasche Antworten auf neue Qualitätsfragen durch die eigene Datengewinnung und den frühzeitigen Informationszugang durch die dabei entstehende intensive nationale und internationale wissenschaftliche Vernetzung „auf gleicher Augenhöhe“. Auf diese Weise kommt das UBA dem Auftrag des Infektionsschutzgesetzes nach, *„Konzeptionen zur Vorbeugung, Erkennung und Verhinderung der Weiterverbreitung von durch Wasser übertragbare Krankheiten zu entwickeln“*.

Ressourcen unterliegen dem Wandel, z. B. durch Änderung des Klimas, des Trophiestatus von Oberflächengewässern, des Dargebots sowie durch Einwanderung von Organismen und durch anthropogene Belastungen mit der Folge veränderter Rohwasserqualität. Dazu zählt z. B. eine Verschiebung hin zu anderen pathogenen Mikroorganismen mit anderen ökologischen Wachstums- und Überdauerungsverhalten in der Umwelt. Auch erzeugt der chemisch-technische Fortschritt zahlreiche neue technische Verfahren und Stoffe zur Trinkwasseraufbereitung und Desinfektion sowie neue Materialien für Rohrleitungen und andere Bauteile in der Trinkwasserverteilung. Veränderte Umweltbedingungen bringen neue Krankheitserreger hervor, und der Methodenfortschritt ermöglicht den Nachweis und die Quantifizierung bislang nicht hinreichend verstandener Vorkommen (aktuelles Beispiel: Viren im Trinkwasser). Neue chemische Analysemethoden detektieren Stoffe im Rohwasser, Badebeckenwasser und im Trinkwasser, die dort vorher entweder noch nicht vorkamen, noch nicht analysierbar waren oder noch nicht als Problem wahrgenommen wurden. Dazu zählen Naturstoffe wie Uran oder Cyanobakterientoxine ebenso wie bereits lange bekannte Industriechemikalien, die aufgrund neuer Screening-Untersuchungen im Trinkwasser auffällig werden, oder Desinfektionsnebenprodukte (aktuelle Beispiele sind

Trichloramin, perfluorierte Tenside und TOSU). Andere Stoffwirkungen – derzeit endokrine und allergene – werden als wichtig erkannt und fordern neue Bewertungen des Vorkommens auch geringer Stoffkonzentrationen.

### **Forschungsschwerpunkte**

Wir entwickeln wissenschaftliche Grundlagen für den Vollzug des Trinkwasser- und Badebeckenwasserrechts, um Vollzugsbehörden bundeseinheitliche Vorgaben für die Bewertung und Regulierung zur Verfügung zu stellen. Konkret erforschen wir, ob Veränderungen der Ressourcenqualität gesundheitsrelevant sind, ob neue Verfahren und Stoffe für die Wasseraufbereitung und Desinfektion hinreichend wirkungsvoll und kontinuierlich verlässlich sind, ob neue Materialien zur Wasserverteilung problematische Stoffe an das Wasser abgeben oder ob sie das Bakterienwachstum in den Leitungen fördern, wie relevant neue oder neu erkannte Mikroorganismen und Stoffe im Wasser sind und wie verlässlich und vollzugstauglich neue Analyseverfahren sind.

Auch in den kommenden Jahren werden wir die Forschung weiterhin an den Verfahren und Schritten in der Versorgungskette ausrichten. Bedarf besteht insbesondere an Daten zur quantitativen Risikoabschätzung, d. h. zum Vorkommen von Noxen (Krankheitserreger wie Schadstoffe) und ihrem Verhalten im natürlichen und technischen System – d. h. zur Effizienz der Barrieren zu ihrer Rückhaltung. Anknüpfend an internationale Entwicklungen, insbesondere Empfehlungen der WHO, ist zu klären, welchen Sicherheitsgewinn moderne Qualitätsmanagementsysteme wie das Trinkwassersicherheitskonzept (Water Safety Plan) für Schritte in der Versorgungskette erwarten lassen und wie praxistauglich solche Qualitätsmanagementsysteme insbesondere für kleine kommunale Trinkwasserversorgungen sind.

Die Forschung zur Beantwortung dieser Fragen führen wir überwiegend selbst durch. Häufig verbinden wir unsere Forschungsfragen mit der Erprobung der Praxistauglichkeit von Analysemethoden und/oder mit ihrer Weiterentwicklung. Durch unsere Integration in den aktuellen nationalen und internationalen Forschungsdiskurs erhalten wir frühzeitig (insbesondere aus Forschungsk Kooperationen mit Partnern aus Hochschulen und Praxis) Informationen und neue Erkenntnisse.

#### *Trinkwasserressourcen und -gewinnung*

Schwerpunkt der Forschung im Bereich Trinkwasserressourcen und -gewinnung ist die Klärung der Effizienz von Langsandsfiltration, Boden- und Sedimentpassage, Uferfiltration, Uferstrandstreifen und künstliche Feuchtgebiete in der Rückhaltung verschiedener Noxen in Abhängigkeit unterschiedlicher Randbedingungen. Dazu sind neue Konzepte zur Bewertung der Trinkwassergängigkeit von Kontaminanten zu erproben, insbesondere anhand einiger der tausenden neuer Stoffe, die im Rahmen von REACH-Zulassungen in den Wasserkreislauf gelangen und je nach ihren chemischen Eigenschaften angereichert werden können, wenn – wie angestrebt – Kreislaufanteile in der Wassernutzung steigen. Im Fokus stehen dabei unter anderem Uran, perfluorierte Verbindungen und Nanopartikel. Ferner sind mögliche Auswirkungen der erwarteten Klimaänderung auf die Rohwasserqualität zu prognostizieren. Dazu zählt das Vorkommen von toxischen Cyanobakterien im Rohwasser und von Krankheitserregern

wie z. B. Viren, Campylobacter, Parasitendauerformen und antibiotikaresistente Bakterien.

#### *Trinkwasseraufbereitung*

Schwerpunkt der Forschung im Bereich der Trinkwasseraufbereitung ist die Sicherheit neuer Desinfektionsverfahren, z. B. die Inline Elektrolyse. Für die oxidative Trinkwasseraufbereitung sind die Bedingungen zu klären, unter denen ggf. toxische Transformationsprodukte anthropogener Spurenstoffe entstehen. Dabei gilt es stets, gleichzeitig die hinreichende Desinfektion sicherzustellen, um Gesundheitsgefährdungen durch Krankheitserreger im Trinkwasser auszuschließen.

#### *Trinkwasserverteilung*

Forschungsschwerpunkt im Bereich der Trinkwasserverteilung ist die Wirkung von Installationsmaterialien auf die Trinkwasserqualität. Wir prüfen die Stoffabgabe von Rohrmaterialien, untersuchen auf ggf. toxische Wirkungen und entwickeln Kriterien zur Prüfung der Metallabgabe durch Armaturen. Ferner entwickeln wir objektivierbare Verfahren zur Überwachung der Wirkung von organischen Installationsmaterialien auf den Geruch und Geschmack des Trinkwassers, da diese sensorischen Parameter ebenfalls in der Trinkwasserverordnung geregelt und für die Akzeptanz von Trinkwasser als Lebensmittel entscheidend sind.

#### *Methoden zu Nachweis, Analyse, Bewertung und Reduzierung von Noxen*

Forschungsschwerpunkt im Bereich der mikrobiellen Belastungen des Trink- und Badebeckenwassers sind in den nächsten Jahren das Vorkommen von Viren, Legionellen, Amöben, Pseudomonas aeruginosa und Parasitendauerformen, d. h. Untersuchungen ihrer Quellen und der Bedingungen, die zu ihrem Vorkommen oder gar ihrer Vermehrung führen, sowie die Weiterentwicklung der erforderlichen Nachweismethoden. Im Vordergrund stehen dabei die Legionellen, da ihr Vorkommen im Trinkwasser nachweislich zu – teils tödlichen – Lungenentzündungen führt, jedoch die für eine Infektion erforderliche Legionellenmenge noch ungeklärt ist („Dosis-Wirkungs-Paradoxon“) und diese Kenntnislücke die Umsetzung von technischen Maßnahmen zu ihrer Bekämpfung noch behindert. Dazu zählt auch die Klärung der zur Wachstumsbegrenzung erforderlichen Mindesttemperatur.

Unsere Forschung im Bereich der zahlreichen Stoffe, die in das Wasser gelangen können, gilt der Bereitstellung von Methoden zu ihrer gesundheitlichen Bewertung und zur Ermittlung duldbarer Konzentrationen insbesondere im Trinkwasser. Zukunftsthemen sind dabei Migrationsstoffe aus Installationsmaterialien sowie Desinfektionsnebenprodukte. Schwerpunkte der Methodenentwicklung sind die Prognose humantoxischer Wirkungen aufgrund der chemischen Struktur eines Stoffes, die Normung von Screeningverfahren zur Bewertung der Neurotoxizität von Stoffen im Trinkwasser (suborganismische Bioassays), die Entwicklung von Kriterien für Präkursor-Ereignisse (z. B. Entzündungsmechanismen) in deren Folge mögliche chronische Erkrankungen (z. B. Krebs, Asthma) entstehen, sowie von Biomarkern (z. B. Mikrokerne in der Mund- und Nasenschleimhaut), mit deren Hilfe das Auftreten von Langzeitwirkung prognostiziert werden kann.

Für neue, als relevant erkannte Schadstoffe müssen für Wasser geeignete Analysemethoden entwickelt und genormt werden, so z. B. für Trichloramin in Badebeckenwasser sowie für einige Cyanotoxine (Cylindrospermopsin, Anatoxin und Saxitoxin) in Trinkwasserressourcen, Badegewässern und im Uferfiltrat, oder für Gemische perfluorierter Tenside.

Schließlich müssen Möglichkeiten zur Minimierung des Vorkommens von Noxen im Trink- und Badebeckenwasser gesucht und vorgeschlagen werden – in der Forschungszusammenarbeit zwischen Umwelt- und Ingenieurwissenschaften, Mikrobiologie, Chemie und Toxikologie.

## **2.1.4 Luft und Biodiversität**

### **Luftreinhaltung**

Die Forschungsschwerpunkte im Bereich Luftreinhaltung haben zum Ziel, die Luftqualität soweit zu verbessern, dass der Schutz terrestrischer Ökosysteme und der Bevölkerung langfristig sichergestellt sind. Dafür gilt es, die Ursachen der Luftbelastung zu ermitteln und Maßnahmen zur Behebung der Defizite zu identifizieren. Ausgangspunkt der Luftreinhaltung ist die Kenntnis der Belastung durch Luftschadstoffe und die Beurteilung der heutigen und zukünftigen Luftqualität anhand geeigneter Kenngrößen. Eine Voraussetzung zur nachhaltigen Sicherung terrestrischer Ökosysteme ist zudem die bessere Kenntnis der Grenzen der Belastbarkeit insbesondere gegenüber dem Eintrag von Luftschadstoffen im Zusammenspiel mit anderen Stressoren. Sehr mobile und reaktive Stoffe erfordern sektor- und medienübergreifende Betrachtungsweisen, um zu verhindern, dass Maßnahmen zum Schutz eines Mediums (z. B. der Luft) die Belastung für andere Medien erhöhen. Die Beobachtung auch bisher unregelter Luftinhaltsstoffe gibt Aufschluss über die Belastung und ermöglicht die frühzeitige Bewertung ihrer Einflüsse auf Umwelt und Gesundheit. Um die Qualität der Messung und Modellierung von Luftschadstoffen sicherzustellen, müssen Messmethoden (weiter-)entwickelt und Modelle evaluiert werden.

### **Forschungsschwerpunkte**

#### *Zustand und Entwicklung der Luftbelastung*

Wir verfügen über Daten zur Entwicklung der Luftqualität in den vergangenen zwei bis drei Dekaden und kennen die hausgemachten und ferntransportierten Anteile an der Luftbelastung. Uns ist bewusst, dass die relative Bedeutung des hemisphärischen Schadstofftransports zunimmt und der Klimawandel zu geänderten Schadstoffregimen führen kann. Wir kennen sektorbezogen die Entwicklung der gesamten deutschen Emissionen seit Anfang der 1990er Jahre. Uns liegen Szenarien zur Emissions- und Immissionsentwicklung bis 2020 vor, die es uns ermöglichen, Minderungspotentiale zu quantifizieren. Wir kennen die Belastung terrestrischer Ökosysteme durch Stickstoff, Schwefel und Ozon sowie einige Schwermetalle. Wir wissen, dass Stoffeinträge eine der Hauptursachen für die Gefährdung der Funktionalität terrestrischer Ökosysteme sind.

Eine unabdingbare Voraussetzung für die strategische Luftreinhaltung ist die Abschätzung der Emissionen konventioneller Schadstoffe für die kommenden Dekaden

auf der Grundlage der Klima- und Energiepolitik und von möglichen Maßnahmen zur Reduktion dieser Emissionen (siehe auch Abschnitt 2.3.2). Dabei sind auch die Synergien unterschiedlicher Maßnahmen sowie deren Kosten zu ermitteln. Zudem muss die Entwicklung der für die Schadstoffausbreitung und den Zustand der Ökosysteme relevanten Klimaparameter für die kommenden Dekaden untersucht werden. Für beide Aspekte sind die Unsicherheiten in den Aussagen zu bestimmen.

Um die Relevanz des hemisphärischen Transports beurteilen zu können, muss schadstoffspezifisch untersucht werden, welche Prozesse den Austausch zwischen höheren Luftschichten und der bodennahen Atmosphäre bestimmen.

#### *Messtechnik und Messnetze*

Wir wissen um die Möglichkeiten und Grenzen der Messtechnik und der Chemie-Transport-Ausbreitungsmodellierung, die Luftbelastung zu ermitteln. Wir verfügen über validierte Modelle unterschiedlicher Komplexität zur Beschreibung des Stoffhaushalts terrestrischer Ökosysteme und haben eine quantitative Vorstellung davon, wie sich Veränderungen von Standortfaktoren auf die Luftbelastung auswirken.

Zur Optimierung der Messnetze ist zu ermitteln, welche neuen Mess- und Modellierungstechniken in der Entwicklung sind und welche anwendungsreif. Zudem muss beurteilt werden, welche Informationen aus Satellitenbeobachtungen zu erwarten sind und wie diese mit Bodenmessungen zu verknüpfen sind.

#### *Untersuchung neuer Luftschadstoffe*

Hinsichtlich neuer Luftschadstoffe kennen wir Untersuchungen zur Wirkung von Ultrafeinstäuben auf die menschliche Gesundheit und wissen, dass künstliche Nanomaterialien auch im Außenbereich eingesetzt werden. Uns ist bewusst, dass die Konzentrationen bisher weniger beachteter, direkt und indirekt das Klima beeinflussender Spurengase in der Atmosphäre ansteigen. Wir kennen die wichtigsten Pools und Flüsse des deutschen Stickstoffkreislaufs sowie die Wirkungen reaktiven Stickstoffs in den einzelnen Umweltmedien.

Im Hinblick auf Ultrafeinstäube sind deren standortabhängige Anzahl-Größen-Verteilung und die chemische Zusammensetzung an repräsentativen Standorten zu untersuchen. Die Unsicherheit der verwendeten Beobachtungsmethoden ist zu ermitteln. Darüber hinaus ist zu prüfen, durch welche Maßnahmen sich Ultrafeinstäube mindern lassen und ob sich diese von den Maßnahmen zur Minderung von Feinstäuben unterscheiden.

Um künstliche Nanopartikel in der Außenluft nachweisen zu können, ist eine Weiterentwicklung geeigneter Methoden erforderlich.

Die Einstufung bisher weniger beachteter Treibhausgase in der Atmosphäre erfordert deren Messung an repräsentativen Standorten, um die Treibhauswirkung in ihrer räumlichen und zeitlichen Verteilung (Quellen, Senken) zu erfassen.

#### *Stoffkreisläufe und schädliche Einflüsse auf Umweltmedien*

Wichtige Prozesse in den Stoffkreisläufen, vor allem bzgl. Stickstoff und Kohlenstoff, müssen besser verstanden und quantifiziert werden. Es gilt, nachhaltige Sollzustände für nationale Stoffkreisläufe (z. B. Stickstoff) abzuleiten.

Zur Erfassung der komplexen Stoffumsetzungsprozesse in terrestrischen Ökosystemen ist ein Konzept zur Verbesserung der medienübergreifenden Umweltbeobachtung zu entwickeln. Auf der Grundlage der vorhandenen medienübergreifenden Umweltbeobachtungsdaten müssen Eintrags- und Wirkungsmodelle sowie das Konzept der Ökosystemintegrität weiterentwickelt und validiert werden.

## **Biodiversität**

Der Schutz der Biodiversität ist eine übergreifende gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Gemeinsam mit dem Bundesamt für Naturschutz hat das Umweltbundesamt Forschungsschwerpunkte für die Umsetzung der nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt erarbeitet<sup>2</sup>. Die Forschungsschwerpunkte des Umweltbundesamtes zur Biodiversität sind integrativer Bestandteil der Forschung zu denjenigen sektoralen Umweltthemen, die als wichtigste direkte Triebkräfte für den Wandel der Biodiversität gelten. Das Millennium Ecosystem Assessment (2005) macht deutlich, dass insbesondere der Flächenverbrauch (Habitatwandel), der Klimawandel, die Einschleppung invasiver Arten, die Übernutzung und die Nährstoffbelastung der terrestrischen und aquatischen Lebensräume die wesentlichen Treiber der Biodiversitätsgefährdung sind. Deutschland hat 2007 die Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt (NBS) verabschiedet, die Qualitäts- und Handlungsziele benennt, die abgestuft bis spätestens 2050 verwirklicht werden sollen. Der Beitrag des Umweltschutzes dazu, die anspruchsvollen Ziele zu erreichen, wird es sein, bereits erkannte Defizite in den Bereichen Ressourcenverbrauch, Verlust von natürlichem Lebensraum, stoffliche Belastungen, strukturelle Veränderungen sowie Klimawandel anzugehen und durch politische und rechtliche Maßnahmen zu beheben. Ziel ist, dass der Schutz der Biodiversität zukünftig in allen Bereichen der Umweltpolitik integrativer Bestandteil bei der Entwicklung und beim Vollzug von Gesetzen sowie bei Entscheidungen (in Politik und Gesellschaft) wird.

Forschungsbedarf im Rahmen einer politischen Handlungsstrategie entsteht vorrangig aus der Notwendigkeit, für identifizierte Problemlagen tragfähige, d.h. wissenschaftlich abgesicherte, Lösungswege zu entwickeln. Als Voraussetzung wissenschaftlicher Entscheidungsfindungen ist demzufolge in erster Linie Handlungswissen gefragt: umfassendes und vorausschauendes Wissen über Maßnahmen zur Lösung von „Biodiversitätsproblemen“ einschließlich ihrer Wirkungen und unbeabsichtigten Nebenwirkungen. Forschung, die der Umsetzung der (Ziele der) NBS dient, sollte daher ebenfalls primär umsetzungsorientiert und damit komplementär zur (multi-)disziplinären Grundlagenforschung sein. Ferner müssen die NBS-Ziele stets mit dem aktuellen Stand der Wissenschaft abgeglichen und ggf. fachlich weiter fundiert werden.

---

<sup>2</sup> Vgl. gemeinsames BfN-UBA-Papier:

[http://www.umweltbundesamt.de/umweltbeobachtung/publikationen/bfn\\_uba\\_biologische\\_vielfalt.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/umweltbeobachtung/publikationen/bfn_uba_biologische_vielfalt.pdf); die folgenden Ausführungen sind teilweise aus diesem Papier übernommen, bzw. bauen darauf auf. Unbeschadet der Zuständigkeiten im Einzelnen wird nachfolgend das gesamte Spektrum des Forschungsbedarfs im Rahmen der integrierten Strategie zur biologischen Vielfalt artikuliert.

## **Forschungsschwerpunkte**

Der Forschungsbedarf im Bereich der Biodiversitätsforschung lässt sich in sechs Schwerpunkte unterteilen.

### *Verbesserung der ökologischen Grundlagen und Konzepte*

Die Verbesserung der ökologischen Grundlagen und Konzepte betrifft den gesamten Bereich der Analyse des Zustands der aquatischen (siehe auch Abschnitt 2.1.2) und terrestrischen Lebensräume und die Veränderung der lebensraumtypischen Besiedlung. Die Reaktion von Arten und Ökosystemen auf multiple Einflussfaktoren ist bislang wenig bekannt. Forschungsbedarf besteht daher hinsichtlich der Gefährdungsursachen von Arten und Biotopen in Verknüpfung mit Aussagen über die Verursacher, wie beispielsweise Land- und Forstwirtschaft, Verkehr, Industrie und Fischerei.

Zur Bewertung des ökologischen Zustands müssen Bewertungskonzepte und praxistaugliche Methoden verbessert und harmonisiert werden. Ein wichtiges Fundament dafür stellt die Entwicklung eines allgemein anwendbaren Konzepts von Referenzzuständen dar, welches die Dynamik von Ökosystemen berücksichtigt. Zur Beurteilung der Integrität sowie des Gefährdungspotenzials unterschiedlicher Belastungen sind integrierte Ansätze und geeignete Indikatoren erforderlich. Ein großes Defizit besteht vor allem im Hinblick auf die terrestrischen Ökosysteme, auch im Hinblick auf genutzte Flächen. Insbesondere die Rolle von Klein- und Mikrolebewesen sowie der physikalisch-chemischen Heterogenität ist bisher nur unzureichend untersucht.

### *Nachhaltige Nutzung von Naturgütern*

Der zweite Schwerpunkt betrifft die nachhaltige Nutzung von Naturgütern. Die direkte Nutzung von Arten, vor allem aber die Modalität und Intensität der Landnutzung sowie die Übernutzung der Meere stellen eine der Hauptursachen für den Verlust an biologischer Vielfalt dar. Im Bereich der agrarischen Nutzung müssen neben den nationalen auch die globalen Intensivierungstrends stärker in die Betrachtung einbezogen und das Verständnis für die Ressource Boden vertieft werden (siehe auch Abschnitt 2.1.2.). In Bezug auf die Meere stellen nicht nachhaltige Fischereimethoden, aber beispielsweise auch die zunehmende Verlärmung eine Gefährdung der biologischen Vielfalt dar, über deren tatsächliches Ausmaß jedoch noch wenig bekannt ist.

### *Stoffliche Belastungen und Stoffkreisläufe*

Aus globaler Sicht sind die Grenzen der Belastung von Ökosystemen vor allem durch Nährstoffeinträge und durch den Klimawandel bereits überschritten. Auf nationaler Ebene gilt es daher, die Kenntnis über dynamische Stoffkreisläufe zu verbessern; besonders die Akkumulation von Stoffen in den Umweltmedien sowie deren Wirkungen auf die Ökosystemintegrität müssen besser verstanden und erfasst werden.

Die Landwirtschaft arbeitet in einem offenen System: Nährstoffe, Pestizide (siehe auch Abschnitt 2.4.1) oder andere Fremdstoffe (z. B. Arzneimittelverbindungen) werden in natürliche und naturnahe Lebensräume ausgetragen. Die resultierenden Wirkungen, effektive Minderungsmaßnahmen und Möglichkeiten zu deren Umsetzung gilt es zu erforschen und abzuleiten.

Spezielles Augenmerk gilt der Zunahme der Konzentrationen von persistenten, sich in Biota anreichernden und toxischen Verbindungen in der Umwelt, denen mit geeigneten Minderungsmaßnahmen begegnet werden muss. Es gilt, die vorhandenen Optimierungspotenziale zu erkennen und zu nutzen. Für den Vollzug und die Weiterentwicklung von Regularien des Chemikalienrechts muss das Schutzgut Biodiversität operationalisiert werden.

#### *Biodiversität und Klimawandel*

Ein weiterer wichtiger Forschungsschwerpunkt ist das Thema Biodiversität und Klimawandel (zum Thema Klimawandel siehe auch Abschnitt 2.3.2). Dabei geht es dem UBA weniger um die Frage, wie sich die Lebensbedingungen von Pflanzen und Tieren verändern, sondern eher darum, welche Folgen für menschliches Leben und Wirtschaften die Verschiebung bestimmter Arten (z. B. Infektionserreger und Vektoren, siehe auch Abschnitt 2.1.1) und Kulturformen haben werden sowie um die Wirkungen der biologischen Vielfalt auf das Klimasystem (Speicherfunktion für CO<sub>2</sub> von Böden, Meeren und Wäldern; Hydrologie, etc.).

#### *Sozioökonomische Rahmenbedingungen und das gesellschaftliche Bewusstsein*

Auch die sozioökonomischen Rahmenbedingungen und das gesellschaftliche Bewusstsein sind wesentliche Stellschrauben bei der Erhaltung der Biodiversität (siehe auch Abschnitt 2.3.1). Den ökonomischen Wert von Dienstleistungen der Natur zu erforschen, schafft nicht nur Bewusstsein, sondern auch die notwendige Argumentationsgrundlage für gesellschaftliche Abwägungsprozesse.

#### *Monitoring*

Schließlich sehen wir weiteren Forschungsbedarf im Bereich Monitoring. Bestehende Konzepte weisen eine eigene Historie auf und dienen in der Regel sektoralen Zwecken. Integrierte ökologische Ansätze wie die der Wasserrahmenrichtlinie sind eher die Ausnahme. Die Entwicklung weiterer flächendeckender Monitoringprogramme, die auf vorhandene Programme aufbauen und diese integrieren, ist also nötig. Die gemeinsame Bewertung von Ergebnissen biologischer Kartierungen bzw. Effekterhebungen und der medialen Umweltbeobachtungsprogramme (Boden, Luft, Pestizide) muss weiter vorangetrieben werden. In diesem Zusammenhang ist auch die Entwicklung aussagekräftiger und anschaulicher Indikatoren von Bedeutung.

## **2.2 Fachbereich Nachhaltige Produktion und Produkte, Abfallwirtschaft**

### **2.2.1 Nachhaltige Produkte und Konsummuster, Kommunale Abfallwirtschaft**

Die Forschungsschwerpunkte zu nachhaltigen Produkten und Konsum resultieren aus der Zielsetzung, die Umweltauswirkungen von Produkten zu identifizieren und die (Weiter-) Entwicklung und Marktdurchdringung von Produkten voranzubringen, die über den gesamten Lebensweg die Umwelt und die Gesundheit des Menschen möglichst wenig belasten.

Unsere Forschung bezieht sich auf alle Teilschritte des Produktzyklus. Wir erbringen Forschungsleistungen für eine nachhaltige Produktgestaltung, bei der umwelt- und gesundheitsgefährdende Stoffe möglichst weitgehend vermieden, Ressourcen effizient und sparsam genutzt werden und möglichst viele Recyclingmaterialien zum Einsatz kommen. Die Produkte sollen in der Nutzungsphase wenig Energie verbrauchen, langlebig sowie am Ende ihrer Lebenszeit gut verwertbar und zu entsorgen sein. Umwelt- und sozialverträglich hergestellte Produkte sind noch in zu geringem Umfang das Ergebnis von Innovationen, die sich erfolgreich im Marktwettbewerb und in der Gesellschaft durchgesetzt haben. Darum erarbeiten wir wissenschaftliche Konzepte, um die Marktdurchdringung dieser Produkte zu verbessern. Mit Hilfe von Wissenstransfer und Verbraucheraktivierung wollen wir wirksame Rahmenbedingungen für nachhaltigen Konsum schaffen. Dabei sind sowohl Hersteller, Einzelhandel wie auch Verbraucher Gegenstand unserer Forschung.

Die genannten Ziele sind verbunden mit dem Leitgedanken, die Abfallwirtschaft möglichst weitgehend zu einer Kreislaufwirtschaft weiterzuentwickeln. Ganz im Sinne der Abfallhierarchie gilt es, Abfälle zu vermeiden und die hochwertige Wiederverwendung von Produkten zu fördern oder für eine spätere Wiedereingliederung in den Wirtschaftskreislauf vorzubereiten. Die verbleibenden Abfälle sind allgemeinverträglich zu entsorgen. Zur Unterstützung dieser Ziele ist die abfallwirtschaftliche Produktverantwortung der Hersteller auszubauen.

Angesichts der sehr vielen Quellen (Produkte) und Akteure stellen Bestandsaufnahmen und Analysen der Problemfelder sowie die nachhaltige Gestaltung der Produkt- und Konsummuster eine besondere Herausforderung dar. Es bedarf eines in sich abgestimmten Bündels von Maßnahmen und Instrumenten, bei dem angebots- und nachfrageorientierte Ansätze ausgewogen berücksichtigt werden.

#### **Forschungsschwerpunkte**

##### *Umweltfreundliche Produktgestaltung*

Wir entwickeln wissenschaftliche Grundlagen für Produkthanforderungen im Rahmen internationaler, europäischer und nationaler Regelungen bei der verpflichtenden und freiwilligen Produktkennzeichnung und für die umweltfreundliche öffentliche Beschaffung. Hierzu erarbeiten wir Kriterien und Methoden, um Produkte und Dienstleistungen in einem ganzheitlichen Ansatz unter Umweltaspekten beschreiben und bewerten zu können, und entwickeln Benchmarks und Standards.

Zur Ausgestaltung der Ökodesign-Richtlinie und der Energieverbrauchspflichtkennzeichnung entwickeln wir ambitionierte und alle wesentlichen Umweltaspekte erfassende Anforderungen und Kennzeichnungsstandards. Unsere wissenschaftliche Bewertung der Umweltentlastung und Innovativität von Projekten der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) ermöglicht es uns, einen hohen technischen Standard einzusetzen, um Energieeffizienzpotentiale im Bereich der IKT-Struktur, aber auch von IKT-Endgeräten zu realisieren. Dabei entwickeln wir Strategien, um umweltinnovative Pilotprodukte zur industriellen Serienfertigung zu bringen. Des Weiteren wird der Stand der Technik für klimaschonende Kälte- und Klimaanlageanlagen und andere Anwendungen fluoriertes Treibhausgas in Deutschland weiterentwickelt. Eine wichtige Grundlage hierfür ist die wissenschaftliche Ermittlung der Emissionen fluoriertes Treibhausgas. Außerdem kommen nach wie vor besonders umwelt- und gesundheitsbelastende Chemikalien wie verschiedene Flammschutzmittel, Weichmacher und Lösemittel in Produkten (Bauprodukte, Einrichtungsgegenstände, Ausstattungsmaterialien usw.) zum Einsatz, für die nach umwelt- und gesundheitsverträglichen Alternativen geforscht wird (siehe auch Abschnitt 2.1.1).

In den kommenden Jahren werden wir die wissenschaftlichen Grundlagen erarbeiten, um die Instrumente des produktbezogenen Umweltschutzes, wie die Ökodesign-Richtlinie, Umweltkennzeichnung und umweltfreundliche Beschaffung insbesondere im Hinblick auf Klima-, Ressourcen- und Gesundheitsschutz weiterzuentwickeln. Wir wollen damit Innovationen fördern und ihre breitenwirksame Einführung zur Reduzierung von Umweltbelastungen unterstützen.

Bei den wissenschaftlichen Arbeiten zur nachhaltigen Produktgestaltung geht es verstärkt darum, die Materialeffizienz zu verbessern. Hierzu sind die wissenschaftlichen Grundlagen für Benchmarks zu entwickeln. Diese sollten vor allem genutzt werden, um die Vorgaben der EU-Ökodesignrichtlinie auf Ressourcenschutzaspekte auszudehnen sowie die Produktkennzeichnung (insbesondere durch das Umweltzeichen Blauer Engel) unter Ressourcenschutzgesichtspunkten voranzutreiben.

Auch bei den Informations- und Kommunikationstechniken ist bei den Forschungsarbeiten neben der Energieeffizienzsteigerung die Verbesserung der Materialeffizienz vermehrt in den Blick zu nehmen. Durch die schnelle Veränderung von IKT-Strukturen und -Nutzung (z. B. breite Etablierung von Cloud computing, mobiles Internet, Nutzungskonvergenz in der Unterhaltungselektronik) muss die bislang aufrecht erhaltene Trennung von öffentlicher, privater, mobiler etc. Nutzung von IKT aufgehoben und der Ressourceneinsatz übergreifend betrachtet werden. Darüber hinaus soll ein besonderes Augenmerk darauf gerichtet werden, wie eine ressourcen- und energieeffiziente Anwendung von IKT die Umweltinanspruchnahme von Produkten und Dienstleistungen minimieren kann.

Einen weiteren Schwerpunkt bilden die Bauprodukte, die volkswirtschaftlich und damit auch aus Umwelt- und Gesundheitssicht von zentraler Bedeutung sind (siehe auch die Abschnitte 2.1.1 und 2.2.2). Bauen und Wohnen muss nachhaltiger werden. Hierzu sind die wissenschaftlichen Grundlagen für innovative Bauprodukte (z. B. schadstoffarme Dämmsysteme, emissionsarme Fußböden, ressourcenschonender Rohbau) zu entwickeln, die den Boden, das Grundwasser und die Innenraumluft praktisch nicht belasten.

Gleichzeitig sollen diese Produkte eine geringe Ressourceninanspruchnahme sowohl bei der Herstellung als auch bei der Nutzung aufweisen.

Im Bereich des Klimaschutzes fokussieren wir weiterhin insbesondere die Kälte- und Klimaanlageanlagen. Sie belasten das Klima weltweit durch die stark zunehmende Verwendung fluorierter Treibhausgase und den steigenden Energieverbrauch. Hier sind Entlastungspotentiale und -möglichkeiten herauszuarbeiten. Dies gilt auch für andere Anwendungen fluorierter Treibhausgase wie in Schaumstoffen und als Ätzwasser in der Elektronik.

### *Nachhaltiger Konsum*

Unsere wissenschaftliche Arbeit für mehr nachhaltigen Konsum zielt auf die Entwicklung und Forcierung einer (neu)ausgerichteten ökologischen Verbraucherpolitik ab. Durch neue Informationsinstrumente und Kommunikationsstrategien wollen wir es dem Verbraucher ermöglichen, die mit dem Kauf und der Nutzung von Produkten verbundenen ökologischen Auswirkungen besser in die Kaufentscheidung einbeziehen zu können. Eine wichtige Orientierungshilfe hierbei ist die Produktkennzeichnung. Bei den Forschungsarbeiten zur Weiterentwicklung des Umweltzeichens Blauer Engel stehen zurzeit die klimarelevanten Produkte und Dienstleistungen im Vordergrund. Das Zeichen soll als führendes Klimaschutzzeichen in Deutschland etabliert werden.

Zukünftig werden wir zudem verstärkt daran forschen, wie strategisches Verbraucherverhalten entsteht und wie wir damit Märkte für umweltentlastende Produkte gestalten können. Dazu gehören auch grundlegendere Konzepte für nachhaltige Lebensstile und die Gestaltungsmöglichkeit sozialer Innovationen für nachhaltigen Konsum. Wir wollen Ansatzpunkte für die Kommunikation von Umweltinformationen über die bisher bestehende Produktkennzeichnung hinaus entwickeln. Dabei werden wir die Einflussmöglichkeit verschiedener Gesellschaftsgruppen (z. B. Großverbraucher) und Marktakteure (z. B. Einzelhandel) beschreiben und die Vorbildfunktion öffentlicher Einrichtungen nutzen.

### *Entsorgung und Wiederverwertung*

Abfallwirtschaft dient dem Ressourcenschutz. Dementsprechend standen in den letzten Jahren Forschungsfragen zur verstärkten Abfallvermeidung sowie zur verbesserten Verwertung im Vordergrund. Insbesondere ging es um eine Optimierung der Sammlung von Wertstoffen aus Haushaltungen und Gewerbebetrieben. Ziele sind die Erhöhung der Sammelmengen, die verstärkte Förderung der Wiederverwertung sowie die hochwertige Verwertung. Die Ermittlung der Sammel- und Verwertungsmengen verschiedener Abfallarten schafft eine zuverlässige Datenbasis zur Ist-Analyse der Abfallentsorgung, Identifizierung von Handlungsbedarf und gleichzeitig zur Kontrolle durchgeführter Maßnahmen.

Bei der Transformation der Abfall- zur Kreislaufwirtschaft stehen wissenschaftliche Arbeiten zur Abfallvermeidung (einschließlich der Lebensmittelabfälle) und zur Verwertung im Vordergrund. Konzepte und gute Praxisbeispiele zur Abfallvermeidung sind zu evaluieren und weiterzuentwickeln. Zur Verbesserung der Verwertung ist die abfallwirtschaftliche Produktverantwortung der Hersteller weiterzuentwickeln. Nachdem sich die Verwertungsanstrengungen in der Vergangenheit vor allem auf

Massenwerkstoffe konzentrierten, wird nun ein verstärktes Augenmerk auf die in geringen Mengen eingesetzten Metalle (z. B. Edelmetalle und Seltene Erden) gelegt. Aus der erwarteten Zunahme der Elektromobilität ergibt sich zudem die besondere Herausforderung, neue Recyclingtechniken zur Rückgewinnung von Lithium und Seltenen Erden aus Batterien weiterzuentwickeln.

Außerdem sind die Entsorgungswege weiterer Abfallströme, z. B. der gemischten gewerblichen Abfälle in den nächsten Jahren dahingehend zu optimieren, dass die im Abfall enthaltenen Wertstoffe abgeschöpft und in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden können. Im Ausgangspunkt sind hierfür Kenntnisse der aktuellen Abfallzusammensetzungen und der gewinnbaren Sekundärrohstoffmenge zu erwerben.

Für Stoffe und Materialien, die dauerhaft aus der Biosphäre auszuschleusen sind (z. B. Quecksilber) oder die durch entsprechende Behandlung zerstört werden müssen (persistente organische Schadstoffe, z. B. bestimmte Flammhemmer) sind wissenschaftliche Grundlagen für entsprechende Entsorgungskonzepte, -methoden und -techniken zu erarbeiten (siehe auch den folgenden Abschnitt 2.2.2).

### **2.2.2 Nachhaltige Produktion, Ressourcenschonung und Stoffkreisläufe**

Die Forschungsaktivitäten zu nachhaltigen, ressourcenschonenden Produktionsprozessen sind zunächst durch die gesetzlichen Anforderungen und Aufträge an alle Branchen der Industrie einschließlich Abfallwirtschaft zur Einhaltung der besten, verfügbaren Technik (BVT/SdT) hinsichtlich der Emissionen in allen Umweltmedien gekennzeichnet.

So werden beispielsweise die Metallgewinnung und -verarbeitung, die Steine-Erden-Industrie, die chemische Industrie, der Maschinenbau, das Bauhauptgewerbe, das Verpackungswesen und viele andere Bereiche aus Industrie, Handwerk und Handel bezüglich ihrer Auswirkungen auf Luft- und Wasserqualität, ihres Abfallaufkommens, ihres Energie- und Rohstoffverbrauchs analysiert, medienübergreifend bewertet und entsprechende Anforderungen in bundeseinheitlichen rechtlichen Regelungen vorgeschlagen.

Dabei werden die national und international verfügbaren Informationen genutzt, um den Stand der Technik zu ermitteln und gemeinsam mit den Unternehmen, der Wissenschaft und den Landesbehörden weiter zu entwickeln. Hierbei werden innovative Entwicklungen z. B. über das Umweltinnovationsprogramm und ihr Scaling-Up über Demonstrationsprojekte gefördert. Im Vordergrund stehen Lösungen, bei denen Schadstoffeinträge in die Umwelt möglichst von vornherein vermieden oder weitgehend vermindert werden: Ein weitgehender produktions- und produktintegrierter Umweltschutz ist das Ziel dieser Arbeit.

Expertinnen und Experten des UBA arbeiten dafür in vielen nationalen und internationalen Gremien mit, insbesondere in Arbeitsgruppen der Europäischen Union, um die in Deutschland erreichten fortschrittlichen Lösungen auch in anderen Staaten bekannt zu machen und dort anwenden zu helfen. Ein wichtiges Ziel ist die Europäisierung oder Internationalisierung anspruchsvoller Standards auf hohem Umweltschutzniveau. Ein bundeseinheitlicher ordnungs- und abgaberechtlicher Vollzug wird durch die Entwicklung, Optimierung und Normung von Mess- und Analyseverfahren mitgewährleistet. Die Verfahren sind im untergesetzlichen Regelwerk verbindlich

vorgeschrieben. Anforderungen an die Qualitätssicherung sind konkretisiert, in europäischen Regelungen berücksichtigt und durch DIN EN ISO-Normen hinterlegt.

Darüber hinaus erfassen wir national und international auftretende Störfälle und analysiert diese, um technische und organisatorische Maßnahmen zu deren künftiger Vermeidung oder zumindest Begrenzung zu entwickeln.

Ein weiterer wichtiger Schwerpunkt in den Forschungsaktivitäten bildet die Abfallwirtschaft und ihr Beitrag zur Ressourcenschonung bzw. Erhöhung der Ressourceneffizienz. Hier steht zur Zeit neben dem Klimaschutz die Reduzierung des Rohstoffeinsatzes insgesamt und die Erhöhung der Rohstoffeffizienz im Mittelpunkt. Dies betrifft insbesondere die Produktion, die Produktgestaltung, die Abwasser- und Abfallwirtschaft aber auch Aspekte des Konsums oder eines Bedürfnisfeldes wie nachhaltiges Bauen und Wohnen (siehe auch Abschnitt 2.2.1).

## **Forschungsschwerpunkte**

### *Ressourcenschonung und Abfallwirtschaft*

Vor diesem Hintergrund konzentrieren sich unsere diesbezüglichen Forschungsaktivitäten auf Fragen der Ressourcenschonung in ausgewählten Bedürfnisfeldern. Hier ist die Informations- und Kommunikationstechnik ebenso zu nennen wie der Bereich des Bauen und Wohnens. Im zweiten Feld stehen neben Potentialermittlungen zur Größe des nutzbaren „anthropogenen Lagers“ im Gebäude- und Infrastrukturbereich vor allem technische Fragen im Mittelpunkt, beispielsweise zur Optimierung des Rückbaus und Abbruchs von Gebäuden zur Rückgewinnung und Aufbereitung von Baustoffen unter Einbeziehung der Schadstoffentfrachtung. Ziel dieser Untersuchungen sind eine stärkere Wiederverwendung von Bauteilen und eine höhere Verwertung von mineralischen Abfällen durch das Recycling von Baustoffen im Hochbau.

Mit dem Aspekt der Schonung natürlicher Ressourcen ist auch der Kenntniskern über die „ökologischen Rucksäcke“ von relevanten Metallen wie z. B. die seltenen Erden verknüpft, die wegen ihres vielfältigen Einsatzes in den verschiedensten Technikbereichen einen immer höheren Verbrauch bei zugleich geringer werdender Versorgungssicherheit verzeichnen. Die Frage ihrer Wiedergewinnung und Aufbereitung ist daher von großem Interesse. Ebenso wird die Frage nach der dissipativen Verteilung in der Umwelt und mögliche damit verbundene Probleme an Wichtigkeit gewinnen und damit ebenfalls die Frage nach Erfassbarkeit und Rückgewinnung dieser Metalle.

Die Evaluierung neuer Techniken (z. B. der Nanotechnik) im Hinblick auf ihr Potential zur Schonung natürlicher Ressourcen ist in den vergangenen Jahren Gegenstand von Forschungsvorhaben gewesen. Diese Untersuchungen sollen zukünftig fortgesetzt werden.

Zukünftige Forschungsbedarfe ergeben sich in der Ermittlung bislang ungenutzter Ressourcenschonungspotentiale (beispielsweise der mineralischen Abfälle, des Altöls, der Stahlgewinnung oder der neuartigen Baustoffe) und vor allem in der Entwicklung von Instrumenten zur Umsetzung einer nachhaltigen Ressourcenpolitik in den jeweiligen Branchen und Bedürfnisfeldern. Dies muss zur Vermeidung von Zielkonflikten in Koordination und Abstimmung mit anderen, umweltpolitischen Themenfeldern (z. B. dem Klimaschutz) geschehen. Im Speziellen geht es zum Beispiel darum, die

ressourcenrelevanten Beiträge und Potenziale der Abfallwirtschaft zu ermitteln und darzustellen (beispielsweise durch Rückbau von Deponien) sowie die umweltschutzbezogenen Auswirkungen der Ressourcennutzung bei Produktion und durch Produkte (wie der Photovoltaik) entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu ermitteln und zu reduzieren. Zusätzlicher Forschungsbedarf ergibt sich zudem aus dem vom UBA mitinitiierten und mitformulierten Ressourceneffizienzprogramm „ProgRes“ des Bundes.

Schon in den vergangenen Jahren spielte die Erforschung des Beitrags der Abfallwirtschaft zum nationalen und internationalen Klimaschutz eine wichtige Rolle. So wird beispielsweise durch die Ermittlung der Emissionssituation bei der Behandlung von Bioabfällen und dem Emissionsverhalten von Bioabfallvergärungsanlagen die Grundlage für eine weitere Erhöhung des Beitrags der Abfallwirtschaft zum Klimaschutz gelegt. Die Forschungsergebnisse fließen in internationale Gremien ein und sollen darüber hinaus dazu beitragen, deutsche Technik in andere Länder zu exportieren (siehe auch die Abschnitte 2.1.2 und 2.3.1).

#### *Beste verfügbare Techniken*

Im Hinblick auf die Arbeit in internationalen Gremien ist die Kenntnis über den Stand der Technik einzelner Branchen und der Höhe ihrer Emissionen von großer Bedeutung. Zu diesem Zweck wird weiterhin ein Schwerpunkt der Forschung die Bereitstellung einer qualitätsgesicherten Datengrundlage zur Umsetzung internationaler Luftreinhalte- und Klimaschutzvereinbarungen für ausgewählte Industriezweige sein.

Darüber hinaus besteht ein fortgesetzter Forschungsbedarf bei der Formulierung und Weiterentwicklung des Standes der Technik. Gerade vor dem Hintergrund der Überschreitung der Umweltqualitätsstandards bei Feinstaub und Parametern der NEC-Richtlinie wird die Notwendigkeit der Weiterentwicklung besonders deutlich, da nur mit emissionsbegrenzenden und effizienzsteigernden Maßnahmen die Umweltqualitätsstandards des nationalen und internationalen Klima- und Gesundheitsschutzes erreichbar sind.

#### *Anlagensicherheit*

Die Auswirkungen des Klimawandels (z. B. Hochwasser, Starkregen, Sturm) auf Anlagen mit hohem Gefährdungspotential stellen einen Forschungsschwerpunkt im Bereich der Störfallvorsorge dar.

Die Integration der Anlagensicherheit in Konzepten zur nachhaltigen Entwicklung (z. B. inhärente Sicherheit von Produktionsanlagen) wird die Forschung im Bereich der Störfallvorsorge zukünftig prägen.

## 2.3 Fachbereich Umweltplanung und Nachhaltigkeitsstrategien

### 2.3.1 Nachhaltigkeitsstrategien, Ressourcenschonung und Instrumente

Mit dem Ziel einer nachhaltigen Entwicklung verknüpft sich vielfältiger sozial-, wirtschafts- und rechtswissenschaftlicher Forschungsbedarf. Die folgende Abbildung zeigt die Zusammenhänge, die anschließend weiter charakterisiert werden.

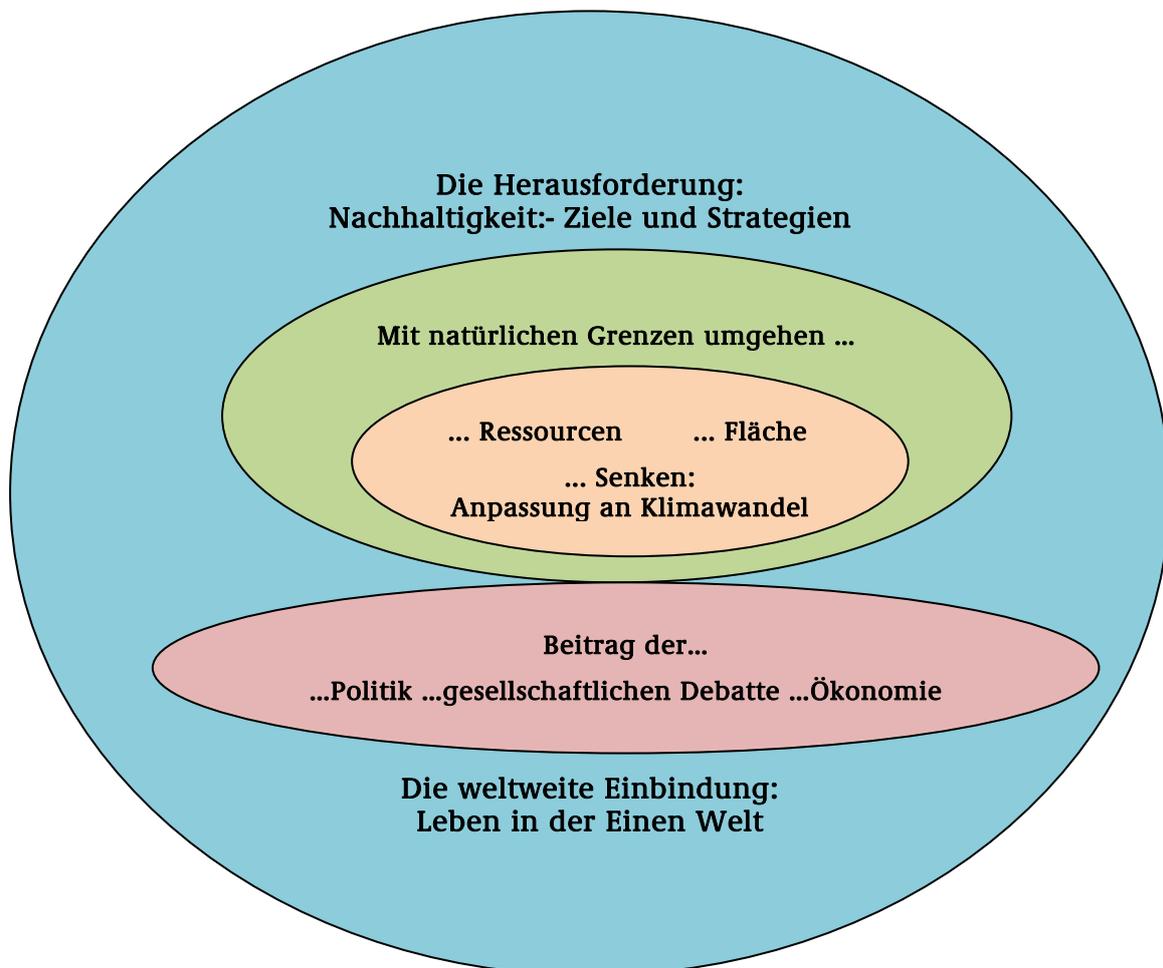


Abbildung 3: Zusammenhänge der Nachhaltigkeit: Ziele und Strategien

#### Forschungsschwerpunkte

##### *Die Herausforderung: Nachhaltige Entwicklung - Ziele und Nachhaltigkeitsstrategien*

Nachhaltige Entwicklung ist seit der Rio-Konferenz 1992 eine in Politik und Gesellschaft anerkannte Handlungsmaxime zur Sicherung der Lebensgrundlagen heutiger und zukünftiger Generationen. Allerdings ist diese Handlungsmaxime, obwohl die Krisenhäufung immer eindeutiger das Erreichen der Funktionsgrenzen unseres Systems zeigt, noch viel zu wenig in Politik und Gesellschaft handlungsleitend und wirksam. Zu massiv sind Beharrungstendenzen und Veränderungsängste, zu kurzfristig und zu sehr am unmittelbaren Eigennutzen orientiert, sind die Interessen und Interventionen zahlreicher Akteure. Nachhaltige Entwicklung und die Forschung zu den Erfolgsbedingungen des Wandels (Models of Change) brauchen daher besonders in den

Politik-, Wirtschafts-, Sozial- und Rechtswissenschaften gezielten Erkenntniszuwachs. Es fehlen systematische und integrierte Zukunftsentwürfe zum Nachhaltigen Leben, die die für Politik und Gesellschaft erforderlichen grundlegenden Transformationsprozesse aufzeigen und nicht nur an den Symptomen und der Bewältigung von Krisen ansetzen. Die Forschung sollte Raum für Experimente zulassen, Entfaltungsräume aufzeigen und zur Nachhaltigkeit ermutigen. Zu bearbeitende Forschungsfragen sind unter anderem:

- Wo und wie können kulturelle und soziale Innovationen der Nachhaltigkeit am wirkungsvollsten ansetzen? Wo sitzen die Vorreiter und wie können die Schlüsselakteure für nachhaltiges Handeln gewonnen werden?
- Was sind Erfolgsbedingungen für gesellschaftliche Veränderungsprozesse (Models of Change)?
- Wie kann eine bessere vertikale und horizontale Abstimmung und Verzahnung der Nachhaltigkeitsstrategien im politischen System erreicht werden? Welche traditionellen Governancestrukturen sind überholt, welche neuen sind erforderlich? Wie lassen sich der oft beschworene rote Faden der Nachhaltigkeit und die Kohärenz der verschiedenen Politikfelder sicherstellen? Wie können Konzepte, die Zivilgesellschaft zu nachhaltigem Handeln zu befähigen weiter ausgebaut und professionalisiert werden? (siehe auch Abschnitt 2.2.1)
- Wie lassen sich Nachhaltigkeitspolitiken evaluieren, wie wird Nachhaltigkeit messbar?
- Welche Zukunftsbilder und Szenarien können notwendige gesellschaftliche Debatten stimulieren und Politik sowie Gesellschaft für Umweltprobleme und Lösungsansätze sensibilisieren? Mit welchen Methoden der Zukunftsforschung und Systemanalyse können dabei die komplexen Fragestellungen veranschaulicht und konkrete, zielgruppengerechte Lösungen skizziert werden?

#### *Die Rahmung: Leben in der Einen Welt – die internationale Dimension*

Umweltbelastungen machen nicht an nationalen Grenzen halt. Umwelt- und Ressourcenkonflikte können eine nachhaltige Entwicklung gefährden. Globale Güter wie das Klima oder die Ressourcen können nur gemeinsam geschützt werden. Umwelt- und Sozialstandards in den Transformations-, Schwellen- und Entwicklungsländern sind oftmals unzureichend und müssen auf ein anspruchsvolles Niveau gehoben werden. Dazu bedarf es der Kooperation mit anderen Staaten und internationalen Organisationen sowie der Mitwirkung in internationalen Übereinkommen. Deutschland muss sich dafür in Institutionen wie der Europäischen Union, dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP), der UN Commission on Sustainable Development, der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UN-ECE), der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) etc. positionieren. Ziel ist die Erforschung von internationalen Strategien, Zielen, Instrumenten und Maßnahmen, um schädliche nicht-nachhaltige Produktions- und Konsummuster abzubauen und eine umweltverträgliche Entwicklung zu fördern. Es geht dabei insbesondere um die Stärkung der globalen Umwelt- und Nachhaltigkeitsgovernance. Ziel sind Impulse für Ansätze und Instrumente der künftigen EU- und internationalen Umwelt- und Nachhaltigkeitspolitik in Richtung auf eine kohlenstoffarme und ressourcenschonende Wirtschaft bei

gleichzeitiger Verbesserung der Lebensqualität und der Verteilungsgerechtigkeit – kurzfristig, aber auch mit einem längeren Horizont bis 2050.

*Mit natürlichen Grenzen umgehen: Nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen*

Die Nutzung der natürlichen Ressourcen hat ein Ausmaß erreicht, das nicht nachhaltig ist. Neben der Erschöpfung der Vorräte führt die Entnahme abiotischer und biotischer Rohstoffe zu massiven Umweltbelastungen und zu sozialen Verwerfungen und kann politische Krisen und Konflikte auslösen. Die heutigen Industriestaaten müssen ihren Ressourcenverbrauch in den nächsten Jahrzehnten drastisch senken, damit trotz des Nachholbedarfs der wirtschaftlich weniger entwickelten Länder eine global gerechte und nachhaltige Ressourcennutzung möglich wird. Die Notwendigkeit eines schonenden Umgangs mit natürlichen Ressourcen wird in Deutschland aber noch nicht in ihrer ganzen Tragweite erkannt, das Rohstoffproduktivitätsziel der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie voraussichtlich nicht erreicht und die ökonomischen Vorteile einer Steigerung der Ressourceneffizienz noch nicht ausreichend genutzt. Deshalb werden wissenschaftlich fundierte und umsetzungsorientierte Konzepte benötigt, die Ressourcenschonung als Querschnittsaufgabe betrachten und deren Maßnahmen in wirtschafts-, außen- und entwicklungspolitische Strategien integriert und mit anderen relevanten Politikfeldern verzahnt werden müssen (siehe auch Abschnitt 2.2.1). Zu bearbeitende Forschungsfragen sind u. a.:

- Wie kann Ressourcenschonung als Motor der ökologischen Modernisierung genutzt werden; welche rechtlichen und ökonomischen Rahmenbedingungen sind dafür erforderlich?
- Welche zielgruppenspezifischen Strategien, Maßnahmen und Instrumente sind auf Makro-, Meso- und Mikroebene erforderlich, um den Ressourcenverbrauch – bei gleichbleibendem Wohlstand – drastisch zu reduzieren und wie können diese rechtlich verankert werden? Wie sehen nachhaltige Ressourcennutzungsregime und neue Gesellschaftsmodelle in einer postfossilen und ressourcenleichten Gesellschaft aus und welche Rolle können dabei nachwachsende Rohstoffe, Nutzungskaskaden und Bioraffinerien spielen? Welche Zielsysteme und Indikatoren ermöglichen eine richtungssichere Überprüfung der Strategien und Maßnahmen?
- Wie kann der erforderliche Bewusstseinswandel aller maßgeblichen Akteure erreicht und die öffentliche Wahrnehmung des Themas Ressourcenschonung gesteigert werden? Wie können insbesondere die Köpfe der Entscheider erreicht werden? Wie müssen Bildungsarbeit und Aufklärungskampagnen gestaltet werden, welchen Beitrag können Produktinformations- und Kennzeichnungssysteme leisten und wie müssen sie konzipiert werden?
- Wie muss die Verzahnung mit anderen Politikfeldern wie z. B. Klimaschutz erfolgen, um Zielkonflikte zu vermeiden und win-win Situationen zu nutzen? Wie können Instrumente zur frühzeitigen Identifizierung und Vermeidung von Rohstoffkonflikten ausgestaltet werden? Wie können Aspekte einer sozialverträglichen und nachhaltigen Rohstoffgewinnung in außenwirtschafts- und entwicklungspolitischen Strategien integriert werden? Wie müssen internationale

Institutionen und Abkommen für die Gewährleistung einer nachhaltigen Ressourcennutzung ausgestaltet sein, welche Zertifizierungsstandards und -systeme werden benötigt? Wie kann der Technologie- und Wissenstransfer verbessert werden?

*Mit natürlichen Grenzen umgehen: Nachhaltige Landnutzung*

Die Flächennutzung in Deutschland ist immer stärker durch Intensivierung der land- und forstwirtschaftlichen Flächennutzung und Nutzungskonkurrenzen zwischen Siedlungen, Infrastrukturen, Rohstoffgewinnung, Naturschutz, Land- und Forstwirtschaft geprägt. Verschärft werden die Nutzungskonkurrenzen durch den Ausbau der erneuerbaren Energien. Daneben gilt es, bundesweit Raum für die biologische Vielfalt zu erhalten oder neu zu schaffen. Die Ausweitung der Siedlungs- und Verkehrsflächen geht mit wachsendem Ressourcenverbrauch (durch Gebäude und Infrastrukturen) und vielfältigen negativen Umweltauswirkungen einher. Gleichzeitig ist in manchen Regionen eine Abnahme der Bevölkerung zu verzeichnen, wobei sich dieser Trend durch den demografischen Wandel verstärken wird. Dies führt zu Unterauslastung oder Leerfallen von Gebäuden und Infrastrukturen, einer Verschlechterung der Ressourceneffizienz und z. T. zur Erhöhung von Umweltbelastungen (z. B. Funktionsstörungen von Abwasseranlagen). Es sind auf wissenschaftlicher Basis Strategien zu entwickeln oder zu optimieren, wie

- durch sparsame und schonende Flächennutzung und intelligente räumliche Zuordnungen von Nutzungsansprüchen fruchtbare Böden und die biologische Vielfalt erhalten, Nutzungskonkurrenzen entschärft, die Folgen des demographischen Wandels gemildert, ein umweltschonender Ausbau der erneuerbaren Energien und nachwachsende Rohstoffe bewerkstelligt, die Ressourceneffizienz (Energie, Wasser, Material) erhöht, die Vulnerabilität gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels verringert und insgesamt die negativen Umweltfolgen von Flächennutzungen gemindert werden können;
- mit dem Instrumentarium der räumlichen Planung, der Umweltprüfungen, mit weiteren rechtlichen oder ökonomischen Rahmensetzungen und Instrumenten eine nachhaltige Raumnutzung vorangetrieben werden kann - mit Schwerpunkt auf der Entwicklung besonders innovativer Instrumente (z. B. Handel mit Flächenzertifikaten);
- mit Information und Öffentlichkeitsarbeit sowie verbesserten Formen des Stakeholder-Dialogs und der Bürgerbeteiligung die Akzeptanz des Flächensparens einerseits und des umweltschonenden Ausbaus der Erneuerbaren Energien und nachwachsender Rohstoffe andererseits erhöht werden kann.

*Mit natürlichen Grenzen der Senken umgehen: Anpassung an den Klimawandel*

Der Umgang mit dem Klimawandel ist eine der größten Herausforderungen für die Menschheit. Strategien und Maßnahmen zur Vermeidung und zur Anpassung an den Klimawandel müssen auf der Basis des aktuellen Wissens identifiziert und umgesetzt werden. Die Forschung zur Klimaanpassung steht bisher noch am Anfang. Für die Umsetzung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel sowie den Aktionsplan Anpassung und deren Integration mit anderen (Umwelt-)Strategien sind neue

Erkenntnisse aber sehr wichtig. Folgender Forschungsbedarf zeigt sich – grundsätzlich ist die Forschung zu diesem Themenschwerpunkt eng mit der Europäischen Forschungspolitik zu koppeln:

- Die regional und sektoral übergreifende Analyse und Bewertung der Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel muss insbesondere die Wechselwirkungen zwischen klimatischen und nicht-klimatischen Veränderungen betrachten. Die Bewertung von Vulnerabilität ist auch eine normative Aufgabe; deshalb ist die wissenschaftlich gestützte Durchführung und Auswertung von Stakeholder-Prozessen auf nationaler, regionaler und kommunaler Ebene elementarer Bestandteil der Forschung.
- Dies ist auch Anknüpfungspunkt zur Einbindung von anderen Forschungsergebnissen (u. a. Kosten-Nutzen der Klimaanpassung, rechtliches und planerisches Instrumentarium zur Erhöhung der Anpassungskapazität).
- Für die Politikberatung ist von Bedeutung, wie die Transformation zu einer klimaresilienten Gesellschaft zu gestalten und welche Barrieren dabei zu überwinden sind. Diese Veränderungsprozesse wirken sich zudem auf Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel und die Anpassungskapazität aus.
- Ein weiterer Schwerpunkt der Forschung zur Klimaanpassung ist die Beurteilung der (Umwelt-)Wirkungen von Anpassungsmaßnahmen sowie der auf Indikatoren basierten Evaluation der Strategieumsetzung.

#### *Der Beitrag der Politik und der gesellschaftlichen Debatte: die Instrumente*

Um die umweltpolitischen Ziele zu erreichen, bedarf es rechtlicher, ökonomischer, informatorischer, institutionellen sowie planerischer Instrumente und strategischer Prüfinstrumente. Diese Instrumente sind – meist in einem Instrumentenmix – systematisch in die Umwelt- und Nachhaltigkeitspolitik sowie die weiteren umweltrelevanten Politikfelder zu integrieren. Der Einsatz der Instrumente soll Gefahren für Mensch und Umwelt frühzeitig abwehren und Risiken für Mensch und Umwelt gemäß dem Vorsorgeprinzip auf ein Mindestmaß begrenzen, vor allem dort, wo irreversible oder hohe Schäden entstehen können. Zugleich sollen die Instrumente Umweltziele kostengünstig erreichen. In diesem Sinne effektive und effiziente Umwelt-, Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsinstrumente zu schaffen und rechtlich zu verankern, ist ein wesentlicher Forschungsbereich des UBA.

Die ökonomischen Instrumente des Umwelt- und Klimaschutzes sind unter Nutzung neuer wirtschafts- und verhaltenswissenschaftlicher Ansätze weiter zu entwickeln. Externe Kosten sind zu internalisieren, Subventionen auf ihre Umweltwirkungen hin zu prüfen und entlang der Nachhaltigkeitsziele umzugestalten. Darüber hinaus sind durch eine Fortentwicklung des umwelt- und klimapolitischen Instrumentariums Synergien mit ökonomischen und sozialen Zielen zu erschließen, etwa mit Blick auf positive Beschäftigungs- und Innovationswirkungen. Prüfinstrumente sollen verstärkt Umweltfolgen von Gesetzen, Plänen und Programmen transparent machen und in Entscheidungsprozesse einbringen. Unsere Vorschläge zur Weiterentwicklung des Umweltrechts zielen darauf, es kohärent und einfach umsetzbar zu gestalten, um bürokratischen Aufwand und Vollzugsdefizite zu vermeiden. Rechtsschutz und

Beteiligung der Öffentlichkeit in Umweltangelegenheiten sind zu stärken, ggf. auch durch Nutzung neuer Medien oder Erprobung neuer Dialogformate.

Querbezüge zwischen unterschiedlichen Schutzzielen, beispielsweise des Klima- und des Ressourcenschutzes, und übergreifende Themenfelder wie die Klimaanpassung nehmen wir verstärkt in den Blick. Dabei sind wegen vieler grenzüberschreitender oder global wirkender Umweltprobleme Lösungen auf EU- und internationaler Ebene zu finden.

#### *Der Beitrag der Ökonomie: Umwelt und Wirtschaft*

Unsere derzeitige Wirtschaftsweise führt nicht nur zu hohen gesellschaftlichen Folgekosten durch Umwelt- und Gesundheitsschäden in der Gegenwart, sondern untergräbt auch die natürlichen Grundlagen des Wirtschaftens und damit den Wohlstand künftiger Generationen – sei es durch den Klimawandel, den Verlust biologischer Vielfalt oder die Übernutzung natürlicher Ressourcen. Nicht zuletzt die wieder auflebende Diskussion um die Grenzen des Wachstums und die Forderung nach einem Übergang zu einer Green Economy sind Ausdruck dieser Erkenntnis. Vor diesem Hintergrund stellen sich zahlreiche und sehr komplexe Forschungsfragen, die in den nächsten Jahren zu beantworten sind:

- Welche alternativen Maße zur Wohlstandsmessung sind sinnvoll, und wie lassen sich diese zu einem kohärenten Konzept verknüpfen?
- Wie lässt sich die Vision einer Green Economy für Deutschland konkretisieren und hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit wissenschaftlich fundieren, etwa durch Szenarien? Welche Kosten und Nutzen sind mit den umweltpolitischen Maßnahmen und Instrumenten verbunden und wie verteilen sich diese in sozialer Hinsicht?
- Welche staatlichen Rahmenbedingungen und Anreize sind erforderlich, um die Entwicklung und Markteinführung von Umweltinnovationen zu fördern? Wie lassen sich die Marktkräfte verstärkt in den Dienst der nachhaltigen Entwicklung des Umweltschutzes stellen, zum Beispiel durch die konsequente Internalisierung externer Umweltkosten?
- Welchen Beitrag können die Unternehmen zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise leisten, orientiert an den Maßstäben des Corporate Sustainability Konzepts? Wie lassen sich Umwelt- und Ressourcenmanagement breiter in privaten Unternehmen und im öffentlichen Sektor verankern?
- Welche Anpassungspfade sind beim Übergang zu einer Green Economy unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten optimal? Welche Zeitfenster für Reformen bestehen mit Blick auf die teilweise langfristigen Investitionszyklen? Welche Synergien zwischen ökonomischen, ökologischen und sozialen Zielen - z. B. zwischen Umweltschutz und Beschäftigung - lassen sich nutzen? Wie können Anpassungsfriktionen in Verliererbranchen verringert werden? Wie können sozialverträgliche Strategien zur ökologischen Modernisierung gestaltet und zielgruppengerecht kommuniziert werden?
- Wie entwickelt sich die Green Economy in Deutschland, in welchen Bereichen gibt es positive wirtschaftliche Impulse durch die Umweltpolitik und was sind die

zentralen Treiber der Entwicklung? Was ist erforderlich, um die starke Stellung Deutschlands auf den grünen Zukunftsmärkten zu festigen und den Export von Umwelteffizienz- und Klimaschutztechniken zu fördern? (siehe auch die Abschnitte 2.1.2 und 23.2.2)

- Welche Qualifikationen auf dem Arbeitsmarkt werden künftig für die Entwicklung einer Green Economy benötigt? Wie kann man entsprechende Angebote schaffen, z. B. in Kooperation mit Entscheidungsträgern in Ausbildung/Weiterbildung? Welche Veränderungen in den Köpfen muss es dann geben?

### **2.3.2 Klimaschutz und Energie**

Die Themen „Klimaschutz und Energie“ sind zurzeit weit oben auf der politischen Agenda angesiedelt. Ein nachhaltiger Klimaschutz ist nur dann zu meistern, wenn vor allem die Energieversorgung weltweit, besonders aber in Industriestaaten, langfristig auf erneuerbare Energien ausgerichtet und eine bessere Energieeffizienz erreicht wird. Die Komplexität dieser Herausforderung erfordert die Berücksichtigung politischer, ökonomischer und ökologischer Rahmenbedingungen.

Forschungsschwerpunkte sind daher das Klimasystem, die Weiterentwicklung von internationalen Vereinbarungen zum Klimaschutz, Klimaschutzenszenarien und Szenarien einer nachhaltigen Stromversorgung, die Förderung der Erneuerbaren Energien, Möglichkeiten zum Energiesparen bei Elektrogeräten und in Gebäuden (siehe auch Abschnitt 2.2.1) sowie die Methodenentwicklung für eine adäquate Bereitstellung von Energie- und Emissionsdaten in Deutschland.

Schlüsselsektor im Klimaschutz ist der Energiesektor, der im Zentrum unserer diesbezüglichen Arbeiten steht. Zudem entwickeln wir abgestimmte nationale Klimaschutzkonzepte und Klimaschutzenszenarien, insbesondere für die Sektoren Verkehr, Industrie, Landwirtschaft, Abfall. Die Forschung richtet sich hier auf die Entwicklung von Strategien und Szenarien sowie die Entwicklung von Maßnahmen und Instrumenten für ein nachhaltiges Energieversorgungssystem, das auf erneuerbaren Energien und der effizienten Erzeugung und Nutzung von Strom und Wärme beruht. Wir beobachten und analysieren zudem klimapolitische Debatten und Verhandlungen auf globaler Ebene. Wir bewerten diese und erarbeiten darauf aufbauend Vorschläge zur Weiterentwicklung weltweiter Klimaschutzanstrengungen. Schließlich bauen wir den Kenntnisstand in ausgewählten Themen der Klima(system)forschung einschließlich Fragen Biologischer Vielfalt sowie in angrenzenden Forschungsfeldern aus.

Kolleginnen und Kollegen sind in nationalen und internationalen Gremien, in Arbeits- und Expertengruppen u.a. der Europäischen Union tätig. Zudem arbeiten sie an der Weiterentwicklung von Richtlinien wie des Weltklimarates (International Panel on Climate Change, IPCC), sowie in nationalen Gremien, die für die Umsetzung internationaler Verpflichtungen wie bei Berichtspflichten tätig sind.

#### **Forschungsschwerpunkte**

Wir erarbeiten Strategien zur mittel- und langfristigen Treibhausgasminderung auf nationaler Ebene. Grundlage dafür sind Energie- und Emissionsdaten für die einzelnen Sektoren Deutschlands sowie Klimaschutzenszenarien, die den Zeitraum von heute bis 2050

und die verschiedenen Sektoren unter dem Aspekt der notwendigen Klimaschutzziele abbilden. Hierbei ist auch der Transformationsprozess von Bedeutung, also die Frage, auf welchen Weg die Entwicklung des Energiesystems vorangetrieben werden soll. Die Ergebnisse sind dann auch hinsichtlich der Wechselwirkungen mit anderen Umweltschutzmaßnahmen wie der Luftreinhaltepolitik zu bewerten (siehe auch Abschnitt 2.1.4).

Ein Schwerpunkt der Szenarienarbeit liegt auf der Erarbeitung von Szenarien mit einer vollständig auf erneuerbaren Energien basierenden Stromerzeugung bis zum Jahr 2050. Für die Bewertung von Emissionsminderungen ist eine umfassende Auswertung vorhandener Daten erforderlich. Um relevante Informationen zur Beurteilung von Maßnahmen bereitstellen zu können, identifizieren wir die dazu benötigten Kennziffern und entwickeln kontinuierlich geeignete Methoden, um sie auf Basis vorhandener Daten bereit zu stellen. Nur bei Vorliegen geeigneter Daten kann die Erreichung der politischen Ziele wie die Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien durch Maßnahmen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG), die Erhöhung des Anteils der Kraftwärmekopplung (KWK) durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) oder der Verbesserung der Energieeffizienz durch ein Bündel von Maßnahmen gemessen werden.

#### *Energieerzeugung und -versorgung*

Eine auf hohen Anteilen erneuerbarer Energien beruhende Stromerzeugung erfordert einen Umbau des Stromerzeugungssystems, mit dem bereits heute begonnen wird. Wir erarbeiten für diesen Umbau unter Berücksichtigung der Umweltaspekte und der Versorgungssicherheit die erforderlichen Maßnahmen und Strategien. Insbesondere sind dies Fragen zur Netzintegration, zur Systemstabilität, zu den Anforderungen an den konventionellen Kraftwerkspark und zur Marktintegration erneuerbarer Energien. Auch die Rolle der KWK und deren Weiterentwicklung ist dabei zu berücksichtigen. Kommunen und Regionen leisten einen wesentlichen Beitrag, um die Ausbauziele erneuerbarer Energien ebenso wie die Klimaschutzziele zu erreichen. Wir unterstützen dies durch Forschung zur Klimaschutzpolitik in Kommunen, u. a. durch den Ausbau erneuerbarer Energien und die effiziente Nutzung von Energie z. B. in Abwärmeströmen.

Weiteres Thema ist die Rolle von Carbon Capture and Storage (CCS) als Klimaschutzinstrument und die Anforderung an CCS aus Umweltgesichtspunkten (siehe auch die Abschnitte 2.1.2 und 2.5.1). Hier entwickeln wir Kriterien für den Vollzug des Kohlendioxid-Speicherungsgesetzes (KSpG, Entwurf).

Wir werden Fragen des Strommarktdesigns zur Unterstützung der Integration erneuerbarer Energien weiterentwickeln. Dazu gehören auch Herkunftsnachweise und Stromkennzeichnung, um Attraktivität und Konkurrenzfähigkeit des Stroms aus erneuerbaren Energien zu fördern. Zum Thema Ökostrom erarbeiten wir Kriterien, wie Ökostrom nachhaltig erzeugt und bereitgestellt werden kann. Eine wesentliche Rolle haben dabei auch Fragen von Netzausbau und -optimierung sowie von Speichertechnologien. U. a. untersuchen wir, wie sich der Ausbau von erneuerbaren Energien räumlich differenziert auf den notwendigen Netzausbaubedarf auswirkt.

#### *Klimaschutz*

Im Zentrum der laufenden Forschungsaktivitäten auf internationaler Ebene steht das Erreichen des im Verhandlungsprozess der UN-Klimarahmenkonvention (UNFCCC)

verankerten Ziels, die durchschnittliche, globale Erwärmung auf maximal 2 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Wir analysieren daher weltweite Klimaschutzanstrengungen und erstellen z. B. Vorschläge zur Frage der Lastenteilung oder zur Verbesserung der Umweltintegrität der Flexiblen Mechanismen. Wir bauen außerdem den Kenntnisstand zu ausgewählten Themen der Klima(system)forschung aus, darunter Fragen zu Kippunkten im Klimasystem oder zur Biologischen Vielfalt sowie zu angrenzenden Forschungsfeldern wie Geo-Engineering.

Die aktuelle Klimaschutzkonzeption des Umweltbundesamtes muss fortgeschrieben werden. Dazu werden wir Maßnahmen und Instrumente weiter entwickeln und sinnvoll miteinander abstimmen. Zusätzlich müssen neue Erkenntnisse aus der Wissenschaft und internationale politische Entwicklungen berücksichtigt werden, vor allem die Arbeiten des IPCC und die Verhandlungen unter der Klimarahmenkonvention.

Für die Zukunft werden wir Klimaschuttszenarien für den Zeitraum bis 2050 verstärkt in den Blick nehmen. Insbesondere ist dabei der notwendige Transformationsprozess zu skizzieren und eine Strategie zu entwickeln, wie wir bis 2050 eine weitestgehend treibhausgasneutrale Gesellschaft in Deutschland erreichen können. Dazu sind sektorspezifische Strategien zu entwickeln, besonders für Sektoren, deren langfristige Minderungspotentiale bisher wenig untersucht sind wie Landwirtschaft, Industrie. Wir werden dazu auch eine Strategie für einen nachhaltige Wärmenutzung und Erzeugung erarbeiten.

Die Ausgestaltung des internationalen Klimaschutzregimes ist kurz vor Ende der ersten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls unter der UN-Klimarahmenkonvention noch nicht abgeschlossen. Jedoch ist schon jetzt absehbar, dass die Einhaltung des Zwei-Grad-Ziels weltweit sehr große Klimaschutzanstrengungen erforderlich machen wird. Diese sind künftig auch auf regionaler Ebene und auch zeitlich differenziert intensiver zu betrachten. In diesem Kontext werden daher Diskussionen über eine nachhaltige und kohlenstoffarme, bzw. -freie Wirtschaftsentwicklung in Ländern mit den höchsten Treibhausgas-Emissionen („low-carbon development strategy“) bis zur Jahrhundertmitte künftig erheblich an Bedeutung gewinnen. Diese Fragen werden wir aufgreifen, und eigene Ansätze in Forschungsaktivitäten weiterentwickeln. Schließlich hat die Ausgestaltung eines Monitoring-, Berichterstattungs- und Überprüfungsregimes (MRV) für Industrieländer und Entwicklungsländer im Rahmen einer Anschlussregelung des Kyoto-Protokolls eine große Bedeutung. Unbestritten ist auch, dass das Verständnis über das Klimasystem und Klimawirkungen ständig erweitert werden muss. Beispiele sind: Rückkopplungsmechanismen und Kippunkte im Klimasystem, Funktionen von Ökosystemen als Quellen und Senken von Treibhausgasen, Permafrostböden.

Schließlich ist es unausweichlich, den globalen Klimaschutz und Anpassung auf breiterer Ebene zu bearbeiten. Klimaschutz und Anpassung müssen noch stärker als ein integraler Bestandteil verschiedener Politikfelder verstanden werden („mainstreaming“). Wir werden daher mittelfristig die systemische Verknüpfung von Klimaschutz mit anderen Politikfeldern, wie z. B. Ressourcen, Biologische Vielfalt, Luftreinhaltung oder Entwicklungspolitik, aufgreifen und hierin unsere Forschungsaktivitäten intensivieren.

### **2.3.3 Verkehr, Lärm**

Die Forschungsschwerpunkte im Bereich Umwelt und Verkehr resultieren aus der Zielsetzung, eine Mobilität zu entwickeln, die den Belangen des Umwelt-, Klima- und Gesundheitsschutzes entspricht. Ziel unserer Forschung ist zu identifizieren, welche Mobilität notwendig ist und welche Auswirkungen diese auf die Umwelt und die Gesundheit der Menschen hat. Hierauf aufbauend leiten wir Maßnahmen ab, wie die umwelt- und gesundheitsschädigenden Wirkungen des Verkehrs weiter verringert werden können. Dabei soll die Anbindung der Verkehrsgestaltung an die übergeordneten Ziele der Bundesregierung, wie Klimaschutz (siehe Abschnitt 2.3.2), Reduzierung der Flächeninanspruchnahme (siehe Abschnitt 2.3.1) und Erhalt der Biodiversität (siehe Abschnitt 2.1.4), Minderung der Lärm- und Luftschadstoffbelastung und damit allgemein eine Verbesserung der Lebensqualität gewährleistet werden. Daher stehen strategische Konzepte auf allen politischen Ebenen im Vordergrund der Forschung zum Thema Umwelt und Verkehr. Des Weiteren ist ein wesentliches Ziel der Forschung die Evaluierung bisheriger Strategien sowie die umweltseitige Bewertung neuer Technologien im Verkehrssektor. Darüber hinaus erarbeiten wir Konzepte zur Integration der Auswirkungen des Verkehrs in alle relevanten Strategien zum Klimaschutz, zur Luftreinhaltung und zum Lärmschutz. Unsere Erkenntnisse bringen wir durch die Mitarbeit in zahlreichen nationalen und internationalen Gremien ein und tragen so vielfach zur Festlegung und Einhaltung anspruchsvoller Grenzwerte und Umweltstandards bei. Neben diesen Fachgremien vermitteln wir unsere Forschungsergebnisse an Bürgerinnen und Bürger sowie Unternehmen und Verbände mit dem Ziel, die Akzeptanz für umweltfreundliche Mobilität zu fördern und deren Umsetzung zu unterstützen. Forschungsbedarf hinsichtlich der Lärm- und Schadstoffemissionen ergibt sich auch aufgrund der zunehmenden Verbreitung von Klimaanlageanlagen und anderen stationären Anlagen in Wohngebieten.

Ergänzend zu den bereits dargestellten Forschungsaktivitäten werden auch solche zum Schutz der Antarktis durchgeführt. Das UBA ist die Genehmigungsbehörde für alle von Deutschland ausgehenden oder organisierten Aktivitäten in der Antarktis auf der Basis des Ausführungsgesetzes zum Umweltschutzprotokoll des Antarktis-Vertrages (AUG). Dazu werden wissenschaftliche Grundlagen und Methoden zur Prognose und Bewertung der Umweltauswirkungen von Tätigkeiten in der Antarktis auf die Schutzgüter erarbeitet. Als deutsche Kontaktstelle des Umweltausschusses der Antarktisvertragsstaaten nimmt das UBA internationale Fachaufgaben zur Umsetzung des Umweltschutzprotokolls wahr und bringt neueste Erkenntnisse in die nationale Genehmigungspraxis ein. Zur Umsetzung dieser Aufgaben sind Forschungsaktivitäten erforderlich.

#### **Forschungsschwerpunkte**

##### *Nachhaltige Mobilität*

Die von uns initiierten Forschungsaktivitäten beziehen sich auf alle Verkehrsarten. Bei den vergleichsweise umweltfreundlichen Verkehrsarten steht die Erarbeitung wissenschaftlicher Konzepte im Vordergrund, die eine Verlagerung auf diese Verkehrsträger unterstützen. Bei den Verkehrsträgern, die die Umwelt stark belasten, wollen wir mit unseren Forschungsergebnissen Wege aufzeigen, wie der Umfang dieser

Verkehre reduziert werden kann oder zumindest die entstehenden Belastungen weiter verringert werden können. Ferner gilt es, geeignete Maßnahmen zur Verknüpfung verschiedener Verkehrsträger und -mittel zu identifizieren und zu bewerten.

Die derzeitigen Forschungsschwerpunkte konzentrieren sich auf Themen wie nachhaltige Mobilität, regionale und überregionale Fragen der Verkehrsplanung und den Einfluss des Verkehrs auf Lebensqualität und Klimaschutz. Dabei sind sich abzeichnende übergeordnete Entwicklungen, wie die Globalisierung der Wirtschaft, der demographische Wandel oder die rückläufige finanzielle Leistungsfähigkeit der öffentlichen Hand zu berücksichtigen.

Innerhalb der grundsätzlichen Forschungsaktivitäten im Bereich Verkehr werden Umsetzungsstrategien für eine nachhaltige Mobilität als Grundlage für die Verkehrsplanung des Bundes und Strategien zur Vermittlung der ökonomischen Vorteile des Fuß- und Radverkehrs für Kommunalpolitiker entwickelt. In direkter Beziehung dazu stehen auch Fragen der Verkehrsverlagerung des motorisierten Individualverkehrs auf umweltschonende effiziente Verkehrsträger. Im Bereich der Verkehrsplanung werden Grundkonzeptionen für einen nachhaltigen Bundesverkehrswegeplan und ressourceneffiziente Straßennetzgestaltung vor dem Hintergrund des demografischen Wandels erarbeitet. Parallel zu diesen grundsätzlichen Aktivitäten werden Fragen der Lebensqualität und des Klimaschutzes im Stadtverkehr und der CO<sub>2</sub>-Minderung im Güterverkehr bearbeitet. Dabei wird das Ziel verfolgt, die Klimagasemissionen drastisch zu senken und die Emissionen verschiedener Verkehrsträger zu vergleichen. Im Bereich des Güterverkehrs werden Maßnahmen und Instrumente zur Förderung eines umwelt- und gesundheitsverträglichen Güterverkehrs und der Logistik unter Berücksichtigung der Auswirkungen der Globalisierung entwickelt. In diesem Kontext werden Hemmnisse für die Verkehrsverlagerung auf umweltverträgliche Verkehrsträger wie Schiene und Binnenschiff untersucht. Um alle möglichen Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirkung darzustellen, wird das Energieverbrauchs- und Schadstoffmodell TREMOD ständig aktualisiert und soll künftig um alternative Antriebe (Hybrid-Fahrzeuge, Elektrofahrzeuge) erweitert werden.

#### *Emissionsminderung von Schadstoffen im Verkehr*

Die Themen der technischen Schadstoff- und Klimagasemissionsminderung werden aktuell speziell im Focus einer stark zunehmenden Harmonisierung der Standards, sich einer weiter entwickelnden Vielfalt der Antriebskonzepte, einer Einführung von weiteren Kraftstoffarten und Ausdehnung der Standards auf bisher nicht regulierte Bereiche durchgeführt. Bearbeitet werden die Bereiche Flugverkehr, Seeverkehr, Straßenverkehr, Schienenverkehr, Flussschifffahrt und off-road Fahrzeuge. Ein Sektor, der in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen hat, ist die Überwachung der im Verkehr befindlichen Fahrzeuge (Pkw) hinsichtlich der Schadstoff- und Klimagasemissionen. Hier werden Konzepte entwickelt, um zukünftig eine kontinuierliche Überwachung in weiteren Bereichen aufzubauen und um dies in europäischen Richtlinien festzulegen. Ein zukünftig immer wichtiger werdender Bereich ist die Frage der Energieversorgung des Verkehrs mit dem Ziel der weitgehenden Verminderung der Klimagasemissionen. Mittel- und langfristig ist es notwendig, die Mobilität mit einem sparsamen Umgang mit Ressourcen und Energie sowie einer möglichst umweltschonenden Energiebereitstellung

zu gewährleisten. In diesem Sinne werden in den kommenden Jahren Gesamtkonzepte zur Begrenzung des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub> Emissionen einschließlich technischer Maßnahmen an den Straßenfahrzeugen, Seeschiffen und Flugzeugen erarbeitet. Dabei wird dem Energieverbrauch zur Bereitstellung der Energieträger besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Weiterhin ist zu untersuchen, wie ein schrittweiser Übergang von fossilen zu erneuerbaren Energieträgern im Sektor Verkehr nachhaltig gestaltet werden kann. Potenziale und Schwachstellen möglicher Einsatzgebiete von erneuerbaren Energieträgern sind hierbei zu berücksichtigen.

Zur Minderung der Schadstoffemissionen aus Straßenfahrzeugen, Seeschiffen und Flugzeugen wird neben der Weiterentwicklung von Konzepten zur Schadstoffgesetzgebung, die Erarbeitung von Konzepten zur Überwachung der Einhaltung der Grenzwerte als kommender Schwerpunkt gesehen. Durch die Zunahme der Vielfaltigkeit der Energieträger im Verkehr ist zukünftig der Frage der bisher nicht limitierten Schadstoffemissionen und der Vielfaltigkeit der Antriebskonzepte in verstärktem Maße nachzugehen. Dies betrifft insbesondere den Bereich elektrisch betriebener Straßenfahrzeuge und ihrer Emissionen aus der Vorkette der Energiebereitstellung. Darüber hinaus ist ein Gesamtkonzept zur energetischen Absicherung des Sektors Verkehr zu entwickeln, in dem die Gesichtspunkte Verfügbarkeit und Erhaltung der Mobilität zu berücksichtigen sind. Dabei ist der Punkt des sparsamen Umganges mit Energie von zentraler Bedeutung.

#### *Minderung des Verkehrslärms sowie bei Anlagen und Produkten einschließlich mobiler Maschinen und Geräte*

In unserem dicht besiedelten und verkehrsreichen Land sind weite Teile der Bevölkerung von Lärm betroffen. Für eine wirksame Minderung des Lärms sind fundierte Kenntnisse über die Entstehung und den Betrieb der Lärmquellen sowie deren Auswirkungen erforderlich. Die bislang erzielten Fortschritte bei der Lärminderung werden jedoch häufig durch die Verkehrszunahme und durch den verstärkten Einsatz von Geräten und Maschinen in lärmsensiblen Gebieten kompensiert. Es wird daher besonders an Verfahren zur Ermittlung der Belastungssituation, der Analyse der vielfältigen negativen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt und an der Fortentwicklung der Beurteilungsmaßstäbe gearbeitet. Darüber hinaus sind Untersuchungen über die Lärminderungspotenziale notwendig, um die Geräuschvorschriften für Straßen-, Schienen- und Flugverkehr sowie Industrie kontinuierlich fortzuschreiben.

Die Forschungsaktivitäten zur Minderung der Lärmbelastung konzentrieren sich daher auf die Einführung eines EU-weit harmonisierten Bewertungsverfahrens für Straßen-, Schienen- und Flugverkehrslärm sowie Industrielärm („Common noise assessment methods“, CNOSSOS), die Erarbeitung eines Verfahrens zur lärmfachlichen Beurteilung von Flugstrecken sowie von Vorschlägen für die Einführung von geräuschemissionsabhängigen Trassenpreisen. Weiterhin wird ein Verfahren zur Überlagerung und Bewertung unterschiedlicher Lärmquellen erarbeitet, die Auswirkungen des Nachtflugbetriebs sowie des Schienengüterverkehrs auf die Bevölkerung beurteilt und ökonomische Instrumente zur Minderung des Verkehrs- und Anlagenlärms untersucht. Schließlich ist die Fortschreibung der Anforderungen an die Geräuschemissionen und Messverfahren von Produkten nach der Richtlinie 2000/14/EG

(Outdoor-Richtlinie) und die Entwicklung eines „Environmental Impact Factor“ zur Beurteilung der Umweltauswirkungen von im Freien betriebenen Maschinen und Geräten für diese Richtlinie Gegenstand unserer Forschung.

#### *Schutz der Antarktis*

Die zur Umsetzung der Aufgaben im Bereich des Schutzes der Antarktis erforderlichen künftigen Forschungsaktivitäten beinhalten als einen Schwerpunkt ein Umweltmonitoring zur Registrierung und Überwachung von Veränderungen der Land- und Meeresumwelt der Antarktis einschließlich der terrestrischen und marinen Ökosysteme, durch menschliche Aktivitäten oder den Klimawandel. In die Antarktis eingeschleppte, nicht heimische Organismen müssen erkannt und deren Folgen für das Ökosystem müssen registriert werden. Weiterhin müssen Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der durch menschliche Aktivitäten verursachten schädlichen Umweltwirkungen entwickelt und eine Umweltzustandserhebung als Grundlage zur Ausweisung besonders geschützter oder verwalteter Gebiete durchgeführt werden. Mit Blick auf den Schutz mariner antarktischer Säugetiere wird der Einfluss von Unterwasserschall bewertet, systematische Daten zu deren Vorkommen und Verbreitung erhoben sowie Modelle hierzu entwickelt.

## **2.4 Fachbereich Chemikaliensicherheit**

### **2.4.1 Internationales und Pestizide**

Die Aufgaben und die daraus folgenden Forschungsschwerpunkte der Abteilung fokussieren auf umweltverträgliche Pestizide, Weiterentwicklung des Infektionsschutzes, Nachhaltige Nutzung von Stoffen/Pestiziden und Internationales Chemikalienmanagement.

Die Anwendung von chemischen Stoffen und Zubereitungen kann mit Risiken für die Umwelt und die menschliche Gesundheit verbunden sein. Daher sehen die stoffgesetzlichen Regelungen auf nationaler wie auf EU-Ebene eine Bewertung der Umweltrisiken und etwaige Maßnahmen zur Risikokontrolle vor. Wir befassen uns insbesondere mit Stoffen und Produkten, die unter das Pflanzenschutz- und Biozidrecht fallen und Stoffe, die wegen ihrer besonders problematischen Eigenschaften und globalen Relevanz durch internationale Verträge zu regulieren sind. Ziel ist es, nur umweltverträgliche und wirksame Mittel für den Markt zu genehmigen. Das Umweltbundesamt als „Einvernehmensbehörde“ für die Umweltbelange bewertet dabei die Umweltrisiken und erarbeitet Risikominderungsmaßnahmen jeweils nach Stand von Wissenschaft und Technik. Die Grundlagen und die wissenschaftlich/technischen Instrumente für einen vorsorgenden Bewertungsansatz sowie für effektive Risikominderungsmaßnahmen unterliegen der ständigen Weiterentwicklung und Fortschreibung. Analoges gilt für die Wirksamkeitsprüfungen im Infektionsschutz. Über die einzelnen stoffrechtlichen Ansätze hinaus stehen zunehmend Ansätze zur nachhaltigen Anwendung von Stoffen einschließlich ökologisch verträglicher Alternativen im Fokus, um die Umweltbelastungen zu reduzieren. Die Forschung zielt darauf ab, die jeweiligen Regelungselemente optimal nutzbar zu machen und relevante Erkenntnisse z. B. über neue Belastungspfade oder Wirkungen von Stoffen zu adressieren. Dazu gehört auch die adressatengerechte Kommunikation über etwaige Risiken sowie Information und Unterstützung zur Anwendung ökologisch günstiger Alternativen. Internationale Regelungen wie das Stockholmer Übereinkommen zu Persistenten organischen Stoffen (POPs) oder die harmonisierten Einstufungs- und Kennzeichnungsvorschriften für Stoffe und Produkte (GHS) sind als wichtige Bausteine für den global verantwortungsvollen Umgang mit Chemikalien weiterzuentwickeln. Um bewerten zu können, ob die Maßnahmen zu einer Verbesserung des Umweltzustandes führen, sind Daten zum Stand zur nationalen Umsetzung und zum Umweltzustand zu erheben und an die zuständigen Behörden der EU und der internationalen Übereinkommen zu berichten.

Die Gesamtschau auf stoffbedingte Umweltwirkungen z. B. durch zeitnahen Umwelteintrag verschiedener Pestizide sowie die Berücksichtigung des Schutzgutes Biologische Vielfalt in der Produktzulassung (siehe auch Abschnitt 2.1.4) sind Beispiele für neue konzeptionell zu hinterlegende Aufgaben.

Bei der Entscheidung, ob wir ein Forschungsprojekt initiieren und begleiten, berücksichtigen wir die Aktivitäten unserer nationalen und internationalen Partner, insbesondere der OECD, der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (European Food Safety Authority, EFSA) und der anderen Mitgliedstaaten sowie der Fachgremien, in

denen wir arbeiten. Forschung betreiben wir vor allem zu Themen, bei denen Deutschland eine Vorreiterrolle einnimmt, und dort, wo sie der wissenschaftlichen Unterstützung eines UBA-Ziels dient. Mit unserer Forschung verfolgen wir gemeinsam mit den anderen Mitgliedstaaten das Ziel einer Harmonisierung von Bewertungsverfahren und -maßstäben.

## **Forschungsschwerpunkte**

### *Bewertungsgrundlagen*

Im Zusammenhang mit der Weiterentwicklung von Bewertungsgrundlagen für die Beurteilung der Umweltsicherheit von Pestiziden fokussiert die Forschung auf

- Weiterentwicklung der Bewertungsansätze für Bioakkumulation und Persistenz im Rahmen der PBT-Bewertung sowie für Persistente organische Stoffe (POPs);
- Erfassung und Bewertung endokriner Wirkungen;
- Konzepte zur Berücksichtigung des Schutzgutes Biodiversität: Der Schutz der strukturellen Biodiversität setzt voraus, dass wir die räumlich-zeitliche Verteilung ihrer Bestandteile – die Arten mit ihrer genetischen Diversität und ihren Abundanzschwankungen – kennen. Denn gezielt schützen können wir nur das, was wir auch kennen. Die Kenntnisse über das Vorkommen für die strukturelle Diversität relevanter Tier-, und Pflanzenarten sind in treffsichere Schutzkonzepte in den stofflichen Regelungsbereichen zu überführen (siehe auch Abschnitt 2.1.4);
- Konzepte für die Berücksichtigung kumulativer Exposition und Kombinationswirkungen: Die Bewertung der Umweltrisiken auf der Basis einzelstofflicher Betrachtung der Umweltexposition und der Wirkungen auf die Umwelt unterschätzt die tatsächlichen Stressoren z. B. bei Mehrfachapplikation von Pestiziden oder gleichzeitiger Anwendung verschiedener Produktarten mit denselben Wirkstoffen;
- Konzepte für die Bewertung mikrobieller „Wirkstoffe“ in Pestiziden;
- Weiterentwicklung der Konzepte zur Berücksichtigung von Metaboliten einschließlich nicht-extrahierbarer Rückstände in der Umweltrisikobewertung;
- Weiterentwicklung der Umweltexpositionsszenarien und von Risikominderungsmaßnahmen für Pestizide einschließlich Monitoringkonzepten zur Erfolgskontrolle von Maßnahmen;
- Weiterentwicklung von Testvorschriften für die Bewertung der Ökotoxizität und der Abbaubarkeit von Pestiziden – einschließlich Nanomaterialien – sowie zur Wirksamkeitsbewertung;
- Recherchen und Datenerhebung für nationale Berichte für die EU und die internationalen Übereinkommen zu deren Wirksamkeitskontrolle.

### *Bewertungsverfahren*

Im Zusammenhang mit der Weiterentwicklung von Bewertungsverfahren und übergreifenden Ansätzen bestehen folgende Forschungsschwerpunkte:

- Im Kontext regulativer Entscheidungsoptionen sind die methodischen Ansätze zur sozioökonomischen Analyse vollzugsübergreifend sowie der vergleichenden Bewertung von Pestiziden zur Anwendungsreife weiterzuentwickeln,
- Erarbeitung von Strategien zur Risikokommunikation und Risikowahrnehmung,
- Erfassung und Bewertung der Einflüsse des Klimawandels: Weiterentwicklung Infektionsschutz durch Veränderung des Vorkommens und Spektrums von Schaderregern, Veränderung im Einsatz von Pflanzenschutzmitteln durch veränderte Anbaubedingungen einschließlich der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln für Energiepflanzen,
- Weiterentwicklung und Ausbau der Nachhaltigkeitskonzepte zur Risikoreduzierung im Chemikalienbereich: Konkrete Beiträge zur Nachhaltigen Chemie sowie zur nachhaltigen Verwendung von Pestiziden.

#### **2.4.2 Arzneimittel, Chemikalien und Stoffuntersuchungen**

Das Vorsorgeprinzip verlangt den vorausschauenden Schutz der Umweltgüter und die möglichst schonende Inanspruchnahme der natürlichen Ressourcen. Im Sinne dieses Prinzips ist es Aufgabe des Umweltbundesamtes, Risiken von Industriechemikalien, Arzneimitteln und anderen Stoffen zu erkennen, bevor Schäden an Mensch und Umwelt auftreten. Für den Umgang mit problematischen Stoffen leiten wir Empfehlungen zur Reduzierung dieses Risikos ab, die bis hin zur Beschränkung der Anwendung und des Verbots der Nutzung und Produktion von Chemikalien führen können.

Für die Erfüllung dieser Aufgaben ist es unerlässlich, dass wir auf solider regulatorisch-rechtlicher Basis entsprechend dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Forschung arbeiten. Durch unsere Forschungstätigkeit tragen wir zur Bewertung neuartiger Stoffe oder Risiken und zur Verbesserung der Risikobewertungs- und -managementstrategien bei.

Die Forschungsschwerpunkte sind stark geprägt von den europäischen und nationalen gesetzlichen Vorgaben hinsichtlich Stoffbewertung und Zulassung. Wir arbeiten vielfach in internationalen Gremien mit, um die anspruchsvollen deutschen Bewertungskonzepte in die globale Chemikalienpolitik und das europäische Zulassungsgeschehen einzubringen. Die Ergebnisse der Forschungsarbeiten fließen daher häufig in die Arbeiten internationaler Gremien ein.

Die Aufgaben umfassen die Generierung von Stoffdaten in Laboratorien, die Nutzung und Bewertung solcher Daten im Vollzug für Industriechemikalien und Arzneimittel sowie die Aufbereitung und Darstellung von Stoffinformationen für die Vollzüge und die Öffentlichkeit. Darüber hinaus prüfen wir die Wirksamkeit einzelner Regelungen sowie Expositionsszenarien im Sinne einer Erfolgskontrolle. Wo sich die Zuständigkeiten einzelner Ressorts sowie von Bund und Ländern berühren, es noch keine oder nur unzureichende Expositionsszenarien zur Schätzung von Umweltkonzentrationen gibt, oder die Messung von Umweltkonzentrationen einzelner Stoffe explizit nicht geregelt ist, werden wir tätig. Hieraus resultiert ein sehr breites Spektrum an Forschungsthemen, das wir im Folgenden zusammenfassend darstellen.

Labortests zur Generierung von Stoffdaten wollen wir so weiterentwickeln, dass sie die tatsächlichen Verhältnisse in der Umwelt besser wiedergeben. Hierzu forschen wir selbst im Labor und beteiligen uns – u. a. über Forschungsvorhaben – an der Entwicklung international harmonisierter Testverfahren:

- Verfahren zur Quantifizierung des Verteilungsverhaltens von Stoffen in der Umwelt (Mobilität, Persistenz und Bioakkumulation) wollen wir weiterentwickeln. So benötigen wir z. B. dringend bessere Methoden zur Quantifizierung des Abbauverhaltens wie das von Tierarzneimitteln in Gülle.
- Um eine Identifizierung und Quantifizierung der Wirkung von Stoffen in der Umwelt auf dem neusten wissenschaftlichen Stand gewährleisten zu können, müssen die vorhandenen Methoden weiterentwickelt, validiert und ergänzt werden. Zu diesem Zweck optimieren wir Ökotoxizitätstests wie das sedimentfreie Testverfahren mit *Myriophyllum spicatum* und entwickeln und validieren Tierversuchs-ersetzende Methoden wie einen Bioakkumulationstest mit Embryos von Zebrafischen, den Toxizitätstest mit Fischembryonen oder prüfen die Wasser-Schwade *Glyceria maxima* auf ihre Eignung für Testverfahren. Tests mit Pflanzen, Dungfauna und Mollusken für die Umweltprüfung von Human- und Tierarzneimitteln oder zur Bewertung von endokrinen wirkenden Industriechemikalien entwickeln wir im internationalen Zusammenspiel weiter. Für die Risikobewertung von Nanomaterialien müssen die zur Verfügung stehenden genormten Testverfahren auf ihre Anwendbarkeit überprüft und ggf. weiterentwickelt werden.

Neben den Testmethoden gilt es die Konzepte zur Bewertung der Wirkungen, der Exposition und der Risiken von Stoffen fortlaufend an den wissenschaftlichen Stand anzupassen. Ziel der Forschung ist es, den wissenschaftlichen Stand regulatorisch nutzbar zu machen und dabei einen hohen Schutz der Umwelt zu erhalten.

Schwerpunkte sind die Überprüfung neuer Konzepte zur Bewertung der Wirkungen (z. B. Nicht-Testmethoden) und ihre Weiterentwicklung im Sinne des Umweltschutzes sowie die Entwicklung von Konzepten zur Berücksichtigung des Schutzguts „Biodiversität“. Bewertungsgrundlagen für den regulatorischen Umgang mit Mischungen von (Wirk)Stoffen in Produkten und in der Umwelt müssen entwickelt werden. Weitere spezifischere Fragestellungen sind die Berücksichtigung der Verbreitung von Resistenzen in der Umwelt durch Arzneimittel im Vollzug sowie die Entwicklung von Konzepten zur Bewertung von Nanomaterialien.

Stoffdaten(-banken) und Auswertungskonzepte nutzen wir, um neue Problemstoffe frühzeitig identifizieren und regulieren zu können und um bei auftretenden Umweltproblemen zur Identifizierung der Ursachen beitragen zu können:

- Daten zu Verbrauchsmengen, Verwendungen, Umweltverhalten und Umweltkonzentration von Stoffen ermöglichen eine gezielte Regulierung. So müssen z. B. umfangreiche Daten zu Mobilität, Verhalten und Verbleib von Nanomaterialien in den verschiedenen Umweltmedien in Abhängigkeit von Form, Größe und Oberflächengestaltung generiert werden. Daten zu Verbrauchsmengen von Arzneimitteln und deren Umweltkonzentrationen ermöglichen die frühzeitige

Identifikation neuer Problemstoffe und aufkommender Antibiotikaresistenzen. Für Industriechemikalien fehlen häufig Informationen zu ihren Verwendungen und Alternativen.

- Den Einsatz von innovativen Methoden zur Datenexploration wie Data Mining und Entwicklung von Visualisierungswerkzeugen zur Mustererkennung in Verbindung mit den chemischen Stoffinformationen möchten wir vorantreiben. Hierzu zählen die zielgerichtete Erweiterung des Daten- und Informationsbestandes der verschiedenen Informationssysteme GSBL, ICS, POP-Dioxin-Datenbank sowie die Entwicklung von Verfahren zur Abbildung metallorganischer Strukturformeln. Dringend benötigen wir Konzepte zur optimalen Auswertung verfügbarer Informationen für Industriechemikalien.
- Die Sammlung und Auswertung von Daten aus dem Umweltmonitoring dient zur Überprüfung und Optimierung des Vollzugs. Die generelle Erhöhung des Vernetzungsgrades von Daten zu chemischen Stoffen mit denen der Umweltbeobachtung soll ein langfristiger Forschungsschwerpunkt sein. Dazu prüfen wir die Nutzung der Harvest-Technologie (intelligente Suchmaschinen) für die Erschließung von Daten zu Eigenschaften und Verbreitung von Chemikalien in der Umwelt im World Wide Web und passen diese gegebenenfalls an die Anforderungen des UBA an. Die Evaluierung und Abstimmung von Methoden und Indikatoren für ein Umweltmonitoring von Chemikalien in Deutschland ist ein weiteres Forschungsziel.
- Wirksame Risikominderungsmaßnahmen sind ein wichtiger Baustein für einen erfolgreichen Umweltschutz. Diese gilt es zu optimieren, indem wir z. B. Risikominderungsmaßnahmen erarbeiten, die als Auflagen in die Zulassung von Human- und Tierarzneimitteln eingehen können. Für Industriechemikalien müssen die Schnittstellen zu anderen Rechtsbereichen wie z. B. dem Anlagen- und Wasserrecht sinnvoll ausgestaltet werden und für schwer abbaubare Stoffe in Wasch- und Reinigungsmitteln sind Substitutionsmöglichkeiten zu identifizieren.
- Darüber hinaus nutzen wir Forschung, um Methoden zur Erfolgskontrolle zu entwickeln und alternative Konzepte wie z. B. das Konzept der nachhaltigen Pharmazie weiter voranzubringen. Besonders bei den Industriechemikalien ist es wichtig, die Öffentlichkeit genauso wie die Produzenten von Stoffen und Erzeugnissen über die Risiken von Stoffen, die Konzepte zur Bewertung und die Pflichten zu informieren. Hierzu müssen Tools, Leitfäden und Praxisbeispiele entwickelt werden.
- Wir stellen verständliche und wissenschaftlich fundierte Informationen zu Stoffen für die interne Kommunikation im UBA sowie für die Öffentlichkeit bereit. Die Anwendung modernster Web-Technologien (z. B. Service-Orientierte Architektur) für Fachsystementwicklungen, kurze Reaktionszeiten auf Anfragen, einfacher Datenzugang bei Berücksichtigung hoher Sicherheitsstandards sind dabei die übergreifenden Forschungs- und Entwicklungsziele. Ein Forschungsschwerpunkt liegt dabei auf der Untersuchung und Verifikation von bestehenden „Marktmechanismen“ zur gezielten und nutzerorientierten Bereitstellung dieser Daten.

## **2.5 Fachbereich Emissionshandel, Deutsche Emissionshandelsstelle**

Seit dem Jahr 2004 ist das UBA mit Vollzugsaufgaben im europäischen Emissionshandel für die Energiewirtschaft sowie für energieintensive Industrieanlagen und seit dem Jahr 2005 mit den projektbasierten Kyoto-Mechanismen (siehe auch Abschnitt 2.3.2) beauftragt.

Der EU-Emissionshandel an sich ist seit Beginn weitgehend vom europäischen Recht und dadurch von der Umsetzung in nationales Recht bestimmt, sodass sich Forschungsaktivitäten im Wesentlichen auf den Vollzug des Emissionshandels und auf die Weiterentwicklung des Emissionshandelssystems beziehen.

### **2.5.1 Industrieanlagen, Klimaschutzprojekte, Kundenservice und Rechtsangelegenheiten**

Bei energieintensiven Industrieanlagen stehen vor allem Forschungsarbeiten zur Bewertung von Besten Verfügbaren Techniken (siehe auch Abschnitt 2.2.2) hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Emissionen für Produkte ausgewählter Industrietätigkeiten zur Ableitung von vollzugsrelevanten Emissionswerten oder die Bewertung von Stoffwerten (Kohlenstoffgehalt, Biomasseanteil, Heizwert) von Brennstoffen und Materialien im Vordergrund. Bei den projektbasierten Mechanismen CDM und JI wird darüber hinaus auch zu grundlegenden Fragen der Weiterentwicklung von CDM und JI geforscht.

Mit der tieferen Ausgestaltung des Emissionshandels von der ersten Handelsperiode 2005-2007 und zweiten Handelsperiode 2008-2012 zur dritten Handelsperiode 2013-2020 ergeben sich weitere Fragestellungen, die sich auf eine Verbesserung des ökonomischen Instruments, der praktischen Umsetzung und der Ausrichtung auf eine Verbindung mit anderen regionalen Emissionshandelssystemen richten.

### **Forschungsschwerpunkte**

#### *Technologie- und produktbasierte Potenziale zur CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung*

In diesem Schwerpunkt gehen wir der Frage nach, welche technologie- und produktbasierten Potenziale zur CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung bestehen und wie sie durch den Emissionshandel realisiert werden können.

In den Industriebranchen sind Emissionsminderungstechniken wie CO<sub>2</sub>-Abtrennung und -Speicherung (CCS, z. B. für Anlagen der Zement- oder Kalkindustrie, siehe auch die Abschnitte 2.1.2 und 2.3.2), aber vor allem spezifische Techniken und Verfahren (u. a. bei Mineralö raffinerien sowie Anlagen der mineralverarbeitenden Industrie und der Zellstoff- und Papierindustrie) Gegenstand für Forschungsarbeiten. Auf der Basis der Ableitung von Benchmarkwerten für die zweite Handelsperiode und der Identifizierung potenzieller CO<sub>2</sub>-Emissionsquellen unter anderem anhand einer Analyse der thermodynamischen und chemischen Prozesse können diese spezifischen Minderungspotenziale beschrieben werden. Es wird untersucht, wie die Umsetzung dieser Potenziale gefördert werden kann (so u. a. Ansätze zur Beseitigung nicht technisch-wirtschaftlicher, d. h. „politischer“ oder genehmigungsrechtlicher Hemmnisse).

### *Erfahrungsbasierte Weiterentwicklung des europäischen Emissionshandels*

Was sind die Erfahrungen bei der Regulierung, Administration und Steuerung des EU-Emissionshandels in der zweiten und der dritten Handelsperiode? Welche Potentiale lassen sich für die Steigerung der Effizienz und Effektivität des Vollzugs identifizieren, was sind Lessons learnt für die Entwicklung internationaler Emissionshandelssysteme?

Auf dem Weg von der nationalen Verwaltung des europäischen Emissionshandels bis 2012 hin zu einer zentralisierten Verwaltung des EU-Emissionshandels ab dem Jahr 2013 ergeben sich vielfältige Erfahrungen, die für Effizienzsteigerungen des europäischen und bei der Verlinkung regionaler Emissionshandelssysteme genutzt werden können. Zudem stellen sich grundsätzliche Fragen einer effektiven Verwaltungsorganisation und -koordination zwischen europäischer und mitgliedstaatlicher Ebene im Umweltbereich. Welche u.a. politischen, juristischen und ökologischen Rahmenbedingungen lassen sich aus den deutschen und europäischen Erfahrungen für die Regulierung, Administration und Steuerung denkbarer internationaler Emissionshandelssysteme sowie für einen globalen Kohlenstoffmarkt ableiten?

### *Integration des Schiffverkehrs in den europäischen Emissionshandel*

Der stationäre Emissionshandel lebt von der Androhung und Vollziehung von empfindlichen Sanktionen bei Pflichtverstößen. Die Richtlinie 2009/29/EG zur Änderung der Emissionshandels-Richtlinie von 2003 sieht in Erwägungsgrund 3 vor, dass die KOM bis 31.12.2011 einen Vorschlag zur Einbeziehung der Emissionen der internationalen Seeschifffahrt in die Emissionsreduzierungsverpflichtungen der Gemeinschaft vorlegen soll, wenn bis zu diesem Datum kein Abkommen zur Einbeziehung dieser Emissionen im Rahmen der International Maritime Organization (IMO) geschlossen ist<sup>3</sup>. Gegenstand des Forschungsbedarfs in diesem Kontext ist nicht nur die grundsätzliche Frage nach der Einbeziehung des Schiffverkehrs in den Emissionshandel als vor allem auch die Möglichkeit geeigneter Sanktionierungssysteme für Emissionsminderungspflichten. Zu klären ist dabei insbesondere die Reichweite der sog. umweltrechtlichen Hafenstaatenkontrolle und der Adressat behördlicher Maßnahmen im Schiffverkehr, der anders als im stationären Anlagenbereich nicht immer eindeutig ist.

### *Weiterentwicklung und konsistente Einpassung der projektbasierten Mechanismen CDM und JI in das internationale Klimaschutzsystem*

Bislang stand die nationale Umsetzung der projektbasierten Kyoto-Mechanismen mit vollzugsorientierten Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zur Beratung von Antragstellern, der transparenten Außendarstellung der Projektunterlagen im Rahmen der CDM/JI-Datenbank im Vordergrund. Derzeit werden volkswirtschaftlicher Nutzen und Chancen der Projektmechanismen CDM und JI ermittelt.

---

<sup>3</sup> Die zeitliche Festlegung aus der genannten Richtlinie verschiebt sich u.a. wegen Abstimmungsprozessen der KOM voraussichtlich bis Ende 2012.

Kommende Herausforderungen sind die Weiterentwicklung des Joint Implementation (JI)-Mechanismus durch Emissionsminderungsbeiträge von JI-Projekten für das deutsche Klimaschutzziel als projektbasierter Mechanismus im Rahmen der EU-Emissionshandelsrichtlinie. Auch bei der Weiterentwicklung des CDM durch die nun international ermöglichte Einführung standardisierter Baselines besteht Forschungsbedarf.

Im Rahmen der Verbindung von regionalen Emissionshandelssystemen wird die Rolle des CDM und anderer internationale Offsetting-Mechanismen zu untersuchen sein.

Die Minderungserfolge projektbasierter Mechanismen, die im Rahmen des rechtlichen Klimaschutzsystems oder auf freiwilliger Basis geregelt sind, können auch außerhalb der Emissionshandelssysteme auf dem sogenannten freiwilligen Markt verwendet werden. Hier gilt es, den existierenden Leitfaden des UBA fortzuschreiben.

### **2.5.2 Energieanlagen, Luftverkehr, Register und ökonomische Grundsatzfragen**

Im Bereich Vollzug und Weiterentwicklung des europäischen Emissionshandels stehen folgende Aufgaben im Vordergrund:

- Vollzug von nationalen und europäischen Handelsregeln, wie die Zuteilung von Emissionsberechtigungen an die Betreiber von energiewirtschaftlichen Anlagen, Industrieanlagen (insbesondere Chemieanlagen) und Luftfahrzeugen, die Prüfung der Emissionsberichterstattung seitens dieser Betreiber sowie die Kontrolle der Abgabe von Emissionsberechtigungen seitens der Betreiber
- Mitwirkung beim Ausarbeiten und Weiterentwickeln von nationalen und europäischen Handelsregeln und dem Setzen von Systemgrenzen,
- die nationale und internationale Berichterstattung zum Emissionshandel,
- die Betreuung des Emissionshandelsregisters, insbesondere das Kontomanagement für alle nationalen Anlagen- und Handelskonten und die Mitarbeit an der Weiterentwicklung des europäischen Registersystems sowie
- die Bereitstellung der benötigten Informationstechnik (IT) einschließlich der IT-Qualitätssicherung.

Zur Wahrnehmung dieser Aufgaben wirken Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in zahlreichen nationalen, europäischen und internationalen Arbeitsgruppen mit. Zur wissenschaftlichen Unterstützung werden Forschungsarbeiten durchgeführt.

#### **Forschungsschwerpunkte**

Im Rahmen des Aufgabenspektrums konzentriert sich der Forschungsbedarf auf vollzugsrelevante, technologisch orientierte Fragestellungen, vollzugsrelevante, ökonomisch orientierte Fragestellungen sowie die Evaluierung und Weiterentwicklung des europäischen Emissionshandels.

##### *Vollzugsrelevante, technologisch orientierte Fragestellungen*

Bezüglich der vollzugsrelevanten technologisch ausgerichteten Fragestellungen orientiert sich der Forschungsbedarf inhaltlich an spezifisch zu lösenden Vollzugsfragen, die insbesondere im Bereich der Überwachung unmittelbar handlungsrelevant sind.

Ergänzend werden mittelbare Anreizwirkungen der Handelsregeln, etwa der Blick auf klimarelevanten technologischen Fortschritt, analysiert.

Der europäische Emissionshandel fördert sowohl den Einsatz CO<sub>2</sub>-armer Brennstoffe als auch den Einsatz neuer Technologien wie CCS. Die Vollzugsbehörden sehen sich dadurch mit Entwicklungen konfrontiert, für die keine oder nur wenig Erfahrungswerte in Bezug auf ihre Systemwirkungen vorliegen und somit regelmäßig eine wissenschaftliche Bestandsaufnahme und Bewertung erfordern.

Ein besonderer Schwerpunkt ist in den kommenden zwei bis drei Jahren der Bedarf für wissenschaftliche Unterstützung des BMU und der DEHSt als deutsche Vertretung in den europäischen Arbeitsgruppen sowie vollziehende Behörde bei der Erarbeitung der Monitoring-Verordnung und von erläuternden Begleitdokumenten. Gemäß der Emissionshandels-Richtlinie (EH RL) soll eine Verordnung zur Überwachung und Berichterstattung von Emissionen die in der 2. Handelsperiode gültigen Monitoring-Leitlinien bis spätestens 31. Dezember 2011 in eine unmittelbar geltende Rechtsform überführen. Darüber hinaus sind nach Verabschiedung dieser Monitoring-Verordnung die Erarbeitung begleitender Arbeitshilfen (Guidance Documents) zur einheitlichen Auslegung und Umsetzung erforderlich.

Hierzu sind wissenschaftlich fundierte Vorschläge für Lösungsansätze bestimmter inhaltlicher Fragestellungen der Überwachung und Berichterstattung zu erarbeiten, die sowohl für Anlagenbetreiber umsetzbar als auch für die zuständigen Behörden einfach zu vollziehen sind. Beispiele für Themen mit bestehendem Bedarf für eine vertiefte Analyse sind:

- Weiterleitung von CO<sub>2</sub> zur Speicherung oder Verwertung,
- Umgang mit Biomasse und Stoffen mit biogenen Anteilen, z. B. im Zusammenhang mit der zunehmenden Einspeisung von Biogas in Erdgasnetze
- Probenahme und Analyse zur Bestimmung von Stoffparametern,
- Konsistenz der branchenspezifischen Monitoringanforderungen,
- Anforderung an kontinuierliche Emissionsmessungen, insbesondere bei der Analyse von hohen CO<sub>2</sub>-Frachten im Zusammenhang mit der CCS-Technologie,
- Unsicherheitsbewertung,
- Erleichterungen bei der Emissionsberichterstattung für kleine Emittenten.

Die Ergebnisse dieser Forschungsprojekte liefern gleichzeitig eine Basis für die Diskussion, Ausarbeitung und Weiterentwicklung europaweit einheitlicher Überwachungs- und Berichtspflichten im Rahmen des Emissionshandels.

#### *Vollzugsrelevante, ökonomisch orientierte Fragestellungen*

Die wissenschaftliche Analyse und Bewertung des Zuteilungsverfahrens für die dritte Handelsperiode und die Sammlung und Bewertung der Erfahrungen mit der Anwendung der Zuteilungsregeln und -verfahren ist ein wichtiger Forschungsschwerpunkt.

Bezüglich der Ausgestaltung und Umsetzung konkreter Zuteilungsregeln und -verfahren besteht ein weitgehend konstanter, sehr anwendungsorientierter Beratungs- und

Forschungsbedarf. Einen zunehmenden Stellenwert erhalten dabei beispielsweise Fragen zur Auktionierung von Emissionsberechtigungen.

Mit der dritten Handelsperiode ab 2013 gilt die Auktionierung von Emissionsberechtigungen als Grundzuteilungsprinzip. Mindestens 50% der gemeinschaftsweiten Zuteilungsmenge werden dann nicht mehr kostenfrei zugeteilt.

Die EU-Versteigerungsverordnung sieht ein koordiniertes Versteigerungsverfahren mit einer zentralen Handelsplattform von Kommission und assoziierten Mitgliedstaaten (Gemeinsame Beauftragung) sowie separaten nationalen Plattformen (Opt-out-Plattformen) vor. Als zentrales Überwachungsorgan wird ein Auction-Monitor gemeinsam von allen Mitgliedstaaten und der Kommission beauftragt. Vorgezogene Versteigerungen der dritten Handelsperiode an gegebenenfalls abweichenden Übergangsplattformen werden bereits für 2011/2012 angestrebt. Die Versteigerungen von Luftverkehrsberechtigungen beginnen regulär Anfang 2012, im stationären Emissionshandel Anfang 2013. In den Jahren 2011 und 2012 kommt es damit auch zu Überschneidungen mit den bislang noch optionalen Versteigerungen der aktuellen Handelsperiode. Deutschland nimmt hier bereits eine Pionierrolle ein.

Der Forschungsbedarf umfasst in diesem Bereich sowohl die ökonomische Evaluierung der institutionellen Ausgestaltung und die vergleichende ökonomische Analyse der durchgeführten Verfahren der zentralen Handelsplattform sowie der tatsächlich etablierten nationalen Plattformen und der Rolle des Auction-Monitors.

Das Zuteilungsverfahren für die kostenlose Zuteilung für die dritte Handelsperiode ab 2013 wird im Wesentlichen im Jahr 2011 bis Anfang 2012 von den Mitgliedstaaten im Zusammenspiel mit der EU Kommission durchgeführt. Die Zuteilung erfolgt erstmals nach EU-weit einheitlichen Regeln. Für den Anteil des EU-Emissionshandelsbudgets, der kostenlos zugeteilt wird, kommen Produkt-Benchmarks zur Anwendung. Diese Benchmarks wurden zusammen mit ergänzenden Zuteilungsregeln in einem aufwändigen mehrjährigen Prozess von der Kommission unter Beteiligung der Mitgliedstaaten entwickelt.

Die Emissionshandels-Richtlinie (EHRL) sieht auch für Carbon Leakage gefährdete Anlagen eine kompensierende Mehrzuteilung vor. Die einschlägige Carbon Leakage Liste unterliegt einer regelmäßigen Überprüfung. Diese Prozesse sind wissenschaftlich zu begleiten, um das Setzen möglicher Fehlanreize zu vermeiden und die Dynamik des Emissionshandelssystems mit wissenschaftlich fundierten Vorschlägen für Maßnahmen zielgerichtet zu kanalisieren.

#### *Evaluierung und Weiterentwicklung des europäischen Emissionshandels*

Der Forschungsbedarf des Fachbereichs umfasst hier inhaltlich Fragestellungen, die originär das Handelssystem betreffen, aber auch solche Fragestellungen, die die Schnittstelle von Emissionshandels- und Nicht-Emissionshandelsbereich betrachten.

Ausgewählte Fragestellungen für die Weiterentwicklung des EU-Emissionshandels sind beispielsweise die Integration weiterer Treibhausgase und Sektoren wie etwa den Schiffsverkehr sowie Linking mit anderen entstehenden Emissionshandelssystemen. Die Forschungsergebnisse sollen dazu beitragen, eine wissenschaftlich fundierte deutsche Position für die europäische Debatte um die Weiterentwicklung des Emissionshandels zu

entwickeln und damit gegebenenfalls ein konstruktives Gegengewicht zu den oftmals zentralistisch geprägten Vorstellungen der EU-Kommission zu bilden.

Ein wichtiges Element des europäischen Emissionshandels ist das Funktionieren der Kohlenstoffmärkte. Diese haben sich seit 2005 stark entwickelt, und mit den Versteigerungen ist ein neues Element hinzugekommen, das die Märkte zunehmend prägen wird. Insiderhandel, Marktmanipulation und weitere Themen, wie der Markt missbraucht werden kann, werden zunehmend relevanter werden. In den vergangenen beiden Jahren waren kriminelle Aktivitäten wie Umsatzsteuerbetrug und Diebstahl mittels Phishing von Zugangsdaten zu beobachten. Geldwäsche könnte ebenfalls im großen Stile stattfinden. Eine regelmäßige und wissenschaftlich fundierte Evaluierung der Kohlenstoffmärkte ist deshalb unabdingbar, um Marktmissbrauch schnell aufzuspüren und abzustellen, damit nicht durch solche kriminellen Aktivitäten das gesamte europäische Emissionshandelssystem in Misskredit gebracht wird. Die Weiterentwicklung des Emissionshandels sollte Vorsorge treffen, um kriminelle Aktivitäten möglichst auszuschließen.

Weiterhin sind Methoden und Modelle für die Erfassung und Verknüpfung von Emissionsdaten zu entwickeln, die den Einfluss einer dynamisch angelegten Schnittstelle zwischen Emissionshandels- und Nicht-Emissionshandelsbereich angemessen reflektieren. Hier spielt die Weiterentwicklung der Kompatibilität der unterschiedlichen Daten eine wichtige Rolle. So muss z. B. ein sachgerechter Abgleich von Emissionsdaten ermöglicht werden, wie sie im Rahmen des Emissionshandelssystems und im Nationalen Inventar für Treibhausgase entsprechend den Vorgaben der Vereinten Nationen erfasst werden und jeweils zu berichten sind. Die Forschungsergebnisse dieser Projekte liefern gleichzeitig eine Basis für die Diskussion, Ausarbeitung und Weiterentwicklung nationaler und europäischer Rechtsvorgaben im Bereich des Emissionshandels. Dabei spielen auch die Vorgaben der sogenannte Effort Sharing Richtlinie eine zunehmend wichtigere Rolle.

## 2.6 Fazit

Aus der Darstellung der Forschungsschwerpunkte der Abteilungen des UBA wird deutlich, dass die Forschungsergebnisse für die Erfüllung von originären Amtsaufgaben wie Monitoring, Politikberatung, Vollzug oder Information der Öffentlichkeit genutzt werden. Die aktuellen und geplanten Forschungsaktivitäten konkretisieren die Tätigkeiten und Kompetenzen des UBA entlang der Arbeitsschritte Feststellung des Umweltzustands – Zustandsbewertung – Identifikation von Belastungsfaktoren – Erarbeitung von Lösungsvorschlägen – Erfolgskontrolle und zeigen deren Facettenreichtum auf. Deutlich wird dabei, dass sowohl die Weiterentwicklung von Methoden zur effizienten Unterstützung von Monitoring- und Vollzugsaufgaben Gegenstand der Ressortforschung ist als auch die Erarbeitung inhaltlicher Beiträge zur Bewältigung von Umweltproblemen. Grundlage für die Nutzung von Erkenntnissen aus dem hier dargestellten kurz- und mittelfristigen Forschungsbedarf für die Belange des Ressorts bildet die langjährige Erfahrung und Expertise der UBA-Mitarbeitenden.

Bei der Darstellung der Themenschwerpunkte wird auch die enge Verzahnung der verschiedenen Arbeitsschritte und -bereiche sichtbar, die eine sehr weit gefächerte hausinterne Vernetzung und Zusammenarbeit erfordert und mit sich bringt. An einzelnen Punkten wurde auf inhaltliche Berührungspunkte im Text hingewiesen. Alle Schnittstellen aufzuzeigen ist auf Grund der vielfachen Zusammenhänge schwer möglich. Deutlich wird jedoch, dass eine Stärke der Forschung des UBA darin liegt, dass methodisch und inhaltlich verschiedenartige Forschungsaktivitäten unter einem Dach erfolgen und es so vergleichsweise einfach ist, Wechselwirkungen und Querverbindungen herzustellen.

Die Bedeutung internationaler Zusammenarbeit ist verschiedentlich angeklungen. Da viele Sektoren stark durch die EU-Umweltpolitik und -Gesetzgebung geprägt sind, gehört die Kooperation in EU-Arbeitsgruppen in vielen Bereichen zum Arbeitsstandard. Die Kontakte von UBA-Mitarbeitenden mit internationalen Fachleuten ermöglichen einen fachlichen Erfahrungs- und Erkenntnisaustausch und tragen so dazu bei, neuen Forschungsbedarf zu erkennen und Ansätze für die Weitergabe von Problemlösungsansätzen des UBA an Dritte zu identifizieren.

### **3 Daten und Fakten**

#### **3.1 Ausgaben für Forschung**

Das UBA hatte im Januar 2012 insgesamt 1.523 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, von denen 27,7% befristet beschäftigt sind. Gemäß der Definition des Wissenschaftsrates gehen wir davon aus, dass die der Forschung zuzurechnenden Tätigkeiten im Wesentlichen von den 634 Mitarbeitenden des höheren Dienstes in den Fachbereichen I – IV und E wahrgenommen werden. Der Forschungsanteil an den von den wissenschaftlichen Beschäftigten erbrachten Aufgaben beträgt ca. 34%. Die Personalausgaben des UBA für interne Forschung beliefen sich damit für das Jahr 2011 auf etwa 13,25 Mio. EUR.

Das UBA fördert wissenschaftlichen Nachwuchs, indem es die Durchführung von Promotionsvorhaben ermöglicht und unterstützt. Im Zeitraum 2010/11 wurden zwölf Promotionen durch das UBA und kooperierende Hochschulen gemeinsam betreut. Darüber hinaus wurden neun Diplomarbeiten am UBA verfasst. Die Themen knüpfen jeweils eng an die fachlichen Aufgaben des Amtes an. Eine Übersicht über die in den Jahren 2010 und 2011 laufenden Promotionen und Diplomarbeiten ist in Anhang 2 und 3 beigefügt. Ziel des UBA ist es, die Rahmenbedingungen für Promovierende weiter zu verbessern und die Zahl der betreuten Promotionsvorhaben zu erhöhen.

Das UBA akquiriert Drittmittel (vornehmlich aus anderen Bundesressorts oder von der EU) und schafft sich dadurch Möglichkeiten, die interne Forschung zu vertiefen und nationale sowie vor allem internationale Forschungsk Kooperationen und -netzwerke weiter auszubauen. Auf diesem Weg wirkt das UBA an der Realisierung des europäischen Forschungsraumes mit, für den sich die Europäische Kommission intensiv einsetzt. Entscheidend bei der Einwerbung von Drittmitteln sind ein enger inhaltlicher Bezug der Drittmittelprojekte zu den Amtsaufgaben des UBA und ein eigenes Interesse des UBA an der Durchführung der Vorhaben. Darüber hinaus wird streng auf die Wahrung der wissenschaftlichen Unabhängigkeit des UBA geachtet. Im Jahr 2011 warb das UBA ca. 2,6 Mio. EUR Drittmittel ein, mit denen ein Teil der internen Forschung finanziert wurde. Insgesamt liefen im Jahr 2011 40 Drittmittelvorhaben.

Neben der intern durchgeführten Forschung konzipiert und begleitet das UBA von externen Forschungsnehmern realisierte Forschungsvorhaben. Diese werden über den UFOPLAN (ko-)finanziert. Für die an externe Forschungsnehmer vergebenen Forschungsprojekte wurden im Jahr 2011 18.743.114 EUR über den UFOPLAN ausgegeben.

Die Ergebnisse aus Forschungsvorhaben werden grundsätzlich öffentlich zugänglich gemacht. Dies erfolgt z. B. über die Umweltforschungsdatenbank UFORDAT<sup>4</sup>, über die Fachbibliothek des Umweltbundesamtes und auf der Homepage des UBA.

---

<sup>4</sup> <http://www.umweltbundesamt.de/service/dokufabib/ufordat.htm>

## **3.2 Forschungsinfrastruktur des UBA**

Das UBA verfügt über eigene Forschungsinfrastruktur in Form von Laboren und Anlagen in den Außenstellen Bad Elster, Correns- und Bismarckplatz in Berlin sowie Langen und fünf Stationen des Luftmessnetzes. Auf dem Versuchsfeld Marienfelde in Berlin stehen zwei Anlagen mit einem Anschaffungswert über 1,5 Mio. EUR. Hierbei handelt es sich um die Fließ- und Stillgewässer Simulationsanlage (FSA) sowie um die Simulationsanlage für Uferfiltration und Langsamsandfilter (SIMULAF). Die Anlagen werden für die Bearbeitung von Amtsaufgaben durch interne Forschung eingesetzt. Freie Kapazitäten können auch von Externen – gegen Entrichtung eines Entgelts – genutzt werden.

### **3.2.1 Fließ- und Stillgewässer Simulationsanlage (FSA)**

Mit der seit ca. 2003 im Routinebetrieb befindlichen Fließ- und Stillgewässer-Simulationsanlage (FSA) lassen sich fließende, stehende und durchströmte Gewässer (Flusseen) mit den darin befindlichen aquatischen Lebensgemeinschaften nachbilden. Die FSA zählt zu den großen Modell-Ökosystemen, die Bindeglieder zwischen den vereinfachten und leicht zu kontrollierenden Laborversuchen und Freilandexperimenten (Feldstudien) darstellen. In der FSA lassen sich Untersuchungen unter naturnäheren, kontrollierteren Bedingungen als im Freiland bei gleichzeitig laborähnlich optimalen Beprobungsmöglichkeiten durchführen.

Der Zweck von Mesokosmen-Experimenten ist es u. a., gezielt Stoffe oder Mikroorganismen einzubringen, um ihre Wirkung auf Flora und Fauna festzustellen und Aussagen über ihre Verteilung und Stabilität zu machen. Dabei kann es sich um Stoffe handeln, die mit gereinigtem, kommunalem Abwasser (z. B. Arzneimittel, hormonell wirksame Stoffe), mit dem oberflächlichen Abfluss bei Niederschlagsereignissen (z. B. Pflanzenschutzmittel) oder nach Stör- bzw. Unfällen in Oberflächengewässer gelangen können. Die Anlage wird für Kontroll- und Plausibilitätsüberprüfungen der Bewertungen Dritter eingesetzt und zur wissenschaftlichen Unterstützung des Vollzugs von Gesetzen. Damit leistet sie einen Beitrag zur Stärkung der Kompetenz bei der Mitwirkung des Amtes bei der Zulassung von Stoffen und Formulierungen sowie in wissenschaftlicher Unterstützung des BMU sowie zur Weiterentwicklung und Konsolidierung umweltrechtlicher Regelungen. Die FSA steht der Nutzung durch Dritte offen. Dies schließt die Benutzung der Infrastruktur der Anlage z. B. Online-Messtechnik und Datenbank ein. Bei Kooperationen oder Vermietung wird für den jeweiligen Nutzungszeitraum ein Entgelt erhoben.

#### **Aufbau der Anlage**

Die FSA ist eine technisch anspruchsvolle und große Versuchseinrichtung, die u.a. über 16 Fließbrinnen mit einer Gesamtfließstrecke von 1,6 km, 16 Teichen sowie über ein ca. 5 km langes Rohrleitungsnetz mit über 60 Pumpen und 360 Schiebeventilen einschließlich der dazugehörigen Messtechnik verfügt. Es handelt sich um ein sehr variables "Baukasten-System" mit verschiedensten Möglichkeiten der Verschaltung von Rinnensegmenten (Veränderung der Fließstrecke) und Teichen unter- und miteinander.

Zur Simulation fließender Gewässer werden ca. 3 m lange und 1 m breite Rinnensegmente modular miteinander verbunden, sodass eine Fließstrecke von ca. 100 m

Länge entsteht. Es sind jeweils acht Fließrinnen in der Halle sowie im Freigelände verfügbar. Bei Bedarf können diese Fließsysteme an die Versuchsteiche gekoppelt werden. Mittels Schneckenpumpen lassen sich Fließgeschwindigkeiten zwischen 0,02 - 0,8m/s einstellen. Das Wasser kann im Kreislauf oder im Durchflussbetrieb gefahren werden.

Die Fließrinnen in der Halle verfügen über eine künstliche Beleuchtung in Form höhenverfahrbarer Lichtbänder. Für die Raumtemperatur in der Halle bestehen Regelungsmöglichkeiten. So kann die Temperatur in der Halle im Winter auf ca. 10°C und im Sommer unter 25°C gehalten werden. In jede Fließrinne können nach Bedarf durchströmte Beruhigungsbecken eingesetzt werden, die u. a. zur Bepflanzung mit Wasserpflanzen dienen.

Für die Simulation von stehenden Gewässern stehen jeweils acht große, parallel angeordnete Teiche in der Halle sowie im Freigelände zur Verfügung. Über Verbindungsschotts kann zwischen benachbarten Teichen ein ständiger Wasseraustausch erfolgen, optional ist auch eine Kopplung an die Fließrinnen möglich. Die Abmessungen der Teiche erlauben die Einrichtung einer ausgedehnten Uferzone und einem terrestrischen Bereich.

### **3.2.2 Die Simulationsanlage für Uferfiltration und Langsandsandfilter (SIMULAF)**

Basis der SIMULAF ist der ca. 3500 m<sup>3</sup> fassende Speicherteich, der eine Länge von fast 90 m und eine Tiefe bis zu ca. 2,3 m hat. Am ca. 50 m breiten nördlichen Ende befindet sich eine Uferfiltrationsstrecke.

In Abständen von etwa 15 m und 35 m befinden sich in 3,5 m Tiefe zwei Sickergalerien (Drainagen) zur Aufnahme des Uferfiltrats (je ca. 10 m<sup>3</sup>/h). Von dort führen Abflussleitungen in den 4 m tiefen Keller des Messhauses.

Vom Speicherteich aus führen offene Betonkanäle zu 4 Langsandsandfiltern mit Filterflächen von je 80 m<sup>2</sup>. Das Filtrat (je 0,5 bis 6 m<sup>3</sup>/h) wird ebenfalls in den Keller des Messhauses geleitet.

Im Messhaus können die Abläufe beprobt werden. Sind keine Schadstoffe enthalten, wird das Wasser in den Speicherteich zurück gefördert. Anderenfalls wird es ins Abwasser geleitet. Der Verlust wird durch im eigenen Wasserwerk aufbereitetes Wasser ausgeglichen.

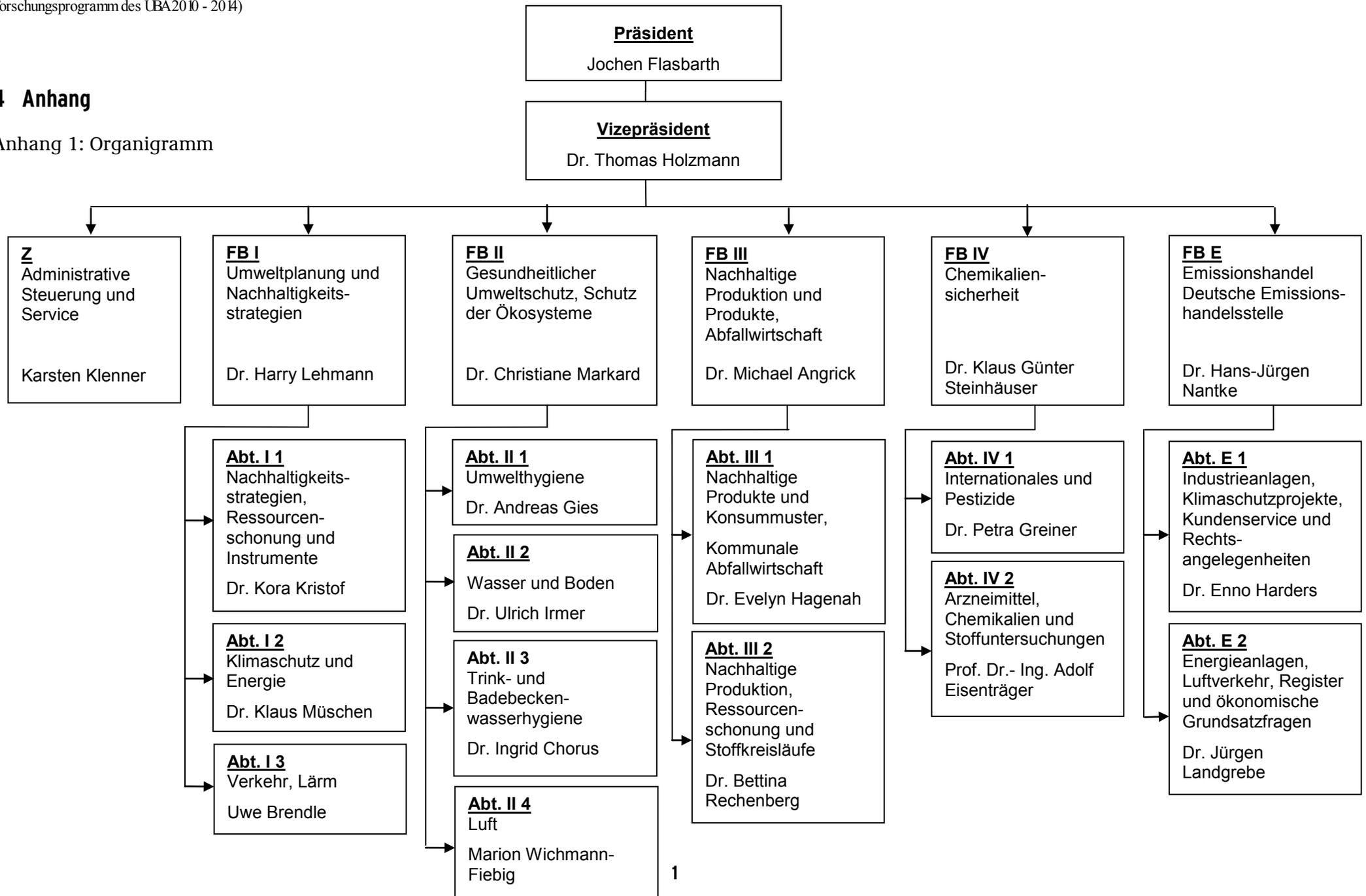
Die gesamte Anlage ist nach unten durch eine Tondichtung und eine darunterliegende Sicherheitsdrainage gegen das Grundwasser abgeschottet.

Es besteht die Möglichkeit, über Rangierverteiler Wasser zwischen der SIMULAF und der Fließ- und Stillgewässer-Simulationsanlage (FSA) in beiden Richtungen auszutauschen.



## 4 Anhang

### Anhang 1: Organigramm



Anhang 2:

Tabelle 3: Laufende Promotionen am UBA im Zeitraum 2010/11

Themen laufender Promotionen am UBA im Zeitraum 2010/11	Betreuende Hochschule
Die Umsetzung der deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel	LMU München
Ermittlung des Beitrages biogener Bestandteile des Feinstaub-aerosols in urbanen Ballungsräumen in der wohnnahen Umgebung	Humboldt-Universität Berlin
Gesundheitsstandards für den Innenraumbereich auf EU-Ebene zur Implementierung harmonisierter gesundheitsbezogener Bewertung von VOC-Emissionen aus Bauprodukten	Humboldt- Universität Berlin
Elimination von Viren bei der Trinkwasseraufbereitung durch Filtrations- und Flockungsverfahren	Technische Universität Berlin
Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Referenzviren zur Überwachung Virus-belasteter Oberflächengewässer	Technische Universität Berlin
Internationale Abfallwirtschaft -Technologietransfer	Bauhaus-Uni Weimar
Erfolgsbedingungen und Restrisiken von Energieeffizienzpolitik - eine Analyse am Beispiel der Umsetzung der EU Gebäuderichtlinie (Bereich Wohngebäude)	Leuphana Universität Lüneburg
Wirkung von Imidacloprid (Insekten-Wirkstoff) und weiterer Stressoren auf das Laubabbausystem in Fließgewässern und Feuchtgebieten	Universität Dresden
Untersuchungen zum Vorkommen von Kopflausresistenzen gegenüber Pyrethroiden in Deutschland und zur effektiven Kopflausbekämpfung	Humboldt-Universität Berlin
Per- und Polyfluorierte Alkylverbindungen (PFCS) - Chancen und Grenzen der Regulierung unter REACH	Leuphana Universität Lüneburg
Rechtsfragen des Clean Development Mechanism	Universität Rostock
Die Befristung aus Haushaltgründen nach § 14 Abs. 1 S.2 Nr. 7 TzBfG unter Berücksichtigung des Gemeinschafts- und Verfassungsrechts	Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Stand 2011

Anhang 3:

Tabelle 4: Laufende Diplomarbeiten am UBA im Zeitraum 2010/11

Themen laufender Diplomarbeit am UBA im Zeitraum 2010/11	Betreuende Hochschule
Lastfolgebetrieb eines Kraftwerks mit CO <sub>2</sub> -Abscheidung durch MEA-Wäsche - Konsequenzen für Flexibilität von Kraftwerk, CO <sub>2</sub> -Abscheidung und Pipelinetransport	Hochschule Anhalt
Polybromiertediphenylether (PBDE) aus Hausstaub und ihre Bioverfügbarkeit im Körper	Humboldt-Universität Berlin
Untersuchung von Interaktionen zwischen cylindrospermopsinproduzierenden Cyanobakterien und heterotrophen Begleitbakterien	Freie Universität Berlin
Wirtsfindung und Orientierung bei der Bettwanze <i>Cimex lectularius</i>	Freie Universität Berlin
Parasitierung von Schaben und ihr Einfluss auf die Sensitivität gegenüber Insektiziden	Freie Universität Berlin
Wirkung von drei Herbiziden mit verschiedenen Wirkmechanismen auf drei aquatische Makrophyten ( <i>Myriophyllum</i> , <i>Spirodela</i> , <i>Glyceria</i> )	Freie Universität Berlin
Untersuchung zum Einfluss der Partikelbindung von lipophilen Modellsubstanzen mit PBT- ähnlichen Eigenschaften auf abiotische Abbauprozesse	Universität Potsdam
Die Bedeutung der Low Performer und die Auswirkungen auf Effizienz und Arbeitsleistung für die Aufgabenerfüllung im öffentlichen Dienst, unter besonderer Berücksichtigung von Ursachen und Maßnahmen zur Potenzialnutzung	Hochschule Harz
Optimale Gestaltung der Abwicklung von Zahlungsausgängen in der öffentlichen Verwaltung am Beispiel des Umweltbundesamtes	Universität Leipzig

Stand 2011

## **5 Quellenverzeichnis**

Bundesamt für Naturschutz, Umweltbundesamt (2011): Konzept – Themenschwerpunkte für den Bereich Wissenschaft und Forschung zur Unterlegung der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt (NBS) und des Bundesprogramms Biologische Vielfalt. Bonn und Dessau-Roßlau.

Krott, Max/Böcher, Michael (2010): Umsetzung des Konzepts einer modernen Ressortforschung im Geschäftsbereich des BMU. Dessau-Roßlau.