



---

**KLIMAWANDEL**  
**HERAUSFORDERUNGEN UND POTENZIALE**  
**FÜR HESSISCHE**  
**UMWELTECHNOLOGIEANBIETER**

---

Studie im Auftrag der  
Aktionslinie Hessen-Umwelttech  
des  
Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung

Elektronisches Dokument

Januar 2009

## **INHALTSVERZEICHNIS**

1	Einleitung.....	1
1.1	Aufgaben und Zielsetzung der Studie.....	2
1.2	Umwelttechnologeanbieter in Hessen.....	3
2	Klimawandel - Stand des Wissens.....	6
3	Wirtschaftliche Aspekte des Klimawandels.....	11
3.1	Kosten von Minderung und Anpassung.....	11
3.2	Programme - Initiativen - Investitionsvorhaben.....	13
3.2.1	Internationale Klimaschutzziele, -verpflichtungen und -programme.....	14
3.2.2	Die Mechanismen des Kyoto-Protokolls.....	17
3.2.3	Europäische Klimaschutzprogramme.....	19
3.2.4	Deutsche Klimaschutzprogramme.....	20
3.2.5	Deutsche Anpassungsstrategie.....	24
3.2.6	Klimaschutz in Hessen.....	25
4	Wirtschaftliche Potenziale der Umwelttechnologien im Klimaschutz und bei Anpassungen an den Klimawandel.....	27
4.1	Abfall / Recycling und Abwasser.....	28
4.1.1	Marktübersicht und Abgrenzung.....	28
4.1.2	Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft und Abwassertechnik.....	31
4.1.3	Abfall- und Abwassertechnologien im Rahmen von CDM- / JI-Projekten.....	33
4.1.4	Stand der Technologien im Umwelttechnologiesegment Abfall / Recycling und Abwasser.....	37
4.1.5	Entwicklung von Technologien im Umwelttechnologiesegment Abfall / Recycling und Abwasser.....	38
4.1.6	Prognose neuer Geschäftsfelder.....	45
4.1.7	Stärkung etablierter Geschäftsfelder.....	46
4.1.8	Künftiger F&E-Bedarf im Umwelttechnologiesegment Abfall / Recycling und Abwasser.....	47
4.2	Wasserversorgung / Trinkwassergewinnung.....	48
4.2.1	Marktübersicht und Abgrenzung.....	49
4.2.2	Herausforderungen der Wasserversorgung / Trinkwassergewinnung bei Anpassungen an den Klimawandel.....	50
4.2.3	Stand der Technologien im Umwelttechnologiesegment Wasserversorgung / Trinkwassergewinnung.....	52
4.2.4	Entwicklung von Technologien im Umwelttechnologiesegment Wasserversorgung / Trinkwassergewinnung.....	54
4.2.5	Prognose neuer Geschäftsfelder.....	60
4.2.6	Stärkung etablierter Geschäftsfelder.....	61

4.2.7	Künftiger F&E-Bedarf im Umwelttechnologiesegment Wasserversorgung / Trinkwassergewinnung .....	64
4.3	Hochwasserschutz .....	66
4.3.1	Marktübersicht und Abgrenzung .....	66
4.3.2	Herausforderungen des Hochwasserschutzes bei Anpassungen an den Klimawandel .....	67
4.3.3	Stand der Technologien im Hochwasserschutz .....	70
4.3.4	Entwicklung von Technologien im Segment Hochwasserschutz .....	75
4.3.5	Prognose neuer Geschäftsfelder .....	79
4.3.6	Stärkung etablierter Geschäftsfelder .....	80
4.3.7	Künftiger F&E-Bedarf im Umwelttechnologiesegment Hochwasserschutz .....	82
4.4	Luftreinhaltung / Lärm .....	83
4.4.1	Marktübersicht und Abgrenzung .....	83
4.4.2	Prognose neuer Geschäftsfelder .....	84
4.4.3	Stärkung etablierter Geschäftsfelder .....	84
4.5	Bodenschutz / Sanierung .....	85
4.5.1	Marktübersicht und Abgrenzung .....	85
4.5.2	Bedeutung von Bodenschutz / Sanierung für Klimaschutz und Anpassung .....	85
4.5.3	Prognose neuer Geschäftsfelder .....	86
4.5.4	Stärkung etablierter Geschäftsfelder .....	86
4.6	Naturschutz / Ökologie .....	87
4.6.1	Marktübersicht und Abgrenzung .....	87
4.6.2	Bedeutung von Naturschutz / Ökologie für Klimaschutz und Anpassung .....	88
4.6.3	Prognose neuer Geschäftsfelder .....	89
4.6.4	Stärkung etablierter Geschäftsfelder .....	91
4.7	Energie .....	93
4.7.1	Marktübersicht und Abgrenzung .....	93
4.7.2	Klimaschutzpotenziale der Energiewirtschaft .....	93
4.7.3	Prognose neuer Geschäftsfelder .....	95
4.7.4	Stärkung etablierter Geschäftsfelder .....	96
5	Literaturverzeichnis / Quellenangabe .....	99
5.1	Schriften / Publikationen .....	99
5.2	Internetadressen .....	107

## **ABBILDUNGEN**

Abb. 1	Anzahl und Verteilung der hessischen Umwelttechnologieunternehmen (aus [11]) .....	4
Abb. 2	Verteilung der hessischen Umwelttechnologieunternehmen nach Größenklassen (aus [11]).....	4
Abb. 3	Bediente Umwelttechnologiesegmente der hessischen Umwelttechnologieunternehmen (aus [11]) .....	5
Abb. 4	Umweltumsatz nach Regionen (aus [11]) .....	6
Abb. 5	Forschungsbedarf im Bereich der Wasserversorgung und -entsorgung (Angaben in %), aus [16].....	64
Abb. 6	Offene Nennungen zum Forschungsbedarf im Bereich der Wasserversorgung und -entsorgung (Angaben in %), aus [16] .....	65

## **TABELLEN**

Tabelle 1	Treibhauspotenziale für unterschiedliche Zeiträume infolge der Emission von 1 kg Methan und Distickstoffmonoxid, bezogen auf Kohlendioxid [69] .....	7
Tabelle 2	Ziele für die CO <sub>2</sub> -Emissionen der einzelnen Sektoren .....	20
Tabelle 3	Umwelttechnologiesegment „Abfall / Recycling“ - Übersicht.....	29
Tabelle 4	Umwelttechnologiesegment „Abwasser“ - Übersicht .....	30
Tabelle 5	Umwelttechnologiesegmente Abfall / Recycling und Abwasser - anerkannte Methoden für CDM-Projekte .....	34
Tabelle 6	Umwelttechnologiesegmente Abfall / Recycling und Abwasser - Leistungen und Produkte zu anerkannten Methoden für CDM-Projekte.....	35
Tabelle 7	Stand der Technologie im Bereich Abfall / Recycling .....	37
Tabelle 8	Stand der Technologie im Bereich Abwasser .....	38
Tabelle 9	Umwelttechnologiesegment „Abfall / Recycling und Abwasser“ - aktuelle F&E-Vorhaben zu Klimaschutzaspekten etablierter Technologien .....	39
Tabelle 10	Umwelttechnologiesegment „Abfall / Recycling und Abwasser“ - aktuelle F&E-Vorhaben zur Entwicklung innovativer Technologien .....	42
Tabelle 11	Umwelttechnologiesegment „Abfall / Recycling und Abwasser“ - weitere hessische Forschungseinrichtungen.....	44
Tabelle 12	Umwelttechnologiesegment „Wasserversorgung / Trinkwassergewinnung“ -Übersicht.....	49
Tabelle 13	Stand der Technologie im Bereich Trinkwassergewinnung .....	52
Tabelle 14	Stand der Technologie im Bereich Wasseraufbereitung.....	53
Tabelle 15	Stand der Technologie im Bereich Wasserverteilung .....	54
Tabelle 16	Umwelttechnologiesegment „Wasserversorgung / Trinkwassergewinnung“ - aktuelle F&E-Vorhaben .....	55
Tabelle 17	Umwelttechnologiesegment „Wasserversorgung/Trinkwassergewinnung“ - weitere hessische Forschungseinrichtungen .....	58

Tabelle 18	Umwelttechnologiesegment „Wasserversorgung / Trinkwassergewinnung“ - F&E-Bedarf .....	65
Tabelle 19	Umwelttechnologiesegment „Hochwasserschutz“ - Übersicht .....	67
Tabelle 20	Technologien im Hochwasserschutz.....	72
Tabelle 21	Umwelttechnologiesegment „Hochwasserschutz“ - aktuelle F&E-Vorhaben.....	77
Tabelle 22	Hochwasserschutz in Hessen - investierte Haushaltsmittel 2002 - 2006 und Haushaltsansätze 2007 und 2008 ([65] und Befragung HMULV) in Mio. € .....	81
Tabelle 23	Umwelttechnologiesegment „Luftreinhaltung / Lärm“ - Prognose neuer Geschäftsfelder .....	84
Tabelle 24	Umwelttechnologiesegment „Luftreinhaltung / Lärm“ - Stärkung etablierter Geschäftsfelder .....	84
	U.....	85
Tabelle 25	Umwelttechnologiesegment „Bodenschutz / Sanierung“ - Übersicht.....	85
Tabelle 26	„Bodenschutz / Sanierung“ - Stärkung etablierter Geschäftsfelder .....	87
Tabelle 27	Umwelttechnologiesegment „Naturschutz / Ökologie“ - Übersicht.....	87
Tabelle 28	„Naturschutz / Ökologie“ - Prognose neuer Geschäftsfelder .....	90
Tabelle 29	„Naturschutz / Ökologie“ - Stärkung etablierter Geschäftsfelder.....	92
Tabelle 30	Umwelttechnologiesegment „Energie“ - Prognose neuer Geschäftsfelder .....	96
Tabelle 31	Umwelttechnologiesegment „Energie“ - Stärkung etablierter Geschäftsfelder .....	97

## 1 Einleitung

Vor dem Hintergrund aktueller Studien und wissenschaftlicher Informationen über den globalen Klimawandel wird allgemein davon ausgegangen, dass in den nächsten Jahrzehnten weltweit klimawandelbedingte Auswirkungen auf ökologische, ökonomische und soziale Bereiche zu erwarten sind.

Obwohl derzeit existierende Klimamodelle keine exakten Vorhersagen über die globale Klimaänderung treffen können, sind unterschiedliche klimawandelinduzierte Auswirkungen in den jeweiligen Regionen der Welt zu konstatieren, die spezifische Anpassungen erforderlich machen. Auf finale Klimamodelle zu warten, bevor Anpassungsmaßnahmen ergriffen werden, ist hinsichtlich des Vorsorgeprinzips und der prognostizierten fortschreitenden tiefgreifenden gesellschaftlichen Auswirkungen keine ernsthafte Alternative. Vielmehr müssen die möglichen Auswirkungen des Klimawandels offen diskutiert werden.

Die Fähigkeit der Gesellschaft zu wirksamem Klimaschutz sowie zu einer wirksamen Anpassung an die Klimaänderungen wird davon abhängig sein, ob die erforderlichen finanziellen, wissenschaftlich-technologischen, legislativen und organisatorischen Mittel rechtzeitig zur Verfügung gestellt werden können. Während auf Seiten des Klimaschutzes bereits internationale und nationale Ziele, teilweise auch völkerrechtlich verbindliche Verpflichtungen, bestehen, werden auch aufgrund der nur teilweise absehbaren Folgen des Klimawandels geeignete Anpassungsstrategien erst entwickelt und sind nur in wenigen Fällen in Programmen auf nationaler und internationaler Ebene umgesetzt.

Die hoch entwickelten Volkswirtschaften in Europa, Nordamerika und Asien sind gefordert und in der Lage, praktikable und exportfähige Technologien zu entwickeln und anzubieten. Damit könnte ein wichtiger Beitrag hinsichtlich einer Steigerung der weltweit notwendigen Anpassungen geleistet werden und darüber hinaus ein klarer Wettbewerbsvorteil resultieren. Dies gilt insbesondere für die Bundesrepublik Deutschland, die bei vielen Umwelttechnologien eine internationale Spitzenposition einnimmt. Der vor allem auch in Hessen bereits in vielen Bereichen vorhandene Technologievorsprung kann als gute Ausgangsbasis für eine Weiterentwicklung genutzt werden.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang jedoch, dass in der Wirtschaft nicht allein Einsicht in die Notwendigkeit von Klimaschutzbemühungen besteht, sondern auch die aus der globalen Klimaänderung resultierenden Chancen einer enormen Geschäftsentwicklung in den Umwelttechnologien erkannt und genutzt werden. Durch die rechtzeitige Entwicklung geeigneter Stra-

tegien, die Bereitschaft zur Durchführung notwendiger Investitionen, das Vorantreiben von F&E-Projekten, den Ausbau bestehender Technologien und die Intensivierung von Netzwerkaktivitäten kann diese wirtschaftliche Chance genutzt werden.

Die Aktionslinie Hessen-Umwelttech, die als Maßnahme des hessischen Wirtschaftsministeriums - angesiedelt bei der HA Hessen Agentur GmbH - die zentrale Informationsplattform für die Umwelttechnologieunternehmen in Hessen darstellt, will mit der vorliegenden Studie die hessischen Umwelttechnologieanbieter über den Stand der Klimawandel-Diskussion und die sich daraus ergebenden technologischen Herausforderungen und Potenziale informieren.

### **1.1 Aufgaben und Zielsetzung der Studie**

Im Auftrag der Aktionslinie Hessen-Umwelttech wurde im Zeitraum von Dezember 2007 bis Juli 2008 auf Grundlage der Leistungsbeschreibung die Studie „Klimawandel - Herausforderungen und Potenziale für hessische Umwelttechnologieanbieter“ erstellt. Das Vorhaben wurde in Abstimmung mit der Aktionslinie Hessen-Umwelttech sowie dem hessischen Wirtschaftsministerium durchgeführt und zielte auf die Beantwortung nachfolgender Fragestellungen ab:

Für Umwelttechnologieanbieter in Hessen, die in den Segmenten:

- Abfall / Recycling und Abwasser
- Wasserversorgung / Trinkwassergewinnung
- Hochwasserschutz
- Luftreinhaltung / Lärm
- Boden / Sanierung
- Naturschutz / Ökologie
- Energie

tätig sind, war zu klären:

- mit welchen klimawandelinduzierten Investitionsvolumina in Hessen, Deutschland, in der EU sowie global betrachtet zu rechnen ist,
- welche mittelfristigen Investitionen öffentlicher Auftraggeber in Hessen in den Bereichen Trinkwasser und Hochwasserschutz vor diesem Hintergrund geplant sind,

- in welchem Zeitraum und in welchen Segmenten der Umwelttechnologien mit der Entstehung neuer Geschäftsfelder aufgrund von Anforderungen im Klimaschutz bei Anpassungen an den Klimawandel zu rechnen ist,
- welche bereits etablierten Geschäftsfelder der Umwelttechnologien klimawandelbedingt gestärkt werden und
- welche Potenziale sich dadurch mittels CDM- / JI-Projekten in den Bereichen Abfall- sowie Abwassertechnologie ergeben.

Die Ergebnisse der Studie sollen dazu beitragen, die Wettbewerbsfähigkeit hessischer Umwelttechnologieunternehmen der einzelnen Segmente zu stärken und darüber hinaus richtungsweisende Informationen über zukünftige Investitionen und Entwicklungstendenzen zu geben.

Für die Studie wurden im Wesentlichen Publikationen und sonstige Quellen berücksichtigt, die bis zum Ende des 1. Quartals 2008 bekannt und verfügbar waren. Aufgrund der hohen politischen Aktualität des gesamten Themenkomplexes Klimawandel werden in naher Zukunft viele weitere fach- und politikbezogene Veröffentlichungen dazu erwartet. In den folgenden Kapiteln wird teilweise darauf hingewiesen, sofern z. B. durch Tagungstermine entsprechende Veröffentlichungen angekündigt sind.

## 1.2 Umwelttechnologieanbieter in Hessen

Eine im Jahr 2002 im Auftrag der TechnologieStiftung Hessen erstellte Studie [57] lieferte eine zusammenfassende Marktübersicht über die Umwelttechnologieanbieter in Hessen. Die nicht als einheitliche Branche existierende Umweltschutzwirtschaft wird in dieser Studie wie folgt definiert:

„Unter Umweltschutzwirtschaft ist die Gesamtheit jener Unternehmen zu verstehen, die Güter (Waren und Dienstleistungen) anbieten, die dem Umweltschutz dienen. Sie umfasst neben der Umwelttechnik im engeren Sinn (alle Techniken und Güter, die dem Umweltschutz dienen) auch alle Umweltdienstleistungen wie Beratung, Planung, Prüfung oder Ausführung umweltschutzrelevanter Tätigkeiten.

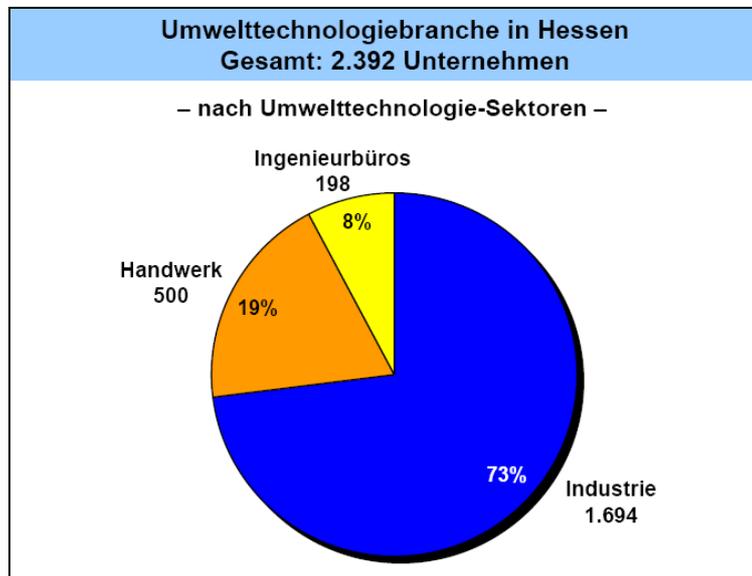
Kurz: Unternehmen, die im Bereich Umwelt tätig sind.

Nicht enthalten sind Tätigkeiten des betrieblichen Umweltschutzes (wie z.B. die Abfalltrennung) in Betrieben oder umweltschutzbezogene Tätigkeiten z.B. bei Städten und Gemeinden.“

Die Studie wurde mit einem im Juni 2008 vorgelegten Bericht aktualisiert und erweitert [11]. Danach sind in Hessen in umwelttechnologischen Unternehmen ca. 76.700 Mitarbeiter be-

schäftigt. Die in der Studie berücksichtigten Unternehmen sind mit den in Abb. 1 dargestellten Anteilen auf die Sektoren Industrie, Handwerk und Ingenieurbüros verteilt.

**Abb. 1 Anzahl und Verteilung der hessischen Umwelttechnologieunternehmen (aus [11])**



Bei der Gesamtheit der Umwelttechnologiefirmen handelt es sich überwiegend um kleine und mittelständische Betriebe mit weniger als 50 Mitarbeitern. Abb. 2 zeigt die in der Studie ermittelte Verteilung der Betriebsgrößen nach der Mitarbeiterzahl.

**Abb. 2 Verteilung der hessischen Umwelttechnologieunternehmen nach Größenklassen (aus [11])**

Umwelttechnologie-Sektor	Verteilung nach Mitarbeitergrößenklassen				
	Bis 10 Mitarbeiter	11 - 50 Mitarbeiter	51 - 100 Mitarbeiter	101 - 250 Mitarbeiter	> 250 Mitarbeiter
Industrie (n = 316)	38	35	7	7	13
Ingenieurbüros (n = 127)	66	24	3	3	4
Handwerk (n = 73)	60	30	5	4	1
<b>Gesamt</b> (n = 516)	<b>48</b>	<b>31</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

*n = Grundgesamtheit*

Wie die Abb. 3 zeigt, weist eine Zuordnung der Leistungen und Produkte der hessischen Umweltfirmen zu den einzelnen Umwelttechnologiesegmenten die Bereiche Wasser / Abwasser,

Abfall / Recycling und Erneuerbare Energien als die starken Segmente aus, die jeweils von mindestens 30% der Firmen abgedeckt werden.

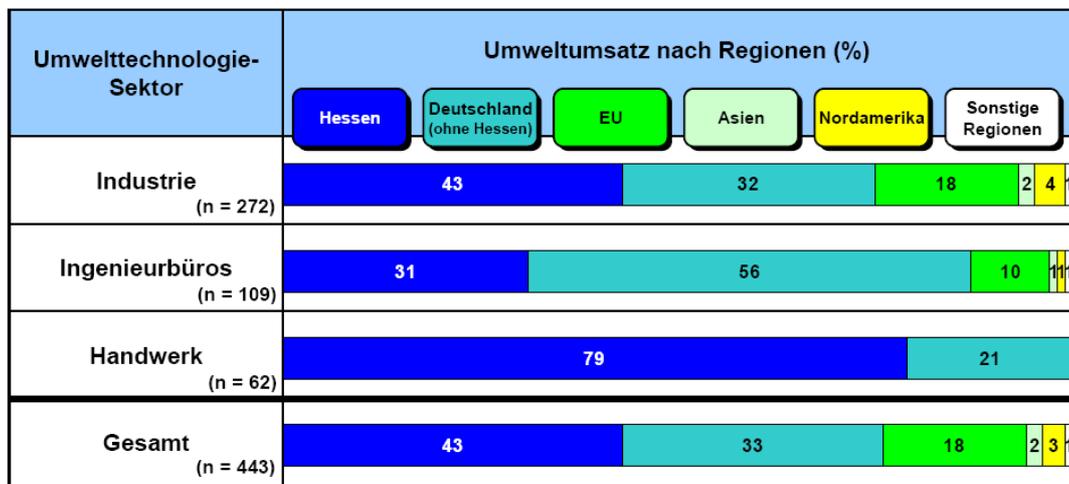
**Abb. 3 Bediente Umwelttechnologiesegmente der hessischen Umwelttechnologieunternehmen (aus [11])**

Umweltsegmente	Anteil (%)
Abfall, Recycling (n = 200)	37
Wasser, Abwasser (n = 246)	46
Luftreinhaltung, Lärm (n = 99)	18
Boden, Sanierung (n = 90)	17
Naturschutz, Ökologie (n = 64)	12
Klassische Energieerzeugungs- und Umwandlungstechnologien (n = 97)	18
Energieerzeugung durch neue, effiziente Umwandlungstechnologien, Energieeffizienz (n = 71)	13
Erneuerbare Energien (Bioenergie, Windkraft, Photovoltaik, Geothermie) (n = 192)	36

*n = Grundgesamtheit*

Eine im Rahmen der Studie durchgeführte Untersuchung der Umsatzanteile bezogen auf die Herkunft der Auftraggeber ergab für den überwiegend aus kleinen und mittelgroßen Unternehmen bestehenden Wirtschaftsbereich einen relativ hohen Exportanteil von 24%. Es wurden die in Abb. 4 dargestellten Umsatzanteile nach Regionen ermittelt.

Abb. 4 Umweltumsatz nach Regionen (aus [11])



n = Grundgesamtheit

## 2 Klimawandel - Stand des Wissens

### *Ursachen des Klimawandels*

Der globale Klimawandel im Industriezeitalter, d. h. in den letzten ein bis zwei Jahrhunderten, ist eine Beobachtungstatsache. Es besteht weitgehender Konsens darüber, dass der Klimafaktor Mensch in zunehmendem Maße an der globalen Klimaänderung beteiligt ist. Aufgrund der intensiven Nutzung fossiler Energieträger (Kohle, Öl, Gas) und der damit verbundenen Emissionen klimawirksamer Spurengase, ist von einem anthropogenen „Treibhauseffekt“ die Rede. Die ermittelten Kohlendioxid- und Methan-Konzentrationen in der Atmosphäre liegen heute entsprechend weit höher als vor Beginn der Industrialisierung. Von 1970 bis 2004 stiegen die Treibhausgas-Emissionen um 70%. Die CO<sub>2</sub>-Konzentration stieg seit der Industrialisierung um 30% an. Lag die CO<sub>2</sub>-Konzentration 1880 noch bei etwa 280 ppm, so wurden 2005 381 ppm gemessen [72]. Die aktuelle Anstiegsrate beträgt entsprechend 1,5 ppm pro Jahr. Die Methan-Konzentration hat sich seit der Industrialisierung mehr als verdoppelt; ähnlich verhält es sich auch bei Lachgas (N<sub>2</sub>O), dessen Anteil sich in der Atmosphäre um 17% erhöht hat [72].

Auch die klimarelevanten Gase wie teilhalogenierte und perfluorierte Fluorkohlenwasserstoffe (H-FKW / HFCs) und Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) stiegen von 1970 bis 2004 um 70% (24% zwischen 1990 und 2004) von 28,7 auf 49 Gigatonnen Kohlendioxidäquivalente (Gt CO<sub>2</sub>-Äq.) an. Die Emissionen dieser Gase nahmen in unterschiedlichem Maße zu [72], wobei das SF<sub>6</sub>-Gas laut einer Studie [72] + [70] das stärkste bekannte Treibhausgas ist; aufgrund der sehr gerin-

gen Konzentration in der Erdatmosphäre wird sein Einfluss auf die globale Erwärmung jedoch als verhältnismäßig gering betrachtet.

Die Berechnung des Treibhauspotenzials geschieht in Form von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten für verschiedene Zeithorizonte (20, 100 oder 500 Jahre) und wird allgemein anerkannt [72] + [70]. Es wird die potenzielle Wirkung eines Kilogramms eines Treibhausgases im Vergleich zu derjenigen eines Kilogramms CO<sub>2</sub> bestimmt. Somit können atmosphärische Emissionen in äquivalente Emissionsmengen CO<sub>2</sub> umgerechnet werden. Tabelle 1 zeigt beispielhaft die Äquivalenzfaktoren einiger Treibhausgase. Aus Tabelle 1 lässt sich beispielsweise entnehmen, dass 1 kg N<sub>2</sub>O das gleiche Treibhauspotenzial wie 296 kg CO<sub>2</sub> - bezogen auf einen Zeitraum von 100 Jahren - besitzt.

**Tabelle 1** *Treibhauspotenziale für unterschiedliche Zeiträume infolge der Emission von 1 kg Methan und Distickstoffmonoxid, bezogen auf Kohlendioxid [69]*

Treibhausgas	CO <sub>2</sub> -Äquivalente (20 a)	CO <sub>2</sub> -Äquivalente (100 a)	CO <sub>2</sub> -Äquivalente (500 a)
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	1	1	1
Methan (CH <sub>4</sub> )	62	23	7
Distickstoffmonoxid (N <sub>2</sub> O)	275	296	156

Es ist absehbar, dass die CO<sub>2</sub>-Äquivalentkonzentration in der Atmosphäre im Zuge der globalen industriellen Entwicklung durch den damit verbundenen weltweit steigenden Energieverbrauch weiter zunehmen wird.

### **Globale Auswirkungen**

Einige Auswirkungen, die der globalen Erwärmung der Erdatmosphäre zugerechnet werden, wurden bereits dokumentiert:

- Klimaerwärmung, belegt durch steigende Temperaturen; weitverbreitetes Schmelzen von Eis und Schnee und ein Anstieg des Meeresspiegels
- jüngste extreme Wetterereignisse wie beispielsweise die Dürre in Australien seit 2001, das Elbe-Hochwasser (2002), Hitzesommer in Europa (2003), Orkan Kyrill (Januar 2007), Trockenheit in Deutschland (April 2007), Dürre in Italien und Spanien (Juni 2007), Flut im Senegal und in Somalia (September 2007)

- Auswirkungen auf viele natürliche Systeme, wie etwa der frühe Frühlingsbeginn oder die polwärts bzw. in höhere Lagen gerichtete Veränderung des Verbreitungsgebietes von Tier- und Pflanzenarten
- Auswirkungen auf eine Reihe von einzigartigen Ökosystemen z.B. in polaren Gebieten und Hochgebirgsregionen

Seit Beginn des 20. Jahrhundert ist eine Steigerung der Oberflächentemperatur der Erde um 0,74°C zu verzeichnen. Dabei verlief dieser Temperaturanstieg nicht kontinuierlich. Die Jahre 1998 bis 2007 repräsentierten die wärmste Dekade der Erde seit Beginn moderner Messungen im Jahr 1850.

Das Jahr 2007 ergab eine Reihe bemerkenswerter Messergebnisse und wies sich an vielen Plätzen der Erde durch zerstörerische Überschwemmungen, Trockenheiten und Stürme aus.

- 2007 lag die globale mittlere Oberflächentemperatur 0,41°C über dem jährlichen Durchschnitt der Jahre 1961 bis 1990 (Durchschnittstemperatur 14°C). Der Januar des Jahres 2007 war mit 12,7°C im weltweiten Schnitt der wärmste Januar seit Beginn der Aufzeichnungen (der Durchschnitt von 1961 bis 1990 lag vergleichsweise bei 12,1°C).
- Auf der Nordhalbkugel war 2007 das zweitwärmste Jahr seit Beginn der Messungen im Jahr 1850, die Temperaturen lagen um 0,63°C über dem 30-jährigen Mittel von 1961 bis 1990 (14,6°C).
- In der südlichen Hemisphäre war 2007 das neuntwärmste Jahr mit Temperaturen um 0,2°C über dem 30-jährigen Mittel von 13,4°C.
- 2007 wurden Tiefstände der arktischen Eismächtigkeit gemessen, zum ersten bekannten Mal öffnete sich die kanadische Nordwestpassage.

### ***Klimaänderungen in Deutschland und Hessen***

In Deutschland weisen viele meteorologische Kennzahlen der letzten 150 Jahre auf eine starke Änderung der klimatischen Bedingungen hin. Das 20. Jahrhundert begann mit einem raschen Temperaturanstieg (vor allem in den 1940er Jahren), gefolgt von einer wechselhaften Periode. Seit Ende der 1970er Jahre bis heute ist ein kontinuierlicher und rapider Temperaturanstieg zu verzeichnen. Dabei sind besonders kalte Monate und Tage seltener geworden, sehr warme Tage haben zugenommen [102] + [56].

Die Niederschläge betreffend, hat im Zeitraum von 1901 bis 2000 die Wahrscheinlichkeit für relativ trockene Monate abgenommen, die für extreme Starkniederschläge - vor allem in Westdeutschland - jedoch zugenommen. Im Sommer zeigt sich ein starker Trend zu geringerem Niederschlag, im Winter - vor allem in Westdeutschland - zu erhöhtem Niederschlag. Nie-

derschläge im Winter bedeuteten jedoch nicht mehr zwangsläufig Schneefall, was besonders in den tieferen Lagen der Alpen und in den deutschen Mittelgebirgen (unterhalb 800 m Höhe) zu beobachten ist. Dort ist seit den 1950er Jahren ein deutlicher Rückgang der Schneesicherheit zu beobachten [102] + [56].

In Hessen hat sich das Klima im vergangenen Jahrhundert nachweisbar gewandelt. Im Zeitraum von 1901 bis 2003 lagen die jährlichen Erwärmungen je nach Wetterstation im Bereich von 0,7°C bis 1,8°C und somit zumeist deutlich über dem globalen Trend (+0,7°C). In der Zeit von 1951 bis 2000 hat sich Hessen im Flächenmittel und im Mittel über alle Jahreszeiten um 0,9°C erwärmt, was der ermittelten Erwärmung für das Flächenmittel Deutschlands entspricht. Der größte Anstieg findet dabei im Winter mit 1,6°C statt. Besonders deutlich stieg die Temperatur in den letzten 20 Jahren des 20. Jahrhunderts (im Jahresdurchschnitt um 1,1°C, im Winter um 2,3°C). Insgesamt wurde es dabei in Hessen feuchter; die Niederschläge nahmen - ausgenommen im Sommer - in allen übrigen Jahreszeiten zu. Der Sommerniederschlag nahm in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts um 16% ab. Die Hauptregenzeit verschob sich vom Sommer in den Winter [56].

### ***Globale Klimamodelle und Klimaprognosen***

Um eine Prognose über die zukünftigen Auswirkungen der globalen Klimaänderung treffen zu können, werden unterschiedliche Modelle herangezogen. Lässt man einmal außer Acht, dass sich die Ergebnisse der verschiedenen Modellierungen teilweise deutlich voneinander unterscheiden, bleibt jedoch ein gemeinsamer Tenor bestehen:

- Die globale Erwärmung wird sich selbst bei gleichbleibenden Treibhausgas-Konzentrationen auch nach Ende des 21. Jahrhunderts fortsetzen, da erwartungsgemäß einmal in Gang gesetzte Veränderungen im Klimasystem erst nach Jahrhunderten zu einem neuen Gleichgewicht finden können.
- Um die Treibhausgas-Konzentrationen in der Atmosphäre zu stabilisieren, müssten die Emissionen nach Erreichen eines bestimmten Niveaus reduziert werden. Je schneller dieser Umkehrpunkt erreicht wird, umso geringer wäre das Stabilisierungsniveau.

Wie stark die Treibhausgas-Konzentrationen tatsächlich weiter steigen, wird von der globalen Wirtschafts- und Technologieentwicklung abhängig sein. Hierzu wurden im Auftrag des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change = Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderung) Untersuchungen für verschiedene Szenarien durchgeführt [72]:

- Das IPCC-Szenario mit dem bislang niedrigsten Stabilisierungsniveau von 445 bis 490 ppm CO<sub>2</sub>-Äquivalenten erfordert innerhalb von 10 Jahren eine Trendwende bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen. Für dieses Szenario müssten die globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2050

um 50 bis 85% gegenüber denen des Jahres 2000 gemindert werden. Dies würde eine Begrenzung der globalen Erwärmung auf 2,0 bis 2,4°C über vorindustrielle Werte bedeuten.

- In Szenarien, die ein Stabilisierungsniveau von 535 bis 590 ppm CO<sub>2</sub>-Äquivalenten annehmen, steigt die mittlere Erdtemperatur um 2,8 bis 3,2°C bzw. bei einem Stabilisierungsniveau von 590 bis 710 ppm CO<sub>2</sub>-Äquivalenten um 3,2 bis 4,0°C.

Unter der Prämisse einer Veränderung der globalen mittleren Temperatur bis zum Jahr 2050 um 3°C (dies bedeutet eine Verdoppelung der Konzentration von Kohlendioxid in den kommenden 42 Jahren), umfassen die möglichen Folgen unter anderem zunehmende Wetterextreme wie Trockenheit, Hitzewellen, Starkregen und Hochwasser mit allen bekannten negativen Auswirkungen. Tropische Stürme würden an Intensität zunehmen; in hohen Breiten würde die Niederschlagsmenge zunehmen, in niedrigen Breiten abnehmen. Semiaride Gebiete würden unter zunehmendem Wassermangel leiden. Entsprechend den IPCC-Berichten [70] + [72] würden Afrika (schwere Beeinträchtigungen der Landwirtschaft in vielen Ländern) und Asien (Überflutungen in den bevölkerungsreichen Großdeltas) besonders betroffen sein.

Darüber hinaus gehen mit der Erderwärmung das Schmelzen von Eis und Schnee und ein Anstieg des Meeresspiegels einher. Dieser Prozess würde ebenfalls bei gleichbleibenden Treibhausgas-Konzentrationen auch nach Ende des 21. Jahrhunderts weiter gehen. Ein zusätzlicher Anstieg des Meeresspiegels kann sich sowohl durch das Abschmelzen des grönländischen als auch des west-antarktischen Eisschildes (über Jahrhunderte) ergeben, da die Temperatur in den höheren nördlichen Breiten stärker ansteigt als im globalen Durchschnitt [72].

### ***Regionale Klimaprognosen für Deutschland***

Mit einem Blick auf Deutschland ergaben Ableitungen von regional hoch aufgelösten Klimaszenarien aus den globalen IPCC-Szenarien [70] + [72] eine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur bis zum Jahr 2100 um 1,5 bis 3,7°C (je nach Emissionsszenario), sehr wahrscheinlich jedoch um 2 bis 3°C. Hierbei wäre der größte Temperaturanstieg im Winter zu erwarten. Tage mit Frost und Schnee würden deutlich abnehmen. In den Sommermonaten würden Tage mit einer Maximaltemperatur über 30°C immer häufiger. Neben einer zunehmenden Hitze am Tag gäbe es zudem häufiger sehr warme Nächte, in denen die Temperatur nicht unter 20°C sinken würde [72].

Generell ist eine Verschiebung der Niederschläge vom Sommer in den Winter zu erwarten. Im Winter wäre die Wahrscheinlichkeit von Starkregenereignissen stark erhöht, die Schneeverweildauer wäre auch in höher gelegenen Regionen eher begrenzt.

Die sommerlichen Niederschläge könnten sich durchschnittlich um 30 Prozent verringern. Am deutlichsten würde sich dieser Niederschlagsrückgang im Nordosten und Südwesten Deutschlands auswirken. Dort könnten gegen Ende dieses Jahrhunderts nur noch etwa zwei Drittel der gewohnten Niederschläge fallen. Gleichzeitig könnte sich die Verdunstungsrate aufgrund hoher sommerlicher Temperaturen deutlich erhöhen. Vor allem in Teilen Ostdeutschlands und im Rhein-Main-Gebiet wäre eine stark negative, in den Mittelgebirgen und Alpen eine deutlich positive Wasserbilanz zu konstatieren [56].

Auf Grundlage eines moderaten Szenariums des IPCC [70] + [72] und der Referenzperiode von 1981 bis 2000 (Mittelwerte), sagt eine Klimaprognose für Hessen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts eine Zunahme der Tagesmitteltemperatur im Winter um ca. 4,5°C, im Sommer um ca. 3,4°C voraus. Die Prognose weist darauf hin, dass die Temperaturen nach 2050 besonders schnell ansteigen werden. Bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts wird mit feuchteren Wintern (um bis zu 25%) zu rechnen sein. Frühjahr und Sommer werden ausgeprägt trockener ausfallen (um bis zu 30%). Im Sommer werden immer länger andauernde Hitzeperioden, zunehmende Trockenheit, aber auch eine zunehmende Anzahl von extremen Niederschlagsereignissen zu verzeichnen sein [72].

### **3 Wirtschaftliche Aspekte des Klimawandels**

#### **3.1 Kosten von Minderung und Anpassung**

Der Stern Review [100] untersucht die wirtschaftlichen Aspekte des Klimawandels, wobei zunächst die Beweise über die wirtschaftlichen Aspekte des Klimawandels an sich und dann die wirtschaftlichen Aspekte der Stabilisierung von Treibhausgasen in der Atmosphäre beleuchtet werden. Die zweite Hälfte des Reviews betrachtet die komplexen politischen und gesellschaftlichen Aufgaben zur Gewährleistung und Verwaltung des Übergangs in eine kohlenstoffarme Wirtschaft und die Anpassung an die Folgen des Klimawandels, die nicht mehr zu vermeiden sind.

Im Ergebnis kommt der Review zu dem Schluss, dass die Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre gegenüber dem Stand vor der industriellen Revolution bereits von 280 ppm CO<sub>2</sub>-Äquivalenten auf heute 380 ppm gestiegen ist und sich jährlich um über 2 ppm erhöht. Um schwerwiegende Folgen für die Weltwirtschaft zu vermeiden, sollte die Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre unter 550 ppm gehalten werden. Schon in diesem Fall würde die weltweite Durchschnittstemperatur um 2 bis 3°C steigen, wobei die jährlichen Kos-

ten für die Stabilisierung der Treibhausgas-Konzentration zwischen 500 und 550 ppm CO<sub>2</sub>-Äquivalenten schätzungsweise bei etwa 1% des globalen Bruttoinlandsproduktes liegen.

Der Stern Review [100] zeigt des Weiteren auf, dass sich die Welt nicht zwischen der Vermeidung des Klimawandels und der Förderung von Wachstum und Entwicklung entscheiden muss, sondern die Bekämpfung des Klimawandels langfristig gesehen, eine Strategie für mehr Wachstum ist, da Maßnahmen gegen den Klimawandel neue Märkte schaffen, wie beispielsweise Märkte für Technologien zur CO<sub>2</sub>-neutralen Energieerzeugung und für CO<sub>2</sub>-effizientere Waren und Dienstleistungen (saubere Kraftwerks-, Heizungs- und Transporttechnologien, Verringerung der Emissionen im Verkehrssektor, CO<sub>2</sub>-Sequestrierung u.a.).

Im Hinblick auf die finanziellen Folgen des Klimawandels wird davon ausgegangen, dass diese weitaus ernsthafter sein werden, als in vielen früheren Studien beschrieben. In der Vergangenheit gingen die meisten formellen Modelle von einem Szenario einer Erwärmung von 2 bis 3°C aus. Bei diesem Temperaturbereich könnten die Kosten für den Klimawandel äquivalent mit einem permanenten Verlust von etwa 0% bis 3% der globalen Produktionsleistungen im Vergleich zu dem sein, was in einer Welt ohne Klimawandel erzielt worden wäre. Diese früheren Modelle waren jedoch in Bezug auf die globale Erwärmung zu optimistisch. Jüngere Belege weisen darauf hin, dass von BAU-Emissionstrends (BAU = business as usual) resultierende Temperaturanstiege bis zum Ende dieses Jahrhunderts 2 bis 3°C überschreiten können. Bei einer Erwärmung von 5 bis 6°C - was für das nächste Jahrhundert eine reale Möglichkeit ist - wird der Verlust an globalem Bruttoinlandsprodukt gemäß Schätzungen existierender Modelle, die die Risiken eines abrupten Klimawandels im großen Maßstab berücksichtigen, durchschnittlich 5% bis 10% betragen, wobei sich die Kosten für arme Länder auf mehr als 10% des Bruttoinlandsprodukts belaufen werden und damit ein unverhältnismäßig großer Anteil der Bürde des Klimawandels auf die Regionen der Welt entfällt, die am wenigsten zu den Ursachen des Klimawandels beigetragen haben [100]. Unter Berücksichtigung jüngerer wissenschaftlicher Erkenntnisse, die vermuten lassen, dass das Klimasystem noch stärker auf Treibhausgasemissionen reagieren könnte, als zuvor gedacht und unter Einbeziehung sogenannter Non-Market-Auswirkungen würden sich die Gesamtkosten des Klimawandels bei BAU auf 11% bis 14% des globalen Verbrauchs erhöhen. Bei Non-Market-Auswirkungen werden direkte, nicht in Marktmodellen quantifizierbare Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit betrachtet. Die Beimessung von Werten beinhaltet schwierige analytische und ethische Messprobleme und wurde bei den in [100] angewandten Methoden recht konservativ angesetzt.

### 3.2 Programme - Initiativen - Investitionsvorhaben

1972 fand in Stockholm die erste internationale Konferenz der Vereinten Nationen über die menschliche Umwelt (United Nations Conference of the Environment) statt. Das politische Hauptinteresse der Industrieländer lag darin, Maßnahmen zur Begrenzung der industriellen Umweltverschmutzung und zum Schutze von Ökosystemen zu vereinbaren, um eine drohende Umweltkatastrophe abzuwenden. Auf der Prioritätenliste der Entwicklungsländer standen dagegen die Bekämpfung der Armut, der Aufbau von Schul- und Berufsbildungssystemen, die Gewährleistung medizinischer Versorgung, die Versorgung mit sauberem Wasser - kurz die wirtschaftliche Entwicklung. Durch eine rasche und billige, nachholende Industrialisierung wollten sie ihre "Rückständigkeit" überwinden. Die Umweltprobleme wurden dabei, sofern sie überhaupt gesehen wurden, erst einmal auf die politische Wartebank geschoben; dabei entstehende Schäden sollten später beseitigt werden [17].

1992 wurde in Rio de Janeiro während des Weltgipfels eine UN-Rahmenkonvention zu den klimatischen Veränderungen beschlossen; 1997 wurde das Kyoto-Protokoll verabschiedet, das 2005 in Kraft trat. Nachfolgend sind die wichtigsten Umweltkonferenzen / Weltklimagipfel der vergangenen Jahrzehnte aufgelistet:

- 1972: Erste internationale Umweltkonferenz in Stockholm: Es sollten Maßnahmen zur Begrenzung der industriellen Umweltverschmutzung und zum Schutz von Ökosystemen vereinbart werden, um eine drohende Umweltkatastrophe abzuwenden.
- 1987/89: Im Montrealer Protokoll wurde beschlossen, die Produktion und Freisetzung von Ozon zersetzenden Stoffen deutlich einzuschränken.
- 1992: In Rio de Janeiro fand eine Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung (UNCED) statt; die Klimarahmenkonvention (UNFCCC) wurde von den meisten Staaten unterschrieben.
- ab 1995: jährlicher Weltklimagipfel
- 1997: Kyoto-Protokoll: Erstmals wurden rechtlich verbindliche Ziele für Emissionshöchstmengen für Industrieländer international festgelegt. Bis Mai 2002 erfolgte die Unterzeichnung des Kyoto-Protokolls durch alle EU-Staaten.
- 2001: Vereinbarung von Marrakesch: Zentrales Ergebnis waren die "Übereinkommen von Marrakesch", ein Paket von 15 Entscheidungen zur Ausgestaltung und Umsetzung u.a. des Systems der Erfüllungskontrolle, zur Nutzung der sog. Kyoto-Mechanismen, zur Anrechenbarkeit von Senken sowie zur Förderung des Klimaschutzes in Entwicklungsländern [/www.bmu.de/](http://www.bmu.de/).

- 16.02.2005: Kyoto-Protokoll tritt in Kraft
- 2006: In Nairobi fanden Gespräche über das Kyoto-Nachfolgeregime statt. Außerdem wurde die Einrichtung von Fonds besonders zur Unterstützung afrikanischer Länder beschlossen.
- 2007: Bali: Es wurde eine Roadmap aufgestellt, welche die wichtigsten Verhandlungspunkte für die kommenden zwei Jahre benennt: „quantifizierte Emissionsgrenzen und Reduktionsziele“ zur Begrenzung der Erderwärmung, Anpassung an die Klima-Veränderung, Technologietransfer und Finanzhilfen, die Rolle der Wälder als CO<sub>2</sub>-Senken sowie verbesserter Schutz der Wälder in Entwicklungsländern /[www.bmu.de/](http://www.bmu.de/).
- 2009: Kopenhagen: Im Dezember 2009 werden sich die Vertragsstaaten der UN-Klimaschutzkonvention zur 15. Nachfolgekonzferenz in Kopenhagen treffen. Dort soll eine Einigung auf ein neues internationales Klimaschutzabkommen erreicht werden.

### 3.2.1 Internationale Klimaschutzziele, -verpflichtungen und -programme

1992 wurde in Rio de Janeiro während des Weltgipfels eine UN-Rahmenkonvention zu den klimatischen Veränderungen beschlossen, die im März 1994 in Kraft trat [1]. Ziel des Abkommens war es, die Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre zu stabilisieren. Die sog. Entwicklungsländer, die Europäische Union sowie die Schwellenländer verpflichteten sich, ihre Emissionen bis zum Jahr 2000 stabil auf dem Emissionsniveau von 1990 zu halten.

Mit der Verabschiedung des Kyoto-Protokolls im Jahr 1997, welches im Februar 2005 in Kraft trat, hat sich die internationale Staatengemeinschaft erstmals auf verbindliche Handlungsziele und Umsetzungsinstrumente für den globalen Klimaschutz geeinigt [2]. Hieraus ergeben sich sehr weitreichende Verpflichtungen hinsichtlich der Erstellung, der Berichterstattung und der Überprüfung von Emissionsinventaren. Im Kyoto-Protokoll verpflichteten sich die Vertragsstaaten zu einer völkerrechtlich verbindlichen Senkung ihrer Treibhausgase um 5,2% (2008 bis 2012 gegenüber 1990). Zur Verbesserung der Kosteneffizienz in Anbetracht erheblicher Vermeidungskostenunterschiede zwischen den Vertragsstaaten sieht das Kyoto-Protokoll die Anwendung der flexiblen Mechanismen Internationaler Emissionshandel (Emission Trade - ET), Joint Implementation (JI) und Clean Development Mechanism (CDM) vor. Die „Vereinbarungen von Marrakesch“ (2002) [5] enthalten weiterführende Beschlüsse der Vertragsstaaten zu den flexiblen Mechanismen.

Die EU-15 hat sich im Kyoto-Protokoll zu einer Emissionsreduktion von 8% verpflichtet. In dem EU-intern abgestimmten Vertrag zur Lastenverteilung vom Juni 1998 wurde, gemäß bestimm-

ter länderspezifischer Voraussetzungen, eine Aufteilung der EU-weiten Reduktionspflichten auf die einzelnen Mitgliedsstaaten vorgenommen. Bezogen auf 1990 muss Deutschland seine Emissionen um 21% reduzieren. Zwar gibt es für die EU-25 kein gemeinsames Emissionsreduktionsziel, für acht der zehn neuen EU-Länder wurden aber Einzelverpflichtungen in Höhe von 8% bzw. 6% festgelegt [109].

Im vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (International Panel on Climate Change, IPCC) von 2007 [72] + [70] wird nach Darstellung des derzeitigen Kenntnisstandes eine Prognose zum Klimawandel (z.B. Prognostizierung der Emissionsentwicklung bis 2030 und nach 2030) und die hiermit verknüpften Auswirkungen auf das Ökosystem diskutiert, wobei die Aussagen auf Datensätzen basieren, die seit 1970 erfasst wurden. Die Studie kommt zu dem Schluss, dass die Erwärmung des Klimasystems eindeutig ist, was aufgrund der Beobachtungen des Anstieges der mittleren globalen Luft- und Meerestemperaturen, des ausgedehnten Abschmelzens von Schnee und Eis und des Anstieges des mittleren globalen Meeresspiegels abzuleiten ist. Des Weiteren zeigte die globale Bewertung der Daten seit 1970, dass die anthropogene Erwärmung bereits einen erkennbaren Einfluss auf viele physikalische und biologische Systeme hat.

So wird der größte Teil des beobachteten Anstieges der mittleren globalen Temperatur seit Mitte des 20. Jahrhunderts sehr wahrscheinlich durch den beobachteten Anstieg der anthropogenen Treibhausgas-Konzentrationen verursacht. Für die nächsten zwei Jahrzehnte wird für eine Reihe von SRES-Szenarien (Special Report on Emissions Scenarios) eine Erwärmung von 0,2°C pro Jahrzehnt vorausgesagt, wobei es sich bei den SRES-Szenarien um Emissions-Szenarien des IPCC [72] handelt. Selbst wenn die Konzentrationen aller Treibhausgase und Aerosole auf dem Niveau des Jahres 2000 konstant gehalten würden, wäre eine weitere Erwärmung von 0,1°C pro Jahrzehnt zu erwarten. Die Auswirkungen der Klimaänderung werden regional unterschiedlich sein. Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, dass sie - aggregiert und auf die Gegenwart diskontiert - jährliche Nettokosten verursachen, die sich mit zunehmendem globalem Temperaturanstieg im Verlauf der Zeit immer weiter erhöhen werden. Viele Auswirkungen können durch Minderungsmaßnahmen vermieden, verringert oder verzögert werden [72].

### ***Investitionen in erneuerbare Energien***

Weltweit ist bis 2020 und darüber hinaus mit einer erheblichen Zunahme des Anteils an erneuerbaren Energien zu rechnen. Es wird allgemein davon ausgegangen, dass die globalen Wachstumsraten den in Deutschland und vielen europäischen Staaten in den vergangenen

Jahren zu verzeichnenden und künftig noch prognostizierten hohen Wachstumsraten folgen. Einer Studie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zufolge ist weltweit mit einem Anstieg der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2020 um das 2,5-fache zu rechnen [28]. Die jährliche weltweite Energiebereitstellung (thermische und elektrische Energie) aus erneuerbaren Energien lag 2004 bei 60.000 PJ (Petajoule = 17 Billionen kWh) und wird auf 145.000 PJ (= 40 Billionen kWh) im Jahr 2020 geschätzt.

Für den Ausbau der weltweiten Kapazitäten zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien wird ein Anstieg der weltweit installierten Leistung von 900.000 MW in 2004 auf 2.160.000 MW bis 2020 und bis 2030 sogar auf 4.070.000 MW prognostiziert [28].

Das weltweite Investitionsvolumen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien wird sich bei diesem Ausbau von 43 Mrd. € im Jahr 2004 bis zum Jahr 2020 auf 115 Mrd. € jährlich (konservatives Szenario) bis 250 Mrd. € jährlich fast versechsfachen und bis 2030 auf etwa 460 Mrd. € anwachsen, was damit einen bedeutenden globalen Wachstumsmarkt darstellt. Daraus ergeben sich für deutsche Unternehmen erhebliche Exportpotenziale [28].

In Deutschland wird der Ausbau des Anteils erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung seit Anfang der 1990er Jahre durch darauf ausgerichtete Gesetze unterstützt. Insbesondere das 2000 in Kraft getretene Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) führte zu einer Erhöhung ihres Anteils am Brutto-Stromverbrauch von 6,3% in 2000 auf 14,2% in 2007. Dies übertraf bereits das Ziel der Bundesregierung, die bis 2010 einen Anteil von 12,5% erreichen wollte. Zum Jahresbeginn 2009 wird eine Neufassung des EEG in Kraft treten, verbunden mit dem Ziel, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung bis 2020 auf mindestens 30% zu erhöhen [35]. Das wesentliche Instrument des EEG ist die langfristig (i. d. R. 20 Jahre) garantierte Einspeisevergütung für die Erzeuger erneuerbarer Energien und die daraus resultierende Investitionssicherheit. Die Neufassung des EEG bietet v. a. verbesserte Bedingungen für Offshore-Windkraft, Austausch veralteter Anlagen (Repowering) und Netintegration.

Der Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtenergieverbrauch in Deutschland betrug 2007 8,6%, am Wärmeverbrauch lediglich 6,6%. Um auch ihren Anteil an der Bereitstellung von Wärmeenergie deutlich zu steigern, hat die Bundesregierung das am 01.01.2009 in Kraft tretende Erneuerbare-Energien-Wärmeengesetz (EEWärmG) auf den Weg gebracht. Ziel ist die Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien bei der Wärmeerzeugung auf 14% bis 2020. Die wesentlichen Instrumente des EEWärmG sind die Nutzungspflicht von Wärme aus er-

neuerbaren Energien für Neubauten, direkte staatliche Förderung von jährlich bis zu 500 Mio. € sowie die Erleichterung des Ausbaus von Wärmenetzen durch die Ermächtigung von Kommunen zur Festlegung eines Anschlusszwangs.

### ***Anpassung an den Klimawandel***

Bereits in den 1990er Jahren haben die Staaten international die Notwendigkeit einer Anpassung an die Folgen des Klimawandels erkannt: Unter der UN-Klimakonvention verpflichteten sie sich, Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in Angriff zu nehmen. 2006 hat die internationale Staatengemeinschaft das "Nairobi-Arbeitsprogramm" zur Verbesserung ihres Verständnisses über die Auswirkungen des Klimawandels ins Leben gerufen. 2008 nimmt ein Fonds zur Finanzierung von Anpassungsmaßnahmen insbesondere in den ärmsten Staaten seine Arbeit auf, der unter dem Kyoto-Protokoll eingerichtet wurde. Im Dezember 2007 war das Thema Anpassung bei der UN-Klimakonferenz auf Bali ein zentrales Thema. Da besonders für Entwicklungsländer sofortige und verstärkte Anpassungsmaßnahmen nötig sind, ist Anpassung Teil des sogenannten Bali-Aktionsplanes [10]. Mithilfe dieses Planes soll bis Ende 2009 ein neues UN-Klimaabkommen verhandelt werden. In den kommenden 1 ½ Jahren bis zur UN-Klimakonferenz in Kopenhagen 2009 geht es nun darum, genau zu bestimmen, welche Anpassungsmaßnahmen es international geben soll und wie sie - über den Anpassungsfonds hinaus - finanziert werden sollen.

### **3.2.2 Die Mechanismen des Kyoto-Protokolls**

Das Kyoto-Protokoll [2], ein am 11. Dezember 1997 beschlossenes Zusatzprotokoll zur Ausgestaltung der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC = United Nations Framework Convention on Climate Change) [1] mit dem Ziel des Klimaschutzes, enthält als wesentliches Instrument einen Handel mit Emissionsrechten. Die Funktionsweise dieses Emissionsrechtehandels ist derart, dass Obergrenzen für bestimmte Emissionen (z.B. Kohlendioxid) innerhalb eines Gebietes (national oder international) und eines Zeitraumes politisch festgelegt werden. Entsprechend der definierten Obergrenze werden Umweltzertifikate ausgegeben, die zur Emission einer bestimmten Menge berechtigen. Da die Zertifikate frei handelbar sind, wird der Preis der Zertifikate durch die Nachfrage bestimmt.

Mit dem EU-Emissionshandel versucht die Europäische Union, das im Kyoto-Protokoll festgelegte Klimaschutzziel, die Reduktion von Treibhausgasen zu erreichen. Der erste multinationale Emissionsrechtehandel trat am 01. Januar 2005 in Kraft und fungiert als Vorreiter eines möglichen weltweiten Systems. Zusätzlich wurde die Möglichkeit eingeräumt, Emissionszertifi-

kate der flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls, CDM und JI, anstelle der EU-Allowances zum Nachweis der Emissionszertifikate für Anlagen des Emissionshandels einzusetzen [27]. Neben dem Emissionshandel (An- und Verkauf von Emissionszertifikaten) besteht die Möglichkeit der Durchführung gemeinsamer Klimaschutzprojekte in anderen Industriestaaten (Joint Implementation, JI) bzw. in Entwicklungsländern (Clean Development Mechanism, CDM). Bei CDM- und JI- Projekten handelt es sich letztendlich um Maßnahmen, die zu einer CO<sub>2</sub>-Reduktion in anderen Ländern führen. Dabei werden CO<sub>2</sub>-Zertifikate generiert, die im EU-Emissionshandel genutzt werden können.

Mit Mitteln der Bundesregierung können CDM- / JI-Projekte im Bereich der erneuerbaren Energien gefördert werden. Hierzu wurde ein KfW-Klimaschutzfonds entwickelt, wobei die KfW-Bank Emissionszertifikate aus CDM- / JI-Projekten treuhänderisch im eigenen Namen für Rechnung der Auftraggeber erwirbt und die Zertifikate unmittelbar nach Lieferung durch die Verkäufer an die Auftraggeber entsprechend deren Anteil am gesamten Beschaffungsprogramm (Fondsvolumen) weiterleitet. Als Auftraggeber kommen deutsche und europäische Unternehmen in Frage, die Verpflichtungen nach der EU-Emissionshandelsrichtlinie einhalten müssen [27]. Das Mindestkaufvolumen pro Käufer beträgt 500.000 €. Geringere Beträge können über ein von der KfW-Bank aufgelegtes Programm über teilnehmende Intermediäre abgewickelt werden (s. auch Kap. 3.2.4).

Für die Durchführung von Joint Implementation (JI)-Projekten liegen seit Ende 2005 rechtsgültige Beschlüsse vor. Hierbei kommt es darauf an, dass das Gastland gewisse Kriterien (z.B. Ratifikation des Kyoto-Protokolls, Etablierung eines nationalen Treibhausregisters u.a.) erfüllt. Des Weiteren muss das Land im Annex B des Kyoto-Protokolls [2] aufgeführt sein. Bei der Durchführung emissionsmindernder Maßnahmen in einem anderen Annex-B-Staat (als in Deutschland) besteht die Möglichkeit, zusätzliche Emissionsrechte für heimische Schadstoffproduzenten zu erwerben. Die eintretende Emissionsminderung aufgrund eines solchen Auslandsengagements wird allein dem Investorland gutgeschrieben. Investiert ein im Annex B aufgeführtes Land in emissionsenkende Maßnahmen in einem Land, welches nicht in diesem Annex aufgeführt ist, werden ihm zusätzliche Emissionsrechte nach dem Clean Development Mechanism zugeteilt.

CDM- und JI-Projekte können durch Einzelinitiative entwickelt und im Zusammenwirken mit dem Investor- und Gastland realisiert werden. Dennoch ist die Einbindung in die zwischenstaatliche Zusammenarbeit vor Beginn des Genehmigungsverfahrens empfehlenswert. Eine

zwischenstaatliche Vereinbarung (Memorandum of Understanding, MoU) hilft bei der Durchführung von Projekten.

Ansprechpartner bei der Durchführung von JI-Projekten sind die Joint Implementation Koordinierungsstelle im Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, die Deutsche Emissionshandelsstelle des Umweltbundesamtes und der Klimaschutzfonds der KfW-Bank. In Hessen nimmt die „Transferstelle Internationaler Emissionshandel Hessen - Focal point CDM / JI“ als Initiative des Hessischen Umweltministeriums und angesiedelt bei der Hessen Agentur eine Lotsenfunktion für hessische Unternehmen bei Fragen zur Identifizierung und Konzeption sowie der Durchführung von CDM- / JI-Projekten wahr.

Der Clean Development Mechanism (CDM) bietet deutschen Firmen die Möglichkeit, in Entwicklungsländern Treibhausgas-Emissionen zu reduzieren und die Reduktion in Deutschland gutgeschrieben zu bekommen. CDM kann auch zu Projektfinanzierungen beitragen, indem nicht benötigte Gutschriften am Markt verkauft werden. In jedem Fall profitieren Umwelttechnikfirmen, die benötigte Technologien liefern können. Als Kontakt- und Servicestelle fungiert das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), die BMU-Servicestelle Umwelttechnologieexport- und CDM-Vorhaben und der KfW Klimaschutzfonds [31].

### **3.2.3 Europäische Klimaschutzprogramme**

Das größte europäische Städtenetzwerk zum Klimaschutz „Climate Alliance“ (Klima-Bündnis der europäischen Städte mit indigenen Völkern der Regenwälder / Alianza del Clima e.V.) hat sich den Erhalt des globalen Klimas als Ziel gesetzt. Die ca. 1.400 Mitglieder (Städte, Gemeinden und andere Verwaltungseinheiten sowie NGOs) haben sich zu einer kontinuierlichen Minderung ihrer Treibhausgas-Emissionen verpflichtet. Eine Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes um 10% alle fünf Jahre ist im Jahresbericht 2006 der Climate Alliance festgelegt [77]. Dabei soll der wichtige Meilenstein einer Halbierung der Pro-Kopf-Emissionen (Basisjahr 1990) bis spätestens 2030 erreicht werden. Langfristig streben die Mitglieder der Climate Alliance eine Verminderung ihrer Treibhausgas-Emissionen auf ein nachhaltiges Niveau von 2,5 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Einwohner an.

Die Europäische Kommission hat am 29.01.2008 mit dem Konvent der Bürgermeister / innen eine Initiative zur Einbeziehung der Bürger in den Kampf gegen den Klimawandel gestartet [80]. Die Mitglieder des Konvents verpflichten sich förmlich, bei der Reduzierung ihrer CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Energieeffizienz und die Nutzung erneuerbarer Energien über die Ziele der

EU hinauszugehen. Nahezu 100 Städte in ganz Europa, darunter 15 Hauptstädte, haben ihre Unterstützung für den Konvent bereits bekundet. Der Konvent der Bürgermeister / innen wird eine ergebnisorientierte Initiative sein, in deren Mittelpunkt konkrete Projekte und messbare Ergebnisse stehen. Die teilnehmenden Städte und Regionen werden sich förmlich verpflichten, ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2020 durch Aktionspläne für nachhaltige Energie um mehr als 20% zu senken.

In der Europäischen Union soll die Emission von Treibhausgasen bis zum Jahr 2020 um 20 bis 30% gesenkt werden [79]. Dazu soll im selben Zeitraum der Anteil erneuerbarer Energien von derzeit 8,5 auf 20% steigen. Davon entfallen 10% auf die Nutzung von Biokraftstoffen (18% in Deutschland). Die geschätzten Einnahmen von 50 Mrd. € pro Jahr durch Ausweitung des Emissionshandels fließen in die Förderung erneuerbare Energien, CO<sub>2</sub>-Abscheidung und in Projekte zur Forschung und Entwicklung (FuE).

### 3.2.4 Deutsche Klimaschutzprogramme

Im Rahmen der Umsetzung des europäischen Emissionshandelssystems hat der Gesetzgeber in § 4 des Gesetzes über den nationalen Zuteilungsplan für Treibhausgas-Emissionsberechtigungen in der Zuteilungsperiode 2005 bis 2007 (Zuteilungsgesetz 2007) [4] die folgenden allgemeinen Ziele für die Emission von Kohlendioxid festgelegt und auf die einzelnen Sektoren verteilt. Die Ziele für die zweite Zuteilungsperiode 2008 bis 2012 wurden im Rahmen der Aufstellung des zweiten Nationalen Zuteilungsplanes im Jahr 2006 überprüft [4]. Hierbei wurden auch die aktuellen Erkenntnisse über die Treibhausgas-Bilanzen berücksichtigt:

**Tabelle 2 Ziele für die CO<sub>2</sub>-Emissionen der einzelnen Sektoren**

	Zuteilungsperiode 2005 - 2007	Zuteilungsperiode 2008 - 2012
	Mio. t/Jahr	Mio. t/Jahr
Energie und Industrie	503	495
Verkehr und Haushalte	298	291
Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	58	58
Insgesamt	859	844

Die in Meseberg beschlossenen Eckpunkte für ein Integriertes Energie- und Klimaprogramm [33] + [29] haben zum Ziel, Emissionen bis 2020 um 40% unter das Niveau von 1990 zu reduzieren. Voraussetzung hierfür ist eine erfolgreiche Reduzierung der Emissionen innerhalb der Europäischen Union um 30% gegenüber 1990. Das Ziel der Reduzierung der Emissionen soll

durch ein Paket von insgesamt 29 Einzelmaßnahmen erreicht werden, wie in Kap. 4.7 näher ausgeführt wird.

Das „Fernziel“, den Treibhausgas-Ausstoß bis 2050 um 80% zu mindern, ist einer Studie des Umweltbundesamtes zufolge technisch möglich und volkswirtschaftlich tragfähig [102]. Das Fördern der erneuerbaren Energien und eine deutlich steigende Energieeffizienz tragen hierzu in hohem Maße bei. Fluorierte Treibhausgase sind wegen klimaschonender Techniken weitgehend verzichtbar. Für das Erreichen des Zwischenziels, bis 2020 die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 40% gegenüber 1990 zu vermindern, existieren kostengünstige Maßnahmen ohne volkswirtschaftliche Mehrkosten. Hierzu zählen beispielsweise die Sanierung des Gebäudebestandes und Effizienzsteigerungen im Kraftwerkspark.

### ***Das Integrierte Energie- und Klimaschutzprogramm (IEKP)***

Das Ziel der Bundesregierung ist es, eine Umgestaltung des Energiesystems zu erreichen. Dies soll durch Energieeinsparungen und einen steigenden Anteil erneuerbarer Energien erreicht werden. Bis 2020 sollen mindestens 10% des gesamten Energieverbrauchs und 20% der Stromversorgung in Deutschland aus Wind, Wasser, Biomasse, Sonnenenergie und Geothermie gedeckt werden. Langfristiges Ziel bis 2050 ist ein erneuerbarer Energieanteil von 50%. Die technologische Führungsposition deutscher Unternehmen in den meisten Sparten soll weiterhin durch die Bundesregierung unterstützt werden, vor allem durch Förderung der Forschung und Entwicklung und Verbesserung der Exportbedingungen [29].

In Anbetracht eines notwendigen Strukturwandels in der Energieversorgung, um Deutschlands Abhängigkeit von Energieimporten zu verringern, wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit eine Studie erstellt, welche die Arbeitsplatzeffekte im Bereich der erneuerbaren Energien untersucht [28]. Dazu wurden mehr als 1.100 Unternehmen befragt. Im Basisjahr der Untersuchung 2004 sind etwa 157.000 Arbeitsplätze dem Bereich der erneuerbare Energien zuzuordnen. Die Beschäftigungszahlen wurden mit Hilfe der Input-Output-Analyse ermittelt, wobei nicht nur die direkten Beschäftigten in den Unternehmen ermittelt wurden, die z.B. Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien produzieren, sondern auch die indirekt Beschäftigten in den Unternehmen, die Vorprodukte bereitstellen. Bei den 157.000 Arbeitsplätzen handelt es sich um eine sogenannte Bruttobeschäftigung, die aus der Summe der direkten und indirekten Beschäftigungsverhältnisse resultiert. Bereits bis zum Jahr 2010 wollen die befragten Unternehmen ihre Beschäftigtenzahl um 50% erhöhen. In der Studie geht man von einer realistischen Verdoppelung der Beschäftigtenzahlen bis zum Jahr 2020 im Bereich der erneuerbaren Energien auf etwa 300.000 Arbeitsplätze aus, ohne

Berücksichtigung negativer Beschäftigungseffekte in anderen Wirtschaftssektoren. Die größten Steigerungen sind im Bereich der Verwendung fester Biomasse und Photovoltaik (über 100% von 2004 bis 2010) zu erwarten, die geringste Steigerung im Bereich Wasserkraft (4%), in den anderen Bereichen zwischen 30 und 55% im selben Zeitraum.

Ähnliche Zahlen prognostiziert der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) für die mittelfristige Entwicklung der Strommengen aus erneuerbaren Energien [115]. Demnach sind im Bereich der Stromerzeugung aus Wasserkraft und Gas kaum bis keine Erhöhungen im Zeitraum von 2007 bis 2013 zu erwarten und aus Windkraft Onshore-Anlagen im selben Zeitraum nur eine mäßige Erhöhung um 25% (von 41.425 auf 51.870 GWh). Eine deutliche Steigerung wird im Bereich Biomasse prognostiziert, aus welcher bis 2013 75% mehr Strom gewonnen wird (15.145 auf 26.360 GWh) sowie aus Solarenergie, deren Anteil sich nahezu verdoppelt (3.440 auf 6.630 GWh). Der mit Abstand größte Zuwachs ist in den bis jetzt kaum bis nicht vertretenen Bereichen der Geothermie (11 auf 399 GWh) und der Windkraft-Offshore-Anlagen (0 auf 15.270 GWh) zu erwarten.

Um den Anteil erneuerbarer Energien gemäß den Vorgaben zu erhöhen, ist im Zeitraum von 2005 bis 2020 mit Investitionen in die Anlagen in Höhe von 130 Mrd. € (Stand der Preise 2000) zu rechnen [28].

Die Investitionen in Anlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien verändern sich gegenüber dem Jahr 2004 mit 7,7 Mrd. €/a auf 4,1 Mrd. €/a bis 10,7 Mrd. €/a in 2020 je nach zugrunde gelegtem Szenario [28]. Dies ist im Wesentlichen von der Entwicklung der Energiepreise abhängig. Im als realistisch eingestuftem Szenario ist die Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien etwa ab dem Jahr 2020 kostengünstiger als diejenige aus konventionellen Energiequellen.

Aus den Umsätzen im internationalen Markt vor allem in den Bereichen Photovoltaik, Windenergie- und Wasserkraftanlagen sowie Biomasseanlagen u. a. ergeben sich für den deutschen Export Umsatzpotenziale in Höhe von 9 bis zu 30 Mrd. €/a im Jahr 2020 [28].

In der Kabinettsklausur am 23. und 24.08.2007 sind weitgehende Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm beschlossen worden. Dazu stehen im Bundeshaushalt 2008 für die Klimapolitik insgesamt 2,6 Mrd. € bereit. Die Mittel sind zur Umsetzung eines umfassenden Maßnahmenpaketes vorgesehen [33] + [29]:

Heute beträgt der Anteil an der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) an der Stromerzeugung etwa 12%. Dieser soll bis zum Jahr 2020 auf 25% erhöht werden. Hierzu beträgt das Fördervolumen im Bereich Strom und Wärme bis zu 750 Mio. € [29].

Im Rahmen des CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogrammes stehen im Zeitraum von 2006 bis 2009 Mittel in Höhe von 4 Mrd. € bereit, die über die KfW-Förderbank abgewickelt werden [33].

Eine Ersparnis von 50% an aufgewandter Energie für jedes sanierte Gebäude ist Ziel des Programmes zur „Energetischen Sanierung der sozialen Infrastruktur“. Sanierungsobjekte sind hierbei beispielsweise Schulen und Kindergärten. Bund, Länder und Kommunen tragen jeweils 200 Mio. € dazu bei. Damit steht 2008 ein Finanzvolumen von zusammen 600 Mio. € zur Verfügung [33].

Zur Einsparung fossiler Brennstoffe für die Wärmebereitstellung soll der Anteil an erneuerbaren Energien von 6% im Jahr 2006 bis auf 14% im Jahr 2020 steigen. Dies wird 2008 mit 350 Mio. € gefördert; 2009 kommen weitere 500 Mio. € hinzu [33].

Im Programm zur energetischen Sanierung von Bundesimmobilien sind in den Jahren 2006 bis 2009 480 Mio. € vorgesehen. Dadurch sollen jährliche Energiekosteneinsparungen von 17 Mio. € erreicht werden [33].

Im Bereich der Energieforschung und Innovation stehen in den Jahren 2008 bis 2011 1,5 Mrd. € zur Verfügung. Für die Erforschung in den Bereichen [33]:

- erneuerbare Energien 470 Mio. €
- CO<sub>2</sub>-Speicherung 200 Mio. €
- Biomassennutzung 45 Mio. €
- effiziente Antriebstechnologien 10 Mio. €
- Hightech-Strategie Klimaschutz 500 Mio. €

Darüber hinaus werden im Rahmen der „Hightech-Strategie“ Investitionen für Forschung und Entwicklung in 17 Hightech-Sektoren getätigt. In den Jahren 2006 bis 2009 insgesamt 15 Mrd. €

### ***Emissionshandel und CDM- / JI-Projekte***

Die KfW-Bank hat einen Klimaschutzfonds entwickelt, der Emissionszertifikate aus CDM- / JI-Projekten erwirbt [31]. Als Abnehmer dieser Zertifikate kommen vor allem deutsche und europäische Unternehmen in Frage, die Verpflichtungen nach der EU-Emissionshandelsrichtlinie einhalten müssen und die dazu die projektbezogenen Mechanismen nutzen wollen. Der Fonds steht aber auch Unternehmen offen, die Emissionszertifikate aus Image- oder PR-Gründen erwerben wollen. Dazu schließen Unternehmen mit der KfW-Bank eine Vereinbarung über die Höhe ihres maximalen Engagements ab und verpflichten sich, Zertifikate bis zu diesem Betrag abzunehmen. Der Betrag sollte die Summe von 500.000 € nicht unterschreiten und eine Einsparung von jährlich 50.000 t CO<sub>2</sub> erbringen. Als Gastländer von Projekten kommen grundsätzlich alle Länder in Frage, die die Kriterien des Kyoto-Protokolls erfüllen. Aus den Fondsmitteln sollen Zertifikate aus Entwicklungs- und Transformationsländern aufgekauft und an die Einzahler im Verhältnis ihrer Einlagen ausgeschüttet werden.

Die KfW-Bank hat bis zum Herbst 2006 vier Kaufverträge sowie sechs Vorverträge abgeschlossen, aus denen bis 2012 ca. 4,8 Mio. Zertifikate in den Fonds fließen sollen. Die Verträge haben einen Gesamtwert von 43,5 Mio. €. Ein Großteil des Fondsvolumens (25%) liegt im Bereich der Nutzung von Deponiegas. Der Hauptteil im Bereich erneuerbarer Energien (64%).

Auf Ebene der Bundesländer werden in Hessen CDM- / JI-Projekte durch die „Transferstelle Internationaler Emissionshandel Hessen - Focal point CDM / JI“ - der Hessen Agentur im Auftrag des hessischen Umweltministeriums betreut [61].

### **3.2.5 Deutsche Anpassungsstrategie**

Das Deutsche Klimaschutzprogramm aus dem Jahr 2005 sieht die "Erarbeitung eines umfassenden nationalen Konzeptes zur Anpassung unter Berücksichtigung der Länderzuständigkeiten" bis zum Herbst 2008 vor [89] + [34]. Bund und Länder werden bis Ende 2008 eine Deutsche Strategie zur Anpassung an den Klimawandel (DAS) erarbeiten. Neben dem (vorbeugenden) Klimaschutz ist dies ein Instrument, das sich mit den Folgewirkungen des Klimawandels und notwendigen Anpassungsmaßnahmen befasst. Dies geschieht in folgenden Fachthemen:

- Gesundheit
- Landwirtschaft / Bodenschutz
- Wald- und Forstwirtschaft

- Siedlungswasserwirtschaft
- Wasserwirtschaft / Extremereignisse
- Naturschutz / Ökologie
- Energiewirtschaft
- Infrastruktur / Versorgungsnetze
- Tourismus

Im November 2008 wird hierzu ein Kabinettsbeschluss erwartet, der die Grundlage für die Umsetzung einer deutschen Anpassungsstrategie ab Frühjahr 2009 sein soll. Unklar ist noch, ob in dem Kabinettsbeschluss bereits Zuweisungen von Mitteln erfolgen werden.

Im Vordergrund wird der Bedarf an Grundlagenermittlung (Forschung) zu den Klimafolgen stehen. Einzelne Forschungsaufträge zu den Klimafolgen werden, wie bisher, vom Umweltbundesamt im UFOPLAN (Umweltforschungsplan) erteilt werden. Vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit wird erhofft, dass ab 2009 eine Verwendung der Einnahmen aus dem Emissionsrechtehandel, die in den Klimaschutz fließen, auch für Maßnahmen aus der Anpassungsstrategie erfolgt /[www.bmu.de/](http://www.bmu.de/).

Wichtig für den Inhalt der Anpassungsstrategie sind die Ergebnisse der Konferenz "Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel - Erwartungen, Ziele und Handlungsoptionen" am 15./16.04.2008 in Berlin [34]. Am konkretesten sind die Erwartungen an die Anpassungsstrategie im Fachthema Naturschutz (Artenvielfalt und Klimawandel).

### **3.2.6 Klimaschutz in Hessen**

Die Ziele des Integrierten Klimaschutzprogrammes (InKlim) Hessen 2012 [60] beinhalten folgende Punkte:

- Aktualisierung der Grundlagen
- Berechnung von klimapolitischen Szenarien für den Zeitraum von 2005 bis 2012
- Berücksichtigung von regionalem Klimawandel und Klimafolgen
- Schaffung von Input für hessische Initiativen
- Entwicklung von Instrumenten und Maßnahmen für wirksamen regionalen Klimaschutz

- Überprüfung der Kosten für unterschiedliche Technologiepfade, Akteurs- und Akzeptanzmodelle

Die Besonderheit von InKlim 2012 ist der Versuch einer integrierten Berücksichtigung sowohl von Treibhausgas-Vermeidungsmaßnahmen als auch von Anpassungsmaßnahmen an den langfristig zu erwartenden Klimawandel. Die Arbeiten wurden in drei Programmbausteine gegliedert. Zunächst wurden in Baustein I die Potenziale und die damit verbundenen Kosten für die Vermeidung von Treibhausgas-Emissionen in den Sektoren Energieumwandlung, Gewerbe / Industrie, Gebäude und Verkehr bestimmt und anschließend die gewonnenen Informationen in einer Energiesystemanalyse verwendet. Die Arbeiten des Bausteins II beschäftigen sich mit den regionalen Auswirkungen des globalen Klimawandels auf Hessen. Diese wurden in einem eigenständigen Abschlussbericht dokumentiert und werden deshalb in diesem Bericht nur zusammenfassend vorgestellt. In Baustein III wurden die wirtschaftlichen Auswirkungen der Bausteine I und II ermittelt und als Ergebnis dieser Arbeiten der Handlungsspielraum der hessischen Landesregierung zur Verwirklichung einer klimaverträglichen Politik dargestellt.

Die Endberichte zu INKLIM 2012 wurden im Dezember 2005 (Baustein II) [56] und März 2006 (Bausteine I und III, Zusammenfassung Baustein II) [60] abgeschlossen. Die Ergebnisse bilden die Grundlage des von der hessischen Landesregierung im März 2007 vorgelegten „Klimaschutzkonzept Hessen 2012“ [63]. Dieses unterstützt die Klimaschutzziele der Bundesrepublik Deutschland, die im Rahmen der EU-Beschlüsse und des Kyoto-Protokolls festgelegt wurden. Es beruht auf den drei Säulen - Anpassung an den Klimawandel, CO<sub>2</sub>-Vermeidung durch Innovation und Internationaler Emissionshandel. Als konkretes Ziel wird die Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch in Hessen auf 15% bis zum Jahr 2015 festgeschrieben. Der aus dem Klimaschutzkonzept entwickelte und im November 2007 veröffentlichte „Aktionsplan Klimaschutz des Landes Hessen“ [61] benennt auf Landesebene umsetzbare Maßnahmen.

Im Rahmen des hessischen Energiesparprogramms können Entwicklungs-, Pilot- und Demonstrationsvorhaben zur rationellen Energienutzung und zur Nutzung erneuerbarer Energien gefördert werden. Zurzeit handelt es sich um die Technologien zur Passivhaus-Modernisierung, innovative Wärmedämmtechniken und ausgewählte innovative Wandlungstechnologien wie Mikrogasturbinen, Stirlingmotoren und Brennstoffzellen sowie um Pilot- und Demonstrationsvorhaben zur Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung [61] + [60] + [63].

Zur energetischen Sanierung der vom Hessischen Immobilienmanagement bewirtschafteten Liegenschaften stehen im Rahmen des „CO<sub>2</sub>-Verminderungsprogramm“ bis 2013 insgesamt 43 Mio. € an Landesmitteln zur Verfügung. In 2008 wird eine erste Tranche von 4 Mio. € ausgewiesen [61].

Über die LTH-Bank, einer Anstalt der Landesbank Hessen-Thüringen Girozentrale, wird ein Förderprogramm „Energieeffizienz im Mietwohnungsbau“ abgewickelt. Dafür stehen für Investoren von Wohnimmobilien mit mindestens 4 Wohneinheiten Mittel für Zinsverbilligung zur Verfügung. Das Programm stellt ein gesamtes Kreditvolumen von 90 Mio. € in 3 Jahren zur Verfügung [61].

Zur Verbesserung der Infrastruktur, Gebäude- und energetischen Sanierung sind im hessischen Hochschulbauprogramm HEUREKA bis zum Jahr 2020 insgesamt 3 Mrd. € eingeplant [61].

#### **4 Wirtschaftliche Potenziale der Umwelttechnologien im Klimaschutz und bei Anpassungen an den Klimawandel**

In den folgenden Kapiteln werden die künftigen durch Klimaschutzaktivitäten und Anpassungsmaßnahmen hervorgerufenen technologischen Anforderungen und die damit verbundenen wirtschaftlichen Potenziale für die Umwelttechnikbranche, gegliedert nach den im Kap. 1.1 genannten Umwelttechnologiesegmenten, dargestellt. Die Prognosen für den Entwicklungsbedarf neuer Geschäftsfelder bzw. für die Stärkung etablierter Geschäftsfelder wurden vorrangig aus existierenden Programmen zum Klimaschutz und zu Anpassungsstrategien abgeleitet. Darüber hinaus wurden aber auch anerkannte nationale und internationale Empfehlungen zu Klimaschutz und Anpassungen, vor allem wenn sie bereits Eingang in die politische Absicht- und Willensbildung gefunden haben, berücksichtigt.

Alle Prognosen und Trends setzen natürlich den Willen von Gesellschaft und Politik zur Umsetzung der entsprechenden Maßnahmen sowie letztendlich ihre Finanzierbarkeit voraus. Nicht vorhersehbar und damit auch nicht berücksichtigt sind mögliche Entwicklungen, die als Reaktion der Märkte auf politische Unsicherheiten und andere Unwegbarkeiten entstehen könnten.

Für die Umwelttechnologiesegmente „Abfall / Recycling und Abwasser“ (Kap. 4.1), „Wasserversorgung / Trinkwassergewinnung“ (Kap. 4.2) und „Hochwasserschutz“ (Kap. 4.3) sind außerdem der aktuelle technologische Stand sowie laufende Forschungsvorhaben in Deutsch-

land, die innovative Technologien erproben oder entwickeln, aufgezeigt. Ausgehend von den Prognosen zur Entwicklung neuer Geschäftsfelder bzw. zur Stärkung etablierter Geschäftsfelder, wird für diese Umwelttechnologiesegmente jeweils am Schluss der Kap. 4.1, 4.2 und 4.3 der künftige Forschungs- und Entwicklungsbedarf genannt, der für die betreffenden Geschäftsfelder unterstützend wirken kann. Die Einschätzungen basieren vor allem auf Hinweisen und Zukunftsprognosen, die bei Verbänden und Wirtschaftsforschungsinstituten recherchiert wurden.

## **4.1 Abfall / Recycling und Abwasser**

### **4.1.1 Marktübersicht und Abgrenzung**

In der Abfallwirtschaft und Abwasserbehandlung wird ein breites Spektrum an Dienstleistungen und Technologien eingesetzt, welche nur zum Teil den reinen Umwelttechnologien zugerechnet werden können. Darüber hinaus gibt es bei den Umwelttechnologiesegmenten „Abfall / Recycling und Abwasser“ gemeinsame Geschäftsfelder und Überschneidungen mit anderen Segmenten, insbesondere mit dem Segment „Energie“.

#### ***Abfall / Recycling***

In Tabelle 3 sind die Geschäftsfelder der Abfall- und Recyclingwirtschaft mit den wesentlichen Leistungen und Produkten und ihre Anbindung an andere Wirtschaftszweige und Segmente zusammengestellt.

**Tabelle 3 Umwelttechnologiesegment „Abfall / Recycling“ - Übersicht**

<b>Geschäftsfeld</b>	<b>Leistungen / Produkte</b>	<b>Wirtschaftszweig / Segment</b>
Abfallwirtschaftliche Planung	Planung und Genehmigungsmanagement für abfallwirtschaftliche Anlagen (Deponien, MVA <sup>1</sup> , MBA <sup>2</sup> , Bioabfallbehandlung, CP <sup>3</sup> -Anlagen, Zwischenlager, Umschlag- und Sammelplätze, Sortier- und Recyclinganlagen	Ingenieur- und Planungsbüros
	Abfallwirtschaftspläne, Machbarkeits- und Wirtschaftlichkeitsstudien	Ingenieur- und Planungsbüros
Deponietechnik	Deponiebau: Neubau, Erweiterung und Stilllegung von Deponien, Herstellung von Abdichtungssystemen, Gas- und Sickerwasserdrainagen	Bauwirtschaft
	Deponiegastechnik: Energieerzeugung (Strom, Kraft-Wärme-Kopplung) aus Deponiegas	Energietechnik
	Sickerwasseraufbereitung	Abwassertechnik
	Nachsorge stillgelegter Deponien	Bodenschutz / Sanierung
Bioabfalltechnik	Bau von Vergärungs- und Kompostieranlagen	Verfahrenstechnik, Anlagenbau, Ablufttechnik
	Energieerzeugung (Strom, Kraft-Wärme-Kopplung) aus Biogas	Energietechnik
Thermische Abfallbehandlung	Bau und Ausrüstung von Hausmüll- und Sonderabfallverbrennungsanlagen, Anlagen zur Klärschlammverbrennung, EBS-Kraftwerke	Energietechnik (Kraftwerks- und Feuerungstechnik) Luftreinigungstechnik (Rauchgasreinigung)
Mechanisch-biologische Abfallbehandlung	Bau und Ausrüstung von Anlagen zur Abfalltrennung und -sortierung, Vergärungs- und Nachrotteanlagen	Aufbereitungstechnik, Verfahrenstechnik, Anlagenbau, Ablufttechnik
	Energieerzeugung (Strom, Kraft-Wärme-Kopplung) aus Biogas	Energietechnik
Sortier- und Recyclingtechnik	Bau und Ausrüstung von automatisierten Anlagen zur Abfalltrennung, -sortierung und stofflichen Verwertung, Anlagen zur Konditionierung von Wertstoffen	Aufbereitungstechnik, Verfahrenstechnik, Anlagenbau

<b>Geschäftsfeld</b>	<b>Leistungen / Produkte</b>	<b>Wirtschaftszweig / Segment</b>
Abfalllogistik	Bau und Ausrüstung von Müllfahrzeugen	Fahrzeugbau
	Herstellung von Abfallbehältern	Behälterbau (Metall, Kunststoff)
	Software und Kommunikationstechnik für Logistik	Informations- und Kommunikationstechnik
Entsorgungsleistungen	Sammlung und Transport von Abfällen zu Aufbereitungs- und Entsorgungsanlagen	Entsorgungswirtschaft
	Betrieb von Aufbereitungs- und Entsorgungsanlagen (Sortier- und Recyclinganlagen, Abfallbehandlungsanlagen, Deponien)	Entsorgungswirtschaft

<sup>1</sup> MVA Müllverbrennungsanlage

<sup>2</sup> MBA mechanisch-biologische Abfallbehandlung

<sup>3</sup> CP chemisch-physikalische Behandlung

### **Abwasser**

In Tabelle 4 sind die Geschäftsfelder mit den wesentlichen Leistungen und Produkten in Umwelttechnologiesegment „Abwasser“ und ihre Anbindung an andere Wirtschaftszweige und Segmente zusammengestellt.

**Tabelle 4 Umwelttechnologiesegment „Abwasser“ - Übersicht**

<b>Geschäftsfeld</b>	<b>Leistungen / Produkte</b>	<b>Wirtschaftszweig / Segment</b>
Planung und Bau von Kläranlagen	Planung und Genehmigungsmanagement für Kläranlagen (Typ der Kläranlage, Standortklärung, Verbleib des gereinigten Wassers, Wasserrechtliche Erlaubnis)	Ingenieur- und Planungsbüros
	Machbarkeits- und Wirtschaftlichkeitsstudien	Ingenieur- und Planungsbüros
Kläranlagentechnik	Kläranlagenbau: Neubau, Modernisierung, Erweiterung und Stilllegung von Kläranlagen	Bauwirtschaft
	Sickerwasseraufbereitung	Abwassertechnik
	Filtrationstechnik (z.B. Membranfiltration)	Abwassertechnik
Kanalbau	Bau von Abwasserleitungen und Rückhaltesystemen	Bauwirtschaft, Abwassertechnik

<b>Geschäftsfeld</b>	<b>Leistungen / Produkte</b>	<b>Wirtschaftszweig / Segment</b>
Klärschlammtechnik	Bau von Anlagen zur Klärschlamm-trocknung (z.B. mittels Solarenergie)	Verfahrenstechnik, Anlagenbau, Solartechnik
	Anlagen zur Klärschlammverbrennung	Verfahrenstechnik, Anlagenbau
	Energieerzeugung aus Klärgas (Strom, Kraft-Wärme-Kopplung, Blockheizkraftwerke)	Energietechnik, Anlagenbau
	Energieerzeugung aus Abwasser (Strom, Kraft-Wärme-Kopplung, Wärmepumpen)	Energietechnik, Anlagenbau
Entsorgungsleistungen	Sammlung und Transport von Klärschlamm zu Müllverbrennungsanlagen	Entsorgungswirtschaft
	Nutzung von Klärschlamm als Klärdünger in der Landwirtschaft	Entsorgungswirtschaft / Landwirtschaft

Leistungen zur Wasseraufbereitung, wie beispielsweise der Einsatz von Filtrationstechniken, überschneiden sich z. T. mit Geschäftsfeldern, die im Umwelttechnologiesegment „Wasserversorgung / Trinkwassergewinnung“ genannt sind (s. Kap. 4.2).

#### **4.1.2 Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft und Abwassertechnik**

Die Entsorgungswirtschaft in Deutschland hat in den letzten 20 Jahren komplexe und leistungsfähige Strukturen in der Abfallverwertung aufgebaut und den Bereich der Abfallbeseitigung weitgehend mit umweltgerechter Anlagentechnik ausgestattet.

Diese Entwicklung wurde im Wesentlichen durch die Rahmenbedingungen des deutschen Abfallrechts vorangetrieben, die seit der 4. Novelle des Abfallgesetzes von 1986 und vor allem durch das nachfolgende, seit 1994 bestehende Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz alle Akteure im Bereich der Abfallwirtschaft zu dem Prinzip „Vermeiden vor Verwerten vor Beseitigen“ verpflichteten.

Erst in jüngerer Zeit wurde im Zuge der verstärkten Klimaschutzdebatten die Aufmerksamkeit auf das Klimaschutzpotenzial der Entwicklungen in der Abfallwirtschaft gelenkt. Mehrere Untersuchungen und Studien zeigten, dass die Umsetzung der abfallpolitischen Ziele erheblich zur Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen beigetragen hat. Für die in Deutschland zwischen 1990 und 2005 erreichte CO<sub>2</sub>-Minderung von insgesamt 185 Mt können 46 Mt, entsprechend ca. 25%, der Abfallwirtschaft zugeschrieben werden [39] + [36]. Den größten Anteil daran hat die

Unterbindung der unkontrollierten Methan-Emissionen aus Hausmülldeponien durch die Umsetzung der TA Siedlungsabfall, im Wesentlichen durch die Oberflächenabdeckung von Deponien mit Fassung und meist energetischer Nutzung von Deponiegas [39]. Weitere ab 2005 prognostizierte CO<sub>2</sub>-Minderungen werden durch das Verbot der Ablagerung von unbehandelten Siedlungsabfällen ab Juni 2005 erreicht [39]. Dies hat zum einen zur Schließung von etwa der Hälfte der bis 2005 betriebenen Hausmülldeponien geführt und zum anderen zur Folge, dass künftig nur noch quasi biologisch nicht abbaubare Abfälle abgelagert werden und damit Deponiegas (i. d. R. > 50% Methan) nicht mehr entstehen kann. Bis 2012 wird eine weitere Einsparung von 8,4 Mt CO<sub>2</sub>-Äquivalenten prognostiziert [116].

Ein weiteres abfallpolitisches Ziel in Deutschland ist die Beendigung der Deponierung von Siedlungsabfällen bis 2020. Bis zu diesem Zeitpunkt soll die Behandlungs- und Aufbereitungstechnik soweit entwickelt sein, dass eine vollständige Verwertung von Siedlungsabfällen möglich ist. Der technologische Fortschritt in diesem Bereich wird zu weiteren, wenn auch im Vergleich zum Zeitraum 1990 bis 2005 geringen, Emissionsminderungen führen [116].

Die abfallpolitischen Strategien der EU sind maßgeblich durch Klimaschutzziele geprägt und folgen im Wesentlichen der deutschen Abfallpolitik mit einer zeitlichen Verzögerung von ca. 5 bis 10 Jahren. Sie besitzen vor allem in Ländern, in denen Deponierung die primäre Abfallbeseitigung ist, das größte Potenzial zur Minderung von Treibhausgas-Emissionen, das bis 2020 in hohem Maße ausgeschöpft werden soll.

Abfallpolitische Zielsetzungen zur Etablierung umweltverträglicher Entsorgungsverfahren mit gleichzeitiger Entwicklung einer leistungsfähigen Kreislaufwirtschaft führen insgesamt stets zu Minderungen von Treibhausgas-Emissionen und sind damit wirksamer Klimaschutz. Die Wege dorthin können unterschiedlich und vor allem durch lokale Gegebenheiten bestimmt sein. Weltweit besteht daher ein sehr großes Potenzial zur Minderung von Treibhausgas-Emissionen durch geeignete Maßnahmen und Projekte im Bereich der Abfallwirtschaft.

In Deutschland wird Abwasser - im Gegensatz zu vielen EU-Staaten - fast flächendeckend mit dem höchsten EU-Reinigungsstandard behandelt. Primäres Ziel für die deutschen Standards war der Gewässerschutz. In der EU wurden mit der Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG und der Richtlinie 2008/1/EG über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie) ein rechtlicher Rahmen mit vergleichbaren Standards geschaffen, der viele EU-Mitgliedsstaaten zu Modernisierungen ihrer Anlagen zwingt.

In der Abwasserbehandlung bestehen Klimaschutzpotenziale vor allem in der Vermeidung von Methan-Emissionen bzw. Umwandlung in CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Verbrennung sowie in der energetischen Nutzung von Faulgas (Methan) und Abfällen aus der Abwasserbehandlung (v. a. Klärschlamm). Durch moderne Anlagentechnik können sowohl beim Neubau von Abwasserbehandlungsanlagen als auch im Zuge von Modernisierungen Beiträge zum Klimaschutz geleistet werden. Klimaschutzpotenziale durch Anlagenmodernisierungen bestehen auch in Deutschland.

#### **4.1.3 Abfall- und Abwassertechnologien im Rahmen von CDM- / JI-Projekten**

Aufgrund der technologischen Spitzenposition und des bereits hohen Weltmarktanteils deutscher Unternehmen im Segment Abfall- und Recyclingtechnik von ca. 25% ergeben sich sehr gute Marktchancen für den künftigen weltweiten Bedarf an Produkten und Dienstleistungen in diesem Bereich. Wie oben dargelegt, ist Klimaschutz im Bereich der Abfallwirtschaft eng mit dem Aufbau einer leistungsfähigen Kreislaufwirtschaft, wie sie in Deutschland und wenigen anderen Industrienationen besteht, verbunden. Für Vorhaben in diesem Sinne können handelbare Emissionszertifikate - CERs (Certified Emission Reductions) im Rahmen von CDM-Projekten und ERUs (Emission Reduction Units) im Rahmen von JI-Projekten - generiert werden (s. Kap. 3.2.2).

Diese Marktpotenziale bestehen somit prinzipiell für alle Geschäftsfelder der Abfall- und Recyclingtechnologien, insbesondere aber für Produkte und Leistungen, mit denen Projekte nach einer durch das CDM Executive Board (EB) anerkannten Methode (Approved Methodologies) realisiert werden können. Die anerkannten Methoden aus dem Sektor Abfallwirtschaft / Entsorgung umfassen auch Verfahren und Technologien aus dem Abwasserbereich.

Trotz des hohen technologischen Standards vieler deutscher Anbieter von Abfall-, Recycling- und Abwassertechnologien, sind deutsche Unternehmen vergleichsweise spät in CDM-Projekte eingestiegen [95]. Dadurch besteht hier eine Wettbewerbssituation, der am ehesten durch Erfahrungen und Kontakte in den jeweiligen Projektländern zu begegnen ist. Wenn diese fehlen, können Netzwerke und Kooperationen hilfreich sein. Es ist nicht immer zu erwarten, dass Spitzentechnologien in diesen Projekten zum Einsatz kommen, da diese häufig nicht finanzierbar sind. Den Anerkennungskriterien genügen Technologien, die an die lokalen Gegebenheiten angepasst sind, sofern sie eine deutliche und nachweisbare Minderung oder Vermeidung von Treibhausgas-Emissionen bewirken.

In Tabelle 5 sind die anerkannten Methoden zur Minderung von Treibhausgas-Emissionen für den Abfallsektor und eine Methode aus dem Transportsektor zusammengestellt, die für das Segment Abfall- / Recyclingtechnologie (einschließlich Abfalllogistik) sowie für das Segment Abwassertechnologie relevant sind. In der Tabelle sind die Organisationen angegeben, die im Rahmen des Anerkennungsprozesses seitens des CDM EB mit der Verifizierung bzw. Validierung betraut sind (DOEs = Designated Operational Entities). In Tabelle 6 sind die für die anerkannten Methoden in Frage kommenden Leistungen und Produkte erläutert.

Für die Anerkennung von JI-Projekten werden derzeit ebenfalls die anerkannten Methoden der CDM-Projekte zugrunde gelegt. Das Anerkennungsverfahren ist analog und wird sich auch zukünftig eng an den für die CDM-Projekte etablierten Abläufen und Strukturen orientieren.

**Tabelle 5 Umwelttechnologiesegmente Abfall / Recycling und Abwasser - anerkannte Methoden für CDM-Projekte**

Sektor Nr.	Sektor	anerkannte zusammengefasste Methoden	anerkannte Methoden	anerkannte Methoden für kleine Projekte	für die Validierung akkreditierte DOEs*	für die Verifizierung akkreditierte DOEs*
7	Transport			<u>AMS-III.S.</u>	JQA DNV SGS TÜV-SÜD BVC Holding SAS TÜV NORD LRQA	DNV SGS TÜV-SÜD
13	Abfallwirtschaft / Entsorgung	<u>ACM0001</u> <u>ACM0010</u> <u>ACM0014</u>	<u>AM0025</u> <u>AM0039</u> <u>AM0057</u>	<u>AMS-III.E.</u> <u>AMS-III.F.</u> <u>AMS-III.G.</u> <u>AMS-III.H.</u> <u>AMS-III.I.</u> <u>AMS-III.L.</u>	JQA DNV SGS TÜV-SÜD TÜV Rheinl. JCI AENOR KPMG TÜV NORD LRQA	DNV SGS TÜV-SÜD

\* DOE = Designated Operational Entity (= betraute Organisation)

**Tabelle 6 Umwelttechnologiesegmente Abfall / Recycling und Abwasser - Leistungen und Produkte zu anerkannten Methoden für CDM-Projekte**

Leistung / Produkt	Bedingungen *	Methode
<b>Anerkannte zusammengefasste Methoden</b>		
Fassung und Verbrennung von Deponiegas mit und ohne energetische Verwertung	Deponie emittiert anderenfalls Deponiegas unkontrolliert.	ACM0001
Fassung und Einleitung von Deponiegas in ein Gasversorgungsnetz	Deponie emittiert anderenfalls Deponiegas unkontrolliert.	ACM0001 bei Erdgas-Substitution auch AM0053
Emissionsarme Behandlung von Abfällen aus landwirtschaftlichen Tierhaltungen mit Sicherstellung der Verhinderung von Einträgen	Viehbestand in Stallungen (Rinder, Büffel, Schweine, Schafe, Ziegen, Geflügel) Gülle wird auf dem Standort nicht in natürliche Gewässer eingeleitet. Ersatz von bestehenden Systemen; im Fall vorhandener anaerober Klärbecken: > 1 m Tiefe, > 5°C Jahresdurchschnittstemperatur, > 1 Monat Verweildauer	ACM0010
Neubau einer anaeroben Abwasserbehandlungsanlage mit Fassung und Verbrennung von Biogas mit und ohne energetische Nutzung (Strom und / oder Wärme), Anschluss einer nachfolgenden eindeutig aeroben Abwasser- und Klärschlammbehandlung	Abwasser wird bislang nicht behandelt, sondern in offene Teiche mit eindeutig anaeroben Bedingungen geleitet.	AMC0014
Aufrüstung einer bestehenden Abwasserbehandlungsanlage mit einer neuen Anlage zur anaeroben Klärschlammvergärung mit Fassung und Verbrennung von Biogas mit und ohne energetische Nutzung (Strom und / oder Wärme), Anschluss einer nachfolgenden eindeutig aeroben Klärschlammbehandlung	Klärschlamm aus einer bestehenden Abwasserbehandlungsanlage (primäres oder sekundäres ab Absetzbecken) wird bislang in offene Teiche mit eindeutig anaeroben Bedingungen geleitet.	AMC0014
Aufrüstung einer bestehenden Abwasserbehandlungsanlage mit einer neuen Anlage zur aeroben Klärschlammbehandlung	Klärschlamm aus einer bestehenden Abwasserbehandlungsanlage (primäres oder sekundäres ab Absetzbecken) wird bislang in offene Teiche mit eindeutig anaeroben Bedingungen geleitet.	AMC0014
<b>Anerkannte Methoden</b>		
Aerobe Kompostierung von organischen Abfällen; Nutzung des Komposts zur Bodenverbesserung oder Deponierung des Komposts	Unbehandelter Abfall würde anderenfalls deponiert werden. Im gesamten Prozess, einschließlich Lagerung, Vor- und Nachbehandlung sowie Restabfallbehandlung dürfen keine Methan-Emissionen entstehen.	AM0025
Anaerobe Vergärung von organischen Abfällen mit Biogas-Verbrennung mit und ohne energetische Verwertung; aerobe Kompostierung oder Deponierung von Restabfall	Unbehandelter Abfall würde anderenfalls deponiert werden. Im gesamten Prozess, einschließlich Lagerung, Vor- und Nachbehandlung sowie Restabfallbehandlung dürfen keine Methan-Emissionen entstehen.	AM0025
Vergasung organischer Abfälle zur Herstellung und Nutzung von Synthesegas (Wassergas); aerobe Kompostierung oder Deponierung von Restabfall	Unbehandelter Abfall würde anderenfalls deponiert werden. Im gesamten Prozess, einschließlich Lagerung, Vor- und Nachbehandlung sowie Restabfallbehandlung dürfen keine Methan-Emissionen entstehen.	AM0025

<b>Leistung / Produkt</b>	<b>Bedingungen *</b>	<b>Methode</b>
Mechanisch / thermische Abfallbehandlung zur Herstellung und Nutzung von Ersatzbrennstoff (EBS) / Stabilat. Im Fall eines thermischen Prozesses (bis 300°C) soll stabilisierte Biomasse mit gleichbleibenden, homogenen Eigenschaften für die Verwendung als Brennstoff oder industrieller Rohstoff produziert werden.	Unbehandelter Abfall würde andernfalls deponiert werden. Im gesamten Prozess, einschließlich Lagerung, Vor- und Nachbehandlung sowie Restabfallbehandlung dürfen keine Methan-Emissionen entstehen.	AM0025
Abfallverbrennung mit Wirbelschicht- oder Rostfeuerung mit energetischer Nutzung. Die thermische oder elektrische Energie kann auf dem Standort genutzt, von benachbarten Betrieben verwertet oder in ein Netz eingespeist werden.	Unbehandelter Abfall würde andernfalls deponiert werden. Im gesamten Prozess, einschließlich Lagerung, Vor- und Nachbehandlung sowie Restabfallbehandlung dürfen keine Methan-Emissionen entstehen.	AM0025
Ko-Kompostierung von organischen Abwässern und Bioabfällen zur Vermeidung von Methan-Emissionen aus anaeroben Abwasserteichen oder -tanks und aus dem Abbau biogener Abfälle in Deponien	Bioabfälle werden bislang deponiert, es existieren offene anaerobe Abwasserteiche oder müssten gebaut werden. Abwässer und Bioabfälle können an verschiedenen Orten erzeugt werden. Bioabfälle können gleichartig oder in verschiedenen Anteilen gemischt sein.	AM0039
Vermeidung von Emissionen aus landwirtschaftlichen Bioabfällen durch Verwertung in der Zellstoff- und Papierherstellung oder bei der Bioöl-Produktion.	Bei der Lagerung der Abfälle dürfen keine Methan-Emissionen entstehen. Eigenschaften und Qualität des produzierten Zellstoffs und Papiers bzw. Bioöls müssen denen marktüblicher hochwertiger Produkte entsprechen und dürfen keine besondere Nutzung oder Entsorgung erforderlich machen. Produktionsprozesse dürfen außer für Strom und Fossilbrennstoff-Verbrauch keine zusätzlichen bedeutenden Treibhausgas-Emissionen beinhalten.	AM0057
<b>Anerkannte Methoden für kleine Projekte</b>		
Vermeidung von Methan-Emissionen aus dem Abbau von Biomasse durch kontrollierte Verbrennung, Vergasung oder mechanisch-thermische Behandlung		AMS-III.E
Vermeidung von Methan-Emissionen aus dem Abbau von Biomasse durch Kompostierung		AMS-III.F
Deponiegas-Fassung		AMS-III.G
Methan-Fassung in der Abwasserbehandlung		AMS-III.H
Vermeidung von Methan-Emissionen aus der Abwasserbehandlung durch Ersatz von anaeroben Teichen durch aerobe Systeme		AMS-III.I
Vermeidung von Methan-Emissionen aus dem Abbau von Biomasse durch kontrollierte Pyrolyse		AMS-III.L
Einführung emissionsarmer Fahrzeuge in kommerziellen Fahrzeugflotten		AMS-III.S

\* Details und weitere Bedingungen sind den Originaldokumenten zu entnehmen:

<http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/index.html>

#### 4.1.4 Stand der Technologien im Umwelttechnologiesegment Abfall / Recycling und Abwasser

Die derzeit vorwiegend in Deutschland und einigen anderen europäischen Ländern eingesetzten Technologien im Segment „Abfall / Recycling und Abwasser“ sind in den nachstehenden Tabellen, untergliedert für die Bereiche „Abfall / Recycling“ (Tabelle 7) und „Abwasser“ (Tabelle 8) zusammengefasst.

**Tabelle 7 Stand der Technologie im Bereich Abfall / Recycling**

<b>Technologie</b>	<b>Beschreibung</b>
emissionsarme Deponierung	Bau und Betrieb von Deponien mit kombinierter Basisabdichtung (geologische und technische Barriere) und Oberflächenabdichtung mit Gasfassung, ausschließliche Ablagerung stabilisierter (nicht-abbaubarer) Abfälle
Abfallbehandlung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mechanisch-biologische Behandlung von Siedlungsabfällen, Erzeugung von Biogas aus organischen Abfällen oder Abfallfraktionen</li> <li>• effiziente Separierung von recyclingfähigen Stoffen (Wertstoffen) aus gemischten Abfällen</li> <li>• Aufbereitung von hochkalorischen Abfällen oder Abfallfraktionen zu Ersatzbrennstoffen bzw. güteüberwachten Sekundärbrennstoffen</li> <li>• schadlose Beseitigung von gefährlichen Abfällen durch chemisch-physikalische Behandlung oder Verbrennung</li> </ul>
thermische Abfallverwertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbrennung von Siedlungsabfällen in Anlagen mit moderner Steuerungs- und Anlagentechnik, die eine hohe Energieeffizienz bei positiver Energiebilanz ermöglicht</li> <li>• Einsatz von Ersatz- und Sekundärbrennstoffen zur Strom- und Wärmeerzeugung einschließlich Mitverbrennung in industriellen Prozessen</li> </ul>
stoffliche Abfallverwertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kontrollierte Verwertung unbelasteter und schadstoffarmer mineralischer Abfälle einschließlich Rückstände aus der Müllverbrennung und bestimmten industriellen Prozessen</li> <li>• Betrieb von Sammelsystemen zur Getrennterfassung von Wertstoffen sowohl für Siedlungsabfälle als auch für Produktionsabfälle</li> <li>• Erzeugung hochwertiger Sekundärrohstoffe durch Einsatz von abfall- und stoffspezifischen Aufbereitungstechniken</li> </ul>

**Tabelle 8 Stand der Technologie im Bereich Abwasser**

<b>Technologie</b>	<b>Beschreibung</b>
Kläranlagenbau	mechanische-biologische Kläranlagen
Kläranlagentechnik	Reduzierung der organischen Belastung sowie der Nitrifikation, der Denitrifikation und der Phosphorelimination (Nährstoffelimination)
Klärschlammtechnik	Kompostierung, Verbrennung, Landwirtschaft, Rekultivierung
Entsorgungsleistungen	Regenwasserkanäle, Schmutzwasserkanäle und Mischwasserkanäle; künftig: verstärkte Mischwasserbehandlung (Trennung: Abwasser / Regenwasser)

#### **4.1.5 Entwicklung von Technologien im Umwelttechnologiesegment Abfall / Recycling und Abwasser**

In den folgenden Kapiteln sind Forschungsvorhaben benannt, die sich mit der Weiterentwicklung bzw. Erforschung bereits eingesetzter Verfahren befassen sowie auf die Entwicklung innovativer Verfahren abzielen. Die meisten in Tabelle 9 und 0 enthaltenen Texte sind, teilweise verkürzt, aus der Datenbank UFORDAT des Umweltbundesamtes entnommen. Berücksichtigt wurden nur Forschungsvorhaben, die das Umwelttechnologiesegment „Abfall / Recycling und Abwasser“ wesentlich betreffen und Klimaschutzaspekte beinhalten. Forschungsaktivitäten, die im Wesentlichen auf die Energieerzeugung oder Energieeffizienz abzielen, wurden nicht erfasst.

##### ***In Erprobung befindliche Technologien***

In der Abfallwirtschaft und Abwassertechnik werden in Deutschland und einigen anderen europäischen Ländern verstärkt Technologien eingesetzt, die dem in Kap. 4.1.4 beschriebenen Stand der Technik entsprechen. Einige aktuelle Forschungsprojekte befassen sich insbesondere mit der Bewertung der Klimarelevanz dieser Technologien sowie mit ihren Weiterentwicklungen, meist auch unter Berücksichtigung von Klimaschutzaspekten. Entsprechende Forschungsvorhaben sind in Tabelle 9 zusammengestellt.

**Tabelle 9 Umwelttechnologiesegment „Abfall / Recycling und Abwasser“ - aktuelle F&E-Vorhaben zu Klimaschutzaspekten etablierter Technologien**

Titel	Forschungsthema	Institution / Firma / Hochschule	finanzielle Förderung	Zeitraum
<p>Untersuchungen zur Klimarelevanz der Abfallwirtschaft im Freistaat Sachsen</p>	<p>Aufbauend auf Forschungsergebnissen zur Klimarelevanz der Abfallwirtschaft im FS Sachsen aus 2003 sind nach Umsetzung der Abfallablagerungsverordnung die in diesem Zusammenhang praktisch in Betrieb befindlichen Entsorgungssysteme mit entsprechender Anlagentechnik hinsichtlich ihrer Energieeffizienz und Klimarelevanz zu untersuchen. Ein Systemvergleich ist durchzuführen und konkrete Vorschläge zur Effizienzverbesserung zu erarbeiten. Ferner sind die klimarelevanten Effekte zu bewerten, im Rahmen der Klimaschutzziele des FS Sachsen einzuordnen und Empfehlungen für weitere abfallwirtschaftliche Maßnahmen abzuleiten.</p>	<p>Büro Ibold Wagner Apitz Consult, Freiberg</p>	<p>Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie</p>	<p>seit 09/2007</p>
<p>Emissionsmessungen klimawirksamer Gase und anderer Schadstoffe an Anlagen zur Bioabfallverwertung mit dem Ziel der Vergleichbarkeit mit anderen Verfahren der Abfallentsorgung</p>	<p>Ziel ist, Emissionsdaten aus verschiedenen Anlagen zur Bioabfallbehandlung zu ermitteln. Dabei soll die Wirkung unterschiedlicher Verfahren der Abgasreinigung untersucht werden. Es sollen ausreichend Daten erhoben werden, um die Bioabfallverwertung mit anderen Verfahren der Abfallentsorgung zu vergleichen. Außerdem soll auf Grundlage dieser Daten die Bedeutung der Bioabfallbehandlung für die Emissionssituation der gesamten Abfallwirtschaft beurteilt werden. Für die Emissionsberichterstattung ist ein Verfahren abzuleiten, mit dem diese Emissionen unter Anwendung international vorgegebener Methoden jährlich ermittelt werden können (Datenquelle, Methodik, Doku., Qualitätssicherung entsprechend IPCC good practice guidance und ZSE-Anforderungen).</p>	<p>gewitra mbH, Ingenieurgesellschaft für Wissenstransfer, Bonn, Dr.-Ing. C. Cuhls</p>	<p>Bundesumweltministerium</p>	<p>01/2007 - 09/2008</p>

Titel	Forschungsthema	Institution / Firma / Hochschule	finanzielle Förderung	Zeitraum
Einsatz und Optimierung von kontinuierlich arbeitenden Verfahren zur Trockenvergärung von Energiepflanzen	Kontinuierliche Trockenvergärungsverfahren (TrVV) werden derzeit nur für die Behandlung von Bioabfällen und der organischen Fraktion von Restabfällen eingesetzt. Es sollen bisher noch nicht untersuchte offene Fragestellungen zur Trockenvergärung von Energiepflanzen untersucht werden. Übergeordnetes Ziel ist die Entwicklung einer Verfahrenskombination mit großtechnischer Umsetzung zur Optimierung der Biogasausbeute (Wirtschaftlichkeit) von TrVV. Basis für diese Entwicklung sind aus der Bioabfallbehandlung bekannte kontinuierliche TrVV	Fachhochschule Gießen-Friedberg Siedlungswasserwirtschaft und anaerobe Verfahrenstechnik Prof. Theilen  Ingenieurgemeinschaft Witzenhausen Fricke und Turk, Witzenhausen, Dipl.-Ing. Hüttner	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz	11/2006 - 10/2008
Biogasproduktion aus landwirtschaftlichem Abfall - AGROBIOGAS		Universität für Bodenkultur, Wien, R. Braun	EU-Kommission	06/2006 - 05/2009
energetische Optimierung eines Klärschlammkontakttrockners durch betriebsbegleitende Simulation und Steuerung - Wissensbasis zur Prozesssimulation, experimentelle Validierung und Optimierung eines Klärschlammkontakttrockners (Schneckenkaskade)	Ziel des Objektes ist die energetische Optimierung eines Kontaktschneckenkontakttrockners. Der Wärmeenergieverbrauch des zu optimierenden Trockners beträgt derzeit ca. 1,01 kWh/kg Wasserverdampfung. Dieser Wert führt zu Kostenerhöhungen, die die Marktfähigkeit des Trockners reduzieren. Der Energieverbrauch muss deshalb um 15% gesenkt werden. Das soll vor allem durch eine energieverbrauchsenkende Steuerung des Trocknungsprozesses über Führungsgrößen erreicht werden.	EUB Energie-Umwelt-Beratung e.V., Rosstock, Dr.-Ing. O. Philipp	Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen	01/2007 - 12/2008
Auswirkungen der thermischen Klärschlammhydrolyse und der prozessintegrierten Nährstoffrückgewinnung auf die Stoffstrom- und Energiebilanzen auf Kläranlagen	Bedingt durch stetig steigende Entsorgungskosten für Klärschlämme aus Abwasserbehandlungsanlagen gewinnen neue Verfahren zur Verminderung der anfallenden Menge an Klärschlamm (Klärschlammdeintegration) zunehmend an Bedeutung. Die Intensivierung des Faulungsprozesses führt jedoch auch zu einer erhöhten Freisetzung von im Schlamm enthaltenen Stickstoff- und Phosphorverbindungen, die zu	Clausthaler Umwelttechnik-Institut, Prof. M. Sievers	Deutsche Bundesstiftung Umwelt	03/2007 - 03/2009

Titel	Forschungsthema	Institution / Firma / Hochschule	finanzielle Förderung	Zeitraum
	<p>Betriebsproblemen und erhöhter Rückbelastung der Kläranlage führen. Ziel ist es, durch Untersuchungen aufzuzeigen, wie die Nachteile einer Verbesserung von Faulungsprozessen durch die thermische Klärschlammhydrolyse minimiert und gleichzeitig N- und P-Komponenten aus dem Prozesswasser als Wertstoffe zurück gewonnen werden können.</p>			
<p>Verbundprojekt Exportorientierte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Wasserver- und -entsorgung Teil II: Abwasserbehandlung und Wasserwiederverwendung Gesamtprojekt siehe <a href="http://dbs-lin.ruhr-uni-bochum.de/wasserverbund">http://dbs-lin.ruhr-uni-bochum.de/wasserverbund</a></p>	<p>Projektkoordination</p> <p>Themen (Auszug) Kernprojekt A: Abwasserbehandlung Belüftungssysteme in kalten und warmen Klimaten</p> <p>Kernprojekt B: Hygenisierung und Wasserwiederverwendung Vertiefende Untersuchungen der Randbedingungen und Projektkoordination, Sommer- und Winterbetrieb von Abwasserbehandlungsanlagen, die Bewässerungswasser erzeugen</p> <p>AnaKomA Laborversuche / halbtechnische Versuche zur Adaption der anaeroben Kommunalabwasserbehandlung an außereuropäische Randbedingungen und deren Weiterentwicklung zur Nutzung des kommunalen Abwassers und Biogases</p>	<p>Ruhr-Uni Bochum, Fakultät Bauingenieurwesen, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik Technische Universität Darmstadt, Institut WAR, Fachgebiet Abwassertechnik, M.Sc. T. Günkel</p> <p>Technische Universität Darmstadt, Institut WAR, Fachgebiet Abwassertechnik, Prof. P. Cornel Universität Hannover, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik (ISAH), Prof. K.-H. Rosenwinkel Passavant-Roediger Anlagenbau GmbH, Abteilung Verfahrenstechnik, Hanau</p>	<p>BMBF</p>	<p>seit 01/2005</p>
<p>Optimierung des betrieblichen Energieverbrauchs bei der Frankfurter Entsorgungs- und Service GmbH (FES)</p>	<p>Das Projekt wird als Studentenprojekt hauptsächlich in den Anlagen der FES durchgeführt werden. Das Arbeitspaket enthält voraussichtlich folgende Aufgaben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Erfassung der Energieverbraucher in der Niederlassung Weidenbornstraße der FES</li> </ul>	<p>Fachhochschule Wiesbaden, Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (IUVT), Prof. U. Deister</p>		<p>ab 2008</p>

Titel	Forschungsthema	Institution / Firma / Hochschule	finanzielle Förderung	Zeitraum
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterstützung beim Aufbau eines Energie- und Ressourcenmanagements</li> <li>• Erfassung wirtschaftlicher Standorte für Solaranlagen (Solarthermie und / oder Photovoltaik) in den Niederlassungen und Betriebsstätten der FES</li> </ul>			

### **Aktuelle F&E-Vorhaben**

Aktuelle Forschungsvorhaben in den Bereichen Abfallwirtschaft und Abwassertechnik, die auf die Entwicklung neuer oder verbesserter Verfahren abzielen und einen Bezug zur Thematik des Klimawandels beinhalten, sind in Tabelle 10 zusammengestellt.

**Tabelle 10 Umwelttechnologiesegment „Abfall / Recycling und Abwasser“ - aktuelle F&E-Vorhaben zur Entwicklung innovativer Technologien**

Titel	Forschungsthema	Institution / Firma / Hochschule	finanzielle Förderung	Zeitraum
Kosten-Nutzen-Analysen (unter Berücksichtigung der externen Kosten) zur Bewertung unterschiedlicher Verfahren der Abfallentsorgung als Entscheidungshilfe für zukunftsfähige, nachhaltige Abfallwirtschaftskonzepte	Mit dem Projekt soll die Anwendbarkeit von Kosten-Nutzen-Analysen zur Bewertung von Abfallentsorgungsverfahren überprüft werden. Dazu ist ein Bewertungsschema zu entwickeln, das im Rahmen einer umfassenderen Betrachtung alle Kosten der einzelnen Abfallentsorgungsalternativen ermittelt und dabei neben den reinen Betriebskosten auch die sozio-ökonomischen Aspekte der einzelnen Entsorgungsverfahren erfasst (externe Kosten). Neben einem umweltbezogenen Systemvergleich, soll auch auf die Berücksichtigung umweltentlastender Effekte des jeweiligen Entsorgungsverfahrens eingegangen werden.	Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT), Oberhausen, Dr.-Ing. M. Hiebel	Bundesumweltministerium, Umweltbundesamt	01/2008 - 06/2008
Erstellung einer Verwertungsstrategie für Bioabfälle zur Produktion von Biokraftstoffen durch Nassreinigung, Biogassynthese und thermische Verfahren	Das Forschungsvorhaben basiert auf der Idee, bereits vorhandene Biomassequellen für die Biokraftstoffproduktion zu erschließen. Dabei soll eine alternative Verwertungsstrategie für Bioabfälle entwickelt werden, die im Gegensatz zur derzeit üblichen Kompostierung oder Vergärung steht. Da Bioabfälle im Rohzustand aus	Technische Universität Dresden, Prof. B. Bilitewski	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie	07/2007 - 06/2009

Titel	Forschungsthema	Institution / Firma / Hochschule	finanzielle Förderung	Zeitraum
	<p>verschiedensten Gründen (z.B. Stör- bzw. Schadstoffe, Salze etc.) nicht den Anforderungen an Biomasse zur Kraftstoffproduktion (biologische oder thermo-chemisch) genügen, müssen sie zwingend einer Reinigungsstufe unterzogen werden. Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung geeigneter Verfahrensschritte auch unter dem Aspekt der Energie- und Ressourceneffizienz.</p>			
<p>Verbundprojekt Klimaschutz: Mikrobielle Methanoxidation in Deponieabdeckschichten (Mimethox)</p>	<p>Teilprojekt 1: Prozessanalyse Methanoxidation; Analyse Rekultivierungsschicht; Koordination</p> <p>Teilprojekt 2: Methanemission von Altablagerungen / Altdeponien; Bilanzierungsmethodik</p> <p>Teilprojekt 3: Methanemission von MBA-Abfällen; natürliches Oxidationspotenzial Rekultivierungsschicht und Funktionsüberwachung</p> <p>Teilprojekt 4: Deponie-Systemtechnik für Oberflächenabdichtung und Rekultivierungsschicht</p>	<p>Universität Hamburg, Prof. E-M. Pfeiffer</p> <p>TU Hamburg-Harburg, Prof. R. Stegmann</p> <p>TU Darmstadt, Institut WAR, Fachgebiet Abfalltechnik Prof. J. Jäger</p> <p>Melchior und Wittpohl Ingenieurgesellschaft GbR, Hamburg, Dr.habil S. Melchior</p>		<p>01/2007 - 12/2012</p>
<p>Überführung organischer Bestandteile von Klärschlamm in eine lösliche Form, um eine effiziente Biogaserzeugung zu erreichen</p>	<p>Das Projekt befasst sich mit Abwasseraufbereitungsverfahren unter Verwendung einer innovativen Technologie zur Überführung organischer Bestandteile von Klärschlamm in eine lösliche Form für eine effiziente Produktion von Biogas. Diese Produktion von Biogas bietet doppelten Nutzen; zum einen wird Energie aus erneuerbaren Ressourcen erzeugt, zum anderen wird die Menge an zu verbrennenden Klärschlamm erheblich verringert. Dies bedeutet eine Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen.</p>	<p>Bayer-Aktiengesellschaft Industry Services GmbH &amp; CO.OHG, Dormagen, Dr. F. Bremer</p>	<p>EU-Kommission</p>	<p>07/2005 - 06/2008</p>
<p>Lösungen für den sicheren Einsatz von Abwässern und Klärschlämmen zur Effizienzsteigerung der Biomasseproduktion in Kurzumtriebsplantagen (BIOPROS)</p>	<p>Hauptzielsetzung in BIOPROS (Verbundprojekt mit Partnern aus Estland, Schweden, Polen und Italien) ist die Erhöhung der Biomasseproduktion in Kurzumtriebsplantagen (KUP) in Europa bis um den Faktor 3 durch die Wiederverwendung</p>	<p>Hochschule Bremerhaven, Dipl.-Ing. S. Föllner</p>	<p>EU-Kommission</p>	<p>09/2005 - 08/2008</p>

Titel	Forschungsthema	Institution / Firma / Hochschule	finanzielle Förderung	Zeitraum
	von geeigneten Abwässern und Klärschlämmen für Bewässerung und Düngung bei gleichzeitiger Gewährleistung eines sicheren Einsatzes von Abwässern / Klärschlämmen in KUPs.			
effiziente Klärschlamm Entsorgung und Recycling durch Niedertemperaturkonvertierung (NTK)	Ziel ist es, die technische Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit einer neu entwickelten NTK-Technik aufzuzeigen, die eine effiziente und ökologisch nachhaltige Klärschlamm aufbereitung ermöglicht. Es ist angestrebt, ein 100%-Recycling von Klärschlamm zu realisieren, was eine erstmals in Europa demonstrierte Innovation wäre.	Fachhochschule Gießen-Friedberg, Prof. E. Stadlbauer	EU-Kommission Zweckverband Abwasserbeseitigung im Pfaffental	11/2006 - 12/2009

### Weitere Forschungseinrichtungen

In Ergänzung zu den zuvor genannten sind nachfolgend in Tabelle 11 weitere hessische Institutionen aufgelistet, deren Forschungsausrichtung das Umwelttechnologiesegment „Abfall / Recycling und Abwasser“ berührt. Diese Institutionen haben zurzeit keine laufenden Studien in diesem Segment mit Bezug zur Thematik des Klimawandels bekannt gegeben.

**Tabelle 11 Umwelttechnologiesegment „Abfall / Recycling und Abwasser“ - weitere hessische Forschungseinrichtungen**

Institution / Firma / Hochschule	Forschungsschwerpunkte / -themen im Umwelttechnologiesegment „Abfall / Recycling und Abwasser“
Justus-Liebig-Universität Gießen Professur für Abfall- und Ressourcenmanagement Prof. Gäth <a href="http://www.uni-giessen.de/ilr/gaeth/index.html">www.uni-giessen.de/ilr/gaeth/index.html</a>	Die Professur widmet sich der Frage der Anreicherung von Schadstoffen im Wertstoffkreislauf und damit der Belastbarkeit von Stoffkreisläufen mit dem Ziel, ein nachhaltiges, umweltgerechtes Stoffflussmanagement zu etablieren. Daneben werden aktuelle Fragestellungen der Abfallwirtschaft bearbeitet.
Justus-Liebig-Universität Gießen Professur für Ressourcenmanagement Prof. Frede <a href="http://www.uni-giessen.de/ilr/frede/index.html">www.uni-giessen.de/ilr/frede/index.html</a>	Arbeitsschwerpunkte sind Landschaftsökologie, nachhaltige regionale Landnutzung, Hydrologie, Bewässerung, Bodenerosion u. a. sowie internationale Forschung und Zusammenarbeit auf diesen Gebieten u. a. mit den USA, Belgien, China, Ägypten, Türkei.

Institution / Firma / Hochschule	Forschungsschwerpunkte / -themen im Umwelttechnologiesegment „Abfall / Recycling und Abwasser“
Universität Kassel Fachgebiet Abfalltechnik Prof. Urban <a href="http://www.uni-kassel.de/fb14/abfalltechnik/Welcome.html">www.uni-kassel.de/fb14/abfalltechnik/Welcome.html</a>	Forschungsbereiche sind u. a.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abfalltechnik im Ausland</li> <li>• Bauabfälle</li> <li>• nachhaltige Stoffstromsysteme</li> <li>• RFID in der Entsorgung</li> <li>• Sammelsysteme</li> <li>• thermische Abfallbehandlung</li> <li>• Transportoptimierung in der Kreislaufwirtschaft</li> </ul>
Universität Kassel Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft Prof. Frechen <a href="http://www.uni-kassel.de/fb14/siwawi/Welcome.html">www.uni-kassel.de/fb14/siwawi/Welcome.html</a>	Die meisten Projekte des Instituts sind in Hessen angesiedelt mit Schwerpunkt im ländlichen Raum; Forschungsbereiche sind u. a.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Membranfiltration</li> <li>• weitergehende Mischwasserbehandlung mit Bodenfilterbecken</li> <li>• Abwasserreinigung, Nachklärung, Vorklärung</li> </ul>
Hessischer Forschungsverbund für Abfall, Umwelt und Ressourcenschutz e.V. <a href="http://www.hfva.de">www.hfva.de</a>	Kernziel der Tätigkeit des HFvA ist es, die Forschungs- und Fachkompetenz seiner Mitglieder in abfall- und umweltbezogene Forschungs- und Entwicklungsvorhaben einzubringen. Insbesondere Unternehmen und Behörden, die selbst keine Forschung betreiben oder diese extern durchführen lassen möchten, können mit dem HFvA kooperieren und ihre F&E-Vorhaben in Kooperation mit den Mitgliedsinstitutionen des HFvA realisieren.  Seit Ende 2004 sind die Bereiche Umwelt und Ressourcenschutz hinzugekommen. Der HFvA <ul style="list-style-type: none"> <li>• vermittelt die hierfür notwendigen Kontakte,</li> <li>• prüft Forschungsanliegen auf ihre Realisierbarkeit und</li> <li>• ist bei der Erstellung von Forschungskonzepten sowie</li> <li>• bei der Erschließung von Fördermitteln und der Koordination von Forschungsverbundvorhaben behilflich.</li> </ul> Darüber hinaus versteht sich der HFvA auch als Wissenschaftseinrichtung, die wirtschafts- und politikberatend tätig wird.

#### 4.1.6 Prognose neuer Geschäftsfelder

Das Entstehen neuer Geschäftsfelder, die ausschließlich dem Umwelttechnologiesegment „Abfall / Recycling“ zuzurechnen sind, ist zurzeit nicht erkennbar, da der Bedarf auf den vorrangig wachsenden Exportmärkten durch die Leistungen, Produkte und Technologien der in Deutschland in diesem Segment etablierten Geschäftsfelder abgedeckt wird.

Im Umwelttechnologiesegment „Abwasser“ ist damit zu rechnen, dass innovative Technologien der Abwasserbehandlung zumindest in Deutschland, der EU und anderen Industrienationen künftig eingesetzt werden und dadurch neue Geschäftsfelder für die Anbieter entstehen. Der Bedarf ergibt sich vor allem im Zuge von Nachrüstungen, in die vorrangig aus Klimaschutzgründen investiert wird. Dies sind im Wesentlichen:

- CO<sub>2</sub>-freie Wärmeerzeugung durch Nutzung von Restwärme des Einleitwassers

- Planung, Bau und Ausrüstung von energieautarken Kläranlagen
- energieeffiziente Klärschlamm-trocknung (Solarenergie, Nutzung von Industrieabwärme etc.)

Sowohl in der Abfallwirtschaft als auch in der Abwasserbehandlung sind die wirksamsten Maßnahmen und Verfahren zur Reduzierung von Treibhausgasen an die energetische Verwertung von Abfällen und Faulgasen (v. a. Methan) gekoppelt. Somit sind die für das Umwelttechnologiesegment „Energie“ genannten Prognosen neuer Geschäftsfelder, vor allem die verstärkte Nutzung von Biogas und damit verbundene innovative Technologien, auch in den Segmenten „Abfall / Recycling“ und „Abwasser“ von hoher Bedeutung.

#### **4.1.7 Stärkung etablierter Geschäftsfelder**

Nach einer Studie des Umweltbundesamtes betrug 2005 der Marktanteil deutscher Unternehmen am Weltmarkt für den Bereich Kreislaufwirtschaft, Abfall, Recycling ca. 25% bei einem geschätzten Marktvolumen von 30 Mrd. € [112]. Bis 2020 wird ein Wachstum des Weltmarktes auf 50 Mrd. € (entsprechend einem jährlichen Wachstum vom 3%) erwartet [112].

Das Umweltbundesamt schätzt den weltweiten Investitionsbedarf im Bereich Kreislaufwirtschaft, Abfall, Recycling bis 2020 auf ca. 44 Mrd. € bei einem voraussichtlichen Importbedarf der investierenden Länder von 20,5 Mrd. €. 90% des Investitionsbedarfs fallen dabei auf Müllverbrennungs- und Abfallbehandlungsanlagen. Der voraussichtlich von deutschen Unternehmen gelieferte Anteil wird auf Basis der heutigen Produktionskapazitäten und Exportquoten auf 5,7 Mrd. € geschätzt [78].

Für nahezu alle etablierten Geschäftsfelder der Abfall-, Recycling- und Abwassertechnologien bestehen zurzeit bis mindestens 2020 gute Exportchancen, vor allem wenn bereits Geschäftsbeziehungen oder Kontakte zum Zielland bestehen. Innovative Lösungen sind im Export am ehesten chancenreich, wenn sie auch kostengünstig sind.

Weltweit besteht aufgrund des hohen Klimaschutzpotenzials bei der Vermeidung von Methan-Emissionen aus der Abfallwirtschaft und Abwasserbehandlung ein zunehmender Bedarf an geeigneten technischen Umsetzungen. Zu unterscheiden sind dabei Vorhaben in Entwicklungsländern, in aufstrebenden Schwellen- und Industrieländern mit hohem Wirtschaftswachstum und hoch entwickelten Industrieländern.

In Entwicklungsländern ist das Abfallaufkommen meist gering, Entsorgungsstrukturen sind häufig dezentral und wenig ausgebildet. Abwasserbehandlungsanlagen sind häufig überhaupt

nicht vorhanden. Ein hohes Klimaschutzpotenzial liegt in der Verwertung von Bioabfällen und in der Vermeidung von Methan-Emissionen aus Abwässern. Vorhaben in diesen Ländern können als CDM-Projekte durchgeführt werden.

Alle aufstrebenden Schwellen- und Industrieländer haben ein mit dem Wirtschaftswachstum einhergehendes Wachstum der Abfall- und Abwassermengen bei meist gering entwickelter Kreislaufwirtschaft. In diesen Ländern besteht aus Gründen des Klima-, Ressourcen- und Umweltschutzes ein hoher Bedarf vor allem im Aufbau von Verwertungs- und Recyclingkapazitäten, in der Abfallvermeidung, in der Einführung umweltverträglicher Beseitigungsverfahren (z.B. Müllverbrennung) und beim Bau und der Modernisierung von Abwasserbehandlungsanlagen.

Hoch entwickelte Industrieländer (Annex I des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen [1]) verfügen zumindest für Teilbereiche der Abfall-Stoffströme über etablierte Verwertungswege. Klimaschutzpotenziale sind vor allem in Ländern gegeben, in denen Deponierung das primäre Verfahren zur Abfallbeseitigung ist und deren Verwertungsquote vergleichsweise niedrig ist. Im Rahmen von JI-Projekten bietet sich künftig die Möglichkeit, klimaschutzrelevante Vorhaben im Bereich der Abfallwirtschaft in diesen Ländern durchzuführen.

Im Umwelttechnologiesektor „Abwasser“ besteht sowohl in Schwellenländern als auch in den hoch entwickelten Industrieländern einschließlich Deutschland ein in den kommenden Jahren zunehmender Bedarf in der Modernisierung bestehender Abwasserbehandlungsanlagen, der vor allem folgende Geschäftsfelder und Techniken betrifft:

- Austausch alter Sauerstoffpumpen gegen neue, energiesparende Tellerbelüfter zur Reduzierung des Stromverbrauchs bei gleichzeitiger Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes.
- Energiegewinnung aus Klärgas
- Einsatz von getrocknetem Klärschlamm als Ersatzbrennstoff zur Energiegewinnung.
- Einsatz von Membrantechnologien zur Abwasserreinigung
- Klärschlammdeintegration

#### **4.1.8 Künftiger F&E-Bedarf im Umwelttechnologiesegment Abfall / Recycling und Abwasser**

Im Umwelttechnologiesegment „Abfall / Recycling und Abwasser“ wird vor allem eine Stärkung der etablierten Geschäftsfelder durch steigenden Bedarf auf den Exportmärkten, insbesondere

auch im Rahmen von CDM- und JI-Projekten, prognostiziert. Da deutsche Unternehmen auf dem Weltmarkt bereits Spitzentechnologien anbieten, wird ein künftiger F&E-Bedarf zur Weiterentwicklung innovativer Technologien als eher gering angesehen. Ein möglicher F&E-Bedarf im Hinblick auf die Weiterentwicklung etablierter Technologien wird in den folgenden Bereichen gesehen:

- Deponietechnik: Untersuchungen zum Verhalten von Deponien mit Oberflächenabdichtung und Deponiegasfassung unter anderen klimatischen Bedingungen und entsprechende Weiterentwicklungen / Anpassungen von Abdichtungssystemen
- Sortiertechnik: Weiterentwicklung von Anlagen zur automatischen Stofftrennung unter Berücksichtigung spezifischer Abfallzusammensetzungen in Exportländern

Der überwiegende F&E-Bedarf sowohl im Hinblick auf den Export von Technologien als auch für inländische Innovationen wird bei der Effizienzsteigerung (Energiegewinnung und Eigenenergiebedarf) in den folgenden Bereichen des Umwelttechnologiesegementes gesehen:

- Biogaserzeugung und -nutzung (aus Abfall und Abwasser): Verfahrensoptimierung zur Steigerung der Gasausbeute, Optimierung der Gasreinigung, Optimierung der nachgeschalteten Nutzung (Einspeisung, Kraft-Wärme-Kopplung)
- Ersatz- und Sekundärbrennstoffe: Verfahrensoptimierungen zur Steigerung von Heizwert und Störstoffminimierung
- energieoptimierte Anlagensteuerung (Abfallverbrennung, Abfallbehandlung, Aufbereitungs- und Recyclingtechniken)

#### **4.2 Wasserversorgung / Trinkwassergewinnung**

Die Wasserversorgung setzt sich mit den Maßnahmen zur Bereitstellung des notwendigen Trink- und Nutzwassers auseinander. Durch die daraus resultierende Notwendigkeit, Wasser zu fördern, besteht eine inhaltliche Verbindung mit sowie Abhängigkeiten von anderen Bereichen der Umwelttechnologie wie „Naturschutz / Ökologie“ und „Bodenschutz / Sanierung“. Da neben der Trinkwassergewinnung und -versorgung auch der Nutzwasserbereich zu der Wasserversorgung gezählt wird, stehen Industrie und Landwirtschaft in abhängiger Verbindung mit den Leistungen der Wasserversorgung.

Zur Wahrnehmung dieser Aufgabe werden in technischer Hinsicht Bau und Betrieb von Anlagen zur Förderung, Aufbereitung und Verteilung von Wasser von Kommunen, Wasserverbänden und zum Teil durch privatwirtschaftliche Organisationen wahrgenommen.

#### 4.2.1 Marktübersicht und Abgrenzung

**Tabelle 12 Umwelttechnologiesegment „Wasserversorgung / Trinkwassergewinnung“ - Übersicht**

<b>Geschäftsfeld</b>	<b>Leistungen / Produkte</b>	<b>Wirtschaftszweig</b>
Erschließung / wasserwirtschaftliche Planung	Ingenieur-, Planungs- und Bauleistungen	Ingenieur- und Planungsbüros, Bauwirtschaft
Wassergewinnung	Wassergewinnung aus Brunnen (Grundwasser), Quellwasser, Oberflächenwasser aus Seen und Flüssen, Auffangen von Regenwasser in Zisternen, Salzwasser aus dem Meer  Brunnenbau  Talsperrenbau	Wasserwirtschaft, Bauwirtschaft  Bauwirtschaft  Bauwirtschaft, Energietechnik
Wasseraufbereitung	Aufbereitung des gewonnenen Rohwassers zu Trink- oder Brauchwasser, Bau und Ausrüstung von Anlagen zur Wasseraufbereitung inkl. Filteranlagen und sonstige Wasserbehandlung  In küstennahen Trockengebieten stellt die Meerwasserentsalzung einen wichtigen Teil der Wasseraufbereitung dar.	Bautechnik, Verfahrenstechnik
Wasserverteilung	Bau von Hochbehältern, Pumpstationen, Wasserleitungen, Druckerhöhungsstationen, Speichern  Management der Wasserbereitstellung, Simulationen und Prognosen des Wasserverbrauchs, Optimierung der Leitungsnetze	Wasserwirtschaft, Bauwirtschaft  Wasserwirtschaft, Ingenieurbüros
IWRM (Integrated Water Resources Management)	Das Konzept von Integrated Water Resources Management (IWRM) bietet durch Vernetzung mit anderen lebenswichtigen Ressourcen Lösungen für die Wasserkrise. Betrachtet wird der gesamte Wasserkreislauf unter Berücksichtigung anthropogener Einflüsse als Grundlage für nachhaltiges Wasser-Management.	Wasserwirtschaft, Ingenieurbüros

#### **4.2.2 Herausforderungen der Wasserversorgung / Trinkwassergewinnung bei Anpassungen an den Klimawandel**

Bis zur Mitte des Jahrhunderts wird für den mittleren Jahresabfluss in Flüssen und die Wasserverfügbarkeit in polnahen Regionen und einigen feuchten Tropengebieten ein Anstieg von 10 bis 40% prognostiziert, für einige trockene Gebiete in den mittleren Breiten sowie für trockene Tropengebiete, die derzeit unter Wassermangel leiden, hingegen eine Abnahme um 10 bis 30%. Es ist wahrscheinlich, dass sich von Dürre betroffene Gebiete flächenmäßig ausdehnen; schwere Niederschlagsereignisse, bei denen eine Häufigkeitszunahme sehr wahrscheinlich ist, werden das Überschwemmungsrisiko erhöhen (IPCC) [70].

Für den Verlauf dieses Jahrhunderts wird für die in Gletschern und Schneedecken gespeicherten Wassermengen ein Rückgang prognostiziert. Dadurch nimmt die Wasserverfügbarkeit in Regionen, die vom Schmelzwasser der großen Gebirgsketten versorgt werden und in denen derzeit mehr als ein Sechstel der Weltbevölkerung lebt, ab (IPCC) [70]. Insbesondere in Zentral-, Süd-, Ost- sowie Südostasien werden als Folge der Gletscherschmelze im Himalaya-Gebirge für den Zeitraum der nächsten zwei bis drei Jahrzehnte vermehrt Überschwemmungen, Bergstürze an destabilisierten Hängen sowie Beeinträchtigungen der Wasserressourcen zu erwarten sein. Danach wird vor allem in großen Flusseinzugsgebieten infolge der Klimaänderung mit einem Rückgang des verfügbaren Süßwassers gerechnet, welcher sich in Verbindung mit dem Bevölkerungszuwachs und einem aufgrund des steigenden Lebensstandards erhöhten Bedarf bis zu den 2050er Jahren für mehr als eine Milliarde Menschen nachteilig auswirken könnte (IPCC) [70].

Für Mittel- und Osteuropa werden abnehmende Niederschläge im Sommer und damit eine zunehmende Wasserknappheit sowie ein zunehmendes gesundheitliches Risiko als Folge von Hitzewellen prognostiziert.

Laut Statistiken der WHO sterben jährlich etwa sieben Millionen Menschen aufgrund von verunreinigtem Wasser. 1,4 Milliarden Menschen (mehr als ein Fünftel der Weltbevölkerung) leiden unter Wassermangel und unzureichender Versorgung mit sauberem Trinkwasser. Besonders betroffen sind Bewohner von abgelegenen ländlichen Gebieten und Stadtrandsiedlungen in Entwicklungsländern. In Entwicklungsländern haben 80% aller Erkrankungen ihren Ursprung in der schlechten Trinkwasserversorgung. Bedingt durch Umweltverschmutzung, Bevölkerungswachstum und den steigenden Pro-Kopf-Wasserverbrauch wird erwartet, dass im Jahr 2050 rund 50% der gesamten Weltbevölkerung nicht genügend Trinkwasser zur Verfügung haben wird [15].

Wasser ist der Schlüssel für die soziale, ökonomische und ökologische Dimension von nachhaltiger Entwicklung. Ökosysteme werden insbesondere in den Entwicklungsländern zunehmend durch Wassermangel und -verschmutzung gestresst [3], was durch den Klimawandel sogar noch verstärkt wird.

In Deutschland ist der Wasserverbrauch seit einigen Jahren rückläufig. Von 147 Litern pro Einwohner und Tag im Jahr 1983 hat sich der Wasserverbrauch auf 126 Liter pro Einwohner und Tag reduziert [99].

Laut statistischem Landesamt Hessen verringerte sich Wasserabgabe in Hessen in den Jahren 1991 bis 2004 von 395,5 Mio. m<sup>3</sup> auf 331 Mio. m<sup>3</sup>. Gleichzeitig stieg die Zahl der versorgten Einwohner im selben Zeitraum von 5,8 Millionen auf etwa 6,1 Millionen. Dies lässt sich mit dem gesunkenen pro-Kopf-Verbrauch erklären.

#### ***Mögliche regionale Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft:***

- Gebietsweise geringere, für die Wasserversorgung nutzbare Grundwasserneubildung, Verringerung des Grundwasserdargebots; in anderen Gebieten durch Zunahme von Niederschlägen im Winter vermehrte Grundwasseranreicherung und damit Gefahr von Flächenvernässungen
- Zeitweiser Rückgang von Quellschüttungen, die für öffentliche Wassergewinnungsanlagen genutzt werden
- Erhöhung des Wasserbedarfs (Tagesspitzenbedarf) in trockenen, heißen Sommermonaten und damit Versorgungsprobleme bei dezentralen Wasserversorgern mit kleinen, oberflächennahen Gewinnungsanlagen und kleinen Speichern
- Erhöhter Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft in den Sommermonaten
- Zunahme der Wassertemperatur und damit erhöhtes Verkeimungsrisiko bei Uferfiltrat und Oberflächenwasserentnahmen sowie bei oberflächennah verlegten Rohrleitungen
- Durch die vermehrte Einsparung von Wasser kann es in den bestehenden Trinkwasserversorgungsleitungen, aufgrund einer Verringerung der Fließgeschwindigkeit, zu Ablagerungen sowie zur Bildung von Geruchsstoffen kommen
- Durch das Abschmelzen von Gletschern kommt es zur Verringerung des Sommerbasisabflusses in den Gewässern

[53]

**Handlungsmöglichkeiten:**

- Sicherung von vorhandenen und erkundeten Wasservorkommen, Ausweitung von Wasserschutzgebieten und Schutz von Tiefengrundwasservorräten
- Erschließung von Gewinnungsalternativen
- Bewässerung von landwirtschaftlichen Flächen nur noch mit Brauchwasser (kein Trinkwasser), Optimierung von Bewässerungsstrategien zur Verminderung von Verdunstungsverlusten
- Änderung der Forstwirtschaft hin zu Forst mit erhöhter Wasserspeicherung (z.B. Buchen) und damit erhöhter Grundwasserneubildungsrate (BWK-Bundeskongress 2007) [7]
- Bei Wassermangel Reduzierung des Trinkwasserverbrauchs in Haushalt, Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe, vermehrte Nutzung von Nutz- oder Brauchwasser

[53]

**4.2.3 Stand der Technologien im Umwelttechnologiesegment Wasserversorgung / Trinkwassergewinnung**

Die derzeit eingesetzten Technologien im Segment „Wasserversorgung / Trinkwassergewinnung“ sind in den nachstehenden Tabellen, untergliedert für die Bereiche Trinkwassergewinnung (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**), Wasseraufbereitung (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) und Wasserverteilung (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) zusammengefasst.

**Tabelle 13 Stand der Technologie im Bereich Trinkwassergewinnung**

Art des Wassers	Art der Erfassung
Grundwasser	Bohrbrunnen, Schachtbrunnen, Rammbrunnen, Horizontalfilterbrunnen, Brunnenreihe, Sickerleitung
Oberflächenwasser	direkt aus Talsperren, Seen und Flüssen indirekt aus Seen und Flüssen durch Uferfiltrat
Niederschlagswasser	Zisternen / Auffangbehälter
Meerwasser	Gewinnung von Salzwasser direkt aus dem Meer

**Tabelle 14 Stand der Technologie im Bereich Wasseraufbereitung**

<b>Technologie</b>	<b>Beschreibung</b>
Desinfektion	Abtöten von Krankheitserregern durch Hitze, UV- oder Gamma-Strahlung, bakterizide Metalle, Säuren und Basen, chemische Oxidationsmittel (Chlor)
Langsamsandfiltration	langsame Filtration durch Quarzsand mit Korngrößen von 0,5 bis 1,0 mm und Schichtstärken von 0,7 bis 1,2 m bei einem Überstau von ca. 1 m; regelmäßige Reinigung der Sandschicht erforderlich; danach muss sich wieder ein aktiver Biofilm bilden
Schnellfiltration	druckbeaufschlagte Filtration durch Ein- oder Mehrschichtfilter mit Korngrößen von 0,2 bis 2,0 mm und unterschiedlichen Dichten; periodische Rückspülung zur Reinigung notwendig
Aktivkohleadsorption	Abtrennung von gelösten organischen Verbindungen aus dem Wasser durch Adsorption an der Oberfläche der Aktivkohle; regelmäßige Regenerierung der Kohle erforderlich
Koagulation und Flockung	Zugabe von Flockungsmitteln (z.B. Eisen(III)- oder Aluminiumsalze) und danach Absetzung der Stoffe in Sedimentationsbecken
Sedimentation	Abtrennung von suspendierten Stoffen durch die Schwerkraft, bei Trinkwasseraufbereitung nur als Vorbehandlungsverfahren einsetzbar
Mikrosiebe	Abtrennung von Partikeln durch Stahl- oder Textilgeflechte mit Porengrößen von 0,016 bis 0,05 mm.
Entfernung von Eisen und Mangan	in sauerstoffarmen oder -freien Grundwässern kann reduziertes Eisen bzw. Mangan vorkommen, das im Trinkwasser oxidiert wird und als störender Niederschlag ausfällt; Enteisenung und Entmanganung in der Regel durch Flockung und anschließende Schnellfiltration
Entsäuerung	Herstellung des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichtes zur Vermeidung von Korrosionserscheinungen oder Kalkablagerungen im Leitungsnetz durch Belüftung, Zugabe von Hydroxiden oder Filterung über Calciumkarbonat oder alkalisch reagierende Materialien
Enthärtung	Reduzierung der härtebildenden Ionen (z.B. $\text{Ca}^{2+}$ und $\text{Mg}^{2+}$ ) durch Fällung oder Ionenaustausch; ist heute meist nur noch dort von Bedeutung, wo Wasser industriell erhitzt oder zur Kühlung eingesetzt werden soll
Meerwasserentsalzung	Entsalzung von Meerwasser durch Umkehrosmose oder Entspannungsverdampfung

**Tabelle 15 Stand der Technologie im Bereich Wasserverteilung**

Technologie	Beschreibung
Verteilung von Trinkwasser	Rohrleitungsbau (offen / geschlossen), Leckagedetektion, Abdichtung, Erneuerung, Druckbeaufschlagung durch Hochbehälter oder Pumpen
Speicher	Speicherung von Trinkwasser in Behältern, Speicherbecken, künstlichen Seen, Talsperren

#### 4.2.4 Entwicklung von Technologien im Umwelttechnologiesegment Wasserversorgung / Trinkwassergewinnung

Die angeführten zur Anwendung kommenden Technologien aus den Bereichen Gewinnung, Aufbereitung und Verteilung liegen weitestgehend in Marktreife vor. Innovationen und neue Forschungsergebnisse sind im Wesentlichen in Detailverbesserungen einzelner Komponenten zu erwarten. Hierbei werden bei der Wasseraufbereitung unter anderem neue chemisch-physikalische Methoden erforscht.

Außer bei industriellen Produktionsprozessen wird Nutzwasser fast ausschließlich in Form von sauberem Trinkwasser verwendet. In privaten Haushalten wird auch für Zwecke der Reinigung (Waschmaschinen) sowie die Toilettenspülung Trinkwasser benutzt. Auch zur landwirtschaftlichen Bewässerung wird in der Regel sauberes Wasser aus Flüssen, Grund- oder auch Trinkwasser verwendet. Mit zunehmender Wasserknappheit erscheint es sinnvoll, die Bereitstellung von Wasser in verschiedenen Wasserqualitäten für verschiedene Nutzungen zu etablieren.

Neben der Nutzung innovativer Entwicklungen kann als wesentlicher und notwendiger Bedarf an Innovation die Übertragung bekannter Technologien auf Anforderungen in Entwicklungsländern angeführt werden. Diese angepassten Technologien sollten mit möglichst einfachen und leicht zu erlernenden sowie zu reparierenden Techniken die Mindestanforderung für die Bereitstellung von Nutz- und Trinkwasser erfüllen.

Aktuelle wasserwirtschaftliche Forschungsvorhaben mit Bezug auf die Thematik des Klimawandels sind in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zusammengestellt.

**Tabelle 16 Umwelttechnologiesegment „Wasserversorgung / Trinkwassergewinnung“ - aktuelle F&E-Vorhaben**

Titel	Forschungsthema	Institution / Firma / Hochschule	Finanzielle Förderung	Zeitraum
"DEUS 21"	Regenwasser wird nicht im Trenn- oder Mischsystem abgeleitet, sondern in Speicherkäufen gesammelt, dort in einer modernen Membrananlage aufbereitet und als Pflegewasser für Garten, Waschen, Duschen u. a. in separatem Pflegewassernetz bereit gestellt.	Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (IGB)	Fraunhofer IGB, Stuttgart, Fraunhofer ISI, Karlsruhe, Institut für Siedlungswasserwirtschaft, RWTH Aachen, Stadt Knittlingen, 9 Industriepartner	k. A.
„Charakterisierung von Rohwässern bezüglich ihrer Eignung für die Aufbereitung mit Membranverfahren“	Ermittlung chemisch-physikalischer Parameter für Rohwasser, die den Wasserversorger in die Lage versetzen sollen, anhand von Rohwasseranalysen eine geeignete Anlagenkonfiguration (Membranmaterial, Spülregime) auswählen zu können.	Universität der Bundeswehr München, Institut für Wasserwesen	Bayerisches Landesamt für Umwelt	k. A.
Projekt WASKlim „Wasserwirtschaftliche Anpassungsstrategien an den Klimawandel“	Entwicklung von Anpassungskonzepten für die Wasserwirtschaft, um ein Auftreten konkreter Nutzungskonflikte infolge der Klimaänderungen zu vermeiden und zu Investitions- und Planungsentscheidungen beizutragen.	Universität der Bundeswehr München, Institut für Wasserwesen	Umweltbundesamt	k. A.
„Entwicklung eines übertragbaren Konzeptes zur Bestimmung der Anpassungsfähigkeit sensibler Sektoren an den Klimawandel am Beispiel Wasserwirtschaft - Entwicklung von Anpassungsstrategien für die Wasserwirtschaft und wasserabhängige Wirtschaftszweige“	Herausarbeiten der Verwundbarkeit von der Wasserversorgung abhängiger Sektoren, insbesondere der Wasserversorgung, Wasserwirtschaft u. a. sowie Entwicklung von Möglichkeiten zur strategischen Planung vor dem Hintergrund des Klimawandels.	UDATA - Umweltschutz und Datenanalyse, Neustadt an der Weinstraße	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)	10/2007 - 08/2009
„Entwicklung eines übertragbaren Konzeptes zur Bestimmung der Anpassungsstrategien an Klimatrends und Extremwetter und Maßnahmen für ein nachhaltiges Grundwassermanagement“	Feststellung, in welchem Ausmaß Anpassungsstrategien beim Wasserbedarf, den Grundwasserressourcen, der Grundwasser-Hoch- und Tiefstände u. a. zur Kompensation der Klimawirkungen notwendig werden.	Hessenwasser GmbH, Ingenieurbüro Brand-Gerdes-Sitzmann, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (hlug)	Bundesministerium für Bildung und Forschung	k. A.

Titel	Forschungsthema	Institution / Firma / Hochschule	Finanzielle Förderung	Zeitraum
„Praxisrelevante Analyse der Modellierungen mit DANUBIA für die Wasserwirtschaft“	Regionale Klimaszenarien werden mit Fokus auf Niederschlagsextrema mit DANUBIA analysiert und mit eingeführten Modellen verglichen, um diese Modellsysteme zur Simulation des Abflussregimes sowie der Gewässerqualität zu beurteilen; weiterhin sollen Stoffflussänderungen unter Global Change ermittelt werden.	Bayerisches Landesamt für Umwelt, Referat 81, Universitäten: München, Stuttgart, Köln, Max-Planck Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften	Bundesministerium für Bildung und Forschung	05/2007 - 04/2010
„Auswirkungen des Klimawandels auf die Bewässerung und Wasserversorgung im alpinen Raum“	Bewässerungsfassungen sind in den alpinen Regionen, die durch den Klimawandel immer häufiger von extremer Trockenheit betroffen sind, oftmals mit Trinkwasserfassungen kombiniert; es wird untersucht, inwieweit solche Fassungen, auch durch den Klimawandel bedingte Änderungen der Schneegrenze und Gletscherausbreitungen, verlegt werden müssen.	Universität Freiburg	Universität Freiburg, Universität Bozen, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich	01/2006 - 12/2009
„Water and global Change,“	Analyse, Quantifizierung und Vorhersage derzeitiger und zukünftiger globalen Wasserkreisläufe zur Bestimmung der weltweiten Wasserverfügbarkeit in Bezug auf die Gesellschaft und Wirtschaft, was insbesondere das Auftreten von Dürren u. a. für die Landwirtschaft betrifft.	Potsdam Institut für Klimafolgenforschung, Natural Environment Council, Centre for Ecology and Hydrology, Universität Frankfurt	Kommission der Europäischen Gemeinschaften Brüssel	03/2007 - 02/2011
GLOWA Danube Phase III „Teilprojekt sozioökonomische Analyse und Modellierung von Wassernutzung und Landnutzung durch Landwirtschaft“	Analyse und Bewertung der Zusammenhänge zwischen der Ressource Wasser und der Landwirtschaft aus produktionstechnischer und sozioökonomischer Sicht, um ein bestehendes Modellsystem so zu optimieren, dass Szenarien durch Änderungen wegen des Klimawandels oder politischen Rahmenbedingungen kalkuliert werden können.	Universität Hohenheim, Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre	Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)	05/2004 - 04/2010
„Entwicklung neuer Verfahren zur simultanen Elimination von organ. Schadstoffen (Pestizide) und Nitrat aus Trinkwasser unter Verwendung biologisch abbaubarer Festsubstrate“	Reinigung von durch die Landwirtschaft mit Nitrat und Pestiziden verunreinigtem Wasser durch biologisch abbaubarer Polymere, um einen Beitrag zur Wasserversorgung in landwirtschaftlich genutzten Gegenden zu leisten.	Nordic Water GmbH, Universität Karlsruhe, DVGW u. a.	Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)	10/2006 - 09/2009

Titel	Forschungsthema	Institution / Firma / Hochschule	Finanzielle Förderung	Zeitraum
GLOWA-ELBE III „Wirkungen des globalen Wandels auf den Wasserkreislauf im Elbegebiet - Ergebnisse und Konsequenzen“	Das übergreifende Ziel von GLOWA-Elbe ist es, sowohl die Risiken als auch die Optionen, die sich aus dem globalen Wandel für das Einzugsgebiet der Elbe ergeben, zu verstehen und das gewonnene Verständnis den Entscheidungsträgern der Region für die Ziele einer nachhaltigen Bewirtschaftung zukommen zu lassen.	Potsdam Institut für Klimafolgenforschung	Bundesministerium für Bildung und Forschung	10/2007 - 09/2010
„SEMIZENTRAL“	Um die Problematik dieser gravierenden Diskrepanz zwischen rapidem Städtewachstum einerseits und der Bereitstellung adäquater Ver- und Entsorgungsinfrastruktur für Wasserversorgung, Abwasserentsorgung und Abfallbehandlung andererseits zu entspannen, werden semizentrale Größeneinheiten in Planung und Realisierung untersucht. Der Begriff „Semizentral“ bedeutet in diesem Zusammenhang eine Größenordnung, die über einzelne Bebauungseinheiten hinausgeht, gleichzeitig jedoch deutlich kleiner ist, als herkömmliche zentrale Systeme.	TU Darmstadt, Institut WAR, Fachgebiet Wasserversorgung und Grundwasserschutz  TU Darmstadt, Geodätisches Institut, Fachgebiet Landmanagement  Tongji University, China  Qingdao Technological University, China	BMBF  Ministry of construction Vietnam  Ministry of Science and Technology, China	12/2003 - offen
Freude am Fluss - Kooperative Planung zur Hochwasservorsorge	Ziel des Projektes ist die Entwicklung von innovativen Techniken, um Häuserbauprojekte, Landnutzungen und andere menschliche Aktivitäten in Überschwemmungsgebieten überflutungstolerant zu machen sowie das top-down Flussgebietsmanagement durch einen gemeinsamen Planungsansatz zu ersetzen, so dass umgesetzte Maßnahmen Raum für Erfindergeist und Unternehmertum sowie dem Engagement von lokalen Beteiligten bieten.	Radboud University Nijmegen (RU) Faculty of ScienceCentre for Water and Society  TU Darmstadt, Institut WAR, Fachgebiet Umwelt- und Raumplanung  Region Starkenburg  Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz (ILN) Bühl diverse	EU-Förderung INTERREG-IIIB	2003 - 2008

**Tabelle 17 Umwelttechnologiesegment „Wasserversorgung/Trinkwassergewinnung“ - weitere hessische Forschungseinrichtungen**

Institution / Firma / Hochschule	Forschungsschwerpunkte / -themen im Umwelttechnologiesegment „Wasserversorgung/Trinkwassergewinnung“
<p>Fachhochschule Gießen-Friedberg            Fachbereich Krankenhaus- und Medizintechnik, Umwelt- und Biotechnologie KMUB            Prof. Röhricht  <a href="http://kmubserv.tg.fh-giessen.de/pm/roehricht/">http://kmubserv.tg.fh-giessen.de/pm/roehricht/</a></p>	<p>Aktuelle Forschungsprojekte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung eines Ultrafiltrationsmoduls zum Grauwasser- und Spülwasserrecycling</li> <li>• Biomasserückhaltung durch Ultrafiltration mit einem getauchten Plattenmodul</li> </ul>
<p>Universität Kassel            Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft            Prof. Frechen  <a href="http://www.uni-kassel.de/fb14/siwawi/Welcome.html">www.uni-kassel.de/fb14/siwawi/Welcome.html</a></p> <p>Steinhardt GmbH Wassertechnik            Röderweg 10            65232 Taunusstein-Bleidenstadt            TU Darmstadt, Institut für Mechanik, AG Strömungsmechanik            FH Köln, FB Informatik und Ingenieurwissenschaften,            Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Schmidt-Bregas, Wiesbaden            Tiefbauamt Stadt Wetzlar</p>	<p>Die meisten Projekte des Institutes sind in Hessen angesiedelt mit Schwerpunkt im ländlichen Raum; Forschungsbereiche sind u. a.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Membranfiltration</li> <li>• weitergehende Mischwasserbehandlung mit Bodenfilterbecken</li> <li>• Abwasserreinigung, Nachklärung, Vorklärung</li> </ul> <p>Lastabhängig vorausschauend geregelte Kanalspülung zur gewässerschonenden Bewirtschaftung von Kanalnetz und Kläranlage, Projekt mit der Firma Steinhardt in Taunusstein und der Gemeinde Wetzlar Kanalnetz und Kläranlage sollen nicht mehr separat sondern als gemeinsames System betrachtet werden.</p> <p>Nur über eine gemeinsame Regelung lässt sich der Nährstoffeintrag in die Gewässer minimieren. Eine intelligente Regelung der Kanalspülungen bringt hier entscheidende Vorteile.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Biologie bleibt auch in Trockenzeiten leistungsfähig genug, um die zusätzliche Belastung bei Eintreten eines Regenereignisses abzubauen.</li> <li>2. Der Spülstoß bei Eintritt des Regenereignisses verringert sich, da die Kanäle vergleichsweise frei von Ablagerungen sind.</li> </ol>

### **Nanotechnologie**

Als besonders hervorzuhebende Technologie mit Entwicklungspotenzial ist die Nanotechnologie zu nennen. Die Nanotechnologie stellt eine Vielzahl von Möglichkeiten bereit, die Potenziale für ökologisch sinnvolle und vorteilhafte Verfahrensinnovationen und Umweltschutzmaßnahmen im Wassersektor bieten. Das Spektrum der Nanotechnologie-Anwendungen reicht dabei von Nanomaterialien zur Reinigung und Aufbereitung von Abwässern über Nanosensoren zur effizienten und selektiven Überwachung der Wasserqualität bis zur vollständigen Substitution wasserbelastender Prozesse durch nanotechnologische Verfahrensinnovationen (Quelle: Umweltbundesamt (UBA) (Hg.): Zukunftsmarkt nachhaltige Wasserwirtschaft und Nanotechnologie, Dessau: 12/2007, [www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3455.pdf](http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3455.pdf)). Auch die Optimierung von bestehenden Verfahren im Hinblick auf deren Wirtschaftlichkeit bzw.

Energiebedarf ist Ziel beim Einsatz von Nanotechnologie. Verringerter Energiebedarf kann ausschlaggebend sein, um eine weite Verbreitung und Nutzung der zum Teil bestehenden Technologien in den ariden Gebieten der Entwicklungsländer zu nutzen. Technologien, bei denen mittelfristig eine Marktreife erreicht werden könnte, sind eine Eigenschaftssteuerung in Filtern durch Nanopartikel und die Nutzung von photokatalytischen Effekten zur Wasseraufbereitung.

Im Forschungsstadium befinden sich Filter aus nanoskaligen Kohlenstoffröhrchen (engl. carbon nanotubes). Sollte hier eine Marktreife erreicht werden können, könnten mit dieser neuen Membrangeneration erhebliche Verbesserungen hinsichtlich Filtergeschwindigkeit und Energiebedarf im Vergleich zu bestehenden Technologien verbunden sein.

Im Einzelnen sind derzeit Entwicklungsaktivitäten in folgenden Bereichen zu verzeichnen:

- Durch die Nutzung von nanotechnologisch perforierten Membranen (durch parallel ausgerichtete nanoskalige Kohlenstoffröhrchen) könnte die Trennung von Salz- und Wassermolekülen mit einem erheblich geringeren Energieaufwand durchgeführt werden (GKSS). Versuchsergebnisse des Lawrence Livermore National Laboratory in Kalifornien lassen erwarten, dass bei derartigen Filtern eine 100 bis 10.000-mal schnellere Filtergeschwindigkeit und dadurch bedingt eine Kosteneinsparung von 75% zu erwarten ist (Science, Band 312).
- Verwendung nanotechnisch modifizierter oder behandelter Materialien zur Steuerung von Filtereigenschaften (Ablauf von Reaktionen oder Antifouling-Eigenschaften)
- Photokatalytische Eigenschaften von Nanopartikeln könnten genutzt werden, um unter Nutzung von Sonnenenergie praktisch alle organischen Schadstoffmoleküle bis zum Kohlendioxid zu oxidieren (Bahnemann 1994). Derzeit befindet sich diese Technologie noch im Entwicklungsstadium, wobei das Verfahren bereits in Pilotanlagen zur Anwendung gekommen ist.

#### 4.2.5 Prognose neuer Geschäftsfelder

Im Segment „Wasserversorgung / Trinkwassergewinnung“ ist in der Wasseraufbereitung in Entwicklungsländern und ariden Gebieten mit neuen Geschäftsfeldern zu rechnen. Grundsätzlich stehen schon viele Technologien bereit, die jedoch mit zunehmender Verbesserung insbesondere im Bezug auf Energieeinsatz und Nachhaltigkeit neue Märkte erschließen können. Hierbei sind insbesondere solche Techniken hervorzuheben, die zwar bereits prinzipiell verfügbar sind, deren Einsatz jedoch in vielen Bereichen aufgrund hoher Kosten noch nicht wirtschaftlich eingesetzt werden können. Mit der zunehmenden Wasserversorgungsproblematik und gleichzeitig sinkenden Kosten für die entsprechenden Technologien kann die Schwelle zur ökonomischen Einsatzfähigkeit in Zukunft überschritten werden.

Die Wasserversorgung ist in den meisten Ländern unter staatlicher bzw. halbstaatlicher Kontrolle. Neue Geschäftsfelder ergeben sich hier insbesondere in der Ingenieurberatung der zuständigen Stellen.

Vor dem Hintergrund einer durch den Klimawandel zu erwartenden Verschärfung der Trinkwasserknappheit in ariden Gebieten werden zunehmend Kontrollsysteme zur Überwachung der Versorgungssysteme benötigt werden. Hier können zum Beispiel IT-Systeme zur Erkennung von Leckagen eingesetzt werden, mit deren Hilfe Rohrbrüche und Hintergrundverluste behoben und ganze Wasserverteilungssysteme ökonomisch optimal betrieben werden können.

Neben der durch den Klimawandel zu erwartenden Wasserknappheit in vielen Bereichen der Erde kommt es zum Beispiel in Deutschland durch den demographischen Wandel und zunehmender Wassereinsparung zum Problem der Überdimensionierung von bestehenden Ver- und Entsorgungsleitungen. Die immer geringer werdenden verbrauchten Wassermengen führen zu einer Abnahme der Fließgeschwindigkeit in den Versorgungsnetzen und damit zu einer möglichen Keimbildung sowie bei Abwasser zu unerwünschten Absetzungseffekten sowie mikrobiologischen Aktivitäten (siehe Forschungsprojekt „LASTSPUEL“ in Tabelle 18).

#### **4.2.6 Stärkung etablierter Geschäftsfelder**

Insgesamt ist für das Umwelttechnologiesegment „Wasserversorgung / Trinkwassergewinnung“ mit allen in Deutschland vorhandenen Technologien durch den Klimawandel eine deutliche Stärkung zu erwarten. Dies betrifft sowohl die Technologie der Wassergewinnung, Wasseraufbereitung als auch die Dienstleistungen im Zusammenhang mit dem Wassermanagement und der Wasserverteilung. Einen Schwerpunkt kann das Integrierte Wasserressourcen-Management (IWRM) bilden, das die Entwicklung integrierter Planungsinstrumente für eine nachhaltige Nutzung und die Anpassung nachhaltiger Wassertechnologien an verschiedene klimatische, ökonomische und soziale Verhältnisse zum Ziel hat.

Durch die Entwicklung neuer innovativer Technologien, die sich derzeit im Stand der Forschung, Entwicklung oder an der Schwelle zur Vermarktung befinden, können die bereits bestehenden Geschäftsfelder nachhaltig entwickelt und mit guten Zukunftsperspektiven ausgebaut werden.

##### ***Wasserwirtschaft allgemein***

Der Marktanteil Deutschlands am Weltmarkt im Umwelttechnologiesektor nachhaltiger Wasserwirtschaft betrug 2005 5%. Die Umsatzsteigerung betrug in dem Zeitraum von 2004 bis 2006 insgesamt 11%. Für den Zeitraum von 2007 bis 2009 wird eine weitere Umsatzsteigerung von 15% prognostiziert (Quelle: Umweltbundesamt (UBA) (Hg.): Umweltpolitische Innovations- und Wachstumsmärkte aus Sicht der Unternehmen, 02/07, Dessau: 11/2007).

##### ***Trinkwasser***

Die Investitionen zur Erneuerung und Instandhaltung der Leitungssysteme der öffentlichen Wasserversorgung unterliegen gemäß rechtlichen Vorgaben dem Gebot wirtschaftlicher Nachhaltigkeit. Daher kann ein Vorziehen von Investitionen ökonomisch sinnvoll sein, wenn dadurch langfristig Einsparungen zu erreichen sind. Ein kurzfristig höheres Investitionsvolumen ist gerechtfertigt, um dauerhaft die Gesamtkosten zu verringern. Gemäß der Hessischen Gemeindeordnung haben die Gemeinden ihren Haushalt so zu planen, dass eine stetige Erfüllung ihrer Aufgabe über das Haushaltsjahr hinaus gewährleistet ist. Weiterhin unterliegen sie dem Gebot der Wirtschaftlichkeit, wonach mit geringstmöglichen Mitteln der größtmögliche Erfolg zu erzielen ist.

Im Rahmen eines Pilotprojektes wurden hessische Betriebe, die in den letzten 10 Jahren Investitionen getätigt und aktivierte Erneuerungen durchführten, befragt. In Hessen stiegen demnach die spezifischen Investitionen pro Kilometer Leitungsnetz mit allen zugehörigen An-

lagen stetig von 2.500 €/km auf 8.000 €/km jeweils im Jahresdurchschnitt. Die verbuchten aktivierten Erneuerungen betragen im Durchschnitt 5.000 €/km und lagen damit in einem Bereich von 100 bis 15.000 €/m Wasserleitung. Durchschnittlich liegen die Investitionen ebenfalls bei 5.000 €/km Wasserleitung. Die Investitionen umfassen den Neubau und die aktivierten Erneuerungen aller Anlagen der öffentlichen Wasserversorgung. Hingegen verringerten sich die Wasserpreise im selben Zeitraum von rund 1.700 €/1.000 m<sup>3</sup> auf etwa 1.350 €/1.000 m<sup>3</sup>, wobei der Preis Schwankungen bis auf über 3.000 €/1.000 m<sup>3</sup> unterlag. Aus den Ergebnissen dieser Befragung konnte der Rückschluss gezogen werden, dass der Anteil der Neuinvestitionen in den letzten Jahren rückläufig war. Die aktivierten Erneuerungen liegen derzeit auf dem Niveau der Neuinvestitionen der letzten Jahre. Dieser Anteil wird sich weiter erhöhen, was eine zunehmende wirtschaftliche Bedeutung für die öffentliche Wasserversorgung mit sich bringt. Für die Substanzerhaltung der öffentlichen Wasserversorgung ergeben sich in Hessen schätzungsweise Investitionen von jährlich 200 Mio. €. Die Bezugsjahre der gesamten Erhebung waren die Jahre 2001/2002 [88].

In Deutschland betrug das Investitionsvolumen der Wasserversorgungsunternehmen im Jahr 2006 rd. 2,1 Milliarden Euro. Mit einem Anteil von 62% stellt der Rohrnetzbereich den Schwerpunkt der Investitionstätigkeit dar. Eine Folge der Rohrnetzunterhaltung ist unter anderem der sehr geringe Wasserverlust im Vergleich zu anderen europäischen Ländern. Nach einer Studie des Bundesverbandes der Energie- und Wasserwirtschaft e.V (BDEW) vom August 2008 ist auch in den nächsten Jahren mit einem gleichbleibendem Investitionsvolumen der Wasserversorgungsunternehmen von rund 2 Milliarden Euro/Jahr zu rechnen (Quelle: [http://www.bgw.de/bdew.nsf/id/DE\\_id100112170\\_/\\$file/Wasserfakten im Überblick - freier Bereich August 2008.pdf](http://www.bgw.de/bdew.nsf/id/DE_id100112170_/$file/Wasserfakten%20im%20Überblick%20-%20freier%20Bereich%20August%202008.pdf)).

Bei einem weiter anhaltenden weltweiten Bevölkerungswachstum und einer gleichzeitig angestrebten Verringerung des Anteils der Menschen, die keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser haben, ist insbesondere in den Schwellenländer eine Zunahme des Wasserbedarfs im privaten und gewerblich/industriellen Sektor zu erwarten. Auch vor dem Hintergrund zunehmender Probleme mit der Wasserqualität ist weltweit mit einer deutlichen Zunahme der Investitionen im Sektor Trinkwasserversorgung zu erwarten.

### ***Meerwasserentsalzung***

Nach Schätzungen des Verbandes Deutsche Meerwasserentsalzung (DME) sind weltweit derzeit etwa 14.000 Meerwasserentsalzungsanlagen in Betrieb. Der DME- geht weltweit von mehr als 100 Milliarden Euro aus, die im Bereich der Meerwasserentsalzung in den nächsten 20 bis 25 Jahren investiert werden. Die Zahl der Anlagen steige exponentiell und nicht linear an, was das extrem hohe Wachstum in diesem Markt unterstreicht.

### ***Methoden zur Trinkwasserversorgung in den Entwicklungsländern***

Es werden Geräte und einfache Technologien entwickelt, die mit einem minimalen technologischen Aufwand die dezentrale Wasserversorgung in der dritten Welt unterstützen. Diese sollten als angepasste Technologie weitgehend ohne elektronische Regelung auskommen, ohne Fachpersonal betrieben und repariert werden können.

### ***Dienstleistungen***

Der Klimawandel bewirkt eine lokale und zeitliche Veränderung des Wasserdargebotes. Dadurch sind neben der Trinkwassergewinnung auch die Wasserverteilung sowie das Flussgebietsmanagement mit allen Aspekten der Wasserwirtschaft als ein zukünftiges Geschäftsfeld zu nennen.

Es werden wahrscheinlich vermehrt detaillierte Wasserhaushaltsmodelle bzw. Niederschlags-Abfluss-Modelle mit Abbildung des gesamten Wasserkreislaufes zur Anwendung kommen. Das Wasser wird insbesondere in ariden Gebieten knapper und damit kostbarer werden. Es werden zunehmend ganzheitliche und grenzüberschreitende Lösungen der Wasserverteilung notwendig. Zur Optimierung aller wasserbezogenen Fragestellungen sind ein detaillierter Maßnahmenkatalog und eine aufeinander abgestimmte Steuerung von Wasserspeichern, Rückhaltebecken, Talsperren, Wasserentnahmen und Einspeisungen im gesamten Einzugsgebiet erforderlich. Diese Dienstleistungen erfordern eine umfangreiche und fachübergreifende Ausbildung der beteiligten Personen in den planenden und umsetzenden öffentlichen Institutionen und der Privatwirtschaft.

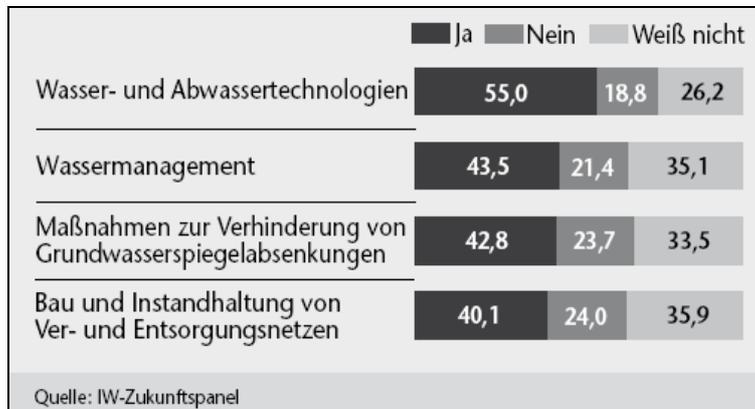
Mit dem in Deutschland vorhandenen Know-How in der Ingenieurpraxis und bei den Wasserversorgern wird erwartet, dass gute Perspektiven für eine weitere Geschäftsentwicklung im Ausland bestehen.

#### 4.2.7 Künftiger F&E-Bedarf im Umwelttechnologiesegment Wasserversorgung / Trinkwassergewinnung

Der Unternehmensbefragung im Rahmen des Zukunftspanels des Instituts der deutschen Wirtschaft (IW) lässt sich entnehmen, dass fast 75% der fast 2.600 befragten kleinen und mittleren Unternehmen mit der Wasserversorgung und -entsorgung strategische Chancen oder Risiken für ihr Unternehmen verbinden (16). Im Rahmen der Befragung wurden auch die Bereiche identifiziert, in denen aus Sicht der antwortenden Unternehmen Forschungsbedarf besteht. 55% der Befragten sehen im Bereich „Wasser- und Abwassertechnologien“ Forschungsbedarf.

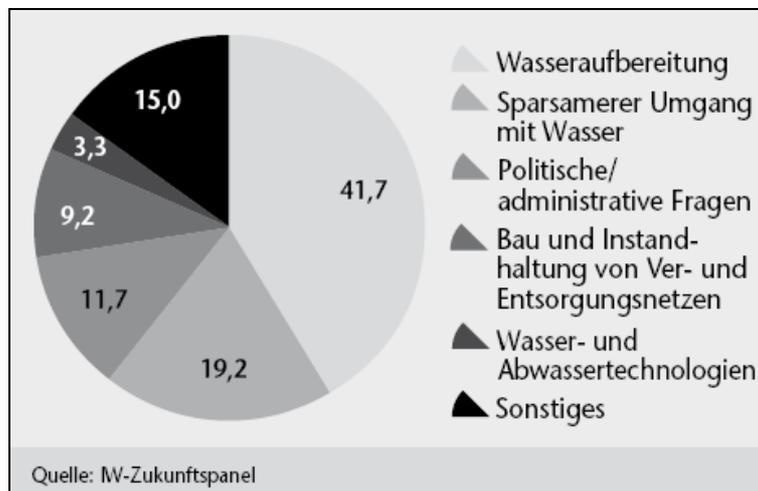
Forschung in dem komplexen Bereich „Wassermanagement“ ist für mehr als 40% der Befragten von besonderer Bedeutung. Weiterhin stehen „Bau und Instandhaltung von Ver- und Entsorgungsnetzen“ sowie „Maßnahmen zur Verhinderung von Grundwasserspiegelabsenkungen“ auf der Forschungsbedarfsliste (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

**Abb. 5 Forschungsbedarf im Bereich der Wasserversorgung und -entsorgung (Angaben in %), aus [16]**



Ergänzend zu den erwähnten Ansatzpunkten formulierten 40% der Befragten in ihren offenen Antworten noch besonderen Forschungsbedarf auf dem Gebiet „Wasseraufbereitung“. Als zweites wichtiges Forschungsfeld wurde „sparsamerer Umgang mit Wasser“ genannt. Forschungsbedarf im Bereich „politische / administrative Fragen“ sehen die Befragten vor allem im Zusammenhang mit alternativen Ansätzen zum Wassermanagement (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

**Abb. 6 Offene Nennungen zum Forschungsbedarf im Bereich der Wasserversorgung und -entsorgung (Angaben in %), aus [16]**



Darüber hinaus sind auch innovative Konzepte zur Wasserspeicherung und weiteren Methoden der Trinkwassergewinnung in Zukunft wahrscheinlich forschungsrelevant.

Der ermittelte F&E-Bedarf, der als zukunftsweisend für Technologieanbieter sowohl auf dem inländischen Markt als auch für den Export angesehen wird, ist zusammenfassend in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt.

**Tabelle 18 Umwelttechnologiesegment „Wasserversorgung / Trinkwassergewinnung“ - F&E-Bedarf**

Bereich	Beschreibung
Wassermanagement	Bau und Instandhaltung von Ver- und Entsorgungsnetzen, hierbei Sanierung von Leitungsnetzen und Verbesserung der Rohrsysteme und der Rohrqualität
	Maßnahmen zur Verhinderung von Grundwasserspiegelabsenkungen und Grundwasserversalzungen
Wasseraufbereitung	energiesparende Wasseraufbereitung
	Aufbereitung von Meer- und Regenwasser sowie Betriebsabwasser
	Optimierung von Meerwasserentsalzungsanlagen in Bezug auf Energieverbrauch und Durchsatz, Entsorgung der Prozessabfälle (Salz)
	Großtechnisch sind Technologien zur Entsalzung und Desinfektion von Wasser bereits in zahlreichen Ländern installiert und arbeiten zuverlässig. Für den Einsatz in ländlichen Gebieten von Entwicklungsländern besteht jedoch noch ein hoher Anpassungsbedarf bzgl. der Energieversorgung und der Minimierung des Wartungsaufwandes (Quelle: Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme: „Wasser für die Ärmsten“, Presseinformation, Mediendienst 1-2008-Thema 3).
	Wasserrecycling

Bereich	Beschreibung
sparsamer Umgang mit Wasser	verbrauchsreduzierte Technologien
	effizientere Bewässerungssysteme für Gewächshäuser und in der Landwirtschaft
	Trennung von Trink- und Brauchwasser
politische / administrative Fragen	Bürokratieabbau
	Technologietransfer
	dezentrale Wasserversorgung
Wassergewinnung	Uferfiltration ist ein Verfahren zur Trinkwassergewinnung bzw. Wasseraufbereitung und erlaubt ein nachhaltiges Ressourcenmanagement. Die Aufbereitung von hochbelasteten Oberflächengewässern ist weltweit ein wachsendes Problem. Innovative und kostengünstige Methoden sind für viele Länder eine zunehmende Notwendigkeit. Persistente organische Spurenstoffe gelangen über Kläranlagen oder diffuse Einträge in Oberflächengewässer, wo sie - im Falle einer direkten oder indirekten Nutzung als Trinkwasserressource - ein potenzielles Risiko für die Trinkwasserversorgung darstellen können. Erforschung des potenziellen Risikos, das sich aus dem Auftreten von Komplexbildnern, ausgewählten Pestiziden und PFTs in Oberflächengewässern für die Trinkwasserversorgung durch Uferfiltration und künstlicher Grundwasseranreicherung ergibt.
	Auffinden von Süßwasserquellen im Meer und Nutzung dieses Wasseraustritts durch Abpumpen direkt am Meeresgrund, bevor eine Vermischung mit dem Salzwasser erfolgt ist.
	Wassergewinnung durch Einsatz von Kältetechnik zur Kondensation von Luftfeuchtigkeit
Trinkwasserspeicherung	Nutzung von großskaligen Bodenspeichern als saisonale Wasserspeicher

### 4.3 Hochwasserschutz

#### 4.3.1 Marktübersicht und Abgrenzung

Nach DIN 4049 wird als Hochwasser ein Zustand bezeichnet, bei dem der Wasserstand oder der Durchfluss einen bestimmten Schwellenwert erreicht oder überschritten hat. Hochwasser sind Bestandteil des natürlichen Wasserkreislaufes und treten mit dem jahreszeitlichen Abflussrhythmus der Gewässer auf. Erst die Intensivierung der Nutzung von natürlichen Flusssauen durch den Menschen im Zuge der wirtschaftlichen Entwicklung und Konzentration von Sachwerten in gewässernahen Gebieten führt zu einer steigenden Bedrohung durch Hochwasser. Sowohl eine vollständige Rückführung der Flächen zu natürlichen Retentionsräumen als auch ein vollständiger Schutz der gefährdeten Werte ist heute nicht mehr zu realisieren.

Hochwasserschutz befasst sich somit zum einem mit Vorsorgeplanung und Management von Hochwasserereignissen und zum anderen mit wasserbaulichen Maßnahmen (technischer Hochwasserschutz). In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** sind die wesentlichen Leistungen und Produkte dieser beiden Geschäftsfelder zusammengestellt.

**Tabelle 19 Umwelttechnologiesegment „Hochwasserschutz“ - Übersicht**

Geschäftsfeld	Leistungen / Produkte	Wirtschaftszweig
Hochwasserschutz und -management	Berechnung von Überschwemmungsflächen und Hochwasserwahrscheinlichkeiten Planung von Hochwasserrückhaltemaßnahmen Erstellung von Hochwassermanagementplänen und Hochwasserschutzkonzepten, Hochwasserrisikomanagement Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen am Gewässer (fest oder mobil) Bau und Betrieb von Hochwasserschutzbauten (fest oder mobil) Hochwasserwarnsysteme	Ingenieur- und Planungsbüros  Ingenieur- und Planungsbüros  Ingenieur- und Planungsbüros  Ingenieur- und Planungsbüros  Bauwirtschaft  Ingenieur- und Planungsbüros, Informations- und Kommunikationstechnologie
Wasserbau	Planung und Genehmigungsmanagement für Gewässerumgestaltungen, Renaturierungen, Wassertransportwirtschaft Bau und Umgestaltung von Gewässern und Kanälen	Ingenieur- und Planungsbüros, Transportwirtschaft  Bauwirtschaft

Auch der Bau von Staudämmen zur Energiegewinnung aus Wasserkraft kann dem Hochwasserschutz dienen. Allerdings ist dies in der Regel nicht der primäre Zweck von Staudämmen und wird hier somit nicht weiter beschrieben.

#### 4.3.2 Herausforderungen des Hochwasserschutzes bei Anpassungen an den Klimawandel

Die für die Gesellschaft gravierendsten direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels werden im Wassersektor erwartet [13]. Der Klimawandel erfordert daher integral wirkende Anpassungsmaßnahmen in der Wasserwirtschaft in folgenden Handlungsbereichen:

- Grundlagen, Monitoring und Warndienste
- Hochwasserschutz
- Dürre und Trockenheit
- Übergreifende Maßnahmen

Trotz eingeleiteter Maßnahmen zum Schutz des Klimas werden die bisherigen und zukünftigen Emissionen an Treibhausgasen - abhängig vom verwendeten Klimamodell sowie Emissionsszenario - die Temperaturen in Deutschland bis 2080 voraussichtlich um weitere 1,6 bis 3,6°C steigen lassen. Diese Erwärmung dürfte im Südwesten Deutschlands stärker als im Nordosten und im Winter stärker als im Sommer ausfallen. Auch die regionale Verteilung der Niederschläge wird sich wahrscheinlich verändern, wobei Aussagen hierzu noch sehr unsicher sind. Die Winterniederschläge könnten bis 2080 um bis zu 30% steigen, die Sommerniederschläge dagegen um bis zu 30% abnehmen. Neben der Verschiebung des Niederschlages vom Sommer in den Winter wird der Niederschlag voraussichtlich vermehrt als Regen, weniger als Schnee niedergehen. Vor allem im Winter werden Starkniederschläge häufiger und intensiver. Dadurch steigt im Winter und Frühjahr die Hochwassergefahr. Studien zu regionalen Effekten stützen diese Ergebnisse [105].

Wie sich die Hochwassergefahr konkret ändert, hängt von den Bedingungen im Einzugsgebiet eines Flusses ab. Sie muss daher für jeden Fluss gesondert untersucht werden. Untersuchungen im Einzugsgebiet des Neckars ergaben beispielsweise für das Jahr 2050 eine Zunahme der mittleren Hochwasserabflüsse um ca. 40 bis 50%. Hochwasser mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von einem Mal in 100 Jahren erhöhen sich für diesen Untersuchungszeitraum um ca. 15% [105]. Aus Modellrechnungen lässt sich auch für hessische Gewässer eine deutliche Veränderung im Abflussverhalten ableiten. Im Winterhalbjahr ist mit Mehrabflüssen und im Sommerhalbjahr mit verminderten Abflüssen zu rechnen. Eine Verschärfung der Hochwassersituation ist wahrscheinlich [18].

Insgesamt muss in Deutschland infolge des Klimawandels damit gerechnet werden, dass es häufiger zu Hochwassern kommen kann [105].

Dementsprechend ist zum Beispiel im Bundesland Bayern der integrierte Hochwasserschutz eines der wichtigsten Standbeine der Anpassungsstrategie an den Klimawandel (Klimaprogramm Bayern 2020) [13]. Auch für Hessen bestätigen Modellrechnungen mit Klimaszenarien eine Verschärfung der Hochwasserbetroffenheit für größere Gewässersysteme [56]. Schwerpunkt des hessischen Hochwasserschutzes ist die Hochwasservorsorge. Dazu wird seit 1992 das Retentionskataster Hessen geführt, um zusätzliche natürliche Rückhalteräume zu erfassen und dem aktiven Retentionsraum wieder zurückzuführen [64].

Allerdings geht es beim Hochwasserschutz in Zeiten des Klimawandels nicht um eine Wiederherstellung der gleichen Hochwassersicherheit von Schutzanlagen wie vor den prognostizier-

ten Veränderungen, sondern um die Anpassung der Bemessungspraxis für Hochwasserschutzanlagen als Teil eines umfassenden Vorsorgekonzeptes von Flächenvorsorge, Bauvorsorge, Verhaltensvorsorge und Risikovorsorge [93].

Der Klimawandel gibt Anlass, den bisherigen Weg bei der Festlegung von Bemessungsabflüssen zu modifizieren und einen „Lastfall Klimaänderung“ zu berücksichtigen. Anhand von Fallbeispielen aus der Praxis wurde dazu nachgewiesen, dass eine Berücksichtigung der Auswirkungen der Klimaänderung bei technischen Hochwasserschutzmaßnahmen in den meisten Fällen zu relativ moderaten Kostensteigerungen geführt hätte, wenn dieser Lastfall bereits bei der Planung berücksichtigt und beim Bau zumindest entsprechende Vorkehrungen für eine spätere Anpassung getroffen worden wären. Nachträgliche Anpassungen sind hingegen meist mit sehr hohen Kosten verbunden. Der Lastfall Klimaänderung sollte deshalb künftig bei Planungen von neuen Hochwasserschutzmaßnahmen mit untersucht werden. Dabei ist aufzuzeigen, welche Konsequenzen sich durch den Lastfall auf die Auslegung der Maßnahmen ergeben und welche Mehrkosten dadurch zu erwarten sind. Aufgrund der dann vorliegenden Erkenntnisse soll dann entschieden werden, inwieweit die notwendige Anpassung an den künftigen Klimawandel bereits jetzt bei der Ausführung berücksichtigt werden soll. Dabei sind auch Möglichkeiten für eine spätere Nachrüstung zu berücksichtigen [55].

An Nord- und Ostsee führt die Zunahme und Intensität von Sturmflutereignissen zu höheren Landverlusten an den sandigen Küsten. Auch an den Steilküsten werden sich die Abbrüche verstärken. Die heutigen Küstenschutzstrategien müssen an die langfristigen Klimaänderungen angepasst werden, da Küstenräume häufig auch Überflutungsräume mit hoher Besiedlung darstellen [19].

Die Ausweisung von Überschwemmungsgebieten ist ein zentraler Bestandteil eines vorbeugenden Hochwasserschutzes. So können Retentionsflächen zur Ausbreitung von Überschwemmungen erhalten und die Schäden bei Hochwasser reduziert werden. Das neue Hochwasserschutzgesetz in Deutschland schafft hier verbindliche Regeln über die Grenzen der Bundesländer hinweg. Gefährdete Flächen nicht zu bebauen, ist das wirksamste Mittel, um Schäden bei einem Hochwasser zu verhindern. Wo dennoch in Überschwemmungsgebieten gebaut wird, sollte auf eine angepasste Bauweise geachtet und möglichst auf Ölheizungen verzichtet werden. Mit der Regenwasserversickerung, der Entsiegelung von Flächen und einer standortangepassten Land- und Forstwirtschaft lässt sich das Wasserspeichervermögen des Bodens verbessern und so Wasser in der Fläche zurückhalten. Das wirkt sich insbesondere in

kleinen Einzugsgebieten und bei kleinen Hochwassern positiv, also vermindern, auf das Entstehen von Hochwasser aus.

Damit diejenigen, bei denen die Schäden unmittelbar entstehen können, ihren Beitrag zur Schadensreduzierung leisten können, sind eine umfassende Information und Kommunikation der Hochwasserrisiken und eine stärkere Eigenvorsorge erforderlich. Der technische Hochwasserschutz, vor allem der Deichbau, ist fester Bestandteil einer umfassenden Hochwasservorsorge, jedoch muss man sich darüber im Klaren sein: Tritt ein Hochwasser ein, das die technischen Bauwerke überfordert, so können hohe Schäden entstehen - dieses Restrisiko bleibt.

Die Kooperation im gesamten Flusseinzugsgebiet ist eine wichtige Voraussetzung für einen erfolgreichen vorsorgenden Hochwasserschutz. Die Einführung von Instrumenten zur Stärkung der Eigenverantwortung und eine Berücksichtigung des Klimawandels sind einige der Herausforderungen für den Hochwasserschutz in den kommenden Jahren in Deutschland und der Europäischen Union. Hier gilt es, das Bewusstsein in der Bevölkerung für die Gefahren durch Hochwasser zu stärken [105].

Übergeordnetes Ziel sowohl deutscher als auch europäischer Hochwasserschutzstrategien ist daher eine Minimierung der Schäden durch Hochwasser. (Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes, BGBl. Teil I Nr. 26, Seite 1224ff und EU-Hochwasserschutzrichtlinie, Richtlinie 2007/60/EG). Dazu werden parallel verschiedene Strategien von öffentlicher Seite verfolgt. Neben dem rein technischen Hochwasserschutz und einem verbesserten Flächenmanagement kommt der Hochwasservorsorge mit den Bestandteilen Bauvorsorge, Verhaltens- und Risikovorsorge eine bedeutende Funktion zu.

#### **4.3.3 Stand der Technologien im Hochwasserschutz**

Im Rahmen dieser Studie wird ein Überblick über den aktuellen Technologie- sowie Forschungsstand zur Umsetzung nachhaltiger Strategien im Binnenhochwasserschutz erstellt, wobei der Fokus der Analyse auf Produkten und Dienstleistungen liegt, deren Innovationspotenzial eine kontinuierliche Anpassung an die sich zukünftig ändernden klimatologische Randbedingungen ermöglicht. Damit verbunden ist auch ein wachsendes wirtschaftliches Potenzial für die Aufgaben des vorbeugenden Hochwasserschutzes.

**Technischer Hochwasserschutz:**

Der technische Hochwasserschutz gliedert sich für Fließgewässer in die beiden Bereiche Wasserrückhalt- und Hochwasserschutzanlagen. Technisch wird der Hochwasserrückhalt über Polder- und Rückhaltebecken gewährleistet, deren temporäre Flutung der Kappung von Hochwasserspitzen dient. Über Regelungsbauwerke können diese so gesteuert werden, dass eine ökologische Bewirtschaftung ermöglicht wird. Zur Ausführung kommen Polder im Haupt- und Nebenschluss (DVWK-Merkblatt M202/1991). In ländlichen Bereichen bieten Deichrückverlegungen durch eine Vergrößerung der abflusswirksamen Querschnitte eine lokale Verbesserung der Hochwassersituation. Hochwasserschutzanlagen dienen der bereichsweisen Freihaltung eines Überschwemmungsgebietes von Hochwasser. Konventionelle stationäre Hochwasserschutzanlagen sind dazu fest mit dem Untergrund verbunden und erfüllen dauerhaft ihre Schutzwirkung (DVWK Merkblatt M210/1996). Als mobile Schutzsysteme werden nach BWK-Merkblatt 6 [20] Konstruktionen bezeichnet, mit denen temporär eine wasserdichte Barriere hergestellt werden kann.

**Flächenmanagement:**

Wesentlicher Bestandteil eines integrativen Flächenmanagements ist die rechtsverbindliche Festsetzung von Überschwemmungsgebieten mit Richtlinien zur hochwasserangepassten Flächennutzung. Ziel ist die Erhaltung und Sicherung von Retentionsräumen. Zur Abgrenzung dieser Gebiete werden numerische Modelle eingesetzt, um statistische Bemessungsergebnisse unterschiedlicher Jährlichkeiten zu simulieren. In urbanisierten Gebieten wird zudem mit Maßnahmen zur Flächenentsiegelung und dezentralen Regenwasserversickerung eine nachhaltige Entlastung der Vorfluter erreicht.

**Hochwasservorsorge:**

Statt des Schutzes ganzer Siedlungsgebiete durch technische Schutzsysteme ermöglicht die Bauvorsorge eine hochwasserangepasste Nutzung von Objekten in potenziellen Überschwemmungsgebieten. Eine erhebliche Schadensminimierung ist mit geeigneten Ausrüstungen für Neubauten sowie bestehende Bauwerke zu erzielen. Für die dazu notwendige nachhaltige Verhaltensvorsorge in der Bevölkerung bedarf es zum einen einer verstärkten Sensibilisierung für drohende Extremereignisse zum anderen aber auch funktionierender Warnsysteme. Mittels modelltechnischer Abbildung ganzer Flusseinzugsgebiete und verbesserter Niederschlagsprognosen ist eine frühzeitige Hochwasserwarnung möglich. Über die Massenmedien können Informationen über die aktuelle Hochwassersituation und Vorhersagen schnell und verständlich verbreitet werden.

### ***Vorhandene innovative Technologien***

Wesentliche Aufgaben des technischen Hochwasserschutzes wie der Bau oder die Erhöhung von Deichen sowie Hochwasserschutzmauern oder die Errichtung und die Unterhaltung von Poldern sind dem Wirtschaftsbereich Bauen zuzuordnen und werden hier nicht weiter betrachtet. Sowohl die planerischen Aufgaben und konstruktiven Auslegungen als auch die bauseitige Herstellung werden dem aktuellen Stand der Technik entsprechend geltender Normen (DIN 19712) ausgeführt. Innovationspotenziale liegen in der Anwendung mobiler Hochwasserschutzsysteme, deren Auslegung und Konstruktion erst 2005 durch das BWK Merkblatt 6 [20] geregelt wurde sowie in der Deichertüchtigung, im Deichmonitoring sowie in der Deichverteidigung. In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** werden die im Hochwasserschutz eingesetzten Technologien aufgeführt.

**Table 20 Technologien im Hochwasserschutz**

<b>Technischer Hochwasserschutz</b>	
<b>Mobile Hochwasserschutzanlagen</b>	
<p>Kurzbeschreibung Konstruktionen aus Holz, Kunststoff oder Metall, die nur für die Dauer eines Hochwassers aufgestellt werden und einen Bereich frei von Hochwasser halten; unterschieden werden planmäßige und notfallmäßige Systeme (z.B. Sandsäcke), die nicht an eine Örtlichkeit gebunden sind [20]</p>	<p>Ausführungen: Standardsysteme: - Dammbalkensysteme - Torsysteme Sondersysteme: - klappbare Systeme - vertikal aufschwimmende Systeme - Schlauchwand - Glaswandsysteme Bewegliche Verschlüsse: - Stemmtore</p>
<b>Deichertüchtigung</b>	
<p>Kurzbeschreibung Anpassung der historischen Planung und Ausführung an den aktuellen technischen Standard: - Dichtungselemente sorgen dafür, dass sich die Sickerlinie nicht in gefährlichem Maße im luftseitigen Deichkörper ausbreiten kann - Erhöhungen der Deichkrone an neue Bemessungswasserstände [114]</p>	<p>Ausführungen: Deicherhöhung: - Erdaufhöhung - wandartige Konstruktionen Innendichtung: - Schmalwand - Spundwand - Schlitzwand - MPI (mixed-in-place) - FMI (fräs-misch-Injektionsverfahren) Oberflächendichtungen: - geosynthetische Tondichtungsbahnen - Kunststoffdichtungsbahnen</p>

	- bitumengebundene Dichtungsbahnen
<b>Überströmbare Deiche</b>	
Kurzbeschreibung zur planmäßigen Hochwasserentlastung werden Deich- oder Dammbereiche überströmbare ausgelegt; Alternative vor allem bei kleinen dezentralen Hochwasserrückhaltebecken unter Berücksichtigung von Landschaftsästhetik und Kostenbeachtung [83]	Ausführungen: Deckwerke in Lockerbauweise: - Steinsatz - Steinschüttung Kohärente Deckwerke: - Geogittersteine - Mastix-Schotter - Rasengittersteine Bodenverfestigung: - Bodenstabilisierung Verbundbauweisen: - sandgefüllte Geotextilschläuche - Schlaufenlösung
<b>Hausanhebung</b>	
Kurzbeschreibung Anhebung des kompletten Gebäudes einschließlich der Bodenplatte um bis zu 1,5 m	Ausführung: - Teleskop Segment Einpresspfähle
<b>Flächenmanagement</b>	
<b>Abgrenzung von Überschwemmungsgebieten</b>	
Kurzbeschreibung: Am 10. Mai 2005 trat das neue Hochwasserschutzgesetz in Deutschland in Kraft. Hier ist die Abgrenzung von Überschwemmungsgebieten für statistische Bemessungsereignisse gefordert. Anwendung numerischer Modelle zur Überflutungsberechnung und Schadensrisikodarstellung [82]	Ausführungen im Dienstleistungssektor: Hydrologische Simulationsmodelle: - regionalhydrologische Verfahren - statistische Verfahren - Niederschlags-Abfluss-Modelle Hydrodynamische Simulationsmodelle: - vereinfachte Verfahren - eindimensionale Strömungsmodelle - zweidimensionale Strömungsmodelle Sozio-Ökonomische Modelle: - Schadensrisikoanalysen
<b>Minimierung der Versiegelung</b>	
Kurzbeschreibung: Versiegelungen und der Verbrauch unbebauter Flächen werden minimiert; neben der erhöhten Versickerung tragen Speicher- und Verdunstungsmöglichkeiten zur Verbesserung des Kleinklimas bei [48]	Ausführungen: Entsiegelung und Rückbau: - Ersetzen von wasserundurchlässigen befestigten Flächen durch Kies-Splitt-Decken oder Poronpflaster Wasserdurchlässige Flächenbefestigungen nach DWA A 138 (2005): - Rasen oder Schotterrasen - Rasenfugensteine - Rasengittersteine

	Dachbegrünung: - extensive Dachbegrünung - intensive Dachbegrünung
<b>Regenwasserversickerung</b>	
Kurzbeschreibung: Regenwasser wird ohne Aufstau und Speicherung entweder durch wasserdurchlässige Materialien oder flächenhaft in den Seitenräumen befestigter Flächen versickert; in der Regel erfolgt die Versickerung über einen belebten Oberboden zum Beispiel auf Rasenflächen [48]	Ausführungen: - Muldenversickerung - Mulden-Rigolen-Versickerung - Rohrversickerung - Beckenversickerung - Schachtversickerung - Teichversickerung
<b>Regenwasserbewirtschaftung</b>	
Kurzbeschreibung: Regenwasser wird mittels einer Zisterne gesammelt, gefiltert und über eine pumpenbetriebene Saugleitung zu den Endverbraucher / Verbrauchern im Haus oder Garten gefördert [48]	Ausführungen: - Regenwasserrückhaltung mittels Retentionspeicher - Bodenfilter mit Absetzbecken nach ATV-A166
<b>Bauvorsorge</b>	
<b>Schutz vor Oberflächenwasser</b>	
Kurzbeschreibung: Konstruktive Maßnahmen halten Oberflächenwasser vom Objekt ab; Ausrüstungen können für Neubauten und bestehende Gebäude erfolgen [49].	Ausführungen: Konstruktive Maßnahmen: - Bodensenken - Bodenschwellen - Aufkantungen Mobile Schutzelemente: - Barriersysteme - Fensterklappen
<b>Schutz vor Bodenfeuchtigkeit</b>	
Kurzbeschreibung: Verhinderung des Wassereintritts über Sicker- oder Kapillarwasser; Ausrüstungen können für Neubauten und bestehende Gebäude erfolgen (DIN 4095) [49]	Ausführungen: Abdichtungen: - horizontale Außenabdichtung - vertikale Außenabdichtung - Innenabdichtung Drainung: - Ringdrainung
<b>Schutz vor Grundwasser</b>	
Kurzbeschreibung: Abdichtung gegen Grundwasser und aufgestauten Sickerwasser [49]	Ausführungen: - weiße Wanne - schwarze Wanne Nachträgliche Kellersanierung: - Abdichtung der Kellersohle - Innentrogabdichtung

	- Fußbodenaufständering
<b>Schutz vor Rückstau</b>	
Kurzbeschreibung Sicherung der Abflussstellen gegen Rückstau aus dem öffentlichen Wassernetz [49]	Ausführungen in Dienstleistungssektor: - Abwasserhebeanlage - Rückstauverschluss
<b>Verhaltensvorsorge</b>	
<b>Hochwasservorhersage</b>	
Kurzbeschreibung: Leitgedanke des nachhaltigen Hochwasserschutzes ist die Verbesserung des Risikobewusstseins in der Bevölkerung. Neben einer frühzeitigen Warnung vor Hochwassern bedarf es dazu aber auch einer kontinuierlichen Information über die Gefährdungslage und Möglichkeiten des eigenverantwortlichen Schutzes [67].	Ausführungen: Datenerhebung Hydrometrie: - Niederschlagsradar - kontinuierliche Messung von Wasserständen und Abflüssen mit Datenfernübertragung, Ausführungen im Dienstleistungssektor - hydrologisch und hydrodynamische Simulationen gesamter Flusseinzugsgebiete - länderübergreifende Hochwassermanagementpläne - Hochwassermelde- und Alarmdienste - Abgrenzung von Überschwemmungsgebieten - Internettechnologie zur Publikation von Hochwasserinformationen
<b>Versicherungsschutz</b>	
Kurzbeschreibung: Zur Gewährleistung eines risikoorientierten Versicherungsschutzes hat die deutsche Versicherungswirtschaft ein einheitliches methodisches Vorgehen gegen Überschwemmungsrisiken erstellt [81].	Ausführung im Dienstleistungssektor: - Zonierungssystem für Überschwemmung, Rückstau und Starkregen des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft

#### 4.3.4 Entwicklung von Technologien im Segment Hochwasserschutz

##### *In Erprobung befindliche Technologien*

Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt führen zukünftig zu einer Verschärfung der Bedrohung durch Hochwasser. Frühzeitige Anpassungen an diese Tendenzen werden daher zwingend erforderlich. Politisch sind auf deutscher und europäischer Ebene bereits erste neue Gesetze und Richtlinien zum vorbeugenden Hochwasserschutz verabschiedet worden. Auch auf technischer Ebene zeigen sich in innovativen Konzepten neue Ansätze zum Umgang mit den zu erwartenden wasserwirtschaftlichen Folgen des Klimawandels.

In der Stadtplanung zeigen sich Entwicklungen, die planmäßige Teilflutungen ganzer Stadtteile vorsehen und damit keine sukzessive Erhöhung von technischen Schutzanlagen mehr ver-

folgen. Ermöglicht werden diese Überlegungen erst durch Weiterentwicklungen in der Bauvorsorge. Schwimmende Objekte für unterschiedliche Nutzungskonzepte sind bereits erfolgreich realisiert, zum Beispiel in Form von amphibischen Häusern in der Stadt Maasbommel (Niederlande). Des Weiteren werden den Planern in der Regional- und Bauleitplanung über Entscheidungs-Unterstützungs-Systeme Möglichkeiten geboten, die lokalen wasserwirtschaftlichen Auswirkungen neuer Erschließungen zu simulieren und parallel hochwasserangepasste Optimierungen vorzunehmen. Grundlage dafür ist die Weiterentwicklung gekoppelter numerischer Modelle, die neben der Simulation des urban geprägten Wasserkreislaufes auch das Oberflächenwasser mit erfassen.

Im Bereich der Hochwasservorhersage bietet die Einbindung von kontinuierlichen flächigen Niederschlagsradaraufzeichnungen statt bisheriger lokaler Niederschlagsmessungen in wasserwirtschaftlichen Simulationsmodellen erhebliche Entwicklungspotenziale für eine Verbesserung der Vorhersagezeiten. Des Weiteren können modelltechnische Kopplungen hydraulischer und hydrologischer Simulationsmodelle für ganze Flusseinzugsgebiete mittels einer ganzzeitlichen wasserwirtschaftlichen Simulation auch zu einer Verbesserung der Genauigkeiten in den prognostizierten Hochwasserständen im Gewässersystem beitragen.

### ***Aktuelle F&E-Projekte***

Als Reaktion auf die Hochwasserereignisse der letzten Jahre in Deutschland hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung die Förderinitiative „Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse“ (RIMAX) [52] initiiert. In der Projektlaufzeit von 2005 bis 2008 werden über 30 Projekte mit 20 Millionen Euro gefördert. Mittels einer Integration verschiedenster Fachdisziplinen und Interessenvertreter sollen die Elemente des Hochwasserrisikomanagements nachhaltig verbessert werden. Schwerpunkte bilden dabei die Entwicklung von Vorhersage- und Vorwarnsystemen, die Förderung des Hochwasserbewusstseins durch Information und Kommunikation sowie innovative Konzepte zur Verbesserung des technischen Hochwasserschutzes.

In Hessen werden zurzeit aufgrund des erheblichen Sanierungsbedarfes an den bestehenden Deichkörpern des Landes als Forschungskooperation zwischen dem hessischen Umweltministerium und der Technischen Universität Darmstadt im Rahmen eines RIMAX-Projektes neue Konzepte zur Deichertüchtigung entwickelt [52].

Als Bestandteil des BMBF-Rahmenprogramms "Forschung für die Nachhaltigkeit" (FONA) werden Forschungsvorhaben zum Thema „Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten“

(KLIMZUG) gefördert. Ziel der beabsichtigten Fördermaßnahme ist es, die zu erwartenden Änderungen im Klima und seine extremen Wetterausprägungen in regionale Planungs- und Entwicklungsprozesse zu integrieren. Damit soll zum einen die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit von Regionen erhöht und zum anderen die Entwicklung und Nutzung neuer Technologien, Verfahren und Strategien zur Anpassung an Klimawandel in Regionen vorangetrieben werden. Der vorliegende Ansatz erweitert das Spektrum der Forschungsaktivitäten und Maßnahmen zum Umgang mit dem Klimawandel.

Diese und einige weitere aktuelle nationale und europäische Forschungsvorhaben mit Bezug zur Thematik des Klimawandels sind in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zusammengestellt.

**Tabelle 21 Umwelttechnologiesegment „Hochwasserschutz“ - aktuelle F&E-Vorhaben**

Titel	Forschungsthema	Institution / Firma / Hochschule	Finanzielle Förderung	Zeitraum
„Wissenschaftliche Begleitung im Rahmen des vorbeugenden Hochwasserschutzes“	Ziel ist, aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse zukünftige Problemfelder des vorbeugenden Hochwasserschutzes zu erkennen und frühzeitig Handlungsempfehlungen für die Politik abzuleiten.	Institut für Organisationskommunikation (IFOK) im Auftrag des Umweltbundesamtes, UFOPLAN	Umweltbundesamt	k. A.
„Entwicklung einer Methodik zur Erstellung von Hochwasserrückhaltekonzepten unter Berücksichtigung des Klimawandels am Beispiel der Windach“	Ermittlung der kombinierten Wirkung des technischen Hochwasserschutzes, der Landnutzungsänderung sowie der Gewässerrenaturierung unter Berücksichtigung der prognostizierten Klimaänderungen für den Hochwasserabfluss.	Universität der Bundeswehr München, Institut für Wasserwesen	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz	2007 - 2010
„Erarbeitung eines Hochwasserschutzplanes für das Einzugsgebiet der Fulda“	Unter Berücksichtigung der EU-Richtlinie zur Bewertung und dem Management von Hochwasserrisiken sollen die Gefahren, die von einem 100-jährlichen Hochwasserereignis ausgehen, minimiert werden.	Universität Kassel, Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft	Regierungspräsidium Kassel	k. A.

Titel	Forschungsthema	Institution / Firma / Hochschule	Finanzielle Förderung	Zeitraum
„Analyse und Bewertung von Hochwasserschäden und Retentionsräumen / Szenarios des Hochwasserrisikomanagement“	Im Verbundvorhaben VERIS werden Veränderungen von Risiken durch extreme Hochwasserereignisse in großen Flussgebieten und Möglichkeiten des integrierten Managements untersucht. Dabei finden speziell der mittelfristige Klimawandel und der Wandel der Flächennutzungen in den Flussauen bis 2055 Berücksichtigung.	Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, TU Dresden, Bundesanstalt für Gewässerkunde	BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung)	07/2005 - 06/2008
KLIMZUG (Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten)	Ziel der beabsichtigten Fördermaßnahme ist, die zu erwartenden Änderungen im Klima und seiner extremen Wetterausprägungen in regionale Planungs- und Entwicklungsprozesse zu integrieren. Damit soll die Wettbewerbsfähigkeit von Regionen erhöht sowie die Entwicklung und Nutzung neuer Technologien, Verfahren und Strategien zur Anpassung an Klimawandel in den Regionen vorangetrieben werden.	KLIMZUG-Nord (TU Hamburg-Harburg, Universität Hamburg, u.a.) KLIMZUG-Nordhessen (Universität Kassel, Hochschule Fulda, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Regionalmanagement Nordhessen GmbH u.a.)	BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung)	k. A.
SAWA (Strategic Alliance for integrated Water management Actions)	Entwicklung einer einheitlichen Strategie zur Umsetzung der EU-Flood-Directive unter Berücksichtigung der Ziele der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Es werden neue und innovative Lösungen für das Hochwasserrisiko-Management unterstützt und aktiver Wissenstransfer betrieben.	diverse	Interreg IVb	08/2008 - 12/2011
ERA-Net CRUE	Europäische Forschungsinitiative im Bereich des Hochwasser- / Risikomanagements. Das CRUE Netzwerk wurde etabliert, um bestehende Europäische Forschungsprogramme zu konsolidieren, "Best Practice" zu fördern und Lücken/Möglichkeiten für zukünftige Forschung und Zusammenarbeit zu finden.	Forschungszentrum Karlsruhe GmbH Bereich Wassertechnologie und Entsorgung, u.a.	In Deutschland: BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung)	k. A.

Titel	Forschungsthema	Institution / Firma / Hochschule	Finanzielle Förderung	Zeitraum
RIMAX	Im Rahmen des Programms RIMAX werden durch Integration unterschiedlicher Fachdisziplinen und verschiedener Akteure verbesserte Instrumente des Hochwasserrisikomanagements entwickelt und implementiert.	Universität Kassel, Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft TU Darmstadt, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Fachgebiet Wasserbau und Fachgebiet für Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung diverse	BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung)	2005 - 2008
ACTIF	ACTIF soll einen Beitrag für die nachhaltige Entwicklung durch eine Reduktion von ökonomischen Verlusten durch Hochwasser leisten und die öffentliche Sicherheit bei Hochwasser durch nicht-strukturelle Methoden verbessern.	diverse	Europäische Kommission	k. A.
Freude am Fluss - Kooperative Planung zur Hochwasservorsorge	Ziel des Projektes ist die Entwicklung von innovativen Techniken, um Häuserbauprojekte, Landnutzungen und andere menschliche Aktivitäten in Überschwemmungsgebieten überflutungstolerant zu machen sowie das top-down Flussgebietsmanagement durch einen gemeinsamen Planungsansatz zu ersetzen, so dass umgesetzte Maßnahmen Raum für lokalen Erfindergeist und Unternehmertum sowie dem Engagement von lokalen Beteiligten bieten.	Radboud University Nijmegen (RU) Faculty of ScienceCentre for Water and Society TU Darmstadt, Institut WAR, Fachgebiet Umwelt- und Raumplanung Region Starkenburg Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz (ILN) Bühl diverse	EU-Förderung INTERREG-III B	2003 - 2008

#### 4.3.5 Prognose neuer Geschäftsfelder

Bedingt durch den Prinzipienwechsel im Hochwasserschutz auf deutscher und europäischer Ebene von der Schadensbeseitigung zur Schadensvorsorge sind verstärkt durch nicht-strukturelle Maßnahmen die volkswirtschaftlichen Schadenspotenziale zu minimieren.

Auf behördlicher Seite zwingen die gesetzlichen Rahmenänderungen den verstärkten Einsatz numerischer Simulationsmodelle, um zum einen Überschwemmungsgebiete abzugrenzen und zum anderen Auswirkungen von Eingriffen auf diesen Gebieten zu quantifizieren. Hierbei werden zukünftig vermehrt morphodynamische Betrachtungen der Fließgewässer erforderlich

sein, um Sedimentations- und Erosionsprobleme zu beherrschen. Von der Ingenieurpraxis wird verstärkt neben der wasserwirtschaftlichen Simulation eine Kosten-Nutzen-optimierte Planung unter einer frühzeitigen Einbeziehung des Hochwasserschutzes gefordert.

Mit der kartographischen Darstellung der Hochwassergefährdung und der öffentlichkeitswirksamen Publikation wird sukzessive das Risikobewusstsein in der Bevölkerung gestärkt. Jeder potenziell Betroffene muss sich eigenverantwortlich vor den Auswirkungen durch Hochwasser schützen.

#### **4.3.6 Stärkung etablierter Geschäftsfelder**

##### ***Allgemein***

Die Flutkatastrophen der letzten Jahre an Rhein, Donau und Elbe in Deutschland aber auch Katastrophen wie die Überflutung von New Orleans in den USA haben zu einer hohen Aktualität des Themas Hochwasserschutz in der öffentlichen Diskussion geführt. Parallel wurden auch auf behördlicher Seite neue Wege zu einem nachhaltigen Hochwassermanagement bestritten. Neben den im Kap. 4.3.5 aufgezeigten neuen Geschäftsfeldern ist daher in den etablierten Geschäftsfeldern Hochwasserschutz / -management und Wasserbau mit wachsenden Investitionen zu rechnen.

Dem Markt für hochwasserrelevante ingenieurtechnische Beratungsleistungen wird ein deutlicher Zuwachs prognostiziert. Neben den klassischen wasserbaulichen Dienstleistungen werden auch Beratungsleistungen zur Bauvorsorge sowohl für private Wohn- und Geschäftsgebäude als auch gewässernahe Industrieanlagen zukünftig vermehrt in Anspruch genommen werden. Die Baubranche wird durch die zunehmenden wasserbaulichen Investitionen im Bereich Hochwasserschutzanlagen in diesem Segment ebenfalls profitieren

Weltweit muss durch den prognostizierten Anstieg des Meeresspiegels in niedrig gelegenen Regionen der Erde vermehrt Hochwasserschutz betrieben werden. Es wird angenommen, dass die Expertise europäischer Dienstleister auf dem Gebiet des Hochwasserschutzes vermehrt international angewendet werden kann.

##### ***Hessen***

Die hessische Landesregierung gibt einen geschätzten Gesamtaufwand zur Verstärkung der Deiche an Rhein und Main in Höhe von 240 Mio. € (Stand: Dezember 2006) an. Die Investitionen erfolgen in einem Zeitrahmen bis zum Jahr 2015. Der Fortschritt der Deichsanie-

rung hängt dabei von den Beschlüssen des Landtages ab. Gerechnet werden kann mit einem jährlichen Investitionsvolumen von etwa 27 Mio. € über eine Dauer von 9 Jahren (Haushaltsansatz 2007: 27,1 Mio. €). Schwerpunkt der Sanierung ist das Hessische Ried. Bereits die Hälfte der rund 120 km Deiche an Rhein und Main sind saniert. Ziel ist es, die verbleibenden Deichabschnitte zu einer Schutzwirkung für ein 200-jährliches Hochwasserereignis auszubauen [65]. Darüber hinaus ergeben sich Betriebs- und Unterhaltungskosten für die Deiche von 250.000 Euro pro Jahr [64].

Auf Grundlage der Empfehlung einer internationalen Hochwasserstudienkommission, der beteiligten Regierungen Bundesrepublik Deutschland, Frankreich, Schweiz und Österreich wird auf rheinland-pfälzischem Gebiet 62,7 Mio. m<sup>3</sup> Retentionsraum geschaffen. Das Land Hessen beteiligt sich zu 20% an den Ausbaurkosten. Dies geschieht auf Basis eines Verwaltungsabkommens zwischen der Bundesrepublik Deutschland und den Ländern Rheinland-Pfalz und Hessen.

Weiterhin soll die „Niederschlagsgebietsweise Erfassung der natürlichen Retentionsräume in Hessen“ (Retentionskataster Hessen) bis Ende 2008 abgeschlossen sein. Dazu sind fast die gesamten 5.000 km Gewässerstrecke neu zu bearbeiten oder zu überarbeiten.

Im kommunalen Bereich werden Rückhalteeinrichtungen und Anlagen zur Reaktivierung von Retentionsräumen mit finanzieller Unterstützung des Landes im Rahmen kommunaler Hochwasserschutz-Maßnahmen fortgeführt. Zur Unterhaltung der Gewässer II. Ordnung werden pauschale Zuweisungen nach Maßgabe des Hessischen Wassergesetzes (HWG) gewährt. Als Zuweisungsempfänger kommen in Frage: Gemeinden, kommunale Zweckverbände sowie Wasser- und Bodenverbände [65].

**Tabelle 22 Hochwasserschutz in Hessen - investierte Haushaltsmittel 2002 - 2006 und Haushaltsansätze 2007 und 2008 ([65] und Befragung HMULV) in Mio. €**

Jahr	Deichverstärkungsmaßnahmen	Hessische Investitionen am Oberrhein	Vorarbeiten (Retentionskataster Hessen)	Kommunaler HW-Schutz (Rückhaltebecken)	Unterhaltung Gewässer II. Ordnung	Summe
2002	9,9	3,3	1,6	2,7	1,0	18,5
2003	9,9	2,9	1,5	8,1	0,9	23,3
2004	9,7	3,7	0,9	2,2	0,8	17,3
2005	9,2	4,6	1,2	12,7	1,2	28,9
2006	9,6	3,9	0,7	11,3	1,3	26,8
2007	10,0	4,3	1,3	10,0	1,5	27,1

<b>(Ansatz)</b>						
<b>2008 (Ansatz)</b>	10,0	4,3	2,4	10,0	1,3	28,0

Für 2009 werden Investitionen mindestens in gleicher Höhe wie 2008 prognostiziert. Im Bereich kommunaler Hochwasserschutz liegen für 2009 Anmeldungen vor, die die geplanten Mittel für 2008 um 2,8 Mio. € übersteigen.

#### 4.3.7 Künftiger F&E-Bedarf im Umwelttechnologiesegment Hochwasserschutz

Im Bereich Hochwasserschutz wird zurzeit insbesondere durch das europäische Forschungsvorhaben CRUE ERA-Net eine Analyse über mögliche zukünftige Forschungsthemen durchgeführt. Es wurden bisher folgende Schwerpunkte ermittelt: [42]:

- Bewertung / Analyse von historischen und zukünftigen Strategien für Hochwasserrisikomanagement (in Bezug auf Kosten, Vorteile, soziale Belange und immaterielle Werte)
- Management von Hochwasserereignissen (Kommunikation und Entscheidungsfindung während des Hochwassers sowie Hochwasservorhersagesysteme)
- Wahrnehmung und Bewusstsein von Hochwasserrisiko und von möglichen Handlungen zur Hochwasserbekämpfung; Einfluss von verändertem Hochwasserrisikobewusstsein auf das Hochwasserrisiko selbst
- Bewertung von Schadenspotenzial und Anpassungsstrategien (Veränderung des Schadenspotenzials durch den Klimawandel und Anpassung an die Folgen des Klimawandels)
- Hochwasserrisikokarten (wer nutzt diese Karten, welche Informationen müssen dargestellt werden, Visualisierungstechniken usw.)

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes zum „Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse“ (RIMAX) wurden im Jahr 2005 von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) der Forschungsbedarf in Bezug auf extreme Hochwasserereignisse beschrieben:

- Hochwassergefahrenkarten
- Hochwasserrisikokarten
- Vermittlung aktueller Hochwasserstände
- Vermittlung aktueller Hochwasserprognosen
- Methoden, die Hochwassergefahr nachhaltig im Bewusstsein der Betroffenen und der Entscheidungsträger zu verankern
- die weitere Verlängerung und Präzisierung der Vorwarnzeiten insbesondere bei kleinen Einzugsgebieten

- Einbeziehung der wissenschaftlichen Erkenntnisse in die flussgebietsbezogenen Hochwasserpläne
- Untersuchung der Wirkung von Wirtschaftsförderprogrammen auf die Erhöhung der Schadenspotenziale
- Untersuchung der Veränderung bestehender oder künftiger Hochwasserpläne bei Anwendung von Kosten-Nutzen-Analysen

In Europa werden zunehmend Konflikte zwischen unterschiedlichen Interessengruppen und EU-Richtlinien in den Vordergrund treten. Diese Konflikte beruhen auf unterschiedlichen Zielsetzungen wie zum Beispiel dem Umweltschutz und der Wasserqualität (EU-Wasserrahmenrichtlinie), dem Hochwasserschutz (EU-Flood-Directive) sowie der Interessengruppe der Wasser- und Schifffahrtsverwaltungen mit der Forderung nach einer möglichst umfangreichen Nutzung von Flüssen für den Schiffsverkehr, die nicht immer miteinander vereinbar sind. Die Harmonisierung bzw. Konfliktlösung bei unterschiedlichen Interessen insbesondere des Umwelt- und des Hochwasserschutzes wird auch in Zukunft Forschungsbedarf hervorrufen.

#### **4.4 Luftreinhaltung / Lärm**

##### **4.4.1 Marktübersicht und Abgrenzung**

Im Umwelttechnologiesegment „Luftreinhaltung / Lärm“ dient die Anwendung von Umwelttechnologien der Vermeidung oder Verringerung schädlicher Emissionen in die Luft sowohl von Stoffen wie auch von Lärm bzw. der Bestätigung, dass solche Emissionen die festgelegten Grenzwerte nicht überschreiten. Die entsprechende deutsche Gesetzgebung ist das gültige Bundes-Immissionsschutzgesetz, das zusammen mit den untergesetzlichen Regelwerken die Einzelheiten der aktuellen Anforderungen festlegt.

Wegen der Bedeutung der Treibhausgase für die zukünftige Klimaentwicklung enthält ein von der Bundesregierung verabschiedetes „Integriertes Energie- und Klimaprogramm“ [33] + [29] einige vorgeschlagene Maßnahmen zum Thema Luftemissionen:

2. Ausbau der erneuerbaren Energien im Strombereich
3. CO<sub>2</sub>-arme Kraftwerkstechnologien
5. Saubere Kraftwerkstechnologien
21. Flugverkehr
22. Schiffsverkehr
23. Reduktion der Emissionen fluorierter Treibhausgase

Diese im Programm enthaltenen Maßnahmen werden sowohl zur Entstehung neuer Geschäftsfelder wie auch zur Stärkung bereits etablierter Geschäftsfelder beitragen. Die diesbezüglichen Erwartungen sind in den folgenden Kapiteln in tabellarischen Übersichten zusammengefasst.

#### 4.4.2 Prognose neuer Geschäftsfelder

**Tabelle 23 Umwelttechnologiesegment „Luftreinhaltung / Lärm“ - Prognose neuer Geschäftsfelder**

Geschäftsfeld	Programm-Maßnahmen	Zeitraum
Aufstellen und Betreiben von Systemen zur Abscheidung und geologischen Speicherung von CO <sub>2</sub>	3 CO <sub>2</sub> -arme Kraftwerkstechnologien	ab 2020

#### 4.4.3 Stärkung etablierter Geschäftsfelder

**Tabelle 24 Umwelttechnologiesegment „Luftreinhaltung / Lärm“ - Stärkung etablierter Geschäftsfelder**

Geschäftsfeld	Programm-Maßnahmen	Zeitraum
Errichten von Systemen zur Verringerung des wahrgenommenen Lärms von Windturbinen	2 Ausbau der erneuerbaren Energien im Strombereich	sofort
Aufstellen, Betreiben von Anlagen zur weiteren Verringerung des Schadstoffausstoßes von befeuerten Kraftwerken	5 saubere Kraftwerkstechnologien	sofort
Erweiterung der Möglichkeiten zur Feststellung des tatsächlich emittierten CO <sub>2</sub> mobiler Quellen	21 Flugverkehr 22 Schiffsverkehr	ab 2012
Herstellung von Kühlmitteln bzw. Kühlanlagen mit verminderter Treibhauswirkung	23 Reduktion der Emissionen fluorierter Treibhausgase	sofort

## 4.5 Bodenschutz / Sanierung

### 4.5.1 Marktübersicht und Abgrenzung

Das Segment „Bodenschutz / Sanierung“ befasst sich zum einen mit der Erkundung, Sanierungsplanung und Sanierung von Altablagerungen und Altstandorten und zum anderen mit dem vorsorgenden Bodenschutz, vorwiegend im Zuge raumplanerischer Aufgaben und Genehmigungsverfahren (Umweltverträglichkeitsstudien).

In Tabelle 25 sind die Geschäftsfelder des Umwelttechnologiesegments „Bodenschutz / Sanierung“ mit den wesentlichen Leistungen und Produkten sowie Anbindungen an andere Wirtschaftszweige und Segmente zusammengestellt.

**Tabelle 25 Umwelttechnologiesegment „Bodenschutz / Sanierung“ - Übersicht**

Geschäftsfeld	Leistungen / Produkte	Wirtschaftszweig / Segment
Standorterkundung und Sanierungsplanung	Schadstoffuntersuchungen im Boden und Grundwasser auf Altablagerungen und Altstandorten, Gefährdungsabschätzungen, Sanierungsplanung, Sanierungsüberwachung, Monitoring	Ingenieur- und Planungsbüros, Gutachter und Sachverständige nach Bundes-Bodenschutzgesetz
Sanierung durch Bodenaushub (ex-situ-Sanierung)	Aushub und Transport von kontaminierten Böden, Rückbau unterirdischer Bauten und Anlagen, Entsorgung in Bodenbehandlungsanlagen (on-site und off-site)	Bauwirtschaft, Entsorgungswirtschaft
in-situ-Sanierung von Boden und Grundwasser	Einbau und Betrieb von Anlagen zur Untergrundsanierung (z. B. Bodenluftabsaugung, Grundwasserreinigung)	Verfahrenstechnik
Bodengutachten	Bodenkundliche Kartierungen im Rahmen von Raumplanung und Umweltverträglichkeitsstudien, Bodengutachten im Rahmen wasserwirtschaftlicher Planung, land- und forstwirtschaftliche Bodengutachten	Ingenieur- und Planungsbüros, Gutachter und Sachverständige nach BBodSchG, Naturschutz / Ökologie, Wasserwirtschaft, Land- und Forstwirtschaft

### 4.5.2 Bedeutung von Bodenschutz / Sanierung für Klimaschutz und Anpassung

Die Herausforderungen des Bodenschutzes im Zuge des Klimawandels wurden 2005 in einem Workshop des Umweltbundesamtes erörtert [104]. Hier wurde vor allem ein noch erheblicher Forschungsbedarf herausgestellt im Hinblick auf die Fragestellungen:

- wie Böden auf Klimaänderungen in ihrer Funktion als (land- und forstwirtschaftliche) Pflanzensubstrate reagieren, z. B. durch Veränderungen des Wasserhaushalts
- welchen Einfluss Böden auf das Klimageschehen ausüben
- welche Bedeutung Böden bei der CO<sub>2</sub>-Bilanzierung haben

Ein Ziel des Workshops, an dem Akteure aus den Bereichen Bodenschutz, Wasserwirtschaft und Land- und Forstwirtschaft teilnahmen, war es, die Entwicklung von Strategien anzustoßen, um negative Auswirkungen des Klimawandels auf die Ressource Boden abzuwenden. Weitere Bedeutungen der Böden im Zusammenhang mit Klimaänderungen sind im Kap. 4.6.2 genannt.

Den altlasten- und sanierungsbezogenen Geschäftsfeldern des Umwelttechnologiesegments „Bodenschutz / Sanierung“ wird derzeit keine besondere Bedeutung im Zusammenhang mit Klimaschutz und klimawandelbedingten Anpassungen beigemessen.

#### **4.5.3 Prognose neuer Geschäftsfelder**

Es ist zu erwarten, dass klimawandelinduziert neue Geschäftsfelder im Segment „Bodenschutz / Sanierung“ bei Ingenieurbüros, Gutachtern und Sachverständigen im Zusammenhang mit dem künftigen Bedarf an Gutachten und F&E-Vorhaben zum Kohlenstoffspeicher-Potenzial in Böden und zu Auswirkungen des Klimawandels auf das Ökosystem Boden (v. a. Aufbereitung und Interpretation regionaler Klimaprojektionen) entstehen werden. Diese Aufgaben sind eng mit dem Segment „Naturschutz / Ökologie“ verbunden und in diesem Zusammenhang auch in Tabelle 28 aufgeführt.

Darüber hinaus besteht Forschungsbedarf hinsichtlich des Austragsverhaltens von Schadstoffen aus kontaminierten Böden bei Hochwasserereignissen. Im Gegensatz zum Wirkungspfad Boden - Grundwasser gibt es hierzu nur wenige Daten.

Weitere neue Geschäftsfelder ergeben sich möglicherweise durch die Deutsche Strategie zur Anpassung an den Klimawandel von Bund und Ländern (DAS) Ende 2008 [34].

#### **4.5.4 Stärkung etablierter Geschäftsfelder**

In Tabelle 26 sind die bereits etablierten Geschäftsfelder des Segmentes „Bodenschutz / Sanierung“ dargestellt, für welche klimawandelbedingt eine Stärkung zu erwarten ist. Neue technologische Anforderungen sind hierbei nicht zu erwarten. Weitere Geschäftsfelder, die mit dem Segment „Naturschutz / Ökologie“ verbunden sind, sind in Tabelle 29 genannt. Eine

Konkretisierung der Angaben ist durch die Deutsche Strategie zur Anpassung an den Klimawandel von Bund und Ländern (Ende 2008) zu erwarten [34].

**Tabelle 26** „Bodenschutz / Sanierung“ - Stärkung etablierter Geschäftsfelder

Geschäftsfeld	Leistungen / Produkte	Zeitraum
Standorterkundung und Sanierungsplanung	Erkundung von Altlasten, die in potenziellen und neu ausgewiesenen Überschwemmungsgebieten liegen	ab 2009
Bodengutachten	Bodengutachten im Rahmen wasserwirtschaftlicher Planung	ab sofort

## 4.6 Naturschutz / Ökologie

### 4.6.1 Marktübersicht und Abgrenzung

Das Segment „Naturschutz / Ökologie“ (eigentlich „Natur- (und Landschafts-) Schutz / Ökologie“) gehört zum Sektor der Ingenieurbüros. Der Markt bezieht sich auf Dienstleistungen zum Schutz von Tier- und Pflanzenarten sowie Biotopen / Ökosystemen und Landschaft einschließlich landschaftsbezogener Erholung. Die Dienstleistungen unterteilen sich in die in Tabelle 27 aufgeführten Geschäftsfelder.

**Tabelle 27** Umwelttechnologiesegment „Naturschutz / Ökologie“ - Übersicht

Geschäftsfelder / Leistungen	Auftraggeber
Fachplanung Naturschutz (Schutzgebiete, Schutz von Tier- und Pflanzenarten)	Fachbehörden Naturschutz des Bundes und der Länder, zuständige Naturschutzbehörden auf den Verwaltungsebenen der Bundesländer, Verbände
naturschutzfachliche Stellungnahmen / ökologische Beiträge zu anderen Fachplanungen, (interdisziplinäre) Beteiligung an anderen Fachplanungen wie Siedlungs-, Wasser-, Forst-, Landwirtschaft; gemeinsame Erlasse und Richtlinien	Naturschutz- und andere Fachbehörden bzw. zuständige Behörden, Büros anderer Fachplanungen, Verbände
naturschutzfachliche Begleitung von Plan- und Genehmigungsverfahren unterschiedlicher Fachplanungen und Ebenen (Umweltprüfungen bzw. -berichte; Raumordnungsverfahren, Umweltverträglichkeitsstudien, landschaftpflegerische Begleitpläne etc.)	Planungs-, Vorhabensträger

Geschäftsfelder / Leistungen	Auftraggeber
Gutachten, Forschung und Entwicklung <ul style="list-style-type: none"> <li>• zu Schutzgebieten</li> <li>• zum Artenschutz</li> </ul> zu nutzungsintegriertem Naturschutz (Auswirkungen auf Natur und Landschaft durch die anderen Flächennutzungen)	Ministerien, Fachbehörden (z.B. Umweltbundesamt), zuständige Behörden, sonstige

#### 4.6.2 Bedeutung von Naturschutz / Ökologie für Klimaschutz und Anpassung

Bedeutung für den Klimaschutz hat das Segment „Naturschutz / Ökologie“ aufgrund der Bedeutung des Bodens und von Biotopen (vor allem Wälder, Moore) als CO<sub>2</sub>-Senken. Einerseits ist Boden- und Moorschutz sowie Waldentwicklung deshalb zugleich Klimaschutz; andererseits besteht bei der Zerstörung von Böden und Biotopen die Gefahr von CO<sub>2</sub>-Freisetzungen in großem Ausmaß. Aussagen über den Umfang möglicher Klimaauswirkungen liegen allerdings noch nicht vor. In den Eckpunkten für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung vom 05.12.2007 [33] ist das Segment „Naturschutz / Ökologie“ nicht (direkt) angesprochen.

In Bezug auf Anpassungsstrategien wird das Segment „Naturschutz / Ökologie“ in Zusammenhang mit klimabedingten Veränderungen für alle Pflanzen, Tiere, Lebensräume und Landschaften behandelt. Die Klimazonen und damit die Verbreitungsgebiete sowohl von wildlebenden Tieren und Pflanzen als auch von Nutztieren und -pflanzen verschieben sich. Durch Wassermangel kann sich die Ökologie der Landschaften und Lebensräume verändern. Am wichtigsten sind dabei seltene und geschützte Tiere / Pflanzen sowie nicht ersetzbare Nutztier/-pflanzen [9] + [/www.anpassung.net/](http://www.anpassung.net/).

Wesentliche Quelle für die künftige Bedeutung der Geschäftsfelder des Segmentes ist die „Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt“, beschlossen vom Bundeskabinett am 07.11.2007 [9]. Diese setzt auf nationaler Ebene das Übereinkommen über die biologische Vielfalt (Convention on Biological Diversity, CBD) der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung (UNCED) von Rio de Janeiro 1992 um. Diese Naturschutzkonvention soll die Lebensgrundlagen künftiger Generationen einschließlich ihrer Nutzung - und damit das wirtschaftliche Potenzial - der natürlichen Ressourcen wahren.

Hier wird der Klimawandel im Zusammenhang mit „Konkreten Visionen“ und „Aktionsfeldern“ angesprochen. Die Zielzeiträume reichen von sofort (2008) bis 2050, wesentlich ist jedoch - wie für alle Klimaschutzmaßnahmen der EU - das Jahr 2020.

Die Umsetzung des Themenbereiches „Artenvielfalt und Klimawandel“ wird vor allem über die „Deutsche Strategie zur Anpassung an den Klimawandel“ (DAS) erfolgen, die Bund und Länder bis Ende 2008 erarbeiten (vorgesehen im Deutschen Klimaschutzprogramm aus dem Jahr 2005 [26]). Im November 2008 wird es hierzu einen Beschluss des Bundeskabinetts geben, der die Grundlage für die Umsetzung einer deutschen Anpassungsstrategie ab Frühjahr 2009 ist. Im Vordergrund wird der Bedarf an Grundlagenermittlung (Forschung) zu den Klimafolgen stehen [34].

Weltweit nimmt 2008 ein Fonds zur Finanzierung von Anpassungsmaßnahmen insbesondere in den ärmsten Staaten seine Arbeit auf. Mit Hilfe des sogenannten Bali-Aktionsplans von Dezember 2007 soll bis Ende 2009 ein neues UN-Klimaabkommen verhandelt und bestimmt werden, welche Anpassungsmaßnahmen es international geben soll und wie sie - über den Anpassungsfonds hinaus - finanziert werden sollen [10].

#### **4.6.3 Prognose neuer Geschäftsfelder**

Neue Geschäftsfelder im Segment „Naturschutz / Ökologie“ können aus Quellen abgeleitet werden, die global, deutschlandweit und für Hessen Folgen des Klimawandels sowie Maßnahmen des Klimaschutzes und der Anpassung an den Klimawandel beschreiben.

In einem Forschungsprojekt des Umweltbundesamtes wurde ein Modell zur Quantifizierung von Kohlenstoffvorratsänderungen durch Maßnahmen der Forstbewirtschaftung entwickelt. Mit Hilfe dieses Modells wurden die regional sehr unterschiedlichen Klimaschutzeffekte verschiedener Landnutzung und Forstbewirtschaftung aufgezeigt [107].

Das Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung KomPass wurde am 17.10.2006 im Umweltbundesamt eingerichtet. Mit seiner Internetpräsenz [/www.anpassung.net/](http://www.anpassung.net/) soll es dazu beitragen, zukünftige regionale Auswirkungen des Klimawandels frühzeitig zu erkennen und durch aktive Anpassung Schäden zu vermeiden oder zumindest zu begrenzen. Es soll die Risikowahrnehmung der Entscheidungsträger in Unternehmen und Verwaltung schärfen.

Die „Deutsche Strategie zur Anpassung an den Klimawandel“ (DAS) wird von Bund und Ländern bis Ende 2008 erarbeitet. Im November 2008 wird es einen Beschluss des Bundeskabi-

netts geben, der die Grundlage für die Umsetzung einer deutschen Anpassungsstrategie ab Frühjahr 2009 ist [34].

Eine Besonderheit des Integrierten Klimaschutzprogramms Hessen „INKLIM 2012“ ist der Versuch einer integrierten Berücksichtigung sowohl von Treibhausgas-Vermeidungsmaßnahmen als auch von Anpassungsmaßnahmen an den langfristig zu erwartenden Klimawandel. Die zur Bestimmung der Maßnahmen zugrunde liegenden Arbeiten waren in drei Programmbausteine aufgeteilt [60]. Der Aktionsplan Klimaschutz des Landes Hessen [61] wurde per Kabinettsbeschluss vom 05.03.2007 auf der Grundlage von INKLIM 2012 erarbeitet und im November 2007 von der Hessischen Landesregierung beschlossen. Hierzu wurde die interministerielle Arbeitsgruppe (IMA) Klimaschutz einberufen (s. Kap. 3.2.6).

In Europa werden die zu erwartenden Klimafolgen in etwa vergleichbare Dimensionen wie in Deutschland aufweisen, wobei jedoch in Südeuropa verstärkt Folgen der Temperaturerhöhung und im Norden Folgen des ansteigenden Meeresspiegels zu erwarten sind. Global sind insbesondere in den ärmsten Staaten und Entwicklungsländern sofortige und verstärkte Anpassungsmaßnahmen notwendig. Entsprechend den IPCC-Berichten [70] + [72] würden Afrika (schwere Beeinträchtigungen der Landwirtschaft in vielen Ländern) und Asien (Überflutungen in den bevölkerungsreichen Großdeltas) besonders betroffen sein.

In Tabelle 28 sind die klimawandelinduziert zu erwartenden neuen Geschäftsfelder des Segmentes „Naturschutz / Ökologie“ und der Zeitraum, in welchem ihre Entstehung zu erwarten ist, angegeben. Neue technologische Anforderungen sind dabei nicht zu erwarten.

Der angegebene Zeitraum beruht auf konkreten Angaben [33] oder Schätzungen, bei denen vom Zielzeitraum 2020 für alle Klimaschutzmaßnahmen der EU ausgegangen wird. Eine Konkretisierung der Angaben ist durch die Deutsche Strategie zur Anpassung an den Klimawandel von Bund und Ländern (Ende 2008) zu erwarten.

**Tabelle 28 „Naturschutz / Ökologie“ - Prognose neuer Geschäftsfelder**

<b>Geschäftsfeld</b>	<b>Zeitraum</b>
<b>Fachplanung Naturschutz</b>	
Konzeptionen „Naturschutz und Klimawandel“	ab 2009
Einrichtung eines Indikatorensystems für ein klimawandelbezogenes Naturschutz-Monitoring	bis 2015
Monitoring der Auswirkungen des Klimawandels auf den Naturschutz, Einrichtung von Datenbanken	nach 2015

<b>Geschäftsfeld</b>	<b>Zeitraum</b>
Erhöhung der natürlichen Speicherkapazität für CO <sub>2</sub> (Senkenkapazität) der Landlebensräume (Wälder, Moore, Boden)	bis 2020
Meeresschutzgebiete	bis 2020
Optimierung des Managements von Arten- und Gebietsschutzprogrammen unter Berücksichtigung des Klimawandels, Neuorientierung des Schutzgebietsystems	langfristig
<b>Naturschutzfachliche Stellungnahmen / Ökologische Beiträge</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>zur Verjüngung der Wälder (Steigerung des Holzverbrauchs um 20% bundesweit, Charta für Holz 2004), Plantagenproblematik</li> </ul>	sofort
<ul style="list-style-type: none"> <li>zur Stabilisierung von Wäldern (klimaangepasste Populationen, Steigerung der Klimaschutzbilanz), Verhinderung von Entwaldung</li> </ul>	bis 2020
<ul style="list-style-type: none"> <li>zum Ausbau der Geothermie</li> </ul>	bis 2020
<ul style="list-style-type: none"> <li>zum "Integrierten Küstenzonenmanagement"</li> </ul>	bis 2020
<ul style="list-style-type: none"> <li>zur Verbesserung des Wasserhaushaltes in Landschaft und Städten, nachhaltiges Landnutzungsmanagement</li> </ul>	langfristig
<ul style="list-style-type: none"> <li>zum klimaangepassten Management von Gewässern (Hoch- und Niedrigwasser), auch bezüglich Schifffahrt</li> </ul>	langfristig
<ul style="list-style-type: none"> <li>zu klimaangepassten Tourismus-Konzepten</li> </ul>	langfristig
<b>Gutachten / Forschung und Entwicklung</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>zur Entwicklung von Kriterien und Indikatoren für die Nachhaltigkeit des Anbaus nachwachsende Rohstoffe</li> </ul>	sofort
<ul style="list-style-type: none"> <li>zu Auswirkungen des Klimawandels auf Tiere, Pflanzen und Ökosysteme; Aufbereitung und Interpretation regionaler Klimaprojektionen</li> </ul>	ab 2009
<ul style="list-style-type: none"> <li>zum Kohlenstoffspeicher-Potenzial artenreicher Ökosysteme und in Böden</li> </ul>	ab 2009
<ul style="list-style-type: none"> <li>zu Prognosemodellen und Frühwarnsystemen für Extremereignisse</li> </ul>	ab 2009
<ul style="list-style-type: none"> <li>zu Waldentwicklungsszenarien</li> </ul>	bis 2020
<ul style="list-style-type: none"> <li>zu nachhaltigem Wassermanagement, nachhaltiger Hochwasservorsorge</li> </ul>	bis 2020
<ul style="list-style-type: none"> <li>zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der Meere</li> </ul>	bis 2020
<ul style="list-style-type: none"> <li>zu umweltpädagogischer Arbeit und Aufklärung</li> </ul>	bis 2020
<ul style="list-style-type: none"> <li>zu Langzeitprognosen der Artenvielfalt in Ökosystemen mittels dynamischer Modelle</li> </ul>	langfristig

#### 4.6.4 Stärkung etablierter Geschäftsfelder

In Tabelle 29 sind die bereits etablierten Geschäftsfelder des Segmentes „Naturschutz / Ökologie“ dargestellt, für welche klimawandelbedingt eine Stärkung zu erwarten ist. Neue technologische Anforderungen sind hierbei nicht zu erwarten. Eine Konkretisierung der Angaben ist durch die Deutsche Strategie zur Anpassung an den Klimawandel von Bund und Ländern (Ende 2008) zu erwarten.

**Tabelle 29 „Naturschutz / Ökologie“ - Stärkung etablierter Geschäftsfelder**

<b>Geschäftsfeld</b>
<b>Fachplanung Naturschutz</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung von Biotopverbundsystemen (weltweit)</li> <li>• Schutzkonzepte für Arten, die Biotopverbundsysteme nicht nutzen können</li> <li>• Entwicklung von Hochmooren und Moorwäldern</li> <li>• Bewaldung geeigneter Standorte</li> </ul>
<b>Naturschutzfachliche Stellungnahmen / ökologische Beiträge</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• zum Ausbau der Erneuerbaren Energien</li> <li>• zum Anbau nachwachsender Rohstoffe, Ausbau von Biokraftstoffen</li> <li>• zu Umstrukturierungen in der Landwirtschaft u.a. durch Biomasse-Anbau, Biogasanlagen (nachhaltige Bewirtschaftung; Grünlandsicherung)</li> <li>• zur Reduzierung des Torfabbaus (Torfersatzstoffe im Gartenbau)</li> <li>• zur Zunahme naturnaher Wälder, Erhöhung der Artenvielfalt in Wäldern (weltweit)</li> <li>• zur Verbesserung des ökologischen Zustandes der Oberflächengewässer und Auen (WRRL) (Retentionsflächen, Altarme, Wiedervernässung von Auenwäldern)</li> <li>• zum Hochwasser- und Küstenschutz</li> <li>• zu öffentlichem Grün und Grünzügen in den Städten (Klimaschutz, Naturschutz)</li> <li>• zu Entsiegelung von Böden, Brachflächenrecycling</li> </ul>
<b>Naturschutzfachliche Begleitung von Verfahren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• zu Offshore-Windparks und Seekabeltrassen</li> <li>• zu Biogasanlagen</li> <li>• zu Deicherhöhungen</li> <li>• zu wetterunabhängigen Indoor-Tourismusangeboten und Beschneiungsanlagen für Skipisten</li> <li>• potenziell: zu Staustufen für die Schifffahrt, Talsperren, Fernwasserleitungen, Verkehrsstraßen-ausbau in potenziellen Hochwassergebieten</li> </ul>

## 4.7 Energie

### 4.7.1 Marktübersicht und Abgrenzung

Die aktuelle Studie über Umwelttechnologiebranchen in Hessen [11] unterteilt den Energiebereich in die Segmente:

- klassische Energieerzeugungs- und Umwandlungstechnologien
- Energieerzeugung durch neue, effiziente Umwandlungstechnologien, Energieeffizienz, Brennstoffzellentechnologie
- erneuerbare Energien (Bioenergie, Windkraft, Solarenergie (Photovoltaik + Solarthermie), Geothermie)

Im Rahmen dieser Studie sind diese drei Segmente, die die Bereiche der Energieerzeugung (Strom und Wärme) abdecken, in einem Umwelttechnologiesegment „Energie“ zusammengefasst. Darüber hinaus werden hier auch Geschäftsfelder betrachtet, die auf Effizienz bei der Energienutzung ausgerichtet sind.

### 4.7.2 Klimaschutzpotenziale der Energiewirtschaft

Jegliche Energieerzeugung auf Basis kohlenstoffhaltiger Brennstoffe ist mit CO<sub>2</sub>-Emissionen verbunden. Energiewirtschaft und Energienutzung sind deshalb die Hauptadressaten aller internationalen und nationalen Klimaschutzprogramme, deren Maßnahmen im Wesentlichen die folgenden Strategien verfolgen:

- Ausbau CO<sub>2</sub>-freier Energieerzeugung: z.B. Windkraft, Wasserkraft, Sonnenenergie, Geothermie, Kernenergie
- Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Brennstoffwechsel: z.B. Ersatz von Kohle oder Erdöl durch Erdgas, Biogas, Ethanol, Methanol
- Verbesserung der CO<sub>2</sub>-Bilanz durch Verwendung nachwachsender Brennstoffe oder durch CO<sub>2</sub>-Abtrennung aus Abgasen (CO<sub>2</sub>-Fixierung, CO<sub>2</sub>-Endlagerung)
- Steigerung der Energieeffizienz bei Erzeugung und Nutzung: z.B. Kraft-Wärme-Kopplung, Brennstoffzellen, Gebäudeisolierungen, Maschinen- und Fahrzeugtechnik
- Nutzung anderer industrieller Prozesse zur Energieerzeugung: z.B. Energie aus Abfall, Wärmerückgewinnung bei thermischen Prozessen

Im Kapitel Abfall / Recycling und Abwasser sind Maßnahmen und Strategien zur Minderung weiterer Treibhausgase, insbesondere Methan, beschrieben sowie die Maßnahmen und Strategien zur Konvertierung der Gase in CO<sub>2</sub>, die ein vielfach höheres Treibhausgas-Potenzial als

CO<sub>2</sub> besitzen. Außerdem wird in dem Kapitel auf den Bereich der Energieerzeugung und Energienutzung eingegangen.

Für das gesamte Umwelttechnologiesegment „Energie“ ist das im direkten Zusammenhang mit dem Klimawandel von der Bundesregierung veröffentlichte „Integrierte Energie- und Klimaprogramm“ [29] relevant. Das Programm verfolgt als Strategie zum Erreichen der Klimaschutzziele die Verbindung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz mit dem weiteren Ausbau der „Erneuerbaren Energien“. Die einzelnen Maßnahmen des Programms folgen im Wesentlichen den auch auf europäischer und internationaler Ebene verfolgten Strategien. Unter dem Begriff „Energieeffizienz“ ist ein ganzes Bündel von Maßnahmen zusammengefasst, das neben der Effizienzsteigerung bei der Energieerzeugung auch effiziente Energienutzung (z.B. stromsparende Haushaltsgeräte, Wärmedämmung, energieeffiziente Fertigungstechnik, Fahrzeuge etc.) umfasst. Die für das Umwelttechnologiesegment „Energie“ relevanten Programmpunkte sind nachfolgend aufgelistet:

1. Kraft-Wärme-Kopplung
2. Ausbau der erneuerbaren Energien im Strombereich
3. CO<sub>2</sub>-arme Kraftwerkstechnologien
4. Intelligente Messverfahren für Stromverbrauch (Smart Metering)
5. Saubere Kraftwerkstechnologien
6. Einführung moderner Energiemanagementsysteme
7. Förderprogramm für Klimaschutz und Energieeffizienz (außerhalb von Gebäuden)
8. Energieeffiziente Produkte
9. Einspeiseregulierung für Biogas in Erdgasnetze
10. Energieeinsparverordnung 2009
11. Betriebskosten bei Mietwohnungen
12. CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm
13. Energetische Modernisierung der sozialen Infrastruktur
14. Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
15. Programm zur energetischen Sanierung von Bundesgebäuden
16. CO<sub>2</sub>-Strategie PKW
17. Ausbau von Biokraftstoffen
18. Umstellung der Kfz-Steuer auf CO<sub>2</sub>-Basis
19. Verbrauchskennzeichnung PKW
20. Verbesserte Lenkungswirkung der Lkw-Maut
21. Flugverkehr
22. Schiffsverkehr

23. Reduktion der Emissionen fluorierter Treibhausgase
24. Allgemeine Verwaltungsvorschriften zur Beschaffung energieeffizienter Produkte und Dienstleistungen
25. Energieforschung und Innovation
26. Elektromobilität
27. Internationale Projekte für Klimaschutz und Energieeffizienz
28. Berichterstattung der Botschaften und Konsulate
29. Transatlantische Klima- und Technologieinitiative

Die im Programm enthaltenen Maßnahmen werden sowohl zur Entstehung neuer Geschäftsfelder wie auch zur Stärkung bereits etablierter Geschäftsfelder beitragen. Die diesbezüglichen Erwartungen sind in den folgenden Kapiteln in tabellarischen Übersichten zusammengefasst.

Viele andere Staaten der Welt haben für sich ähnliche Ziele wie Deutschland bezüglich des Marktbereichs Energie sowie Energieeffizienz festgesetzt. Die Mehrzahl der Staaten gehören zur International Energy Agency (IEA) und verpflichten sich, entsprechende Ziele durch ihre Politik zu erreichen. Unter anderem sind die folgenden Auszüge der gemeinsamen Ziele der IEA-Mitgliedstaaten hier von Relevanz:

- Effizienz innerhalb des Energiesektors
- Umweltbezogene Nachhaltigkeit der Energiebereitstellung sowie -nutzung
- Umweltverträgliche Energiequellen sind zu entwickeln bzw. zu fördern. Saubere und effiziente Nutzung fossiler Brennstoffe ist unverzichtbar. Die Entwicklung rentabler nicht-fossiler Quellen gehört zu den Prioritäten.
- Weitergeführte Forschung, Entwicklung sowie Markteinführung neuer sowie verbesserter Energietechnologien

Derzeit ist die von Deutschland initiierte Gründung einer internationalen Agentur für erneuerbare Energien (IRENA) in Vorbereitung. Die Gründungskonferenz wird am 26.01.2009 in Bonn stattfinden. Diese Organisation soll künftig den weltweiten Ausbau und die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien fördern und den Technologietransfer zwischen Industrie- und Entwicklungsländern auf diesem Gebiet stärken.

#### **4.7.3 Prognose neuer Geschäftsfelder**

In Tabelle 30 sind für das Umwelttechnologiesegment „Energie“ neue Geschäftsfelder, die sich aus absehbaren Entwicklungen auf nationaler und internationaler Ebene entwickeln kön-

nen, zusammengestellt und auf die relevanten Einzelpunkte des deutschen „Integrierten Energie- und Klimaprogramms“ bezogen. Wegen der zunehmenden Internationalisierung sowie der Gleichheit der energiebezogenen Ziele ist zu erwarten, dass die Entwicklung der Geschäftsfelder der einzelnen Staaten große Ähnlichkeiten aufweisen wird. Nichtsdestotrotz werden gesetzliche sowie geographische Merkmale immer zu lokalen Unterschieden führen.

**Tabelle 30 Umwelttechnologiesegment „Energie“ - Prognose neuer Geschäftsfelder**

<b>Geschäftsfeld</b>	<b>Programm-Maßnahmen</b>	<b>Zeitraum</b>
Entwicklung und Aufbau von „intelligenten Stromnetzen“ (smart grids)	2 Ausbau der erneuerbaren Energien im Strombereich 25 Energieforschung und Innovation	ab ca. 2009
Herstellung und Einrichtung von intelligenten Stromzählern als Teil eines Nachfragemanagements der Stromversorgung bei den Verbrauchern	4 Intelligente Messverfahren für Stromverbrauch (Smart Metering)	ab ca. 2009
Herstellung von Biokraftstoffen aus Reststoffen (2. Generation von Biokraftstoffen)	17 Ausbau von Biokraftstoffen	ab ca. 2015
Aufstellung und Betreiben von Anlagen zur Herstellung von Biogas zur Einspeisung ins Erdgasnetz	9 Einspeiseregulierung für Biogas ins Erdgasnetz	ab ca. 2010

#### **4.7.4 Stärkung etablierter Geschäftsfelder**

In Tabelle 31 sind die etablierten Geschäftsfelder des Umwelttechnologiesegments „Energie“ zusammengestellt, für die sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene ein künftiges Wachstum aufgrund ihrer Relevanz für den Klimaschutz abzusehen ist. Die Einzelpunkte des deutschen „Integrierten Energie- und Klimaprogramms“ [29] sind den Geschäftsfeldern zugeordnet. Da Energieerzeugung und Energienutzung den Schwerpunkt aller bestehenden Klimaschutzprogramme bilden, kann für alle genannten Geschäftsfelder bereits eine wachsende Nachfrage oder sehr kurzfristig einsetzende Nachfrage angenommen werden.

Wie bei der Entwicklung neuer Geschäftsfelder (s. Kap. 4.7.3) ist zu erwarten, dass aufgrund der Ähnlichkeit nationaler und internationaler Trends im Energiebereich die Entwicklung der hier genannten Geschäftsfelder auch auf den Exportmärkten wahrscheinlich ist.

**Tabelle 31 Umwelttechnologiesegment „Energie“ - Stärkung etablierter Geschäftsfelder**

<b>Geschäftsfeld</b>	<b>Programm-Maßnahmen</b>	<b>Zeitraum</b>
Energieberatung bei vorhandenen Anlagen sowie Gebäuden einschließlich Bestandsaufnahme und Erarbeitung von Verbesserungsvorschlägen	1 Kraft-Wärme-Kopplung 6 Einführung moderner Energiemanagementsysteme 7 Förderprogramm für Klimaschutz und Energieeffizienz (außerhalb von Gebäuden) 10 Energieeinsparverordnung 2009 11 Betriebskosten bei Mietwohnungen 12 CO <sub>2</sub> -Gebäudesanierungsprogramm 13 Energetische Modernisierung der sozialen Infrastruktur 14 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz 15 Programm zur energetischen Sanierung von Bundesgebäuden	sofort
Herstellen, Einrichten, Betreiben von Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung	1 Kraft-Wärme-Kopplung	sofort
Herstellen, Einrichten, Betreiben von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien	2 Ausbau der erneuerbaren Energien im Strombereich	sofort
Herstellen, Einrichten, Betreiben von Anlagen zur Bereitstellung von Wärme aus erneuerbaren Energien	14 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz	sofort
Energetische Bewertung von Produkten	8 Energieeffiziente Produkte 18 Umstellung der Kfz-Steuer auf CO <sub>2</sub> -Basis 19 Verbrauchskennzeichnung PKW 24 Allgemeine Verwaltungsvorschriften zur Beschaffung energieeffizienter Produkte und Dienstleistungen	sofort
Herstellen, Einrichten, Betreiben von Biogas-Anlagen	9 Einspeiseregulierung für Biogas in Erdgasnetze	sofort
Energetische Sanierung von Gebäuden	11 Betriebskosten bei Mietwohnungen 12 CO <sub>2</sub> -Gebäudesanierungsprogramm 13 Energetische Modernisierung der sozialen Infrastruktur 15 Programm zur energetischen Sanierung von Bundesgebäuden	sofort
Herstellung von Fahrzeugen mit einem verringerten Verbrauch fossiler Treibstoffe	16 CO <sub>2</sub> -Strategie PKW 17 Ausbau von Biokraftstoffen 18 Umstellung der Kfz-Steuer auf CO <sub>2</sub> -Basis 19 Verbrauchskennzeichnung PKW 20 Verbesserte Lenkungswirkung der Lkw-Maut 26 Elektromobilität	sofort

<b>Geschäftsfeld</b>	<b>Programm-Maßnahmen</b>	<b>Zeitraum</b>
Herstellung von Biokraftstoffen	17 Ausbau von Biokraftstoffen	sofort
Aufbau und Betreiben von Stromnetzen mit dezentralisierten Einspeisungsquellen	1 Kraft-Wärme-Kopplung 2 Ausbau der erneuerbaren Energien im Strombereich 26 Elektromobilität	sofort

## 5 Literaturverzeichnis / Quellenangabe

### 5.1 Schriften / Publikationen

- [1] *Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen*. UN-Vertrag, New York: 09.05.1992.
- [2] *Das Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen*. UN-Protokoll, Kyoto: 11.12.1997.
- [3] *Bonn Recommendations for Action - The International Conference on Freshwater*. Bonn: 2001.
- [4] *Gesetz über den nationalen Zuteilungsplan für Treibhausgas-Emissionsberechtigungen in der Zuteilungsperiode 2005 bis 2007 - Zuteilungsgesetz 2007 - (ZuG 2007)*. Bundesgesetz, zuletzt geändert: 22.12.2004, 26.08.2004.
- [5] *Gesetz über projektbezogene Mechanismen nach dem Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen vom 11. Dezember 1997 - Projekt-Mechanismen-Gesetz (ProMechG)*. Bundesgesetz, 22.09.2005.
- [6] *UBA-Workshop: Energie aus Abfall – Ein bedeutender Beitrag zum Klimaschutz - Nutzung der Potenziale in Deutschland und Europa*. Dessau: 06.11.2006.
- [7] *Bundeskongress des BWK-Bundesverbandes 2007*. Potsdam: 13.09.2007.
- [8] *Gesetz über den nationalen Zuteilungsplan für Treibhausgas-Emissionsberechtigungen in der Zuteilungsperiode 2008 bis 2012 - Zuteilungsgesetz 2012 - (ZuG 2012)*. Bundesgesetz, 07.08.2007.
- [9] *Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt*. beschlossen vom Bundeskabinett, 07.11.2007.
- [10] *Report of the Conference of the Parties on its thirteenth session, held in Bali from 3 to 15 December 2007 - Addendum - Part Two: Action taken by the Conference of the Parties at its thirteenth session*. 14.03.2008.
- [11] AMCG, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung (Hg.). *Studie Umwelttechnologiebranche in Hessen - Endbericht*. erstellt für: Aktionsline Umwelttech-Hessen, Wiesbaden, München: 29.01.2008.
- [12] Arbeitsgemeinschaft Trinkwassertalsperren e. V. (ATT) u. a. (Hg.). *Branchenbild der deutschen Wasserwirtschaft 2005*. Bonn: wvgw, 2005.
- [13] Bayerische Staatsregierung (Hg.): *Klimaprogramm Bayern 2020 - Minderung von Treibhausgasen - Anpassung an den Klimawandel - Forschung und Entwicklung*. Nov. 2007.
- [14] Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hg.): *Abfallwirtschaft und Klimaschutz*. Fachtagung, Augsburg: 08.02.2007.
- [15] Bernhardt, Dörte, Brot für die Welt (Hg.): *Klimawandel und Wasser*. Stuttgart: 05/2003.

- [16] Biebeler, H., M. Mahammadzadeh, J.-W. Selke: *Globaler Wandel aus Sicht der Wirtschaft - Chancen und Risiken, Forschungsbedarf und Innovationshemmnisse*. Forschungsbericht, IW-Analysen, Nr. 36, Institut der deutschen Wirtschaft, Köln: 2008.
- [17] Born, Manfred, econtur (Hg.): *Von Stockholm 1972 bis Rio 1992: Ein Rückblick auf das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung*. www.worldsummit2002.de.
- [18] Brahmer, G.: "Auswirkungen des Klimawandels auf die Abflussverhältnisse hessischer Gewässer". *Wasser und Abfall*, 12, 2006.
- [19] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (Hg.): *Auswirkungen der Klimaveränderung auf die Wasserwirtschaft*. BWK-Positionspapier, (2007).
- [20] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (Hg.): *Mobile Hochwasserschutzsysteme - Grundlagen für Planung und Einsatz*. BWK-Merkblatt 6, 2005.
- [21] Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hg.): *Bericht zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2007 - Kurzfassung*. Berlin: 2007.
- [22] Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hg.): *Die Hightech-Strategie zum Klimaschutz*. Berlin: 2007.
- [23] Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hg.): *klimazwei - Forschung für den Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkungen*. Berlin: 2007.
- [24] Bundesministerium für Finanzen (Hg.): *Unterrichtung durch die Bundesregierung - Finanzplan des Bundes 2007 bis 2011*. Berlin: 08/2007.
- [25] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hg.): "Beitrag der Abfallwirtschaft zur nachhaltigen Entwicklung in Deutschland - Teil Siedlungsabfälle". Sonderteil: *Umwelt*, 10/2004.
- [26] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hg.): *Nationales Klimaschutzprogramm 2005 Beschluss der Bundesregierung vom 13. Juli 2005 - Sechster Bericht der interministeriellen Arbeitsgruppe „CO<sub>2</sub>-Reduktion"*. Umweltpolitik, 1. Auflage, Berlin: 08/2005.
- [27] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hg.): *Die projektbasierten Mechanismen CDM & JI - Einführung und praktische Beispiele*. Reihe Umweltpolitik, 2. überarb. Aufl., bearb. v. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Berlin: BMU, 11/2006.
- [28] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hg.): *Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte - Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt - Kurz- und Langfassung*. Berlin: 06/2006.
- [29] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hg.): *Das Integrierte Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung*. Berlin: 12/2007.
- [30] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hg.): *Kosten und Nutzen des Energie- und Klimaprogramms der Bundesregierung*. Berlin: 10/2007.

- [31] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hg.): *Umwelttechnologieexport und CDM-Vorhaben*. Berlin: BMU, 07/2007.
- [32] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hg.): "Umweltforschungsplan 2008". Sonderteil: *Umwelt*, 03/2008.
- [33] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hg.): *Bericht zur Umsetzung der in der Kabinettsklausur am 23./24.08.2007 in Meseberg beschlossenen Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm*. Berlin: 05.12.2007.
- [34] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Umweltbundesamt (UBA) (Hg.): *Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel - Erwartungen, Ziele und Handlungsoptionen*. Hintergrundpapier zur Fachkonferenz, 15.-16.04.2008.
- [35] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Umweltbundesamt (UBA) (Hg.): *Erneuerbare Energien in Zahlen*. Stand: Juni 2008, 1. Aufl., 06.06.2008.
- [36] Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft e. V. (BDE) (Hg.): "Entsorger gehen voran - Klimawandel zwingt zum Umdenken". 1: *BDE-Perspektiven*, Ausg. 3, Dez. 2007.
- [37] Dehoust, G.: "Beitrag der Abfallwirtschaft zum Klimaschutz und mögliche Potenziale". Vortrag, *UBA-Workshop: Energie aus Abfall – Ein bedeutender Beitrag zum Klimaschutz - Nutzung der Potenziale in Deutschland und Europa*. Dessau: 06.11.2006.
- [38] Dehoust, G. u. a.: "Statusbericht zum Beitrag der Abfallwirtschaft zum Klimaschutz und mögliche Potenziale". Vortrag, *UBA-Workshop: Abfall, Energie und Klima - Die Erschließung der Klimaschutzpotenziale der europäischen Abfallwirtschaft*. Dessau: 23.11.2005.
- [39] Dehoust, G. u. a., Umweltbundesamt (UBA) (Hg.): *Statusbericht zum Beitrag der Abfallwirtschaft zum Klimaschutz und mögliche Potenziale*. Forschungsbericht UFOPLAN 205 33 314 UBA-FB III, Darmstadt: Öko-Institut e. V., 08/2005.
- [40] Ecologic – Institute for International and European Environmental Policy (Hg.): *Regional Consultation Workshop on the Commission's Green Paper "Adapting to Climate Change in Europe – Options for EU Action" Central Eastern Europe - Chairman's Summary*. Workshop, 15.10.2007.
- [41] Endlicher, W., F.-W. Gerstengarbe (Hg.): *Der Klimawandel - Einblicke, Rückblicke und Ausblicke*. Hg. v. der Deutschen Gesellschaft für Geographie des Geographischen Instituts der Humboldt-Universität zu Berlin u. des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung e.V. (PIK), Berlin, Potsdam: 08/2007.
- [42] ERA-net CRUE (Hg.): *Research needs identified in the ERA-NET CRUE workshop 17 & 18 April 2007*. www.crue-eranet.net, 2007.
- [43] Europäische Umweltagentur (Hg.): "Weniger Treibhausgasemissionen durch bessere Siedlungsabfallwirtschaft". *EEA Briefing*, 01/2008.

- [44] European Environment Agency (Hg.): *The road from landfilling to recycling: common destination, different routes*. 2007.
- [45] European Environment Agency (Hg.): *Municipal waste management and greenhouse gases*. ETC/RWM working paper, bearb. v. European Topic Centre on Resource and Waste Management, Risoe National Laboratory, Technical University of Denmark, Kopenhagen: 31.01.2008.
- [46] Foundation for International Environmental Law and Development, DIW Berlin, Institute for International and European Environmental Policy, Universität Amsterdam (Hg.): *Future Climate Change Policy: Looking beyond 2012 International Conference - Chairman's Summary*. Conference, 16.10.2007.
- [47] Fraunhofer Institut Keramische Technologien und Systeme (Hg.): *Wirtschaftliche Bewertung von Maßnahmen des integrierten Energie- und Klimaprogramms (IEKP) - Zusammenfassung des Zwischenberichtes*. In Zusammenarb. m. Öko-Institut, Forschungszentrum Jülich, Dr. H.-J. Ziesing, Karlsruhe, Berlin, Jülich: 29.10.2007.
- [48] Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Amt für Umweltschutz – Gewässerschutz (Hg.): *Dezentrale naturnahe Regenwasserbewirtschaftung*. 2006.
- [49] Freie und Hansestadt Hamburg, Landesbetrieb für Straßen, Brücken und Gewässer (Hg.): *Wie schütze ich mein Haus vor Starkregenfolgen*. 2007.
- [50] Friedrich, H., Fraunhofer Institut Keramische Technologien und Systeme (Hg.): *Biologische Abwasserreinigung im Wandel - Innovationen in der Abwasser- und Schlammbehandlung – Herausforderung für Forschung und Entwicklung*. VSA-Weiterbildung W15, 03/2008.
- [51] FutureCamp GmbH (Hg.): *Einbeziehung der Müllverbrennungsanlagen in den Emissionshandel - Pro und Contra*. UBA-Workshop Abfall, Energie und Klima, 23.11.2005.
- [52] GeoForschungsZentrum Potsdam (Hg.): *RIMAX: Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse*. 2007.
- [53] Göttle, J.: "Klimawandel – Wie reagiert die bayerische Wasserwirtschaftsverwaltung". *KW Korrespondenz Wasserwirtschaft*, 01/2008.
- [54] Grassl, H., Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft e. V. (BDE) (Hg.): "Klimagipfel der Vereinten Nationen in Nairobi: - Entsorgungswirtschaft trägt 10% zu Kyoto-Zielen bei". 1-4: *BDE Perspektiven*, Ausg. 4, Dez. 2006.
- [55] Hennegriff, Kolokotronis, Weber, Bartels: "Klimawandel und Hochwasser - Erkenntnisse und Anpassungsstrategien beim Hochwasserschutz". 53: *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall*, Nr. 8, 2006.
- [56] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hg.): *Integriertes Klimaschutzprogramm Hessen INKLIM 2012 - Projektbaustein II: Klimawandel und Klimafolgen in Hessen - Abschlussbericht*. Wiesbaden: 12/2005.

- [57] Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung (Hg.): *Umwelttechnologie-Anbieter in Hessen - Bestandsaufnahme 2002 - Studienzusammenfassung für die Presse*. Erstellt von M-Result GmbH, Wiesbaden: 01/2003.
- [58] Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (Hg.): *EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) - Wirtschaftliche Analyse der Wassernutzung in Hessen*. Wiesbaden: 09.03.2005.
- [59] Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (Hg.): *Grunddaten und Modelle zur Biomassenutzung und zum Biomassepotenzial in Hessen - Kurzfassung*. Bearb. v. Projektgemeinschaft Biorohstoffe, 09/2005.
- [60] Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (Hg.): *Integriertes Klimaschutzprogramm Hessen - InKlim 2012 - Endbericht*. Wiesbaden: 03/2006.
- [61] Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (Hg.): *Aktionsplan Klimaschutz November 2007*. Wiesbaden: 11/2007.
- [62] Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (Hg.): *Beseitigung von kommunalen Abwässern in Hessen - Lagebericht 2006*. Bearb. v. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden: 06/2007.
- [63] Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (Hg.): *Klimaschutzkonzept Hessen 2012 März 2007*. Wiesbaden: 03/2007.
- [64] Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (Hg.): *Landesaktionsplan Hochwasserschutz Hessen. 2007*.
- [65] Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (Hg.): *Zusammenstellung der Ausgaben des Landes Hessen für den Hochwasserschutz für den Zeitraum 2002 bis 2006 sowie die veranschlagten Haushaltsmittel für 2007*. Wiesbaden: 13.12.2007.
- [66] Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (Hg.): "Sofortprogramm 2008 zum Bau von Abwasseranlagen". 118: *Staatsanzeiger für das Land Hessen*, Nr. 3, 14.01.2008.
- [67] Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (Hg.): *Neue Wege im Hochwasserschutz*. 1. Aufl., Wiesbaden: 11/1999.
- [68] Institut für Energie und Umweltforschung (ifeu) (Hg.): "Optimierung der Verwertung organischer Abfälle". Vortrag, *UBA-Workshop: Energie aus Abfall – Ein bedeutender Beitrag zum Klimaschutz - Nutzung der Potenziale in Deutschland und Europa*. Dessau: 06.11.2006.
- [69] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Hg.): *Climate Change 2001: The Scientific Basis - Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- [70] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Hg.): *Fourth Assessment Report Climate Change 2007: Synthesis Report - Longer Report*. 2007.

- [71] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Hg.): *Fourth Assessment Report Climate Change 2007: Synthesis Report - Summary for Policymakers*. 2007.
- [72] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Hg.): *Klimaänderung 2007: Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger - Vierter Sachstandsbericht des IPCC (AR4)*. Deutsche Übersetzung ProClim, österr. Umweltbundesamt, deutsche IPCC-Koordinierungsst., Bern, Wien, Berlin: 09/2007.
- [73] Kern, M., Raussen, T.: "Chancen für die Verwertung biogener Abfälle nach EEG und TEHG". 62-67: *Müll und Abfall*, 2-05, 2005.
- [74] KfW Entwicklungsbank (Hg.): *Emissionshandel und Deponiegasemissionen - Chance für eine nachhaltige Abfallwirtschaft in Entwicklungs- und Schwellenländern?*. Fachtagung, 29.06.2006.
- [75] Klima-Bündnis (Hg.): *Öffentlichkeitsarbeit an der Schnittstelle zwischen Klima- und Bodenschutz*. (2007).
- [76] Klima-Bündnis (Hg.): *Städte im Wandel - Klimaschutz als Herausforderung und Chance für Kommunen*. 2006.
- [77] Klima-Bündnis (Hg.): *Jahresbericht 2006, Planung 2007*. Frankfurt a. M. 2007.
- [78] Knappe, F., Blazejczak, J., Umweltbundesamt, Ifeu (Hg.): *Potenzialanalyse der deutschen Entsorgungswirtschaft*. Forschungsbericht UFOPLAN 206 31 303 UBA-FB 001080, Texte, 44/07, Dessau: 11/2007.
- [79] Kommission der Europäischen Gemeinschaften (Hg.): *20 und 20 bis 2020 Chancen Europas im Klimawandel*. Mitteilungen der EU-Kommission, Brüssel: 23.01.2008.
- [80] Kommission der Europäischen Gemeinschaften (Hg.): *Konvent der BürgermeisterInnen*. Brüssel: 29.01.2008.
- [81] Kron, W.: "Hochwasserschäden und Versicherung". *Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 2004.
- [82] Kräßig, S. "Entwicklung eines integrativen Verfahrens zur Bestimmung und Kartographischen Abgrenzung des Hochwasserrisikos in fluvialen Überschwemmungsräumen". *Hamburger Wasserbauschriften*, Nr. 10, 2007.
- [83] Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hg.): *Überströmbare Dämme und Dammscharten*. 2004.
- [84] Löw, M., Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (Hg.): *Das Aktionsprogramm Hochwasser der Europäischen Union*.
- [85] McKinsey & Company Inc. (Hg.): *Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland*. Studie im Auftr. von BDI Initiativ-Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin: 09/2007.
- [86] Skovgaard, M. u. a., ETC/RWM (Hg.): *Municipal waste management and greenhouse gases*. ETC/RWM working paper , 2008/1, 31.01.2008.

- [87] Metz, B. u. a. (Hg.): *Klimaänderung 2007: Verminderung des Klimawandels - Beitrag der Arbeitsgruppe III zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC)*. Deutsche Übersetzung ProClim, österr. Umweltbundesamt, deutsche IPCC-Koordinierungsst., Bern, Wien, Berlin: 2007.
- [88] Michel, B., Schaubruch W., Schöneweiß D.: *Substanzerhaltung in der öffentlichen Wasserversorgung und kommunalen Abwasserbeseitigung - Ein Beitrag zur ökonomischen Nachhaltigkeit*. Darmstadt, Mainz, Freiburg: 04/2005.
- [89] Nagel, A.: "Auf dem Weg zu einer deutschen Anpassungsstrategie". Vortrag, 3. *Nationaler Workshop „Strategien der Anpassung“*. Dessau: 06.-07.11.2007.
- [90] Niedersächsisches Institut f. Wirtschaftsforschung (NIW), Zentrum f. Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Fraunhofer Institut f. System- und Innovationsforschung (ISI) (Hg.): *Zur technologischen Leistungsfähigkeit der deutschen Umweltschutzwirtschaft im internationalen Vergleich*. Studien zum deutschen Innovationssystem 20-2007, im Auftr. d. BMBF, Hannover, Mannheim, Karlsruhe: 11/2006.
- [91] Ochs, A.: Zwischen Klimaschutz und Ressourcenschonung - Energetische und stoffliche Verwertung von Biomassen ergänzen sich. 2-3: *BDE Perspektiven*, Ausg. 3, Dez. 2007.
- [92] Pehnt, M., Vogt, R., Institut für Energie und Umweltforschung (ifeu) (Hg.): *Biomasse und Effizienz - Vorschläge zur Erhöhung der Energieeffizienz von §8 und §7-Anlagen im Erneuerbare-Energien-Gesetz - Arbeitspapier Nr. 1 im Rahmen des Projektes "Energiebalance – Optimale Systemlösungen für Erneuerbare Energien und Energieeffizienz"*. Arbeitspapier, 05/2007.
- [93] Rother, K.-H.: "Klimaentwicklung und Risiken für den Hochwasserschutz". *Wasser und Abfall*, 12, 2006.
- [94] Rummler, T.: "Klimaschutz und aktuelle Entwicklungen in der Abfallpolitik". Rede, *Berliner Abfallwirtschafts- und Energiekonferenz*. Berlin: 24.09.2007.
- [95] RWE Power (Hg.): "German Experience with CDM and JI". Vortrag, *Second German-Japanese Workshop on Economic Instruments for Climate Protection*. Berlin: 31.01.2007.
- [96] Sachverständigenrat für Umweltfragen (Hg.): *Klimaschutz durch Biomasse - Sondergutachten*. Berlin: 07/2007.
- [97] Sachverständigenrat für Umweltfragen (Hg.): *Klimaschutz durch Biomasse - Sondergutachten, Kurzfassung*. Berlin: 07/2007.
- [98] Sieck, M.: *Beitrag der Abfallverbrennung zum Klimaschutz*. Dessau: Umweltbundesamt, 2005.
- [99] Statistisches Bundesamt (Hg.): *Umwelt 2004 - Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung*. Fachserie 19 Reihe 2.1, Wiesbaden: 06.09.2006.
- [100] Stern, N.: *The Economics of Climate Change - The Stern Review*. Cambridge: 30.10.2006.

- [101] Umweltbundesamt (UBA) (Hg.): *BVT-Merkblatt über beste verfügbare Techniken der Abfallverbrennung*. Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU), mit ausgewählten Kapiteln in deutscher Übersetzung, Dessau: 07/2005.
- [102] Umweltbundesamt (UBA) (Hg.): *Die Zukunft in unseren Händen - 21 Thesen zur Klimaschutzpolitik des 21. Jahrhunderts und ihre Begründungen*. Climate Change, 06/05, Dessau: 10/2005.
- [103] Umweltbundesamt (UBA) (Hg.): *Merkblatt über die besten verfügbaren Techniken für Abfallbehandlungsanlagen*. Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU), mit ausgewählten Kapiteln in deutscher Übersetzung, Dessau: 08/2006.
- [104] Umweltbundesamt (UBA) (Hg.): *UBA-Workshop: Klimaänderungen – Herausforderungen für den Bodenschutz - am 28./29. September 2005*. Texte, 06/06, Dessau: 02/2006.
- [105] Umweltbundesamt (UBA) (Hg.): *Was Sie über vorsorgenden Hochwasserschutz wissen sollten*. Information, bearb. v. Corinna Hornemann, Jörg Rechenberg, Dessau: 2006.
- [106] Umweltbundesamt (UBA) (Hg.): *Behandlungsalternativen für klimarelevante Stoffströme*. Forschungsbericht 205 41 300 UBA-FB 00955, Texte, 39/07, ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Dessau: 08/2007.
- [107] Umweltbundesamt (UBA) (Hg.): *Kyoto-Protokoll: Untersuchung von Optionen für die Weiterentwicklung der Verpflichtungen für die 2. Verpflichtungsperiode - Teilvorhaben „Senken in der 2. Verpflichtungsperiode“*. Forschungsbericht 203 41 148/02, Climate Change, 02/07, bearb. v. Max-Planck-Institut für Biogeochemie, Jena, Öko-Institut, Berlin, ECOFYS GmbH, Köln, Dessau: 03/2007.
- [108] Umweltbundesamt (UBA) (Hg.): *Nahzeitprognosen für den Ausstoß von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen im Jahr 2007*. Dessau: 2007.
- [109] Umweltbundesamt (UBA) (Hg.): *Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2005 - Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen 2007*. Climate Change, 04/07, Dessau: 07/2007.
- [110] Umweltbundesamt (UBA) (Hg.): *Stoffstrommanagement von Biomasseabfällen mit dem Ziel der Optimierung der Verwertung organischer Abfälle*. Forschungsbericht 205 33 313 UBA-FB 000959, Texte, 04/07, bearb. von Ifeu, Heidelberg u. Öko-Institut, Darmstadt, Dessau: 02/2007.
- [111] Umweltbundesamt (UBA) (Hg.): *Politiksznarien für den Klimaschutz IV - Szenarien bis 2030*. Forschungsbericht UFOPLAN 205 46 434 UBA-FB 001097, Climate Change, 01/08, Dessau: 01/2008.
- [112] Umweltbundesamt (UBA), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hg.): *Umweltpolitische Innovations- und Wachstumsmärkte aus Sicht der Unternehmen*. Forschungsbericht UFOPLAN 206 14 132/04, durchgef. v. Roland Berger Strategy Consultants, Dessau, Berlin: 11/2007.

- [113] Umweltministerkonferenz (UMK) (Hg.): *Liste von umweltbezogenen Nachhaltigkeitsindikatoren*. 06.05.2004.
- [114] Universität Karlsruhe, Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik (Hg.): *Überströmbare Dämme - landschaftsverträgliche Ausführungsvarianten für den dezentralen Hochwasserschutz in Baden-Württemberg*. Forschungsbericht FZKA-BWPLUS, 2004.
- [115] Verband der Netzbetreiber (VDN) (Hg.): *EEG-Mittelfristprognose: Entwicklungen 2000 bis 2013*. 08.06.2007.
- [116] Verbücheln, M u. a., Umweltbundesamt, ecologic (Hg.): *Strategie für die Zukunft der Siedlungsabfallentsorgung (Ziel 2020) - Kurzfassung*. Forschungsbericht UFOPLAN 201 32 324, Berlin: 2005.
- [117] Wissenschaftlicher Beirat der ASA (Hg.): *MBA und das Ziel 2020*. Arbeitsgemeinschaft Stoffspezifische Abfallbehandlung ASA e.V., 26.01.2006.
- [118] Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH (Hg.): *Macroeconomic Impacts of the Clean Development Mechanism - The Role of Investment Barriers and Regulations*. Discussion Paper No. 07-026, ZEW, Uni Oldenburg, Mannheim: (2007).
- [119] Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH (Hg.): *What Does Europe Pay for Clean Energy? – Review of Macroeconomic Simulation Studies*. Discussion Paper No. 07-019, Mannheim: 2006.
- [120] Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH (Hg.): *Climate Policy and Ancillary Benefits - A Survey and Integration into the Modelling of International Negotiations on Climate Change*. Discussion Paper No. 07-064, ZEW, Uni Chemnitz, Mannheim: 11/2007.
- [121] Zimmermann, U., Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft e. V. (BDE) (Hg.): "Neuer Ad-hoc-Arbeitskreis Klimaschutz und Energieerzeugung". 13: *BDE Perspektiven*, Ausg. 1, März 2007.

## 5.2 Internetadressen

### ***Weltweite Institutionen***

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)  
53175 Bonn

- [www.unfccc.int](http://www.unfccc.int)

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)  
World Meteorological Organization,  
CH-1211 Geneva 2, Switzerland.

- [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)

International Energy Agency (IEA)  
F-75015 Paris

- [www.iea.org](http://www.iea.org)

International Renewable Energy Agency (IRENA)  
Konferenz zur Gründungsvorbereitung 10.-11.04.2008  
Auswärtiges Amt, Berlin

- [www.irena.org](http://www.irena.org)

The World Bank  
Headquarter  
Washington, DC 20433 USA

- [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)

The World Bank  
Europe  
75116 Paris, France

- [www.worldbank.org/europe](http://www.worldbank.org/europe)

### ***Europäische Institutionen***

European Commission  
Environment Directorate-General  
B-1049 Brussels

- [ec.europa.eu/environment](http://ec.europa.eu/environment)

European Environmental agency

- [www.eea.europa.eu](http://www.eea.europa.eu)

Klima-Bündnis der europäischen Städte mit indigenen Völkern der  
Regenwälder / Alianza del Clima e.V.  
D-60486 Frankfurt am Main

- [www.klimabuendnis.org](http://www.klimabuendnis.org)

### ***Bundesweite Institutionen***

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit  
11055 Berlin

- Hauptseite: <http://www.bmu.de>
- Portal Erneuerbare Energien: <http://www.erneuerbare-energien.de>
- CDM/JI-Portal: <http://www.iiko-bmu.de>
- RETech - Recycling- und Effizienztechnik Made in Germany: <http://www.bmu.de/rettech>

Bundesministerium für Bildung und Forschung

- Hauptseite: <http://www.bmbf.de>
- Forschung für Nachhaltigkeit: <http://www.fona.de>

Umweltbundesamt  
06813 Dessau-Roßlau

- Hauptseite: <http://www.umweltbundesamt.de>
- Portal zum Umweltechnologietransfer: <http://www.cleaner-production.de>
- Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass):  
<http://www.anpassung.net>

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung  
Globale Umweltveränderungen (WBGU)  
D-10785 Berlin

- <http://www.wbgu.de>

Geschäftsstelle der Umweltministerkonferenz (UMK):  
Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz des Landes Rheinland-Pfalz  
55116 Mainz

- <https://www.umweltministerkonferenz.de>

Geschäftsstelle Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA)  
Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft  
01097 Dresden

- <http://laga-online.de>

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)  
10785 Berlin

- <http://www.gtz.de>

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)  
76139 Karlsruhe

- <http://www.isi.fhg.de>

Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik (UMSICHT)

- <http://www.umsicht.fraunhofer.de>

Potsdam-Institut für Klimaforschung  
14473 Potsdam

- <http://www.pik-potsdam.de>

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH  
42103 Wuppertal

- <http://www.wupperinst.org>

Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDWE)  
Berlin

- <http://www.bdwe.de>

KfW-Bankengruppe

- <http://www.kfw.de>

### ***Hessische Institutionen***

Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz

- <http://www.hmuv.hessen.de>

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung

- Hauptseite: <http://www.wirtschaft.hessen.de>
- Aktionslinie Hessen-Umwelttech: <http://www.hessen-umwelttech.de>
- Transferstelle internationaler Emissionshandel:  
<http://www.transferstelle-emissionshandel-hessen.de>

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

- <http://www.hlug.de>

Technologie Transfer Netzwerk Hessen

- <http://www.ttn-hessen.de>

Hessischer Forschungsverbund für Abfall, Umwelt und Ressourcenschutz e. V. (HFvA)

- <http://www.hfva.de>

Kompetenznetzwerk Dezentrale Energietechnologien e.V. (deENet)

- <http://www.deenet.org>