



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Forschung für den Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkungen

**Ein Beitrag zum BMBF-Rahmenprogramm  
„FORSCHUNG FÜR DIE NACHHALTIGKEIT“**

## **Impressum**

### **Herausgeber**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Publikationen; Internetredaktion  
11055 Berlin

### **Bestellungen**

schriftlich an den Herausgeber  
Postfach 30 02 35  
53182 Bonn  
oder per  
Tel.: 01805 - 262 302  
Fax: 01805 - 262 303 (0,12 Euro/Min.)  
E-Mail: [books@bmbf.bund.de](mailto:books@bmbf.bund.de)  
Internet: <http://www.bmbf.de>

**Bonn, Berlin 2004**

Gedruckt auf Recyclingpapier



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Forschung für den Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkungen

**Ein Beitrag zum BMBF-Rahmenprogramm  
„FORSCHUNG FÜR DIE NACHHALTIGKEIT“**

veröffentlicht am 3. November 2004

Kontakt: Bundesministerium für Bildung und Forschung, Referat 622, 53170 Bonn  
Information: [www.fona.de](http://www.fona.de)

# Inhalt

Seite

1.	Eine neue forschungspolitische Leitlinie: Klimaschutz als duales Nachhaltigkeitskonzept .....	7
2.	Teilkonzept: „Strategien, Technologien und Maßnahmen zur Emissionsminderung in Wirtschaft .....	9
	und Gesellschaft“	
2.1	Forschungspolitische Ausgangslage .....	9
2.2	Nachhaltigkeitskonzepte in der Wirtschaft .....	11
2.3	Prozess der Themenfindung .....	11
2.4	Beispiele für die Bedeutung der Emissionsminderung in der Wirtschaft .....	13
2.5	Folgerungen für das weitere Vorgehen und die Themenfindung .....	17
3.	Teilkonzept: „Anpassung an Klimatrends und Extremwetter – Strategien, Innovationen, Märkte“ .....	19
3.1	Forschungspolitische Ausgangslage .....	19
3.2	Auswirkungen von Klima und Wetter: Status und Entwicklung .....	20
3.3	Beispiele für die Bedeutung von Klima und Wetter in verschiedenen Wirtschaftsbereichen .....	22
3.4	Konsequenzen für die Förderung von Anpassungsleistungen an Klima und Extremwetter .....	27
4.	Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkungen: ein Vermittlungsproblem für Bildungsforschung .....	28
	und Bildungspraxis	
5.	Perspektiven für Konzeption und Formulierung von Forschungsprojekten .....	30
6.	Aspekte für die Umsetzung des Förderkonzepts „Forschung für den Klimaschutz .....	32
	und Schutz vor Klimawirkungen“	





## 1. Eine neue forschungspolitische Leitlinie: Klimaschutz als duales Nachhaltigkeitskonzept

In seinem am 30. Juni 2004 veröffentlichten Förderprogramm „Forschung für die Nachhaltigkeit“ hat das BMBF ein auf Innovation, Vorsorge und Nachhaltigkeit ausgerichtetes Förderkonzept zur Klimaforschung angekündigt. Dieses wird hiermit vorgelegt. Klimaforschung und Klimaschutz sind zentrale Anliegen der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung. Im Mittelpunkt der Forschung standen bisher Fragen der Verbesserung des Verständnisses des Klimasystems, die Erarbeitung von Instrumenten für die Umweltpolitik und die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses.

Während dieser Zeitspanne hat die deutsche Forschung beachtliche wissenschaftliche Spitzenleistungen erbracht und war an wichtigen internationalen Erfolgen wesentlich beteiligt. Wissenschaftler am Hamburger Max-Planck-Institut für Meteorologie und am Deutschen Klimarechenzentrum etwa haben mit Hilfe neuer Klimamodelle und Szenarienrechnungen einen entscheidenden Nachweis erbracht, dass es einen anthropogenen Klimaeffekt gibt, d. h. dass der Klimawandel nicht nur durch natürliche Einflüsse bewirkt wird, sondern auch auf das menschliche Verhalten und Wirtschaften zurück zu führen ist. Auch sind international beachtete Forschungsergebnisse über die Klimaentwicklung von der erdgeschichtlichen Vergangenheit bis zur Jetztzeit erarbeitet worden, z. B. von Instituten der Helmholtz-Gemeinschaft oder durch das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung. Weiterhin wurden z. B. im Rahmen des europäischen Forschungsverbunds EUROTRAC unter deutscher Koordinierung und Beteiligung von 30 Ländern die wissenschaftlichen Grundlagen für eine dauerhafte Verbesserung der Luftqualität erarbeitet. Im Rahmen des Programms Atmosphärenforschung AFO2000 schließlich wurde ein neues Vorhersagemodell entwickelt, mit dessen Hilfe das Landesumweltamt in Nordrhein-Westfalen die Bürgerinnen und Bürger schon im Voraus über die Luftqualität in den bevorstehenden drei Tagen informieren kann. Auch hat die Auswertung der vom europäischen Satelliten ENVISAT gelieferten Fernerkundungsdaten eine bis dahin unerreichte Aussagekraft über den Zustand von Erdatmosphäre und Erdoberfläche erbracht. Mit Hilfe von Satellitendaten beispielsweise wurden in den letzten 20 Jahren in Kanada, im nördlichen Eurasien und in Sibirien eine Zunahme der Vegetation, ein früherer

Frühlingsanfang und eine Verlängerung der Vegetationsperiode beobachtet. Daraufhin werden nunmehr im Klimaforschungsprogramm DEKLIM diese Satellitenbeobachtungen durch Einsatz von Computermodellen ergänzt, mit deren Hilfe man die Auswirkungen der globalen Erwärmung auf die Vegetation in diesen nördlichen Regionen erklären kann.

Im Ergebnis haben solche Forschungsarbeiten und ihre Förderung inzwischen einen beachtlichen Fundus an Orientierungswissen für Politik, Wirtschaft und Gesellschaft geschaffen, der ausreicht, um die bisherigen Ergebnisse auch in die Praxis umzusetzen. Daher sieht das neue Konzept bei der Projektförderung einen Paradigmenwechsel von der Grundlagenforschung hin zur anwendungsorientierten Forschung und Entwicklung vor.

Das Förderkonzept ruht auf zwei thematischen Schwerpunkten:

- **Klimaschutz:** Vermeidung weiterer Klimaänderungen durch den Menschen, einem auf langfristige Klimavorsorge und Innovationsförderung ausgerichteten Themenschwerpunkt **„Strategien, Technologien und Maßnahmen zur Emissionsminderung in Wirtschaft und Gesellschaft“** („mitigation“), siehe Kapitel 2 und
- **Schutz vor Klimawirkungen:** Wege zur Bewältigung der Folgen des Klimawandels, einem ebenfalls auf Praxis und Anwendung zielenden thematischen Fokus **„Anpassung an Klimatrends und Extremwetter – Strategien, Innovationen, Märkte“** mit FuE-Ansätzen zur Verminderung der volkswirtschaftlichen Anfälligkeit gegenüber Klima und Wetter („adaptation“), siehe Kapitel 3.

Das BMBF flankiert darüber hinaus diese lösungsorientierten und praxisnahen Themenschwerpunkte seiner künftigen Projektförderung auch in Zukunft durch die Mitfinanzierung der langfristig angelegten Erdsystemforschung in der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF), der Max-Planck-Gesellschaft und der Leibniz-Gemeinschaft (WGL). Zu deren Leitthemen gehören auch Grundlagenforschung zu Klimasystem und Atmosphäre, zur Verbesserung von Klimamodellen sowie die Verknüpfung naturwissenschaftlicher Grundlagenforschung mit sozialwissenschaftlichen Fragen („integrated assessment“, vor allem auch zur Abschätzung der Wirksamkeit von Klimaschutzstrategien im Hinblick auf langfristige Klimaschutzziele). Auch stellt das BMBF weiterhin Finanzmittel für Großgeräte, z. B. einen Klimarechner beim Deutschen Klimarechenzentrum in Hamburg, für For-



schungsschiffe oder ein neues Flugzeug für die Atmosphärenforschung HALO („High Altitude and Long Range Research Aircraft“), als infrastrukturelle Voraussetzung für Spitzenforschung zu Erdsystemanalyse und Klimawandel zur Verfügung. Mit diesen Beiträgen soll auch in den nächsten Jahren das hohe internationale Niveau der institutionellen Erdsystemforschung gehalten werden. Darüber hinaus werden themenrelevante Forschungen in den entsprechenden BMBF-Fachprogrammen, u.a. zu Energie- und Materialeffizienz und neuen Technologien, weitergeführt.

Nach Erhebungen der International Group of Funding Agencies for Global Change Research (IGFA) hat das BMBF im Jahr 2002 einen Betrag in Höhe von 230 Mio. Euro für die Förderung der Forschung zum Globalen Wandel zur Verfügung gestellt. Dies sind 79% der Gesamtaufwendungen der Forschungsförderung auf diesem Gebiet in Deutschland. Von diesem Fördervolumen entfielen zu diesem Zeitpunkt etwa zwei Drittel auf den Sektor der Klima- und Atmosphärenforschung. Vergleichsweise hierzu haben die anderen forschungsfördernden Organisationen, namentlich die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) 40 Mio. Euro, also 14%, und übrige Geldgeber für Drittmittelforschung 20 Mio. Euro, also 7%, in die Förderung der Forschung zum Globalen Wandel investiert. Dieser Zahlenvergleich dokumentiert das besondere förderpolitische Engagement des BMBF auf diesem Sektor, insbesondere dann, wenn man berücksichtigt, dass dieses Ministerium zusätzlich auch den Haushalt der DFG zur Hälfte finanziert.

In den letzten Jahren hat die weltweit sich rasch verändernde globale Entwicklung, über die klassische Förderthematik der Bewältigung des Klimawandels hinaus, der Forschungspolitik neue Aufgaben gestellt, etwa die nachhaltige Nutzung des Globalen Wasserkreislaufs, des Schutzes der Biosphäre, der Erhaltung der Artenvielfalt wie auch der nachhaltigen Steuerung der raschen Entwicklung der Megastädte von Morgen.

Aufgabe der Projektförderung des BMBF ist es, die durch diese Dynamik des Globalen Wandels ständig von Neuem notwendig werdende Definition neuer forschungspolitischer Prioritäten vorzunehmen. Nach den erreichten Erfolgen in der Grundlagenforschung ist dies jetzt der Paradigmenwechsel zur anwendungsorientierten Forschung und zu konkreten Innovationen. Im Gesamtspektrum der Förder- und Forschungsaktivitäten in Deutschland entsteht dadurch keine Lücke. Die langfristige Förderung der in seinem Haushalt ressortierenden institutionellen Erdsystemforschung wird das BMBF

nämlich fortführen. Darüber hinaus werden in Zukunft auch von der DFG und anderen Geldgebern für die Drittmittelforschung verstärkte Förderimpulse auch für die hoch qualifizierte Grundlagenforschung, insbesondere an den Hochschulen, ausgehen.

Die Forschung hat sich in der Vergangenheit vorwiegend mit Fragen der Vorsorge zum langfristigen Schutz des Klimas („mitigation“) beschäftigt und Fragen einer Anpassung an Klimaänderungen und Extremwetter („adaptation“) weniger berücksichtigt. Dies ist erst in den letzten Jahren allgemein als ein eklatanter Nachteil erkannt worden, nachdem extreme Wetterereignisse, vor allem Stürme oder die Flutereignisse an Oder und Elbe, erhebliche Schäden für Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft verursacht haben. Dies hat dem Staat und der Gesellschaft erhebliche Kosten für Sanierungsmaßnahmen abverlangt, für die an Ort und Stelle großenteils das notwendige Handlungs- und Gestaltungswissen fehlte.

Das neue Nachhaltigkeitskonzept zum Klimaschutz verfolgt daher ein doppeltes Ziel: einmal die Minderung von langfristigen, durch menschliches Handeln bedingte und für die Gesellschaft und Umwelt schädlichen Klimaänderungen, zum anderen die Anpassung an den Klimawandel und an extreme Wetterereignisse. Es will dadurch neue forschungspolitische Prioritäten für ein in Zukunft breiteres Spektrum wirksamer Maßnahmen sowohl zum Schutz des Klimas vor den Einwirkungen des Menschen als auch zum Schutz des Menschen vor Klimaauswirkungen und Extremwetter setzen. Anpassung ist eine auf allen Ebenen notwendige Strategie, um Minderungsbemühungen gegen Klimaänderungen zu ergänzen. Gemeinsam können beide Ansätze dazu beitragen, um das Ziel einer nachhaltigen Entwicklung zu erreichen.

Das Rahmenprogramm des BMBF begreift Nachhaltigkeit als Motor für Innovationen in Staat, Wirtschaft und Gesellschaft. Die Förderung eines auf diese beiden Ziele hin ausgerichteten Klimaschutzes folgt einem mehrdimensionalen integrativen politischen Denkansatz, der ökonomische, ökologische und soziale Aspekte des Klimawandels miteinander verquickt. In den Planungsprozess für das neue Förderkonzept wurde daher konzeptionell auch eine ganzheitliche, d.h. etwa bei der wirtschaftsorientierten Förderung eine branchen- und technologie-übergreifende Betrachtungsweise entlang von Wertschöpfungsketten und Produktlinien, vorgesehen. Öffentliche Forschung und industrielle Entwicklung sollen besser miteinander verzahnt und Bedarfsträger in Wirtschaft, Gesellschaft und Politik an der

wissenschaftlichen Themenfindung und Prioritätensetzung beteiligt werden. Auch sind die Wirtschaft und andere gesellschaftliche Bedarfsträger als Adressaten für Fördermittel einzubeziehen, um dem Erfordernis von integrativ angelegten Forschungs- und Entwicklungsvorhaben Rechnung zu tragen. Ebenso sind Beiträge zur Netzwerkbildung zwischen allen Forschungs- und Entwicklungsbereichen wie auch zur Verbesserung des Informationsflusses zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft zu leisten.

Es ist zu erwarten, dass durch die Realisierung dieses neuen integrativen Nachhaltigkeitskonzepts sich viel versprechende Chancen für eine verbesserte und auf Kooperation zielende Kommunikation zwischen allen gesellschaftlichen Akteuren und der Politik eröffnen. Dies wäre eine wesentliche Voraussetzung dafür, dass die politische und öffentliche Diskussion der wesentlichen Klimafragen und klimapolitischen Maßnahmen noch besser fundiert werden können. Nur durch die Einbeziehung aller relevanten Akteure ist insgesamt eine ausgewogene klimapolitische Gesamtanalyse der Chancen- und Risikoszenarien sowohl zur langfristigen Klimaproblematik als auch zu kurzfristigen Folgen von Klima und extremen Wetter möglich. Sich politisch bei der Problem- und vor allem auch Zeithorizonte anzunehmen, ist gleichzeitig als politischer Beitrag des BMBF zur Generationengerechtigkeit anzusehen.

## 2. Teilkonzept: „Strategien, Technologien und Maßnahmen zur Emissionsminderung in Wirtschaft und Gesellschaft“

### 2.1 Forschungspolitische Ausgangslage

Die Bundesrepublik Deutschland hat im Rahmen des Kioto-Protokolls und der Lastenverteilung innerhalb der Europäischen Union zugesagt, den Umfang der inländischen Emissionen von Treibhausgasen bis zum Zeitraum von 2008/2012 um 21% gegenüber dem Basisjahr 1990/1995 zu vermindern. Dies ist, auch im internationalen Vergleich, eine anspruchsvolle Zielsetzung.

Bis zum Jahr 2002 wurde bereits eine Reduktion von etwa 19% erreicht. Damit ist Deutschland den zugesagten Emissionsminderungen bereits recht nahe, allerdings sind weitere Maßnahmen notwendig, um das 21%-Ziel zu erreichen. Der Rahmen für die klimapolitischen Aktivitäten der Bundesregierung ist im Nationalen Klimaschutzprogramm vom 18. Oktober 2000, das gegenwärtig fortgeschrieben wird, festgelegt. Insbesondere geht es darum, die bereits bestehenden Instrumente und Aktivitäten weiterzuentwickeln und sicherzustellen, dass alle relevanten Bereiche ihre Beiträge leisten. Eine wichtige Fragestellung ist hier, wie die im Maßnahmenbündel bereits wirksamen Synergieeffekte verstärkt werden können, z.B. im Hinblick auf das Zusammenwirken zwischen Emissionshandel, Ökologischer Steuer- und Finanzreform, KWK-Gesetz, Erneuerbare-Energien-Gesetz und den Selbstverpflichtungserklärungen der deutschen Wirtschaft. Zudem müssen mittel- und langfristige Zielsetzungen festgelegt werden, um zu verhindern, dass die globale mittlere Temperatur um mehr als 2°C gegenüber der vorindustriellen Zeit ansteigt. Dieses Klimaschutzziel haben sich die EU und auch die Bundesregierung gesetzt, um eine gefährliche Klimaänderung im Sinne der Klimarahmenkonvention zu vermeiden. Im Entwurf des Fortschrittsberichts zur Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie erklärt die Bundesregierung deshalb, dass Deutschland anstreben wird, seine Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2020 um 40%, bezogen auf 1990, zu reduzieren, wenn sich gleichzeitig die EU bereit erklärt, ihre Emissionen im gleichen Zeitraum um 30% zu senken.

Die weitere Verminderung des Ausstoßes von Klimagasen über die für das Jahr 2012 angestrebten Reduktionsziele hinaus wird aber langfristig, angesichts des durch den Klimawandel verursachten Problemdrucks

auf Wirtschaft und Gesellschaft, eine dauerhafte und konsequent weiter zu verfolgende umwelt- und innovationspolitische Aufgabe bleiben. Auch wenn zu deren Bewältigung die Möglichkeiten zur Sequestrierung von Klimagasen beitragen können, zeichnet sich insgesamt bereits heute der Umfang zukünftiger Herausforderungen ab, um durch weltweite Emissionsminderungen gravierende globale Klimaänderungen zu vermeiden.

Die deutsche Wirtschaft und Gesellschaft werden bereits erhebliche Aufwendungen für die Verwirklichung des mittelfristigen Reduktionsziels von 21% zu leisten haben. Für die späteren und noch höheren Reduktionsziele dürfte jedoch das vorhandene wissenschaftliche und technologische Potenzial von heute nicht mehr ausreichen. Deshalb müssen schon jetzt neue Denkansätze für klimafreundlicheren Konsum, Verfahren und Produkte entwickelt werden. Hierfür sind sowohl eine Integration von lösungsorientierten Konzepten für übergreifende Systemlösungen in die strategischen Unternehmensplanungen für Forschung und Entwicklung als auch eine auf dieses Ziel hin neu ausgerichtete Zusammenarbeit zwischen öffentlicher Forschung, Wirtschaft und Verbrauchern vorzusehen. Um alle vorhandenen Möglichkeiten zum Erreichen auch der späteren anspruchsvollen Reduktionsziele auszuschöpfen, sind aber nicht nur Wirtschaft und Wissenschaft aufgerufen, sondern auch flankierende Maßnahmen durch die Forschungspolitik notwendig. Die Langfristigkeit der notwendigen Forschungsansätze, ihre gegenwärtig noch bestehende Marktferne und ihr Charakter als anwendungsorientierte Grundlagen- oder industrielle Vorlauftforschung erfordern diesen spezifischen Förderansatz des BMBF für einen nachhaltigen Klimaschutz in der Wirtschaft. Angesichts mehrjähriger Forschungs- und Entwicklungszeiten von der Forschungsidee bis zur Praxisreife garantiert nur eine Förderung mit langem Atem die forschungspolitisch intendierte partielle Umsteuerung der Klimaforschung hin zu konkreten FuE-Beiträgen für einen wirksamen nachhaltigen Klimaschutz. Dies ist der forschungspolitische Beitrag des BMBF zur Klimapolitik der Bundesregierung.

Eine staatliche Mitförderung kann aber wissenschaftliche und vor allem unternehmerische Eigeninitiativen nicht ersetzen. Auch ist sie nicht dazu geeignet, die finanzielle Belastung von Unternehmen durch ordnungspolitisch vorgegebene Verpflichtungen zur Verminderung des Ausstoßes von Klimagasen finanziell durch einen neuen staatlichen Subventionstatbestand zu mindern. Die Förderung von Forschungsvorhaben zu einem nachhaltigen Klimaschutz durch das BMBF kann daher nur subsidiär angelegt werden. Sie ist als flankie-

rende staatliche Hilfe zur unternehmerischen Eigeninitiative gedacht.

Die zur Zeit zu beobachtende internationale Entwicklung zeigt einen nach wie vor ungebremsten Anstieg von Emissionen bei gleichzeitig weltweit wachsendem Energieverbrauch. Die wirtschaftliche Situation in Deutschland ist durch wachsenden Globalisierungsdruck, erhöhte Anforderungen an die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen und den Abbau von Arbeitsplätzen in vielen Industriezweigen gekennzeichnet. Dennoch ist bereits eine ganze Reihe von ordnungspolitischen, technischen und wirtschaftlichen Optionen zur Lösung des Klimaproblems in Angriff genommen worden, um Energie einzusparen, Energie und Rohstoffe effizienter zu nutzen, den Einsatz Erneuerbarer Energien zu fördern, Produktionsprozesse emissionsfreier zu gestalten, klimafreundliche Produkte zu entwickeln oder die CO<sub>2</sub>-Sequestrierung in der Land- und Forstwirtschaft zu steigern. Hierauf müssen neue Konzepte aufbauen und zugleich entsprechende Weiterentwicklungen verfolgen, um auch in Zukunft ökonomische und Arbeitsplätze sichernde Wirkungen zu erzielen.

Die langfristigen Herausforderungen können jedoch nur bewältigt werden, wenn neben den Maßnahmen der Wirtschaft auch ein Beitrag der gesamten Gesellschaft eingefordert wird.

Die Erfordernisse der Vermittlung und Integration unterschiedlicher Perspektiven (s. auch Kapitel 4) ist bei Nachhaltigkeitsbewertungen und -strategien ein zentraler, zu beachtender Aspekt, um das Wechselspiel von wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Dynamiken und Handlungsbögen transparent zu machen, potenzielle Zielkonflikte zu thematisieren und nach Problemlösungen zu suchen, die positive Rückkopplungen zwischen allen Nachhaltigkeitsdimensionen freizusetzen versprechen. Diese Problematik wurde im Rahmenprogramm des BMBF „Forschung für die Nachhaltigkeit“ thematisiert. Eine enge Abstimmung mit dem Aktionsfeld 4 „Gesellschaftliches Handeln in Richtung Nachhaltigkeit“ dieses Rahmenprogramms ist sichergestellt.

Vor diesem Hintergrund hat sich das BMBF zum Ziel gesetzt, das klassische Thema des Klimawandels und des Klimaschutzes aus der Sicht der Erfordernisse einer nachhaltigen Entwicklung neu zu bewerten und für entsprechend ausgerichtete neue Aktivitäten geeignete Konzeptfindungsprozesse in Gang zu bringen. Obwohl Klimaschutz ein mehrdimensionales Problem ist, wurde in diesem Konzept ein Schwerpunkt auf Klimaschutz-

maßnahmen in der Wirtschaft gelegt. Dabei galt es, Bestehendes zu sichten, Abstimmungen mit anderen Maßnahmen, vor allem innerhalb der Bundesregierung, anzustreben, Umsetzungsbarrieren zu identifizieren und neue Optionen zu erschließen. Erste Ergebnisse werden den folgenden Kapiteln vorgestellt.

## 2.2 Nachhaltigkeitskonzepte in der Wirtschaft

Die Bundesregierung hat im Jahr 2002 unter dem Titel „Perspektiven für Deutschland“ eine Nachhaltigkeitsstrategie vorgelegt, zu der demnächst ein Fortschrittsbericht veröffentlicht werden wird. Zu den darin vorgesehenen vier vorrangigen Handlungsfeldern zählt auch das Handlungsfeld „Klimaschutz und Energiepolitik“.

Daneben und komplementär hierzu entwickeln aber auch Wirtschaft und Gewerkschaften zunehmend eigene Nachhaltigkeitskonzepte, wie folgende Beispiele zeigen:

- Im Jahr 2000 haben führende deutsche Unternehmen auf Initiative des BDI das Forum „Nachhaltige Entwicklung der Deutschen Wirtschaft“ (econsense) gegründet. Im Dialog mit der Politik sollen dort Lösungskonzepte für ein nachhaltiges Innovationsklima ausgearbeitet werden, die Wege für eine praktische Umsetzung des Leitbildes „Nachhaltige Entwicklung“ zeigen (siehe <http://www.econsense.de>).
- Die gemeinsame „Ludwigshafener Erklärung“ der Chemischen Industrie und der Gewerkschaft Bergbau, Chemie und Energie vom 10. Oktober 2003 bringt die Aspekte Arbeit, Wachstum, Wettbewerbsfähigkeit und soziale Gerechtigkeit in „ein Umfeld nachhaltiger Chemikalienpolitik“. Die in einem „Zukunftspakt Chemie“ in dieser Erklärung getroffene Feststellung „Wir brauchen eine ganzheitliche Betrachtung in allen Politikbereichen, die für die Chemische Industrie von Bedeutung sind – das ist der Kern einer nachhaltigen Industriepolitik“ ist in wesentlichen Aspekten zu der eingangs erwähnten forschungspolitischen Absicht des BMBF zur Nachhaltigkeit koinzident.
- Auch in Stellungnahmen einzelner Unternehmen rücken zunehmend integrative Lösungsansätze zu einzelnen Problemstellungen in den Mittelpunkt. Diese lassen sich aus Formulierungen, wie z.B. „Chemie als Problemlöser für viele Branchen“, ebenso ablesen wie aus konkreten Projektansätzen, z.B. dem „Drei-Liter-Haus“ oder dem Vorhaben einer umfassenden ökologischen Sanierung eines Stadtviertels in Ludwigshafen mit einer deutlich erkennbaren Klimaschutzkomponente.

Vor diesem Hintergrund und unter Berücksichtigung der Klimarahmenkonvention, des Kioto-Protokolls, seiner Umsetzung in der EU, siehe hierzu auch das European Climate Change Programme (ECCP), und seiner Umsetzung in Deutschland sind neue Ansätze zur Verminderung von Klimagasemissionen zu finden, einzusetzen und in die entsprechenden Nachhaltigkeitskonzepte einzubeziehen.

Eine große Rolle bei der Auswahl, Bewertung und Begleitung von Projekten für einen nachhaltigen Klimaschutz werden Instrumente spielen, die unterschiedlichen und teilweise im Zielkonflikt zueinander stehenden Aspekten Rechnung tragen. In einigen Wirtschaftsbereichen werden bereits heute schon Methoden der Ökoeffizienzanalyse mit Erfolg angewendet. Diese Instrumente gilt es nun, auf Strategien und Projekte im Bereich des Klimaschutzes anzuwenden bzw. gegebenenfalls weiter zu entwickeln. Mehrere Aspekte können hierdurch vergleichend betrachtet und einer interdisziplinären Diskussion unterworfen werden. Die hierdurch angestoßenen Kommunikations- und Abstimmungsprozesse werden im Sinne einer Ausrichtung auf Nachhaltigkeit der wesentliche Motor für eine erfolgreiche Projektgestaltung sein.

## 2.3 Prozess der Themenfindung

Das BMBF hat in den letzten beiden Jahren Gesprächsforen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft mit initiiert und gefördert, um über den Weg „gegenseitigen Lernens voneinander“ einerseits Forschungsbereiche von wirtschaftlichem Interesse für die öffentliche Forschung zu finden und andererseits der Wirtschaft vorhandenes Orientierungs- und Gestaltungswissen als Hilfestellung für dessen Umsetzung in Managementoptionen näher zu bringen. Industrieverbände, z. B. VCI und BDI, waren daran ebenso beteiligt wie das Nationale Komitee für Global Change Forschung und die Europäische Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen in Bad Neuenahr-Ahrweiler.

Um hieraus nun konkrete und wirtschaftsnahe FuE-Schwerpunkte abzuleiten und eine Strukturierung, fachliche Prioritätensetzung und Konzeption wichtiger integrativer Schwerpunktprojekte der künftigen Fördermaßnahmen vorzunehmen, wurde vor wenigen Monaten vom BMBF ein derzeit noch laufender Themenfindungsprozess zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Ministerium eingeleitet. In diesem Zusammenhang hat das BMBF der DECHEMA e.V. vorge-

schlagen, eine fachanalytische Studie „FuE für den Klimaschutz“ aus der Perspektive der Wirtschaft zu erarbeiten. Es wurden seit Ende 2003 mehrere Vorgespräche mit zahlreichen Industrievertretern und eine von der DECHEMA organisierte Serie von Tagungen durchgeführt, die zu integrativen Themenvorschlägen für allgemein interessierende Themenfelder geführt haben. Das dabei behandelte Themenspektrum umfasste z. B. die Bereiche Bauen, Wohnen und Baustoffe, energie- und ressourceneffiziente Prozesse, Abtrennung und Sequestrierung von Treibhausgasen in Industrieprozessen, Land- und Forstwirtschaft sowie Bewertungsmöglichkeiten unterschiedlicher Klimaschutzoptionen.

Die genannten Themenfelder werden zur Zeit branchenübergreifend und -vernetzend aufbereitet und in einer übergreifenden Projektstudie zusammengefasst, die im Herbst 2004 erscheinen wird. Diese Themenfelder zielen vor allem auf wesentliche Emissionsminderungspotenziale klimarelevanter Gase in den genannten Bereichen ab. Die Energiewirtschaft als wichtigster Emittent von Kohlendioxid wird in diesem Zusammenhang nicht gesondert betrachtet, da entsprechende Fragestellungen weitgehend durch das Energieforschungsprogramm der Bundesregierung unter Federführung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) erfasst werden. Nach Fertigstellung der Projektstudie plant das BMBF, die Ergebnisse gemeinsam mit anderen betroffenen Ressorts, in erster Linie mit BMWA, Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL), Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBS) und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), auszuwerten und mit den jeweiligen ressorteigenen Förderaktivitäten zur Energieeffizienz bzw. zum nachhaltigen Klimaschutz zu verzahnen. Einzelne dieser Ressorts waren bei verschiedenen Themen auch bereits bei der Durchführung der Tagungen einbezogen worden.

Maßnahmen zum Klimaschutz basieren im Wesentlichen auf drei Zielen: Energie sparen, die Energieeffizienz erhöhen und eine nachhaltige Energieversorgungsstruktur entwickeln – in dem von den Beschlüssen zum Kernenergieausstieg und zum Erneuerbare Energien-Ausbau vorgegebenen Rahmen. Der Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung auf der Basis erneuerbarer Energien und emissionsreduzierter Kraftwerke bedarf national und international langfristiger Forschungsanstrengungen. Diese sind u. a. in das Energieforschungsprogramm der Bundesregierung aufgenommen worden. Auf kürzeren Zeitskalen jedoch sind noch erhebliche Potenziale in den Bereichen Energieeinspa-

rung und Energieeffizienz vorhanden. Hier setzt der im Rahmen dieses Förderkonzepts vorgestellte Themenfindungsprozess an. Dieser berücksichtigt die Tatsache, dass auch der deutschen Industrie eine Schlüsselrolle als Innovationstreiber im Klimaschutz zukommt. Insbesondere Industriezweige, die stark mit anderen Branchen vernetzt sind, wie etwa die Chemische Industrie, und deren Produkte eine Ausgangsbasis für andere Industriezweige sind, können durch nachhaltige Technologien und Produkte eine breite Wirkung entfalten.

Die deutsche Wirtschaft hat seit Mitte der 90er Jahre mehrfach Selbstverpflichtungserklärungen abgegeben, um durch eigene zusätzliche Anstrengungen einen Beitrag zur Erfüllung der von der Bundesregierung verfolgten Klimaschutzziele zu leisten. Inzwischen zeigt sich eine deutliche Entkopplung des Energieverbrauchs von der wirtschaftlichen Entwicklung, wobei sich die Steigerung der Energieeffizienz auch in den Emissionen der Treibhausgase niederschlägt. Bezogen auf die Wirtschaftsleistung konnten die Emissionen von CO<sub>2</sub> deutlich gesenkt werden. Zu dieser Entwicklung trug vor allem die deutsche Industrie bei, die ihre Emissionen im Vergleich zu 1990 um rund ein Drittel reduzieren konnte.

In der weiterentwickelten Selbstverpflichtungserklärung im Rahmen der Klimaschutzvereinbarung der deutschen Wirtschaft vom November 2000 hat sich die Chemische Industrie verpflichtet, die im Kioto-Protokoll enthaltenen und für sie relevanten Treibhausgase, etwa energiebedingte Emissionen von Kohlendioxid und Stickoxiden, z. B. N<sub>2</sub>O, in Kohlendioxid-Äquivalenten von 1990 bis zum Jahr 2012 um 45-50% zu senken. Zudem verpflichtete sich die Chemische Industrie zu einer weiteren Verbesserung der Energieeffizienz, so dass der spezifische Energieverbrauch im gleichen Zeitraum um 35-40% reduziert werden soll. Auch die deutsche Zementindustrie sicherte 1995 und in einer erweiterten Selbstverpflichtung im Dezember 2000 eine weitere Verringerung der Emissionen von Kohlendioxid aus der Zementherstellung zu. Bezogen auf das Basisjahr 1990 sollen bis zum Zielzeitraum der Jahre 2008 bis 2012 die spezifischen energiebedingten Emissionen von CO<sub>2</sub> um 28% verringert werden. Insgesamt, d. h. auch unter der zusätzlichen Berücksichtigung der rohstoffbedingten Anteile, entspricht dies einer Reduktion der spezifischen Emissionen von CO<sub>2</sub> aus der Zementherstellung um 16%. Die deutsche Stahlindustrie schließlich hat sich gegenüber der Bundesregierung verpflichtet, ihre spezifischen Kohlendioxid-Emissionen bis zum Jahr 2012 um 22% gegenüber 1990 zu verringern.

In diesem Jahr wird das durch die deutsche Industrie und die Bundesregierung finanzierte Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungsvereinbarung beginnen. Hier wird evaluiert werden, welche konkreten Ergebnisse in den letzten Jahren erzielt werden konnten. Eine grundlegende Fragestellung für die kommenden Jahre ist, wie das Instrument der Selbstverpflichtungserklärungen weiterentwickelt und mit anderen, in der Umsetzung befindlichen Klimaschutzpolitischen Maßnahmen zunehmend verzahnt werden kann.

Das erklärte Ziel von Branchen und Gruppen der Wald- und Holzwirtschaft zur nachhaltigen Waldbewirtschaftung, formuliert auf dem Deutschen Waldgipfel 2001, lässt eine durch steigende Kohlenstoffvorräte im Wald und eine stärkere Nutzung von Holz- und Holzprodukten zunehmende CO<sub>2</sub>-Sequestrierung erwarten.

Nachfolgend sollen beispielhaft anhand der Chemischen Industrie, der Baustoff- und Zementindustrie sowie der Stahlindustrie bereits erzielte Fortschritte und insbesondere die spezifischen Chancen für weitere Klimaschutzbeiträge dieser Wirtschaftszweige skizziert werden. Ihnen ist gemeinsam, dass sie sehr energieintensiv sind und sich durch einen hohen Vernetzungsgrad mit anderen Wirtschaftszweigen auszeichnen. Daraus resultiert ein entsprechend hohes Klimaschutzpotenzial. Im weiteren Verfahren können auch andere Branchen, auf die diese Merkmale zutreffen, einbezogen werden, wie z. B. die Automobilindustrie.

## 2.4 Beispiele für die Bedeutung der Emissionsminderung in der Wirtschaft

### 2.4.1 Chemische Industrie

Über die Herausforderungen in der Produktion hinaus ist die Chemische Industrie eine branchenübergreifende Schlüsselindustrie und Innovationsmotor für eine Vielzahl von Industriezweigen. Ihr Beitrag zur gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung ist in Deutschland besonders stark ausgeprägt. Wegen des hohen Energieverbrauchs sind die Betriebskosten stark mit Energiekosten gekoppelt. Bei Elektrolyse-Prozessen etwa nehmen allein die Stromkosten rund 50% der gesamten Produktionskosten ein, bei der Herstellung des Kunststoffes Polyurethan sind es immerhin noch etwa 10%. Eine die Ressourcen schonende und energieeffiziente Herstellung von Produkten stellt daher eine dauerhafte Herausforderung für diesen Industriezweig dar.

Neben der effizienten Nutzung von Energieträgern und der Entwicklung umweltfreundlicher Produktionsver-

fahren trägt die Chemische Industrie durch ihre Produkte zu den Emissionsminderungen in anderen Branchen und Lebensbereichen, z.B. auch beim privaten Verbrauch, wesentlich mit bei. Beispiele hierfür sind Wärmedämmstoffe für Gebäude oder leichte Werkstoffe für den Fahrzeugbau.

Bezüglich der Energieeffizienz von Anlagen nimmt die deutsche Chemie im internationalen Wettbewerb eine der führenden Positionen ein. Der deutsche Chemieanlagenbau bietet Anlagen mit höchstem Standard in den Bereichen Umwelt, Sicherheit und Gesundheit. Um diese Führungsposition zu halten bzw. auszubauen, muss besonders die Entwicklung innovativer Produktlinien und entsprechender Produktionsverfahren und -technologien weiter vorangetrieben werden. Im Fokus staatlicher FuE-Förderung sollten deshalb hier in erster Linie Bereiche stehen, die nicht nur auf eine Optimierung bestehender Verfahren zielen, sondern vielmehr solche, die das Potenzial zu einem Systemwandel hin zu Ressourcen schonenden und vor allen Dingen emissionsarmen Verfahren haben. Nur so lässt sich langfristig die internationale Wettbewerbsfähigkeit stärken.

Die Erwartung ist nicht unberechtigt, dass Deutschland bei frühzeitigem und entsprechend ausgeprägtem Engagement, ähnlich wie beim deutschen Exporterfolg in der Umweltschutztechnik, auch bei Anlagen und Verfahren für den Klimaschutz weltweit einen der führenden Plätze erringen kann und somit Klimaschutz zum Exportschlager macht. Dieses Potenzial für eine solche Symbiose von Wirtschaftlichkeit und Klimaschutz wird nach den ersten bisherigen Ergebnissen des Themenfindungsprozesses derzeit u. a. in katalytischen Produktionsverfahren sowie in einer innovativen Prozesstechnik gesehen.

#### 2.4.1.1 Katalyse und neue Rohstoffquellen

Die Katalyse ist für die chemische Industrie eine Schlüsseltechnologie. Mehr als 80% aller erzeugten Produkte kommen im Laufe ihrer Synthese mindestens einmal mit Katalysatoren in Berührung. Leistungsfähige Katalysatoren sind somit der Schlüssel zu einem sowohl ökonomisch als auch ökologisch optimierten Wertschöpfungsnetzwerk, das von einfachen Molekülen ausgehend Verbindungen mit teilweise hochspezialisierten funktionalen Eigenschaften und entsprechendem ökonomischem Wert erzeugt. Sie ermöglichen den Zugang zu neuen Rohstoffen, der Einsparung von Synthesestufen und der Reduktion des Energieverbrauchs in der Produktion. Zukünftige, klimaschutzrelevante Forschungsfelder in der Katalyse sind u. a.:

- *die katalytische Aktivierung der Kohlenstoff-Wasserstoff-Bindung in Alkanen*

Unter den fossil vorkommenden Kohlenwasserstoffen sind alkanhaltige Erdgase diejenigen mit den größten Reserven. Die Umstellung der Syntheseketten der Petrochemie von Olefinen auf Alkane besäße eine ähnliche Dimension wie der seinerzeitige Wechsel von der Kohle zum Erdöl und bietet gleichzeitig erhebliche Potenziale in der Energieeinsparung, z. B. durch den Wegfall energieintensiver Prozessschritte.

- *die Bereitstellung von Wasserstoff als Energieträger*

Im Gesamtkontext des breiten und umfangreichen Gebietes der Wasserstofftechnologie spielt die Chemische Industrie und insbesondere die Katalyse eine wichtige Rolle in der Bereitstellung und Nutzung von Wasserstoff als Energieträger. Die Herausforderungen für die Katalyse bestehen hier sowohl bei der Erzeugung von Wasserstoff, etwa in mobilen katalytischen Reformier-Einheiten, als auch in der Umwandlung der chemischen in elektrische Energie mit Hilfe von Brennstoffzellen. Ähnliches gilt für dezentrale stationäre Anwendungen der Brennstoffzelle, für die in verschiedenen Studien bis zum Jahre 2013 die Neu-Installation von jährlich 500.000 Einheiten erwartet wird. Daneben gibt es interessante Ideen zu alternativen Wasserstoff-Transportsystemen, bei denen der Wasserstoff nicht gasförmig transportiert wird, sondern an geeignete Trägermedien chemisch gebunden ist.

- *Katalyse und nachwachsende Rohstoffe*

Während in der Petrochemie chemische Endprodukte wie Seifen, Waschmittel, Farben und Lacke, Hydraulik- und Schmieröl, Kraftstoffe, Druckfarben etc. durch zahlreiche Syntheseschritte aufwändig aufgebaut werden müssen, nutzt die Oleochemie, also die Chemie der nachwachsenden Öle und Fette, die von der Natur vorgegebenen und daher in der Regel auch gut biologisch abbaubaren Grundstrukturen und produziert in nur wenigen Schritten und mit entsprechend geringem Energieaufwand Endprodukte mit hoher Wertschöpfung. Das hohe Potenzial der Oleochemie wird aber bisher nur unzureichend genutzt. Schätzungen für Europa gehen davon aus, dass 15% des Schmiermittelmarktes und 40% des Waschmittelsektors im Jahre 2010 auf nachwachsenden Rohstoffen, insbesondere auf Basis oleochemischer Produkte, beruhen könnten, wenn diese Bereiche intensiver untersucht und gefördert würden.

#### 2.4.1.2 Prozessintensivierung und neue Technologien

Bei der Optimierung und Intensivierung von Prozessen ist das Potenzial der konventionellen Maßnahmen, z. B. dem Energieverbund, und der Nutzung von Abhitze-

dampf begrenzt. Hier bieten vor allem innovative Verfahrenstechnologien völlig neue Perspektiven für den Klimaschutz. Neue Reaktionswege und -regimes und gezielte Reaktionskontrolle können Prozessschritte einsparen. Auch sind wesentlich weniger energieintensive Reaktionsführungen, die Reduktion oder gar der Verzicht auf Lösungsmittel, eine radikale Verkürzung der Produktaufarbeitung durch höhere Ausbeuten und Selektivitäten und somit eine Energie- und Ressourceneffizienz möglich, die weit über das Optimierungspotenzial bestehender Verfahren hinausgeht.

Dies erfordert die Verbindung von konventionellem Equipment mit meso- und mikrostrukturierten Komponenten, erhöhte lokale Prozesskontrolle und ist meist mit dem Übergang von Batch- zu kontinuierlichen Prozessen verbunden. Diese neue Prozesstechnik stellt einen Paradigmenwechsel in der chemischen Industrie dar. Beispielhafte neue Reaktorkonzepte mit Klimaschutzpotenzial sind u. a.:

- *Mikrostrukturapparate*, d.h. Reaktoren, Mischer, Wärmeübertrager mit charakteristischen Abmessungen < 1 mm, die höchsten Stoff- und Wärmeaustausch sowie kontrollierte Verweilzeitbedingungen bieten.

- *Membranreaktoren*, die Kombination von Reaktionsstufe und selektiver Stofftrennung durch Membranen in einem Apparat zur Effizienzsteigerung. Membranreaktoren sind u. a. für Mehrphasenreaktionen interessant.

- *Spinning Disc Reaktoren*, in denen Flüssigkeiten kontinuierlich in die Mitte einer rotierenden Scheibe geführt werden, wo sie einen dünnen Film bilden, in dem unter den auftretenden Zentrifugal- und Scherkräften ein exzellenter Stoff- und Wärmeaustausch resultiert. Diese Reaktoren haben hohes Potenzial für exotherme und lösungsmittelfreie Reaktionen im kontinuierlichen Betrieb.

#### 2.4.1.3 Querschnittsbedeutung der Chemischen Industrie

Die meisten chemischen Produkte dienen anderen Industriezweigen als Ausgangsstoffe für ihre Fertigungsprozesse. In der Presseerklärung des Verbandes der Chemischen Industrie e. V. (VCI) zur Innovationsoffensive des Bundeskanzlers vom 16. Januar 2004 heißt es: „Innovationen aus der Chemie sorgen für einen jährlichen Umsatz mit Produktneuheiten in Höhe von 20 Milliarden Euro. Die Branche erbringt rund 20 Prozent der gesamten Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen des verarbeitenden Gewerbes und in-

vestiert allein in Deutschland dafür rund 7,5 Milliarden Euro jährlich.“

Beispielhaft sollen hier Wärmedämmstoffe für Gebäude betrachtet werden. In Stadterneuerungsprojekten, wie z. B. der Sanierung der Werksiedlung *Brunckviertel* in Ludwigshafen wird auf dem energetischen Niveau des *5-Liter-Hauses*, beispielhaft an einem Objekt sogar auf dem Niveau des *3-Liter-Hauses*, höchste Energieeffizienz durch Einsatz innovativer Produkte und Systemlösungen einer Chemiefirma im Gebäudebestand realisiert. Der Erfolg dieses Projektansatzes ist in der konsequenten Einbeziehung aller Glieder der Wertschöpfungskette und aller Beteiligten auf regionaler Ebene begründet. Dass die reine Entwicklung und Bereitstellung innovativer Produkte und Lösungen zur Wärmedämmung nicht ausreichend ist, zeigt sich bei Betrachtung der Gesamtsituation des Gebäudebestands in Deutschland. Hier gibt es 17-18 Mio. Gebäude, davon ca. 14 Mio. Ein- und Mehrfamilienhäuser. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der privaten Haushalte sind nach Angaben des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung vom Oktober 2000 von 129 Mio. t im Jahr 1990 auf 133 Mio. t im Jahr 2003 angestiegen. Trotz vorhandener technischer Möglichkeiten und der erheblichen Einsparpotenziale an Heizkosten sind die Ursachen für die mangelnde Einsparung von Kohlendioxid im Gebäudebereich in der geringen Sanierungseffizienz von ca. 37% zu suchen, d. h. durchschnittlich bleiben im normalen Sanierungszyklus zwei Drittel der wirtschaftlichen energetischen Einsparpotenziale ungenutzt. Hier sind über FuE-Leistungen und dem Bereitstellen von Produkten und Lösungen hinaus auch Aspekte wie das Ausräumen von Informationsdefiziten, das Herstellen von Markttransparenz bis zum Endkunden und die Gestaltung entsprechender Umsetzungsbedingungen zu berücksichtigen.

Wie Produkte der Chemischen Industrie zur Reduktion der Emission klimarelevanter Gase in anderen Bereichen beitragen, lässt sich auch am Beispiel der Landwirtschaft zeigen. Die Landwirtschaft ist bei einigen Treibhausgasen in erheblichem Maße an der Emission beteiligt. Rund 45% der Methan-, 52% der Lachgas- sowie ca. 90% der Ammoniakemissionen in Deutschland stammen aus der Landwirtschaft, insbesondere aus der Viehhaltung und der Stickstoffdüngung. Biotechnologisch hergestellte Aminosäuren wie D,L-Methionin, L-Lysin und L-Threonin im Umfang von 1,2 Mio. t jährlich werden in der Tierernährung als Futtermittelzusatzstoffe zunehmend als Ersatz von weniger gezielt einsetzbaren Proteinen verwendet und reduzieren damit erheblich Stickstoffausscheidungen in Form von Ammoniak. Alternative Düngemittel aus der Agrochemie re-

duzieren außerdem die Emission von Lachgas in der Agrarwirtschaft.

Künftige Anwendungsstrategien für ein ökoeffizientes Nährstoffmanagement in der Landwirtschaft müssen sowohl auf eine verbesserte Nutzung bestehender Potenziale zielen, z. B. durch Ökoeffizienzanalysen unter betriebswirtschaftlichen Rahmenbedingungen und Berücksichtigung verschiedener Managementoptionen, als auch auf eine auf die jeweiligen Problemlagen zugeschnittene Weiterentwicklung chemischer Produkte, z. B. von Nitrifikations- und Ureaseinhibitoren, um in der Zukunft zusätzlich Emissionsminderungen zu erreichen. Das Potenzial der Chemischen Industrie sowie ihre wichtige Position auf dem internationalen Markt bieten hierfür gute Voraussetzungen.

#### 2.4.2 Zement- und Baustoffindustrie

Die Baustoffindustrie leistet durch vielfältige Technologien Beiträge zum Umwelt- und Klimaschutz. Während die Chemische Industrie Produkte für unterschiedlichste Wertschöpfungsketten liefert und das damit zusammenhängende Klimaschutzpotenzial eine differenziertere Analyse erfordert, ist die Baustoff- und Zementindustrie dem klarer abgrenzbaren Bausektor zuzuordnen, dessen Klimaschutzpotenzial auf verschiedenen Ebenen einfacher zu identifizieren ist. Das mit ca. 15 Mrd. Tonnen pro Jahr weltweit am meisten eingesetzte Bindemittel ist Lehm, ein Baustoff, der gleichzeitig mit geringem Energieaufwand hergestellt werden kann, gefolgt von Zement mit 1,7 Mrd. Tonnen pro Jahr und Gips mit 0,2 Mrd. Tonnen pro Jahr. Mit Hilfe von Polymerdispersionen, z. B. Acrylat, Ethylen-Vinylacetat, kann Lehm wasserfest gemacht werden, ohne seine Atmungsaktivität und die bezüglich des Wohnraumklimas sehr günstigen Eigenschaften zu verlieren. Zwar spielt Lehm als Baustoff in den Industrienationen nur eine geringe Rolle. Aufgrund seiner hohen weltweiten Bedeutung bieten jedoch Forschungs- und Entwicklungsansätze auf diesem Gebiet international erhebliches Potenzial für den Klimaschutz.

Die Zementindustrie ist für ca. 5% der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich. In Deutschland gehen ca. 2,6% dieser CO<sub>2</sub>-Emissionen auf die Zementherstellung zurück. Bezogen auf eine Tonne Zement werden dabei insgesamt 0,694 Tonnen CO<sub>2</sub> freigesetzt. Diese Emissionen werden zu rd. 62% durch Stoffumwandlung (Calcinierung), zu 28% durch den nötigen Brennstoffeinsatz und zu 10% durch den Stromverbrauch der Aggregate und Anlagen verursacht. Bei der Zementherstellung gilt es, Energieverbrauch und Ausstoß von



Kohlendioxid durch stärkere Verwendung von Sekundärroh- und -brennstoffen sowie durch Übergang von reinem Portlandzement zu Komposit-Zementen weiter zu senken.

Neben verfahrenstechnischen Innovationen und der Verwendung alternativer, d.h. kohlenstoffärmerer, Brennstoffe bietet vor allem die Substitution des gebrannten Zwischenprodukts des Zementklinkers durch andere Hauptbestandteile hohe Einsparpotenziale. Von besonderer Bedeutung ist hier der Hüttensand, der bis zu 80% Zementklinker substituieren kann und damit den o.g. hohen CO<sub>2</sub>-Anteil bei der Klinkerherstellung (Calcinierung) zu vermeiden hilft. Von den 7,6 Mio. Tonnen in der deutschen Stahlindustrie anfallenden Hochofenschlacken wurden ca. 5,2 Mio. Tonnen zu Hüttensand granuliert, der zu rd. 80% in der Zementherstellung Verwendung findet.

Die konsequente Ausnutzung vorhandener Potenziale hängt wesentlich von der Marktakzeptanz entsprechender Komposit-Zemente ab. Die mangelnde Erfahrung mit diesen Zementen steht einer stärkeren Verbreitung derzeit im Wege. Die langsamere Festigkeitsentwicklung von Komposit-Zementen führt zu einer langsameren Aushärtung der Bauteile und damit längeren Ausschulungsfristen. Andererseits gibt es Vorteile bei der Herstellung großer, massiver Bauteile durch geringere auftretende Hydratationswärme.

Die verstärkte Einführung von Komposit-Zementen in die Praxis erfordert somit Forschungsbeiträge zum Nachweis ihrer Leistungsfähigkeit mit dem Ziel der Förderung der Marktakzeptanz durch Transfer der generierten Forschungsergebnisse und die Erarbeitung technischer Normen und Regeln für diese Zemente. Forschungsbeiträge zur Bewertung der Leistungsfähigkeit neuer Zemente sind damit ebenso wichtig wie die Entwicklung und Erprobung CO<sub>2</sub>-mindernder Technologien für den Zementherstellungsprozess.

Auch an diesem Beispiel wird deutlich, dass die konsequente Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen einen ganzheitlichen Ansatz erfordert, der, neben der Lösung bestehender technischer Probleme, im wesentlichen auf Entwicklungen in der weiteren Wertschöpfungskette zielen muss. Ein weiterer Ausbau der Kreislaufwirtschaft unter Verwendung sekundärer Rohstoffe und Koppelprodukte, z.B. aus der Stahlindustrie und Kraftwerkswirtschaft bzw. sekundärer Brennstoffe aus geeigneten Abfällen, erfordert daher eine engere Zusammenarbeit der Partner aus unterschiedlichen Industriezweigen vom Rohstoff bis hin zum Endprodukt.

### 2.4.3 Stahlindustrie

Die deutsche Stahlindustrie gehört aufgrund ihrer Erzeugungsmenge zu den besonders energieintensiven Branchen. Mit einem Produktionsvolumen von 45 Mio. Tonnen Rohstahl im Jahr 2002 ist sie mit 30% der Rohstahlproduktion der größte Stahlerzeuger in der EU und steht weltweit an sechster Stelle, hinter China, Japan, den USA, Russland und Südkorea. Der genannten Rohstahlmenge von 45 Mio. Tonnen entsprechen, so Angaben des Stahlinstituts des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), 60,5 Mio. Tonnen Kohlendioxid, d.h. 1,34 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Tonne Rohstahl. Bei Hochöfen zur Verhüttung von Eisenerzen ist die Emission von Kohlendioxid primär durch den Reduktionsprozess und nur sekundär durch den Energieverbrauch bedingt. Kohlendioxid entsteht hier zwangsläufig als Koppelprodukt, typischerweise 1-2 Tonnen Kohlendioxid pro Tonne Roheisen, in Abhängigkeit von den eingesetzten Rohstoffen. Die Nutzung kohlenstoffhaltiger Substanzen als Reduktionsmittel gilt hier als unverzichtbar und ist nicht zu substituieren. Klärungsbedürftig ist, inwieweit durch Modifikation des Hochofenprozesses die Emission von Kohlendioxid, bei möglichst geringer Erhöhung des Energiebedarfs, noch reduziert werden kann.

Für die Roheisen- und Stahlherstellung ergeben sich folgende klimarelevante Entwicklungsfelder:

- Erhöhung der Energie- und Ressourceneffizienz durch Wirkungsgradsteigerung,
- Optimierung und Verkürzung von Prozessketten,
- neue innovative Verfahren und leistungsfähigere Werkstoffe,
- Stoffstromoptimierung durch Nutzung von Koppelenergien, etwa Prozessgasen, Abhitzedampf und Abwärme,
- Schließung von Stoffkreisläufen, einschließlich Recycling von Sekundärrohstoffen, Nebenprodukten und Reststoffen,
- Einsatz von wasserstoffreichen Gasen, wie Erdgas oder Koksofengas, als Reduktionsmittel für die Erzeugung von direkt reduziertem Eisen.

Durch die Produktion in Hochöfen mit hoher Leistung und Prozessverbesserungen, z. B. zur Verminderung des Reduktionsmittelverbrauchs oder zur Prozessverkürzung bei der Warmbänderzeugung, konnte für deutsche Anlagen der spezifische Primärenergieverbrauch seit 1960 bereits um über 30% gesenkt werden. Der in Deutschland erreichte Stand der Technik gehört damit weltweit zu den führenden Technologien. Wären deutsche Stahlwerke internationaler Standard, so die

Einschätzung des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wirtschaftsforschung, ließen sich dadurch die mit der Produktion durch veraltete Technologien verbundenen Emissionen von Kohlendioxid um etwa die Hälfte, d.h. 642 Mio. Tonnen, reduzieren. Hierzu müssen jedoch die Investitions- und Betriebskosten moderner und neuer, innovativer Stahlwerke sinken. Es besteht daher Entwicklungsbedarf für kostengünstige Lösungen, die insbesondere auch in Osteuropa und China Marktakzeptanz finden.

Visionär ist der Gedanke, Stahl elektrochemisch durch Elektrolyse von Eisenerz zu gewinnen. Dies würde langfristige Entwicklungsarbeiten erfordern, erscheint prinzipiell aber möglich. Vorteile eines solchen Verfahrens wären, dass Eisen in reiner Form flüssig gewonnen und elektrochemisch gezielt, z.B. mit Chrom, Nickel, Vanadium, Molybdän u. a., veredelt und in einer bottom up-Strategie gezielt gekohlt werden könnte. Die Produkte der elektrochemischen Stahlerzeugung wären Eisen und Sauerstoff. Für den Klimaschutz ist ein solches Konzept nur dann sinnvoll, wenn der benötigte elektrische Strom CO<sub>2</sub>-neutral gewonnen werden kann, z. B. durch Biotreibstoffe, Biomasse, Wind- oder Wasserkraft, bzw. wenn die Stromproduktion im Kraftwerk mit der Abtrennung und Sequestrierung des Kohlendioxids gekoppelt wird. Eine umfassende Bewertung solcher Ansätze mit den Methoden der bereits erwähnten Ökoeffizienzanalyse ist allerdings für entsprechende FuE-Vorhaben wesentliche Voraussetzung.

In der Weiterverarbeitung von Stahl sollen neue Bandgießtechnologien, wie das Zwei-Walzen-Gießverfahren (Direct Strip Casting) und das Zwei-Rollen-Gießverfahren (Twin-Roll-Casting), direkt gekoppelt an die Stahlerzeugung, den flüssigen Stahl direkt in dünne Bleche verarbeiten. Der Energiebedarf beträgt nur ca. 15% des entkoppelten Stranggießens bzw. Warmwalzens, bei dem das Walzgut unter hohem Energieaufwand auf Temperaturen von etwa 1.250°C wieder erwärmt werden muss. Grundsätzlich weisen diese neuen Verfahren jedoch als endabmessungsnahe und gekoppelte Prozesse eine hohe technologische Komplexität und abnehmende Korrekturmöglichkeit von Fehlern bei der Herstellung auf. Dies eröffnet weitere Ansatzpunkte für entsprechende FuE-Projekte.

Die deutsche Stahlindustrie versorgt verschiedene Branchen direkt oder indirekt mit Walzstahl, im Jahr 2002 mit 36 Mio. Tonnen. Neue hochwarmfeste Stahlwerkstoffe, die mit höheren Drücken und Temperaturen beaufschlagt werden können, haben das Potenzial, wesentlich zur Wirkungsgraderhöhung und damit zur

CO<sub>2</sub>-Minderung im Kraftwerksbetrieb beizutragen. Im Automobilbau bieten HSD-Stähle Vorteile als Leichtbauwerkstoffe hinsichtlich der Kraftstoffeinsparung. Von Bedeutung für den Klimaschutz ist also auch in diesem Bereich nicht nur die Ressourcen schonende und CO<sub>2</sub>-verminderte Herstellung von Produkten und Basisstoffen für andere Unternehmen, sondern auch die enge Zusammenarbeit und der enge Verbund mit den jeweiligen weiterverarbeitenden Industriezweigen.

## 2.5 Folgerungen für das weitere Vorgehen und die Themenfindung

Als wesentliches Zwischenergebnis des bisher angestoßenen Diskussionsprozesses ist festzuhalten, dass die Integration von Klimaschutzoptionen und -maßnahmen in Strategien für eine Nachhaltige Entwicklung Herausforderung und Chance zugleich darstellt.

Zum einen führt die Verknüpfung technologischer und wirtschaftlicher Aspekte mit gesellschaftlichen Erfordernissen und Umweltaspekten zu neuen Anforderungen hinsichtlich integrierter Konzepte und einer interdisziplinären, anwendungsorientierten Herangehensweise. Im Vergleich hierzu erscheinen die bisherigen Klimaschutzaktivitäten in vielen Bereichen, die oftmals auf spezielle Prozessoptimierungen beschränkt waren, vergleichsweise einfach strukturiert. Wirklich neue Querschnittsthemen und Verknüpfungen oder effektivere Umsetzungsformen bereits vorhandenen Know-hows zu finden und diese in Forschungskonzepte umzusetzen, erwies sich bislang in allen behandelten Bereichen als besonders ambitionöses Ziel.

Zum anderen werden durch neue integrierte Klimaschutzstrategien aber auch neue Möglichkeiten eröffnet. Deren Nutzung, Erschließung und Vorbereitung durch geeignete FuE-Aktivitäten erlangen wachsende Bedeutung. Denn die Ziele und Rahmenbedingungen für den Klimaschutz sind angesichts der internationalen Entwicklung in verschiedenen Bereichen anspruchsvoll, komplex und in ständiger Veränderung begriffen.

Der dargestellte Findungsprozess für neue Themen und die ersten Ergebnisse zeigen, dass Teile der deutschen Wirtschaft diese Einschätzung teilen und selbst durch programmatische Erklärungen ihre Beiträge für eine nachhaltige Entwicklung zum Ausdruck bringen. Eine Reihe von Unternehmen hat sich auf betrieblicher Ebene diesen neuen Ansätzen geöffnet und ist zur aktiven Mitarbeit an einer weiteren fachlichen Ausgestaltung eines künftigen Konzepts „FuE für den Klimaschutz“ bereit.

Die Sondierung entsprechender Fragestellungen und Ansätze durch die DECHEMA hat in den drei Wirtschaftsbereichen Chemie, Zement und Stahl bereits zu ersten konkreten Ansatzpunkten geführt. Diese sollen nunmehr im weiteren Diskussionsprozess vertieft und ausgebaut werden. Zugleich können die Ergebnisse eines solchen Verfahrens zur Themenfindung aber nur exemplarischen Charakter haben. Denn weitere, möglicherweise ebenso relevante Fragen aus anderen Bereichen, z. B. die Abtrennung und Speicherung von Kohlendioxid oder die Bereiche Verkehr, Mobilität und Automobilbau, müssen ebenfalls Berücksichtigung finden. Hierfür muss dieses im Aufbau befindliche Förderkonzept auf Sicht thematisch offen und flexibel bleiben.

Zugleich ist auch zu berücksichtigen, dass derartige Fragen nicht allein aus heutigem Blickwinkel betrachtet werden dürfen. Viele Rahmenbedingungen sind nicht konstant, sondern in einer raschen Entwicklung begriffen, wie z. B. klimapolitische Instrumente, u. a. der Emissionshandel, die Weltmarktpreise von Energieträgern, die internationale Technologieentwicklung oder auch sozio-ökonomische Einflussgrößen, wie Märkte, Exportfähigkeit und Konsumentenverhalten. Dies gilt es zu berücksichtigen, in die Forschungsprojekte einzubeziehen bzw. selbst zum Forschungsgegenstand zu machen.

Aus heutiger Sicht bieten sich zur Umsetzung von Forschungsbeiträgen folgende Möglichkeiten an:

- Aufbau von Verbänden, Netzwerken oder Plattformen zur Verbesserung von Information und Kooperation,
- Verbesserung der Technologie-Diffusion, z. B. branchenweit, durch Demonstrationsprojekte,
- Längerfristige Forschung und Entwicklung zu „visionären“ Ansätzen, wie z. B. den erwähnten Themen Oleochemie oder elektrolytische Stahlerzeugung.

Hierbei ist ein besonderes Augenmerk auf die Einbettung derartiger Ansätze sowohl in die bereits bestehende FuE-Landschaft als auch in das vorhandene Förderprogramm staatlicher und halbstaatlicher Organisationen und Institutionen zu richten. Der Erfolg künftiger Fördermaßnahmen des BMBF zum Klimaschutz wird vor allem auch davon abhängen, dass die Verzahnung dieser neuen Ansätze mit thematisch verwandten Aktivitäten anderer Bundesressorts und Organisationen gelingt, wie etwa der im Jahr 2002 angelaufenen Initiative COORETEC des BMWA zu CO<sub>2</sub>-Reduktionstechnologien in fossil befeuerten Kraftwerken.

Wichtig ist auch die Abstimmung mit thematisch verwandten Aktivitäten der EU, wie die u. a. ebenfalls auf

eine massive Reduktion der europäischen Emissionen von Kohlendioxid bei der Stahlproduktion abzielende Stahl-Plattform, in der die europäische Stahlindustrie repräsentiert ist, und die, gemeinsam mit anderen Technologie-Plattformen im Rahmen des Umwelttechnologie-Aktionsplans ETAP, nach aktueller Planung im 7. EU-Forschungsrahmenprogramm (RP7) eine hohe Förderpriorität erhalten soll. Nicht zuletzt wird der Erfolg nationaler Klimaschutzbemühungen von der Bereitschaft deutscher Unternehmen abhängen, sich mit lösungsorientierten Beiträgen zu engagieren und sich auch selbst mit eigenem Potenzial in die Forschungsverbünde einzubringen.

Nach Abschluss des Themenfindungsprozesses wird daher, beispielsweise in Form von Regionalkonferenzen, der Dialog mit Entscheidungsträgern aus Wirtschaft und Gesellschaft auf der Basis dieses neuen Förderkonzepts intensiviert und bis zur Formulierung gemeinsamer strategischer Projektverbünde auf Forschungsebene fortgeführt werden.

### 3. Teilkonzept: „Anpassung an Klimatrends und Extremwetter – Strategien, Innovationen, Märkte“

#### 3.1 Forschungspolitische Ausgangslage

Von jeher hatten Klima und Wetter einen großen Einfluss auf menschliches Leben und Wirtschaften. Mit dem Einsetzen des Industriezeitalters und entsprechendem wirtschaftlichem Wachstum wurden in zunehmendem Maße durch Energieerzeugung auf der Basis fossiler Brennstoffe und durch steigenden Ressourcenverbrauch Treibhausgase frei gesetzt und globale Stoffkreisläufe verändert. Dies ist nach heutiger Erkenntnis nicht ohne Rückwirkungen auf das Klima geblieben. In den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts wurden erstmals auf internationaler Ebene Anstrengungen zum Schutz des Klimas durch Begrenzung und Minderung der Treibhausgasemissionen unternommen, vor allem durch die Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und das Kioto-Protokoll. Inzwischen zeigen sich die Schwierigkeiten, derartige Abkommen umzusetzen und in absehbarer Zeit zu Erfolgen zu kommen. Noch ist die globale Entwicklung durch einen nahezu ungebremsten Emissionsanstieg infolge Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum gekennzeichnet. Politik, Forschung und Gesellschaft müssen daher auch in Zukunft das Ziel verfolgen, die Emissionen von Klimagasen zu vermindern, um gefährliche Klimaänderungen im Sinne der Klimarahmenkonvention zu vermeiden. Zu der langfristigen Entwicklung einer nachhaltigen Energieversorgung gibt es daher keine Alternative – hierfür sind baldmöglichst die Weichen zu stellen. Für einen besseren Umgang mit Klimaauswirkungen und Wetterextremen sind mit Aussicht auf unmittelbaren Erfolg aber schon jetzt eine Reihe anderer Maßnahmen möglich und notwendig. Dies betrifft die Entwicklung und Umsetzung effektiver Anpassungsstrategien an das gegenwärtige Klima und seine künftige Entwicklung mit dem Ziel, Schaden heute zu vermeiden oder zu verringern und dadurch für morgen Vorsorge zu treffen. Denn nicht nur für die Entwicklungsländer, sondern auch für die industrialisierten Länder des Nordens sind wirksamere Anpassungsmaßnahmen wichtig, wie die in den vergangenen Jahren aufgetretenen extremen Wetterereignisse und ihre Folgen, z.B. in Europa, demonstrieren.

Es soll im Folgenden an Beispielen gezeigt werden, dass bereits heute eine verbesserte Anpassung an Klima und Wetter von hoher volkswirtschaftlicher Relevanz ist. Das

Thema Anpassung wird deshalb schon heute in zunehmendem Maße von Akteuren der Wirtschaft bereits wahrgenommen. Aber auch in Verwaltung, Planung und Politik steigt der Beratungs- und Handlungsbedarf zu Auswirkungen von Klima und Wetter. Dies resultiert vor allem aus folgenden Gesichtspunkten:

- Nach übereinstimmenden Abschätzungen hängt bereits heute der größte Teil der Volkswirtschaft direkt oder indirekt von Klima und Wetter ab.
- Klima und Wetter sind keine konstanten Rahmenbedingungen. Die gegenwärtigen, gemessenen Klimatrends und Projektionen lassen in Zukunft entsprechende Änderungen erwarten. Hierauf weisen die Sachstandsberichte des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) hin. Diese Änderungen können nicht vermieden werden, selbst wenn das Klimaschutzziel der EU und der Bundesregierung eingehalten wird.
- Auch die aus statistischer Sicht ungewöhnlichen Extremwetterereignisse, die ein besonders hohes Schadenspotenzial in sich bergen, treten nicht mit konstanter Häufigkeit auf.
- Durch eine baldige Umsetzung angemessener Anpassungsstrategien an Klimatrends und Extremwetter werden neue Chancen für die deutsche Wirtschaft gesehen, u.a. auch wegen der ausgeprägten Exportorientierung.

Vor diesem Hintergrund erlangt eine verbesserte Anpassung eine eigenständige Bedeutung für die Konkurrenzfähigkeit der Wirtschaft und damit, zumindest in vielen Teilbereichen, für den Erhalt von Arbeitsplätzen. Verbesserte Anpassungsmaßnahmen haben darüber hinaus auch das Potenzial positiver Auswirkungen auf den öffentlichen Sektor sowie verschiedene Umweltbereiche. Nachfolgend sollen neue Ansätze für eine künftige Förderung von Forschung und Entwicklung angeregt werden, die vor allem auf die Bedarfslage verschiedener Unternehmen, Sektoren und Organisationen in Wirtschaft und Gesellschaft zielen. Deren Probleme und Interessenlagen sollen Plattformen zur Diskussion und Kooperation anzuregen helfen und die Ausrichtung künftiger noch zu definierender Verbundprojekte und Maßnahmen bestimmen. Im Sinne einer optimalen Nutzung öffentlicher Ressourcen und Ausschöpfung von Synergien wird dabei Wert gelegt auf eine aktive Verknüpfung der Verbundprojekte und Maßnahmenvorschläge mit bereits laufenden Aktivitäten und Programmen auf Bundes-, aber auch Landesebene. Beispiele hierfür sind das BMU-Konzept „Anpassung an Klimaänderungen in Deutschland“ und das Verbundprojekt des Landes Baden-Württemberg „Klimawandel – Aus-

wirkungen, Risiken, Anpassung“. Eine enge, übergreifende Verzahnung dieser Forschungsaktivitäten trägt insbesondere dem interdisziplinären und handlungsorientierten Charakter notwendiger Lösungsansätze Rechnung.

### 3.2 Auswirkungen von Klima und Wetter: Status und Entwicklung

Während der Begriff „Klima“ den allgemeinen Rahmen unseres Wettergeschehens absteckt und damit für den Menschen nur langfristig zu erfahren ist, bestimmen das tägliche Wetter und insbesondere seine extremen Ausprägungen und Auswirkungen einen erheblichen Anteil menschlichen Handelns und Wirtschaftens, unabhängig davon, wodurch diese Wetterextreme hervorgerufen sind. Drei Beispiele aus der jüngeren Vergangenheit mögen das verdeutlichen:

**I.**  
Der Sommer 2003 war außergewöhnlich heiß und trocken: die mittlere Tagestemperatur in Deutschland lag im Juni, Juli und August nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes (DWD) bei 19,6 Grad Celsius und damit 3,4 Grad über dem Durchschnitt. Ganz Europa litt unter der Hitze. Hier starben nach Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) etwa 20 000 Menschen an den Folgen der Hitze, davon ca. 4000 in Deutschland. Vor allem die aus den Alpen gespeisten Flüsse, wie z. B. der Rhein oder der Po, wiesen über Monate niedrigste Wasserstände auf, die Binnenschifffahrt erlitt große Einbußen und den Kraftwerken ging das Kühlwasser aus. In Portugal tobten die größten Waldbrände seit 20 Jahren.

Auch die Landwirtschaft beklagte vor allem beim Getreide deutliche Ernteeinbußen von bis zu 30%. Dagegen rechneten aber die Winzer mit einem Jahrhundertwein. Ebenso zählten sich z.B. Tourismusbetriebe ansonsten kühlerer Regionen und Getränkehersteller zu den Gewinnern dieses Extremsommers.

Vergleichsweise neutral wirkte sich diese extreme Wetterlage bisher auf die Versicherungswirtschaft aus, wie etwa aus einer Pressemitteilung der Münchener Rück von Ende 2003 hervorgeht: „Die volkswirtschaftlichen Schäden in Europa erreichten mit rund 13 Mrd. US\$ einen außerordentlich hohen Wert. Dennoch ist die Belastung der Versicherer, z. B. aus Dürreschäden, relativ gering, denn Mindererträge in der Landwirtschaft aufgrund von Trockenheit sind in der Europäischen Union meist noch nicht gedeckt.“

Solche Hitzesommer werden vermutlich keine singulären Ereignisse bleiben. Ein deutlicher Trend zu heißeren und trockeneren Sommern ist allein durch statistische Analyse der bisher gemessenen Wetterdaten erkennbar – d.h. auch ohne Berücksichtigung der in die gleiche Richtung gehenden Prognosen. Die Wahrscheinlichkeit dafür, dass ein Extremereignis wie der Hitzesommer 2003 auftritt, ist in den letzten Jahrzehnten um etwa den Faktor 20 angestiegen.

**II.**  
Der Orkan "Lothar" raste am zweiten Weihnachtsfeiertag 1999 mit Windgeschwindigkeiten von über 200 km/h über das zentrale Mitteleuropa hinweg. 80 Todesopfer waren zu beklagen. Vor allem in den Wäldern hinterließ er eine Spur der Verwüstung. In manchen Gegenden wurden 20% der Bäume umgestürzt oder geknickt. Allein in Baden-Württemberg entstand ein Schaden von zwei Milliarden DM.

Dieses Katastrophenbild lässt auf den ersten Blick nicht unbedingt auch Gewinner vermuten. Heute sieht man jedoch schon, wie z. B. durch die zwangsweise Naturverjüngung in wenigen Jahren die Basis für einen neuen, standortgerechten und bereits aufwachsenden Mischwald gelegt worden ist und damit auch neuer Lebensraum für viermal so viele Tier- und Pflanzenarten, als vorher in den dichten Fichten-Forstern zu finden waren, frei wurde.

**III.**  
Nur fünf Jahre nach dem verheerenden Oderhochwasser mit 80 Toten und Schäden in Milliardenhöhe hat im August 2002 eine Flutkatastrophe an Elbe und Donau in Deutschland 15 Tote und Schäden von insgesamt 9,2 Milliarden Euro verursacht. Die Mittel zur Beseitigung der Schäden werden von Seiten des Staats, der Versicherungen und großer Spendenaktionen aufgebracht. Abschätzungen ergaben, dass geeignete Präventivmaßnahmen einen Teil der Schäden für einen Bruchteil der Schadenssumme vermieden hätten. Obwohl solche Ereignisse nur in Grenzen zu beeinflussen und zu beherrschen sind, werden die möglichen Anpassungen innerhalb dieser Grenzen nun verstärkt diskutiert und in Angriff genommen. So heißt es in einem entsprechenden Bericht des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg: „Wo immer es die örtlichen Verhältnisse zulassen und der Eigentumserwerb möglich ist, wird Brandenburg Deiche zurückverlegen, um das Hochwasserabflussprofil der Flüsse zu vergrößern, wie im Bereich von Lebus an der Oder oder bei Müggendorf-Cumlosen an der Elbe oder der "Böse Ort" bei Lenzen.“

Diese Beispiele verdeutlichen, dass selbst in einem scheinbar konstanten Klima Anpassung an extreme Wetterereignisse nötig ist. Aber Klima verändert sich, hervorgerufen durch natürliche und menschliche Einflüsse, auch ständig. So wird die Temperaturerhöhung von 0,6°C ( $\pm 0,2^\circ$ ) im globalen Mittel, die im 20. Jahrhunderts beobachtet wurde, bereits zum größeren Teil auf anthropogene Emissionen von Treibhausgasen zurückgeführt. Die Ergebnisse der Klimamodellierung lassen erwarten, dass sich die beobachtete Temperaturerhöhung verstärkt fortsetzen wird. Die Spannweite der Temperaturerhöhung liegt zwischen 1,4° und 5,8° bis zum Jahr 2100, je nach der zu Grunde gelegten gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Entwicklung, der Globalisierung der nationalen Wirtschaftsordnungen und der Intensivierung des Technologietransfers. Darüber hinaus könnte auch die Klimavariabilität sowie die Wahrscheinlichkeit für eine stärkere Ausprägung und

Häufigkeit von Extremwetterlagen zunehmen, wie die oben angeführten Beispiele zeigen. Dies würde Wirtschaft und Gesellschaft vor weitaus größere Probleme mit Blick auf die notwendigen Anpassungsleistungen stellen.

Allerdings ist, wie der folgende eingerahmte Text aufzeigt, auch in den letzten Jahren die Prognosefähigkeit auf unterschiedlichen Zeitskalen deutlich verbessert worden.

**So stellt etwa die Kurzfristvorhersage eine einfache Interpolation der gegenwärtigen Wettersituation dar, bei der im allgemeinen auf die Verwendung von Modellen verzichtet werden kann. Der Prognosezeitraum umfasst mehrere Minuten bis zu wenigen Stunden. Sie ist insbesondere bei der Flugwetterberatung, aber auch im Bereich von Unwetterwarnungen, z. B. Tornadowarnungen in den USA, von Bedeutung.**

**Die Qualität der Kurzfristvorhersage, d. h. Vorhersagezeiträume bis zu ca. 3 Tagen, hat in den letzten Jahren durch die Weiterentwicklung von Modellen und die Intensivierung der Beobachtungen, besonders über Satelliten, stetig zugenommen. Während Temperatur und Wind relativ genau zu prognostizieren sind, sind die Niederschlagsvorhersagen deutlich schlechter. Die Kurzfristvorhersage ist in der Regel Aufgabe der nationalen Wetterdienste.**

**Die Mittelfristvorhersage umfasst gegenüber der Kurzfristvorhersage einen Zeitraum von bis zu 10 Tagen. In Europa fällt sie in den Zuständigkeitsbereich des Europäischen Zentrums für Mittelfristige Wettervorhersage (EZMW). Auch hier wurden in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte erzielt.**

**Saisonale Vorhersagen sind vor allem für die Tropen erfolgreich, siehe z. B. die Ereignisse der El Niño Southern Oscillation: Die Fernerkundung der Meeresspiegelhöhe und der Ozeanoberflächentemperatur im tropischen Pazifik sowie Bojenmessungen der dortigen Wassertemperatur in Tiefen von bis zu 500 m erlaubt die frühzeitige Erkennung und Prognose von El Niño und La Niña-Ereignissen für Zeiträume von etwa sechs Monaten. Zu dem Wetter- und Klimageschehen in Mitteleuropa scheint es nur eine sehr schwache Korrelation zu geben.**

**Von großer Bedeutung für dekadische Vorhersagen für den mitteleuropäischen Bereich ist die Beobachtung des sog. NAO-Phänomens (North Atlantic Oscillation). Neuere Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass sich die Meeresoberflächentemperatur im Bereich des Nordatlantiks durch eine ausgesprochen hohe Vorhersagbarkeit auf Zeitskalen von Jahrzehnten auszeichnet.**

**Saisonale oder dekadische Vorhersagen prognostizieren einen Trend, mit den entsprechenden Varianzen, für eine größere Region im Sinne eines klimatologischen Mittelwertes, d. h. die Vorhersage des Wettergeschehens ist systembedingt nicht zu erreichen. Sie können aber wertvolle Entscheidungsgrundlagen für Anpassungsmaßnahmen darstellen.**

Diese Vorhersagen haben die Möglichkeiten für Anpassungen erheblich erweitert. Neben Klima und Wetter hat sich aber ein weiterer, wesentlicher Faktor in den

letzten Jahrzehnten grundlegend verändert. Immer mehr Menschen und Wirtschaftsgüter verdichten sich mittlerweile verstärkt auch in geografischen Ballungsräumen, die anfällig gegenüber bestimmten Wettersituationen sind. So lebte z. B. nach Angaben der Vereinten Nationen 1950 nur ein Drittel der Weltbevölkerung in Städten. Heute ist es schon die Hälfte, und das bei einer sich insgesamt stark vermehrenden Weltbevölkerung. Auch in Küstenregionen hat die Besiedlungsdichte zugenommen. Derzeit konzentrieren sich etwa 3 Mrd. Menschen, also die Hälfte der Weltbevölkerung, in einem Streifen von 200 km entlang der Küsten. Eine Verdopplung, insbesondere durch Migration in Richtung Küste, wird für das Jahr 2025 prognostiziert.

Schließlich hat sich auch nicht nur weltweit die Mobilität von Gütern und Menschen erhöht. Auch die Organisation von Produktionsprozessen und die Produktzyklen haben sich ebenfalls erheblich geändert. Im Zuge der Globalisierung und dem bei vielen Unternehmen weitgehenden Verzicht auf Lagerhaltung, der "just in time"-Produktion, erlangen witterungsabhängige Prozesse bei Logistik und Transport eine stärkere Bedeutung.

Im Hinblick auf die Wetterabhängigkeit fußen die derzeitigen Planungsprozesse auf Wetterstatistiken der Vergangenheit, einschließlich der beobachteten Extremwetterlagen. Weitgehend unberücksichtigt bleiben derzeit nicht nur die möglichen und teilweise bereits wissenschaftlich belegten Veränderungen der Klimaphänomene selbst, sondern auch absehbare andere Trends, die z. B. durch die wirtschaftliche Entwicklung in sensiblen Räumen entstehen, etwa die Landnutzung in Flusseinzugsgebieten. Mit dem gegenwärtigen Management sind jedoch Wirtschaft und Gesellschaft auf die zukünftige Entwicklung nicht ausreichend vorbereitet. Dies gilt auch, wenn einer der Faktoren – nämlich die von der Wissenschaft prognostizierte weitere Zunahme von Extremereignissen – ausbleibt.

Dass neue innovative Strategien und Methoden zur Anpassung an eine sich ändernde Umwelt nicht nur bedeuten, Risiken für Gesellschaft und Wirtschaft zu mindern, sondern auch gerade in einer globalisierten Welt erhebliche gesellschaftliche und ökonomische Perspektiven eröffnen, wird im nächsten Kapitel an einigen Beispielen gezeigt.

### 3.3 Beispiele für die Bedeutung von Klima und Wetter in verschiedenen Wirtschaftsbereichen

#### 3.3.1 Vorbemerkung

Im Folgenden wird beispielhaft die Bedeutung von Klima und Wetter in den exemplarisch ausgewählten Wirtschaftsbranchen der Finanzwirtschaft, Elektrizitätswirtschaft, Gebäudetechnik, der Tourismusbranche, des Städtebaus sowie der Land- und Forstwirtschaft dargestellt. Klimatrends und Extremwetter werden hier nicht nur als ein aktueller oder potenzieller Trend wahrgenommen. Vielmehr ergeben sich aus Sicht dieser Bereiche bereits heute sowohl operationelle Risiken als auch Chancen für neue Produkte und Dienstleistungen, neue Geschäftsprozesse und komparative Vorteile gegenüber Wettbewerbern. Dem Finanzsektor kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Denn sein Interesse an einem Risiko- und Chancenmanagement ist groß. Auch ist er als Geldgeber für den Großteil der Wirtschaft von deren Anpassungsleistungen abhängig und dürfte daher als Promotor und Multiplikator eine zentrale Rolle einnehmen.

Den folgenden Ausführungen liegt eine Recherche in 16 Wirtschafts- und Gesellschaftsbereichen zu Grunde, die das Technologiezentrum des VDI in Düsseldorf im Auftrag des BMBF durchgeführt hat. Während des Verlaufs dieser Recherche wurde festgestellt, dass einige Sektoren Klima- und Wetterphänomene mit ausreichender Flexibilität entsprechend berücksichtigen können, während andere die zukünftige Bedeutung dieses Themas für ihr Geschäftsfeld noch nicht hoch einschätzen.

Beides trifft nicht auf die hier vorgestellten sechs Bereiche zu. Denn diese weisen in der Regel langfristige Planungszeiträume sowie Investitions- und Amortisierungszyklen auf. Energietechnik, Gebäudetechnik, Städtebau und Teile der Tourismusbranche errichten und betreiben Infrastrukturen, die in der Regel über mehrere Jahrzehnte genutzt werden. Sie können Klimatrends bzw. Extremwetter nicht ausweichen oder ihre Angebotspalette verändern. Für solche Branchen, die ihr Standbein nur schwer verlagern können, ist es rational und mittel- bis langfristig betriebswirtschaftlich notwendig, sich verstärkt der Früherkennung von Wetter- und Klimatrends zu widmen und damit entsprechende Anpassungsstrategien zu entwickeln. Dies kommt auch der Standortsicherung und dem Erhalt von Arbeitsplätzen zugute. Diese Bereiche werden außerdem vom Finanzsektor genau beobachtet, weil sich Kapital für größere Investitionen in der Regel nur an den nationa-

len und internationalen Finanzmärkten beschaffen lässt, die sensibel auf Anzeichen und Frühindikatoren reagieren, falls eine Investition nicht zukunftssicher erscheint.

Anpassung bedeutet bei den betrachteten Beispielen nicht nur ein frühzeitiges betriebswirtschaftliches Risikomanagement. Sie ermöglicht darüber hinaus auch Wettbewerbsvorteile für Unternehmen, die auf das Thema Klima und Wetter schneller, flexibler und strategischer reagieren als ihre internationalen Konkurrenten und eröffnet schließlich auch neue Marktchancen, beispielsweise in subtropischen und tropischen Regionen, die von Wetterextremen bereits jetzt stärker als Europa betroffen sind.

#### 3.3.2 Finanzwirtschaft

Dieser Sektor als Geldgeber für die Wirtschaft wird hier als Querschnittsbereich vorgestellt, um die besondere Funktion als Multiplikator der Anpassungsproblematik hervorzuheben. Zum Finanzsektor zählen Banken, Versicherungen, Rückversicherungen sowie institutionelle Investoren, insbesondere Asset-Management-Gesellschaften, Fondsgesellschaften und Pensionsfonds.

Die Finanzwirtschaft ist in mehrfacher Hinsicht mit den Themen von Klimatrends und Wetter befasst. Denn erstens ist sie im Zuge verschärfter internationaler Konkurrenz und gestiegener Risikovorsorgestandards selbst gezwungen, die mittelbare Wetterabhängigkeit ihres Geschäftes zu kontrollieren, sie ggf. zu mindern bzw. das Beteiligungsportfolio zu bereinigen. Zum zweiten bieten Banken und Versicherungen auf den Finanzmärkten Produkte an, mit deren Hilfe sich Unternehmen gegen Wetterrisiken bzw. die Wetterexposure ihres Geschäftes absichern können. Geläufige Produkte sind im Bankenbereich in Deutschland Wetterderivate in Form von Optionen und sog. Swaps. Die Kunden aus Einzelhandel, Mittelstand und Großunternehmen kommen aus Branchen wie Freizeit, Getränke, Bau, Energie und Landwirtschaft. Der Markt für derartige Produkte entwickelt sich in Europa stetig sowohl in Volumen als auch Zahl der gehandelten Kontrakte. Der deutsche Markt ist der zweitgrößte außerhalb der USA und besitzt eine Vorreiterrolle für Europa.

Inzwischen existieren zahlreiche Studien aus der Finanzbranche, welche die Wetterabhängigkeit von Branchen und Unternehmen und damit ein mögliches Risiko von versäumter Anpassung an Wetter- und Klimaänderungen der deutschen Volkswirtschaft untersuchen. Nach Angaben des Deutsche Bank Research spielen Wetterunregelmäßigkeiten für etwa 4/5 der weltweiten Wirt-

schaftstätigkeit direkt oder indirekt eine Rolle. Einige Schlüsselbranchen wie Bau, Energie, Landwirtschaft oder Freizeit weisen eine besondere Wetterempfindlichkeit auf und gelten angesichts des Klimawandels als zunehmend verwundbar. Das Unternehmensmanagement der Kunden wird zunehmend aufgefordert, seine Wetterabhängigkeit zu prüfen und gegebenenfalls Gegenmaßnahmen zu ergreifen, die von der Standort-sicherung bis zur Anpassung der Produktpalette reichen.

Nachhaltiges und damit auch klimaangepasstes Wirtschaften hat langfristige Auswirkungen auf Wettbewerbsfähigkeit und Rendite eines Unternehmens und wird damit zu einem Entscheidungskriterium für strategisch denkende Anleger. Dementsprechend haben eine Reihe von institutionellen Investoren und deren beratende Dienstleister, z. B. Research-Abteilungen, Ratingagenturen, Initiativen zu einem nachhaltigen Investment ergriffen, für welche die Klimastrategie von Unternehmen oder Branchen eine zentrale Rolle spielen. Hierzu gehören nach der Global Reporting Initiative GRI auch Bemühungen um eine weltweite Standardisierung der Bewertung von Wetterrisiken. Von zentraler Bedeutung ist die sog. Klimaexposition von Unternehmen und Branchen, die Wetterextremen und Klimaveränderungen direkt und/oder indirekt über die Veränderung von Rahmenbedingungen ausgesetzt sind. Neue Studien versuchen, beide Typen von Risiken zu beziffern und mittels Indikatorensets Benchmarks zu entwickeln, welche die Qualität des klimabezogenen Risikomanagements von Unternehmen vergleichen und bewertbar machen. Investitions- und Finanzierungsentscheidungen des Finanzsektors werden damit an die Frage geknüpft, wie hoch die Exposition eines Unternehmens gegenüber Wetter und Klimawandel ist und wie nachdrücklich seine Anstrengungen sind, dieses Risiko zu bewältigen.

In noch höherem Maße als Banken fungieren Versicherer und Rückversicherer als Multiplikatoren für das Thema Klima und Wetter. Versicherungen werden nicht nur von Unternehmen, sondern auch von Privatpersonen in Anspruch genommen, um Schäden durch Wettereinflüsse abzusichern. Die Höhe der Prämie zur Versicherung eines Wetterrisikos ist derzeit der einzige quantitative Indikator für die Tragweite des Themas Wetter und Klima. Es wird für das Management von Unternehmen spätestens dann zentral, wenn die Versicherungsprämien sich massiv verteuern. Betroffen sind Versicherer nicht nur über höhere direkte Kosten bei Haftungsfällen, sondern auch indirekt über die Volatilität der Kurse. Wert und Kurs eines Versiche-

rungsunternehmens schwanken stark, wenn es von Großschäden betroffen ist bzw. sich der Eindruck verbreitet, es habe für wetter- oder klimabedingte Schäden nicht ausreichend vorgesorgt. Über Versicherungspools werden Rückversicherer in der Regel von derartigen Entwicklungen mit beeinflusst.

Um diesen Herausforderungen begegnen zu können, sieht die Finanzwirtschaft grundsätzlich die Notwendigkeit, die Aufbereitung und das Management von Wetterdaten, insbesondere die systematische Erschließung von Grunddaten und die Bereitstellung in einheitlichen Datenformaten und Nutzerprogrammen, zu optimieren und dabei die Bedürfnisse der Banken und besonders klima- und wettersensibler Branchen zu berücksichtigen. Auch für interessierte Kunden sollte der Datenzugang, einschließlich der Schnittstellen zu internationalen Datenquellen, verbessert werden. Weiterhin wird Handlungsbedarf gesehen bei:

- der Durchführung gezielter Modellrechnungen zu mittelfristigen Klimatrends, um die Abschätzung von Schadenspotenzialen zu optimieren,
- der Forschung zu integrierten Risikomanagementsystemen und neuer Formen der Risikobewertung für exponierte Städte und Regionen und
- politischen Rahmenbedingungen für neue Versicherungsprodukte sowie deren Entwicklung.

Außerdem sollten Informationsveranstaltungen und Gesprächskreise zum Thema Klima und Wetter für die Industrie sowie für Wirtschaftsprüfer und Steuerberater initiiert und Bildungsangebote an Hochschulen und Berufsakademien zum Thema Management von Wetterrisiken für Berufsgruppen wie Betriebswirte, Juristen und Finanzmakler gemacht werden.

### 3.3.3 Elektrizitätswirtschaft

Das Thema Wetter, Wettervariabilität und Klimatrends ist für die Elektrizitätswirtschaft in jüngster Zeit in mehrfacher Hinsicht aktuell geworden. Betroffen sind insbesondere die Energieerzeuger, aber auch die Bereiche Elektrizitätsübertragung und -verteilung, z. B. Netzbetreiber, Energiedienstleistungen und Energiehandel. In allen diesen Bereichen ist in den vergangenen Jahren eine zunehmende Wetterabhängigkeit festzustellen, wie z. B.

- *Wetterabhängigkeit bei Nachfrage und Kapazitätsplanung*

Der gemessene Trend zu wärmeren Durchschnittstemperaturen stellt für die Nachfrage nach Energie und



Elektrizität Chance und Risiko zugleich dar. Höhere Durchschnittstemperaturen führen in der Tendenz zu einer ausgeglicheneren Nachfrage im Jahresverlauf und damit zu einer gleichmäßigeren Auslastung von Kraftwerken. Höhere Temperaturen in den Sommermonaten erhöhen die Nachfrage nach Kühl- und Klimatechnik, wodurch der Energieverbrauch deutlich steigt. In den Winter- und Übergangsmonaten dürfte die Nachfrage leicht sinken. Die Veränderung der Nachfragestruktur und eine höhere Klimavariabilität führen zu einer stärkeren Notwendigkeit, Nachfrageschwankungen besser vorherzusagen, um sie auffangen und möglichst in Erträge umsetzen zu können.

• *Wetterabhängigkeit der Kraftwerkstechnik und Energieerzeugung*

Die Überlegungen zum Energiemix schlagen sich auch in der Planung des Kraftwerkportfolios nieder. Kraftwerks- und Netzwerktechniken sind von Klimatrends und Extremwetter in mehrfacher Hinsicht betroffen. So sind die unterschiedlichen Kraftwerkstypen durch Niedrig- wie Hochwasser, aber auch durch die Windstärke in unterschiedlichem Ausmaß betroffen. Dies könnte soweit führen, dass sich Durchführbarkeit und Rentabilität von Kraftwerksinvestitionen an manchen Standorten längerfristig verändern.

Wichtiger für das Tagesgeschäft ist jedoch die Tatsache, dass der Ausfall eines Kraftwerkes möglichst zeitnah durch andere Kraftwerke zu kompensieren ist. Die Kapazitäts- und Betriebsplanung der Elektrizitätserzeuger ist damit ein zentraler Aspekt ihrer Wettbewerbsfähigkeit und der zu gewährleistenden Versorgungssicherheit. Diese Planungen werden durch Extremwetter und Klimatrends komplizierter und bedürfen dringend einer verbesserten Grundlage hinsichtlich der Einschätzung zukünftiger Entwicklungen. Für die Energiedistribution sind vor allem Starkwinde und Starkregen ein Problem, da Überlandleitungen und Umspannungswerke zerstört oder in ihrem Betrieb beeinträchtigt werden können. Neben verbesserten Planungsinstrumenten stellen hier insbesondere eine exakte Datengrundlage und entsprechende Entwicklungsprognosen einen Engpass dar.

Insgesamt gilt es, die Planungs- und Entscheidungsgrundlagen für die Unternehmen zu verbessern. Hierfür sind zuverlässigere, regional besser aufgelöste und zeitnähere Informationen über das Wetter und das mittelfristige Klima zu entwickeln, die eine feinmaschigere und längerfristige Planung der Energieerzeugung und -distribution ermöglichen.

Eine Verbesserung bzw. Vereinheitlichung der Datengrundlage wird ebenso gewünscht wie entsprechende Modelle für eine zuverlässigere Voraussage von Wetter- und Klimaentwicklungen mit einer höheren regionalen Auflösung und einem längerfristigen Prognosezeitraum. Wichtig ist auch eine nutzerorientierte Aufbereitung von Wetterparametern, wie bodennaher Temperatur, Niederschlag, Windstärken, Wasserstände von Flüssen und Küstengewässern sowie Fließgeschwindigkeiten von Fließgewässern. Auf dieser Basis könnten in Kooperation mit Vorhersagedienstleistern und Klimaforschern auch neue Wetter- und Klimadienleistungen entwickelt werden.

### 3.3.4 Gebäudetechnik

Die Branche der Gebäudetechnik umfasst besonders die Anbieter von Gebäudefronten und -fassaden, Raumluft-, Kühl- und Klimatechnik, Gebäuderegulung und Gebäudeautomation sowie Facility Management, d.h. Gebäudedienstleistungen, die mehr oder minder auf technische Informationssysteme zurückgreifen.

Für die Gebäudetechnik gelten Wetterextreme wie Starkwinde, Starkregen und Hagelereignisse zwar als beherrschbar, da Gebäude in der Regel auf „Worst case“-Szenarien ausgelegt werden. Aktueller Forschungs- und Anpassungsbedarf wird jedoch bezüglich des Klimatrends und möglicherweise zunehmender Extremereignisse gesehen. Gerade aus dem Trend zur Erwärmung und einem möglichen Anwachsen der jährlichen Sonnenscheindauer, wie etwa im Sommer 2003, ergeben sich für die Branche Risiken und Chancen.

Die Risiken sind der Baubranche und der Gebäudetechnik spätestens dann bewusst geworden, als ein Gerichtsurteil die Einklagbarkeit von bestimmten raumklimatischen Mindeststandards eröffnet hat. In Zukunft steigt deshalb das Risiko, dass Gebäudebesitzer bzw. -betreiber versuchen, Regressansprüche an den Bauherrn weiterzuleiten und ihm mangelnde Sorgfalt zur Last zu legen. „Zukünftig wird es für anmietende Arbeitgeber wichtig sein, Büroobjekte nicht nur nach ihrer attraktiven Gestaltung und verkehrsgünstigen Anbindung auszuwählen, sondern auch das Temperaturverhalten der Baukonstruktion nachzufragen bzw. sich diesbezüglich sachkundig und neutral beraten zu lassen“, so eine vielfach zitierte Interpretation dieses Urteils.

Die Gebäudetechnik sieht hier aber auch die Chancen. Denn höhere Außentemperaturen und stärkere Sonneneinstrahlung erhöhen die Nachfrage nach Produkten und Dienstleistungen für Isolierung, Wärmeregulie-

rung, Klimatisierung und Kühlung von Gebäuden. Das trifft insbesondere auf Bürogebäude mit ausgeprägten Glasfronten zu, aber auch auf Wohnhäuser. Für die Betreiber von Gebäuden birgt ein klimagerechtes Bauen und Gebäudemanagement Einsparpotenziale bei den Energiekosten. Mittelfristig dürfte klimagerechte Gebäudetechnik auch die Instandhaltungs- und Reparaturkosten für Gebäude senken.

Bei einem anhaltenden Erwärmungstrend wird es für die Anbieter von Gebäudetechnik überdies rentabel, neue Produkte, Technologien und Dienstleistungen zu entwickeln. Diese eröffnen wichtige Exportmärkte in subtropischen und tropischen Regionen wie China und Indien, die trotz ausgeprägter Wetterexposition zunehmend hochwertige Büro- und Hochbauten nach westlichem Vorbild errichten.

Um Wetter- und Klimarisiken besser abfangen und Chancen für neue Produkte, Dienstleistungen und Märkte wahrnehmen zu können, müssten eine Reihe von Anforderungen erfüllt werden. Neben der bereits in den anderen Bereichen genannten Notwendigkeit, die zeitliche und regionale Auflösung von Daten und Modellen zu verbessern, auch in einem breiteren Parameterspektrum, werden spezifische Erfordernisse sichtbar:

- Generell sollte die Entwicklung von Schnittstellen zwischen Wetterdienstleistungen und Gebäudetechnik gefördert werden, der europaweite bzw. global gültige Normen und Standards zugrunde liegen.
- Technische wie juristische Gutachten sind zu fördern, da sich die Rechtsgrundlage für Bauten derzeit deutlich verändert. Das reicht von den Auslegungsvorschriften für Bauten bis hin zu Haftungsfragen bei der Auslegung von Gebäuden.
- Innovative Ansätze im material-technischen Bereich sollten gezielt gefördert werden, wie z.B. verbesserte Auslegungs- und Planungsinstrumente, d. h. integrierte Software-Werkzeuge zur Abschätzung der energetischen Situation und der Betriebskosten eines Gebäudes, neue Materialien für die Gebäudetechnik, die zusätzliche Innovationsschübe hinsichtlich optischer und adaptiver Eigenschaften erwarten lassen, oder intelligente adaptive Gebäudetechnik.

Wünschenswert sind außerdem Gesprächskreise und Branchenplattformen, die über das Thema Klima und Wetter informieren und entsprechende Dienstleistungen vorstellen sowie den Dialog mit anderen Akteuren der Bauwirtschaft erleichtern. Eine Förderung spezifi-

scher Verbände für die in der Regel finanz- und personalschwachen kleinen und mittelständischen Unternehmen erscheint in diesem Zusammenhang besonders zentral.

### 3.3.5 Tourismus

Für den Tourismus sind intakte Umwelt und Natur, einschließlich Klima- und Wetterschutz, von jeher von großer Bedeutung. Mögliche Klimaveränderungen wie auch andere Belastungen von Natur und Landschaft können seine Existenzgrundlagen gefährden. Demzufolge haben sich die Spitzenverbände und -organisationen des deutschen Tourismus bereits 1997 in einer Erklärung zum Umwelt- und Klimaschutz im In- und Ausland geäußert und diese mit vielen Aktivitäten, begleitet durch die Bundesregierung, auch umgesetzt. Darüber hinaus wirken Vertreter der Tourismuswirtschaft in internationalen Gremien für einen nachhaltigen Tourismus mit, insbesondere bei der Umsetzung der 1991 verabschiedeten Alpenkonvention und des Umweltschutzprotokolls zum Antarktisvertrag. Der grundsätzliche Handlungsbedarf für Umweltschutz, Wetter und Klima im Bereich des Tourismus wurde mit einer Erklärung der Welttourismusorganisation im Jahre 2003 erneut unterstrichen. Eine 2002 vom Deutschen Bundestag beschlossene Konzeption der Bundesregierung enthält weitergehende Aufgabenschwerpunkte für das Zusammenspiel zwischen Umweltschutz und Tourismus in Deutschland.

Zudem ist der Tourismus national wie international ein erheblicher Wirtschaftsfaktor mit weiteren Wachstumspotenzialen. Daher ist die Tourismuswirtschaft schon aus wirtschaftlichen Gründen am Umwelt- und Klimaschutz interessiert. Dabei gehören die Sicherung einer intakten Umwelt und der Klimaschutz für viele Unternehmen zur Qualitätsstrategie.

Die Touristikunternehmen haben im Zusammenhang mit Wetter- und Klimaänderungen vor allem eine Gefährdung der Versorgungssicherheit in Destinationen zu befürchten, wie z.B. der Wasserversorgung in südlichen oder tropischen Zielländern, ferner auch eine Gefährdung der langfristigen Investitionen, z.B. in Hotels und Infrastruktur oder das Wegbrechen vieler Warmwasser-Reiseziele.

Klimatrends eröffnen aber auch Chancen, die vorhandenen Reiseprodukte anzupassen und entsprechende Verhältnisse aktiv zu nutzen. Dabei geht es hauptsächlich um die Schaffung von touristischen Angeboten, die unterschiedlichen Wetterlagen und Kundengruppen

gerecht werden, indem sie z. B. Indoor-Aktivitäten forcieren und Synergien mit anderen Wirtschaftsaktivitäten, z. B. Ausstellungen, Messen, Konzert- und Sportveranstaltungen, ermöglichen. Das Interesse von Reiseveranstaltern, Hoteliers, aber auch Bundesländern und Gemeinden gilt vor allem zuverlässigeren, regional besser aufgelösten und zeitnäheren, aktuellen wie auch jahreszeitlichen Wetter- und Mittelfristklima-Informationen.

Darüber hinaus sollte man in Erwägung ziehen

- die Infrastruktur und die Stadt- und Regionalplanung an sich abzeichnende Wetter- und Klimatrends anzupassen und
- entsprechende Schnittstellen zwischen Wetterdienstleistungen, Tourismus und Genehmigungsbehörden aufzubauen.

Unterstützung könnte durch die Einrichtung entsprechender Informationsveranstaltungen, Gesprächskreise und Netzwerke für Kommunen und Länder erfolgen sowie generell durch die Entwicklung von integrierten Modellen zur Analyse der Auswirkungen von Klimatrends und Extremwetter auf die Tourismuswirtschaft.

### 3.3.6 Städtebau und Stadtplanung

Wetter- und Klimatrends sind für den Städtebau und die Stadtplanung ein aktuelles und an Bedeutung zunehmendes Thema. Anlässlich der Hitzewelle im Sommer 2003 befasst sich eine Arbeitsgruppe der World Health Organization (WHO) damit, in Zusammenarbeit mit Stadtplanern ein Wetter-Warnsystem für europäische Städte zu erarbeiten. Zahlreiche Kommunen in Deutschland erwarten eine Häufung derartiger Hitzewellen und gehen von einem generellen Trend zu höheren Durchschnittstemperaturen in Städten mit entsprechenden Gesundheitsproblemen aus.

Der Mangel an angepasster städtebaulicher Planung und an „klimagerechtem Bauen“ führt bereits jetzt tendenziell zu „Überwärmung“ und mangelnder Durchlüftung der Innenstädte. Dieses Problem wird sich in Zukunft verschärfen. In Städten wie Freiburg oder Ulm wird dies bereits als kommendes Imageproblem wahrgenommen, da der Nimbus des „sonnigen Südens“ und der „Sonnenhauptstadt“ Deutschlands umschlagen könnte, z. B. in Metaphern wie „der stickige Süden“. Derzeit steht zudem eine Überarbeitung der Baugesetze im Rahmen des Europaanpassungsgesetzes an. Vorgesehen ist, der Bauleitplanung einen Umweltbericht und ein Umweltmonitoring-System abzuverlangen. Klima-

gerechtes Bauen wird im Zuge dieser Gesetzgebungsinitiative eine deutliche Aufwertung erfahren.

Die Aktualität und Brisanz von Klima- und Wetterveränderungen für Stadtplanung und Städtebau wird durch die Bandbreite der bereits vorhandenen Anstrengungen in diesem Bereich belegt. So untersuchen einige südwestdeutsche Kommunen wie Stuttgart, München und Freiburg, wie man regionale und lokale Wettervorhersagen sowie die Frühwarnung vor Wetterextremen verbessern, Schwellenwerte für Wetterwarnungen und Notfallpläne festlegen und die Einsatzplanung bei Notfällen optimieren kann. Die kommunalen Behörden sind aufgrund ihrer Sorgfaltspflicht gehalten, die Öffentlichkeit und besonders sensible Einrichtungen, etwa Krankenhäuser, Alten- und Pflegeheime, Kindergärten und Schulen sowie die Gesundheitsämter, möglichst frühzeitig über Risiken zu informieren und Vorsorge zu erleichtern.

Die traditionelle Bauplanung richtet sich an Klima- und Wetterdaten der Vergangenheit aus. Dies ist nicht zukunftsfähig, da der Baubestand aufgrund seiner Langlebigkeit auf einen möglichen Klimatrend und seine Folgen nicht vorbereitet ist. Szenarien über künftige Klimaentwicklungen müssen daher in die Bauplanung eingebunden werden. Bisherige Extremszenarien wie Starkregen, Starkwinde, Hitzewellen und Blitzschlag zielen in der Regel nur auf die Folgen für Bausicherheit und Betriebsfähigkeit des Gebäudes. Unberücksichtigt bleiben dabei Anforderungen aus den Bereichen Gesundheit, Arbeitssicherheit, Behaglichkeit, Wohnqualität und Standortqualität. In diesem Zusammenhang stehen Bemühungen, Häuser künftig auch besser vor der Sonneneinstrahlung zu schützen und zugleich die Wärmeableitung durch Klimaanlage zu verringern. In den meisten Städten Südwestdeutschlands und des Rhein-Ruhr-Gebiets werden Stadtklima-Analysen durchgeführt, die eine klimagerechte Planung der Stadt ermöglichen sollen. Freiburg, Stuttgart und Ulm gaben schon in den vergangenen Jahren erstmals Stadtklima-Analysen in Auftrag, die sich explizit mit den Folgen eines Klimawandels für das Stadtklima befassten.

Um Klimatrends und Extremwetter im Städtebau und in der Stadtplanung besser berücksichtigen zu können, sollten Schnittstellen und Informationstransfer zwischen der klassischen Wettervorhersage, der Klima- und Umweltforschung sowie der Stadtklimatologie hergestellt werden. Wichtig erscheint insbesondere die Bereitstellung verlässlicherer und regional hoch aufgelöster Klimaszenarien und Wettervorhersagen für den Städtebau sowie für eine angepasste Stadtplanung.

Hierbei ist die Parameterbasis zu verbreitern, wie z. B. zu Luftfeuchtigkeit, Windstärken und Niederschlagsintensität. Höhere Temperaturen, höhere Luftfeuchtigkeitswerte sowie Hitzeinsel- und Belüftungstau-Effekte sind in den Bereichen Hygiene, Gesundheit und Lebensqualität stärker zu berücksichtigen. Außerdem wären anzustreben:

- eine stärkere Verknüpfung zwischen Extremwetter und Bauwirtschaft bzw. gebäudetechnische Maßnahmen,
- eine Integration von Klimatrends im Bereich des Hochwasserschutzes und
- eine Verbesserung von Frühwarnung und Notfallplanung in den Kommunen.

Auch hier wird wieder die Durchführung von Informationsveranstaltungen empfohlen. Gesprächskreise und Netzwerke sollten auf kommunaler Ebene eingerichtet werden und auch für die Bürger, z.B. Hausbauer und Hausbesitzer, offen sein.

### 3.3.7 Land- und Forstwirtschaft

Land- und Forstwirtschaft werden naturgemäß sehr stark von Klima und Witterung beeinflusst. Seit Jahren wird hierüber in Politik, Öffentlichkeit und Forschung diskutiert. Bisher standen vorrangig die Abschätzung der zu erwartenden Klimaänderungen auf globaler Ebene, die anthropogenen Ursachen und die Wechselwirkungen im globalen Klimahaushalt, Änderungen in den Stoffkreisläufen sowie Maßnahmen zum Klimaschutz im Mittelpunkt des Interesses. Zu beobachten sind aber auch regionale Klimaänderungen, wie z.B. eine Änderung der Niederschlagsverhältnisse (Niederschlagsdefizit insbesondere in Ostdeutschland) und eine Häufung von Witterungsextremen.

Klimaänderungen haben für die Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft u. a. folgende Auswirkungen:

- Standortänderungen, Verschiebung von Vegetationszonen, Änderungen im Landschaftswasserhaushalt,
- Änderung der Ertragsfähigkeit landwirtschaftlicher Kulturen und der Wälder, steigende Produktionsrisiken durch Witterungsextreme und Schaderreger sowie
- Änderung der Ertragslage der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft, der Kulturlandschaften, der Leistungen für die Gesellschaft und damit der Entwicklungsperspektiven ländlicher Räume.

Maßnahmen zugunsten des Klimaschutzes lassen grundsätzlich nur bedingt Auswirkungen erwarten.

Deshalb ist es erforderlich, dass sich Land-, Forst-, Fischerei- und Wasserwirtschaft mittelfristig an die jeweiligen regionalen Klima- und Ertragsänderungen und Risiken anpassen. Forschungsarbeiten hierzu wurden bisher in geringem Umfang durchgeführt. In den letzten Jahren sind erste Gutachten auch über den regionalen Klimawandel, z.B. für Brandenburg und Sachsen, veröffentlicht worden. Es ist davon auszugehen, dass in den kommenden Jahren ein zunehmender Bedarf an Informationen und Entscheidungshilfen für Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Öffentlichkeit entstehen wird. Informationsdefizite bestehen bei Fragen der Abschätzung:

- des regionalen Klimawandels und der Entwicklung der Witterungsextreme,
- der regionalen Auswirkungen auf Landschaftswasserhaushalt, Böden, Vegetation und Schaderreger,
- der regionalen Änderungen von Produktions- und Ertragsverhältnissen in der Land- und Forstwirtschaft und damit
- der Auswirkungen auf die Entwicklungspotenziale ländlicher Räume.

Möglichkeiten zur Anpassung an den Klimawandel und zur Sicherung einer nachhaltigen Landbewirtschaftung werden in Deutschland gesehen:

- in der Wasserwirtschaft, z.B. Wasserrückhalt in düregefährdeten Landschaften, vorbeugender Hochwasserschutz und Wassernutzung,
- in der Landwirtschaft, z.B. Erforschung und Nutzung genetischer Ressourcen für geänderte Klima-, Standort- und phytosanitäre Verhältnisse, Anpassungen der Bodenbewirtschaftung, z.B. Humus und Kulturführung, Fruchtartenverschiebung, Anpassungen von Fruchtfolgen und Änderungen der Nutzungsarten, Anpassungen im Pflanzenschutz, Risikominimierungsstrategien sowie
- in der Forstwirtschaft, z.B. genetische Ressourcen, Baumarten und Herkunftswahl, Waldbautechniken, Risikominimierungsstrategien. Auch die agrarpolitischen Maßnahmen werden in dieser Hinsicht überprüft.

## 3.4 Konsequenzen für die Förderung von Anpassungsleistungen an Klima und Extremwetter

Aus den Umfrageergebnissen in verschiedenen Branchen und Unternehmen, aber auch auf der Ebene von

Bundesländern, lässt sich nicht nur ein Bedarf an Anpassungsleistungen erkennen, sondern auch die Bereitschaft zur Zusammenarbeit in entsprechenden Verbänden bzw. Netzwerken. Handlungsnotwendigkeit ist bei vielen verschiedenen Fragestellungen zu erkennen.

Verbesserte Anpassungsstrategien eröffnen daher ein breites Aktionsfeld. Forschung und Entwicklung müssen zur Lösung vieler neuer Fragestellungen im Interesse von Wirtschaft und Gesellschaft beitragen. Aber auch bereits bekannte Lösungen von Problemstellungen müssen weiterentwickelt, für spezifische Anwendungen aufbereitet und in die Praxis überführt werden. Forschung und Innovation, Bildung und Information können im Rahmen interdisziplinärer Netzwerke zwischen Forschern und Akteuren einen wesentlichen Beitrag dazu liefern, die „Herausforderung Klima“ im Interesse einer von allen Seiten erwünschten Klimasicherheit anzunehmen und schon heute als einen wichtigen Faktor in Unternehmensmanagement, Umweltpolitik und der weiteren gesellschaftlichen Entwicklung zu verankern.

## 4. Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkungen: ein Vermittlungsproblem für Bildungsforschung und Bildungspraxis

Nachhaltigkeit im Sinne dieses Konzepts versucht, das gesamte Spektrum wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Entwicklungspotenziale zu nutzen, um eine langfristige Stabilität und qualitative Verbesserung menschlichen Lebens zu gewährleisten, ohne die Tragfähigkeit der Ökosysteme und den sozialen Zusammenhalt zu gefährden. In diesem Verständnis von Nachhaltigkeit bedingen sich die Zieldimensionen von wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit, sozialer Teilhabe und ökologischer Verträglichkeit. Eine separate Optimierung ist nicht möglich, ohne den gewünschten nachhaltigen Entwicklungsprozess als Ganzes in Frage zu stellen.

Wirtschaftliche, soziale und ökologische Nachhaltigkeit gemeinsam zu denken, ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Nachhaltiges, ‚dreidimensionales‘ Denken und Handeln in komplexen, zunehmend globalen Zusammenhängen und in langen, Generationen übergreifenden Zeiträumen muss erlernt und erprobt werden. Meinungsumfragen ergeben, dass das Leitbild der Nachhaltigkeit, insbesondere die Verpflichtung gegenüber zukünftigen Generationen, in Deutschland zunehmend bekannt wird und Glaubwürdigkeit genießt, der Bedeutungsumfang des Begriffes jedoch noch unklar ist, so auch Kuckartz und Grunenberg in ihrer repräsentativen Bevölkerungsumfrage über das Umweltbewusstsein in Deutschland im Jahr 2002.

Das Thema Klimaschutz ist symptomatisch für die Herausforderungen an eine nachhaltige Entwicklung, weil lokale Entscheidungen zum globalen, langfristig wirksamen Prozess des Klimawandels beitragen. Hierdurch werden wiederum ökonomische, soziale und ökologische Chancen und Risiken eröffnet, die in lokalen, regionalen und globalen Entscheidungsarenen verhandelt werden und den Bürger in seiner privaten und beruflichen Sphäre gleichermaßen betreffen.

Offensichtlich wird damit, dass nachhaltige Entwicklung und nachhaltiges Handeln sich dem Problem der *Vermittlung zwischen unterschiedlichen Zielkorridoren, Entscheidungsebenen und Lebenswelten* stellen müssen. Die Kunst der Vermittlung und Integration unterschiedlicher Perspektiven ist bei Nachhaltigkeitsbewertungen und -strategien auch zentral, um das Wechselspiel von wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Dynamiken

ken und Handlungsbögen transparent zu machen, potentielle Zielkonflikte zu thematisieren und nach Problemlösungen zu suchen, die positive Rückkopplungen zwischen allen Nachhaltigkeitsdimensionen freizusetzen versprechen.

Der Bildung kommt bei dieser Vermittlung des Nachhaltigkeitsprinzips eine besondere Rolle zu. Bildung, Qualifizierung und Wissenstransfer auf allen Gebieten und Ebenen der Gesellschaft eröffnen Ansatzpunkte langfristiger Vermittlung in diesem Sinne. Bildung stellt Orientierungswissen bereit, um unterschiedliche disziplinäre und fachliche Wissensbestände miteinander zu vernetzen, fördert den Erwerb persönlicher und fachlicher Kompetenzen und trägt dazu bei, Bürger und Experten handlungs- und strategiefähig zu machen. Umgekehrt stellt die Verankerung des Nachhaltigkeitsgedankens einen wesentlichen Baustein für ein zukunftsfähiges Bildungssystem dar. Für Arbeitnehmer werden Kompetenzen für nachhaltige Entwicklung zukünftig zu Qualifizierungsbausteinen, die Beschäftigungsaussichten sichern helfen.

Es ist daher nahe liegend, dass dem Klimaschutz als einem Kernpunkt der nachhaltigen Entwicklung in der beruflichen Bildung und Weiterbildung eine besondere Rolle zukommt. Im Rahmen des künftigen Förderkonzepts des BMBF „Forschung für den Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkungen“ werden sich zahlreiche Wirtschaftszweige und Gesellschaftsbereiche, wie etwa der Städtebau, in Zukunft im ureigensten Interesse mit dem Thema der Emissionsminderung und Anpassung an den Klimawandel befassen. Geschäftsfelder und Absatzmärkte ebenso wie Basistechnologien, Kreditwürdigkeit und Kapitalisierung werden künftig auch daran gemessen werden, ob sie innovative Lösungen für die Klimaexposition eines Sektors bieten. Die zu entwickelnden Maßnahmen dürfen dabei nicht schablonenhaft etwa auf das „Umweltproblem Klima“ abheben, sondern müssen stets die Vernetzung und Rückkopplungsmechanismen zwischen den wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Lebensgrundlagen beachten und optimieren.

Das vorliegende Förderkonzept umfasst daher auch Bildungsmaßnahmen, um

- Leitbilder nachhaltigen Handelns im Klimaschutzbereich vorzustellen und nachvollziehbar zu machen,
- integratives, vorausschauendes Denken in komplexen „dreidimensionalen“ Zusammenhängen einzuüben,
- Entscheidungsgrundlagen, Problemlösungsmuster, Managementregeln und Qualitätsziele für nachhaltige Entwicklung zu vermitteln,

- das Innovationspotenzial des Nachhaltigkeitsgedankens zu veranschaulichen und
- dadurch die Bereitschaft, sich im Alltag, im Beruf und in der Gesellschaft für das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung zu engagieren, zu fördern.

Diese Leitlinien der Vermittlung von Nachhaltigkeitszielen können in verschiedenen Bildungssektoren mit Gewinn umgesetzt werden. Zu denken ist hier an

- *Maßnahmen der schulischen und außerschulischen Bildungsarbeit*, um alle Bürgerinnen und Bürger im Verlaufe ihres Bildungsweges mit dem Nachhaltigkeitsprinzip vertraut zu machen und dieses im Zuge des lebenslangen Lernens auf eine breitere Basis zu stellen,
- *Maßnahmen der beruflichen Bildung und Weiterbildung*,
- *Maßnahmen des Wissenstransfers* von klimaschutzrelevantem Wissen in die Wirtschaft und in kommunale Verwaltungen,
- *Maßnahmen der universitären und wissenschaftlichen Weiterbildung*, um integrative Bildungs- und Forschungsperspektiven frühzeitig zu verankern sowie
- *Maßnahmen der allgemeinen Informations- und Öffentlichkeitsarbeit*.

Die erarbeiteten Strategien und Optionen für einen nachhaltigen Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkungen können nur dann erfolgreich sein, wenn diese die entsprechenden Adressaten aus Wirtschaft und Gesellschaft, Aus- und Weiterbildung erreichen und sie anschließend auch umgesetzt werden. Mit der Implementierung dieser Fördermaßnahme sollen daher entsprechende Kommunikations- und Kooperationsprozesse angestoßen sowie die Anwendungsorientierung und der Praxisbezug der geförderten Projekte gestärkt werden. Durch die geforderte Einbindung von Praxispartnern und potenziellen Anwendern ist mit einem intensiven Austausch zwischen Wissenschaft und Praxis eine sehr gute Basis dafür vorhanden.

Das BMBF wird im Rahmen dieses Konzepts Begleitprozesse fördern, die über die Thematik dieses Förderschwerpunkts hinaus übergreifend organisiert sein können. Darin einbezogen werden Interessengruppen und potenzielle Anwender. Forschungsergebnisse sollen in die Praxis und die Lebenswelt hinein kommuniziert und diskutiert werden. Die Sicht der Anwender wird hier als essenziell angesehen, um Forschungskonzepte zu beurteilen und gegebenenfalls an Bedürfnisse aus der Praxis anzupassen.

Neben diesen Maßnahmen im Sinne effizienter und adressatengerechter Kommunikation von Forschungs-

ergebnissen werden in diesem Förderkonzept auch Kommunikations- und Pressetrainings, aber auch die Unterstützung öffentlichkeitswirksamer Aktionen gefördert.

Eine besondere Herausforderung hierbei liegt im Einbeziehen von Unternehmen, insbesondere im Hinblick auf die substanzielle Beteiligung kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU). Diese können häufig nicht direkt, sondern nur indirekt über Kammern, Verbände oder spezielle Beratungsfirmen bzw. -angebote und das Bildungssystem erreicht werden.

Bildung vermag die für Nachhaltigkeit erforderliche Vermittlungsleistung zu unterstützen. Durch die aufgeführten Maßnahmen können nachhaltige Verfahren auch in der Alltagspraxis langfristig verankert werden. Jeder Einzelne ist aufgerufen, nachhaltige Entwicklung zu konkretisieren. Er muss allerdings die Möglichkeit erhalten, sich sachlich und persönlich weiterzubilden, um jene Handlungskompetenzen zu erwerben, die ihn in die Lage versetzen, an Umsetzungsschritten auch mitzuwirken.

## 5. Perspektiven für Konzeption und Formulierung von Forschungsprojekten

Dieses Förderkonzept soll eine gezielte Projektförderung zu den in den Abschnitten 2, 3 und 4 behandelten Aufgabenfeldern in Forschung, Entwicklung und Bildung in Gang setzen. Für die Konzeption von FuE-Projekten, die aus diesem Themenhorizont dabei berücksichtigt werden können, ergeben sich aus der am Bedarf aus der Praxis orientierten Zielsetzung der Fördermaßnahmen folgende Gesichtspunkte:

- *Meteorologische und klimatologische Eingangsgrößen*  
Da der Klimawandel auch anthropogene Ursachen hat, verfolgen die vorgesehenen Fördermaßnahmen zur Minderung der Emission von Klimagasen in Wirtschaft und Gesellschaft („mitigation“; vgl. Teilkonzept zu 2.) das Ziel, das vorhandene, aber weit ausgearbeitete Wissen zu fokussieren und in praxisnahe Lösungskonzepte umzusetzen. Die für den Wissenstransfer auf diesem Sektor erforderlichen meteorologischen bzw. klimatologischen Methoden und Instrumente, also Daten, Modelle und Prognosen, sind bereits weitgehend entwickelt und auch verfügbar. Sie müssen aber auf Projektebene je nach Themenzuschnitt der FuE-Vorhaben maßgeschneidert werden. Eine jeweils vorhabenbezogene Bedarfsanalyse kann daher in Einzelfällen helfen, noch bestehende Defizite aufzudecken und Schnittstellen für die Umsetzung zu entwickeln. Soweit es aus der jeweiligen Projektkonzeption begründbar ist, können solche Fragestellungen auch in das Forschungsdesign der FuE-Projekte gezielt einbezogen werden. Organisatorisch bieten sich daher hierfür Arbeitsgemeinschaften zwischen Forschern und Nutzern in Form von Verbundprojekten an.

Es ist unbestritten, dass es auch zur Thematik der Mitigation noch einen erheblichen Bedarf an Forschungsansätzen zur Verbesserung der Aussagefähigkeit von langfristigen Klimaprognosen gibt. Dies betrifft vor allem auch FuE-Konzepte zur Reduzierung noch bestehender methodischer Unsicherheiten bei den vorhandenen Klimamodellen. Diese in erster Linie methodisch ausgerichteten Forschungsarbeiten weiterzuführen, wird aber in Zukunft in erster Linie eine Aufgabe für die institutionelle Forschung des BMBF in der Helmholtz-Gemeinschaft und der Max-Planck-Gesellschaft bleiben und daher außerhalb der Projektförderung dieses Konzepts liegen.

Bei den Fördermaßnahmen zur Anpassung an kurzfristige Klimatrends und Extremwetter („adaptation“; vgl. Teilkonzept zu 3.) dürften jedoch die vorhandenen meteorologischen und klimatologischen Eingangsgrößen für die Modellentwicklungen noch sehr lückenhaft sein. Auf diesem Sektor ist daher, im Gegensatz zum Thema der Emissionsminderung, noch eine gezielte Projektförderung zur Weiterentwicklung von Modellen zur Verbesserung von Wetter- und kurzfristigen Klimaprognosen, z. B. in höherer zeitlicher und regionaler Auflösung und unter Berücksichtigung der jeweils relevanten Umweltparameter, im Rahmen dieses Förderkonzepts möglich und auch notwendig. Solche auf Anpassungsprobleme ausgerichteten Klimaszenarien sind unter Berücksichtigung der jeweils für konkrete Umsetzungen relevanten Prozesse und regionalen Erfordernisse abzuleiten. Für hierfür notwendig werdende methodische Entwicklungen spielen neue gekoppelte Modellsysteme und entsprechende Rechenkapazität eine wichtige Rolle, die zweckgebunden und projektbezogen am Klimagroßrechner in Hamburg (DKRZ) institutionell über das dortige Rechenzeitkontingent des BMBF zur Verfügung gestellt werden kann.

- *Entwicklung von Technologien, Verfahren und Produkten*  
Ein zukunftsfähiger Umgang mit Klima und Wetter erfordert auch neue klimafreundliche Produkte in unterschiedlichen Bereichen. Dies betrifft sowohl technische Verfahren als auch solche Entwicklungen, die die Rahmenbedingungen für eine Umsetzung in Produkte erleichtern bzw. beschleunigen und Märkte für neue Dienstleistungen erschließen. Neben innovativen technischen Entwicklungen und Produkten und dem Einsatz neuer Materialien betrifft dies
  - die Weiterentwicklung technischer Normen und Standards und
  - die Analyse und Empfehlung geeigneter politischer und rechtlicher Rahmenbedingungen.

Kundenorientiert und marktnah können neue Klima- und Wetterdienstleistungen entwickelt und angeboten werden.

- *Wirtschaftliche und gesellschaftliche Managementinstrumente*  
Das Förderkonzept soll auch dazu beitragen, Minderungs- und Anpassungsstrategien als Managementinstrumente intensiver als bisher in Wirtschaft und Gesellschaft zu verankern. Unternehmen, die langfristig am Markt erfolgreich sein wollen, sind in die Lage zu versetzen, alle Prozesse aus dem wissenschaft-

lich-technischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Umfeld aufeinander abzustimmen und Markttrends zu berücksichtigen. Auch für den Bereich der Umweltplanung, in der verschiedene gesellschaftliche Interessen und Entwicklungen zu berücksichtigen sind, gelten ähnliche Anforderungen. Auswirkungen von Klima und Wetter müssen daher im Sinne eines integrierten Managements und einer angemessenen Risikobewertung vor dem Hintergrund anderer wirtschaftlicher, ökologischer oder gesellschaftlicher Entwicklungen berücksichtigt werden. Im Interesse einer neu zu konzipierenden und durch FuE vorzubereitenden verbesserten Klimasicherheit sind neue Instrumente zum Risikomanagement und zur strategischen Geschäftsfeld- bzw. Umweltplanung nötig. So könnten z. B. expertengestützte Klassifikationssysteme entwickelt werden, um die Klima- und Wettersensibilität sowohl von Naturräumen als auch von zivilisatorischen Standortfaktoren und Infrastrukturen zu erfassen und für vorsorgende Planungen von Unternehmen und regionalen Entscheidungsträgern zur Verfügung zu stellen.

Wesentlich für die Einführung und Umsetzung neuer Instrumente und Methoden ist der Aufbau von Netzwerken zwischen Unternehmen, Verwaltung und gesellschaftlichen Bedarfsträgern als Kooperationsplattformen. Hierüber können gemeinsame Projekte und Aktionen geplant bzw. umgesetzt und Verbünde gestaltet werden. Nach dem Vorbild des InnoRegio-Ansatzes könnten beispielsweise „KlimaRegio“-Projekte etabliert werden.

- *Wissenstransfer und Innovationsmanagement*  
Schließlich ist auch ein verbessertes Informationsmanagement unentbehrlich. Denn oftmals sind vorhandene, bisweilen gar grundsätzlich wichtige und für den Wissens- und Technologietransfer notwendige Informationen entweder nicht bekannt oder sie werden als nicht relevant für die jeweilige Anwendung bzw. Umsetzung angesehen. Auch hemmen Vielschichtigkeit und Verschiedenartigkeit der Anpassungsaspekte eine schnelle Verbreitung entsprechender Forschungsergebnisse und Managementoptionen in benachbarte oder möglicherweise auch ganz andere Anwendungsbereiche. Anpassungsmaßnahmen auf der Ebene von Unternehmen oder beispielsweise regionaler Behörden zu etablieren, setzt die Kenntnis des Potenzials vorhandener Daten, Instrumente und Methoden und ihrer Weiterentwicklungsmöglichkeiten voraus. Informationsveranstaltungen, die kunden- oder branchenspezifisch auf spezielle



Ereignisse, unterschiedliche Nutzer, Betroffene oder bestimmte Regionen ausgerichtet sind, könnten helfen, diese Lücken zu schließen. Hierzu könnten auch Internetportale eingerichtet werden.

• *Integration von Bildungsmaßnahmen*

Die Rolle der Bildung bei der Vermittlung des Nachhaltigkeitsprinzips legt eine Flankierung der Forschungsprojekte durch entsprechende Bildungsmaßnahmen nahe. Wie diese Maßnahmen konkret gestaltet und welche Zielgruppen bzw. Bildungsbereiche damit angesprochen werden, ist in Abhängigkeit von den jeweiligen Forschungsgegenständen im Einzelfall zu prüfen. Empfehlenswert sind hier Kooperationen mit Bildungsanbietern und -trägern, die bereits über Erfahrungen im Bereich der Bildung für nachhaltige Entwicklung verfügen. Entsprechende Kooperationsmöglichkeiten lassen sich beispielsweise über die nationalen Aktivitäten zur UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ und die dadurch entwickelten Arbeits- und Kommunikationsstrukturen erschließen.

## 6. Aspekte für die Umsetzung des Förderkonzepts „Forschung für den Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkungen“

Dieses neue Förderkonzept verfolgt unter der förderpolitischen Leitidee der Nachhaltigkeit das Ziel, das vorhandene klimatologische Wissen zur Lösung von forschungspolitischen Aufgaben umzusetzen, die der langfristig notwendige Klimaschutz wie auch der in letzter Zeit aktuell gewordene Schutz der Bürgerinnen und Bürger vor den Folgen von kurzfristigen Klimaänderungen und extremen Wetterereignissen stellen. Um der Komplexität dieser Thematik gerecht zu werden, sind die tragenden Elemente des Konzepts, wie in Kapitel 2 und 3 vorgestellt, zwei Themenschwerpunkte: 1. Maßnahmen zur Minderung der Emission von Klimagasen und 2. Strategien zur Anpassung an Klimatrends und Extremwetter.

Gemeinsam ist diesen beiden Themenkomplexen die aus dem Paradigma des „Nachhaltigkeitskonzepts Klimaschutz“ sich ergebende Umsetzungs- und Vermittlungsproblematik. Diese gleichermaßen forschungs- und bildungspolitische Problemstellung geht aber über die in den fachspezifischen Ausführungen zu den Teilkonzepten dargestellten Umsetzungsprobleme bei der Projektplanung und -förderung hinaus. Denn die bei der herkömmlichen Förderung von Verbundprojekten zu lösenden Umsetzungsfragen betrafen Aspekte wie die der Inter- und Transdisziplinarität von Forschungskonzeptionen, des Ergebnistransfers von der Forschung zur Praxis wie auch der Diffusion neuer Techniken in die menschliche Lebenswelt und ihrer Wirkungen. Ein in dem hier vorgelegten Nachhaltigkeitskonzept vorgesehener Ausgleich zwischen miteinander konkurrierenden ökonomischen, ökologischen und sozialen Zielen erfordert jedoch eine darüber hinausgehende programmintegrierte, ganzheitlich orientierte Kommunikationsstrategie. Diese ist deshalb als besondere bildungspolitische Aufgabe in Kap. 4 konkretisiert worden. Der Erfolg dieses Förderkonzepts wird später wesentlich davon abhängen, dass der Leitgedanke der Nachhaltigkeit intersubjektiv „über Köpfe“ erfolgreich kommuniziert und akzeptiert wird und Nachhaltigkeit sowohl als individuelle Handlungsmaxime als auch im überindividuellen Kontext, z. B. durch die wissenschaftliche Gemeinschaft oder andere gesellschaftliche Akteure und Gruppen anerkannt, praktiziert und als notwendig zu leistender Beitrag zur dauerhaften Erhaltung der Lebensqualität verstanden wird.

Das BMBF wird auf der Grundlage dieses Konzepts noch im Herbst 2004 eine Förderbekanntmachung veröffentlichen, um einen breiten Verteilerkreis in Wirtschaft, Forschung, Verwaltung und die am Klimawandel interessierte Öffentlichkeit über die neuen Fördermöglichkeiten zu informieren. Zweck dieser Bekanntmachung ist es ferner, interessierte Forschungsinstitutionen im öffentlichen Bereich und in der Wirtschaft zur gemeinsamen Konzeption neuer lösungsorientierter Forschungsprojekte zu ermuntern und Anträge auf Forschungsförderung zu stellen.

Aufgrund der Komplexität der Themenstellungen, auch auf Projektebene, soll die Möglichkeit eingeräumt werden, zu einem ersten Schritt themen-, branchen- oder regionenspezifische Vorstudien zu erarbeiten, die erst später in Antragskonzepten münden. Auch können Forschungsbedarfe, z. B. an Daten, Prognosen, technischer Entwicklung, Netzwerkbildung oder Umsetzungsideen formuliert werden. Themenbegleitende Workshops können ebenfalls durchgeführt bzw. gefördert werden, sofern diese auf der Seite der an einer Förderung interessierten Stellen zu einer Themenpriorisierung oder zu integrativen Projektkonzeptionen für Vorhaben der Verbundforschung führen. Ein Ziel kann es ebenso sein, regionale Strukturen und Netzwerke zu bilden, die jeweils spezifische Aspekte aus unterschiedlichen Praxisbereichen zusammenführen und von einer gemeinsamen Interessenlage getragen werden.

Die Anträge für Pilot- oder Leitprojekte werden aus den eingegangenen Projektvorschlägen nach wettbewerblichen Kriterien ausgewählt werden.

Da Anwendung und Umsetzungsorientierung hohe Priorität bei der Förderung entsprechender FuE-Vorhaben besitzen, wird bei Akteuren aus Wirtschaft und Verwaltung an den Forschungsverbänden eine Eigenbeteiligung an den finanziellen Aufwendungen vorausgesetzt.



Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unentgeltlich abgegeben. Sie ist nicht zum gewerblichen Vertrieb bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerberinnen/Wahlwerbern oder Wahlhelferinnen/Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift der Empfängerin/dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Bundesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

