

*dynaklim*-Publikation



M. Nies, D. Apfel

# Forschungsstand zur Betroffenheit von Branchen und ihre Anpassungsfähigkeit an die Folgen des Klimawandels

Gefördert durch:





## FORSCHUNGSSTAND ZUR BETROFFENHEIT VON BRANCHEN UND IHRE ANPASSUNGSFÄHIGKEIT AN DIE FOLGEN DES KLIMAWANDELS

### Vulnerability Assessment der *dynaklim*-Wirtschaft Teil 1

Martina Nies, Dorothee Apfel

**Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH-Aachen**

[www.fiw.rwth-aachen.de](http://www.fiw.rwth-aachen.de)

**Prognos AG**

[www.prognos.com](http://www.prognos.com)

---

*dynaklim*-Publikation Nr. 08 / Juni 2011

---



#### Abstract

Der globale Klimawandel verändert die lokale Umwelt und damit die Rahmenbedingungen unter denen wir leben und wirtschaften. Insbesondere das prognostizierte häufigere Auftreten von Extremwetterereignissen wie Starkregen und Hitzeperioden wird zukünftig das sozio-ökonomische und ökologische Handeln beeinflussen.

Die wissenschaftliche Diskussion um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wirtschaft bildet für die Entwicklung einer „Klimafokussierte Wirtschaftsentwicklung“ innerhalb des Netzwerk- und Forschungsprojekts *dynaklim* die Grundlage für eine erste Einschätzung der Betroffenheit der regional vertretenen Branchen der Emscher-Lippe-Region und des Ruhrgebiets.

In dem vorliegenden Papier wird eine Literaturlauswertung von rund 70 nationalen und internationalen Quellen, die bis 2009 erschienen sind, vorgenommen. Insgesamt belegt die Auswertung, dass Branchen sowohl negativ als auch positiv von den Folgen des Klimawandels betroffen sind, wodurch weder eine klare Risiko- noch eine klare Chancen-Dominanz für die deutsche Wirtschaft hinsichtlich der Klimawandelfolgen ausgemacht werden kann. Sehr wenig ist derzeit jedoch über die Anpassungskapazität von Branchen und die Berechnung von Schadensdimensionen bekannt.

Die Literaturlauswertung ist der erste Teil der dreiteiligen Reihe „Vulnerability Assessment der *dynaklim*-Wirtschaft“. Sie bildet die Grundlage für eine ausführliche Betroffenheitsanalyse (Chancen und Risiken) ausgewählter Branchen in der *dynaklim*-Region (Teil II) sowie die Untersuchung und Bewertung der Adaptive Capacity spezifischer Branchen (Teil III).

## Inhalt

1 Der Klimawandel beeinflusst die Wirtschaft .....	1
2 Der Klimawandel in der Emscher-Lippe Region (Ruhrgebiet) .....	3
3 Aufbau und Untersuchungsraaster der Synopse .....	5
4 Aktueller Stand der nationalen und internationalen Forschung - Die wichtigsten Studien im Überblick .....	7
5 Betroffenheit und Anpassungskapazität ausgewählter Branchen .....	15
5.1 Land- und Forstwirtschaft .....	15
5.2 Ernährungswirtschaft .....	16
5.3 Chemie- und Pharmaindustrie .....	16
5.4 Metallindustrie .....	18
5.5 Energie .....	18
5.6 Baugewerbe und verwandte Branchen .....	20
5.7 Verkehr und Logistik .....	21
5.8 Versicherungsunternehmen/ Finanzwirtschaft .....	22
5.9 Gastgewerbe/ Tourismus .....	22
6 Zusammenfassung der Ergebnisse und weiterer Forschungsbedarf .....	23
Literaturverzeichnis .....	27

## 1 Der Klimawandel beeinflusst die Wirtschaft

Der globale Klimawandel verändert die lokale Umwelt und damit die Rahmenbedingungen unter denen wir leben und wirtschaften. Insbesondere das prognostizierte häufigere Auftreten von Extremwetterereignissen wie Starkregen und Hitzeperioden wird das sozio-ökonomische und ökologische Handeln künftig beeinflussen.

Der Arbeitsbereich 5 „Klimafokussierte Wirtschaftsentwicklung“ des Netzwerk- und Forschungsprojekts *dynaklim*<sup>1</sup> untersucht für ausgewählte Wirtschaftsbereiche der Emscher-Lippe-Region und des Ruhrgebiets (siehe Abbildung 1) wie die Auswirkungen des Klimawandels auf diese Branchen beeinflussen und welche Möglichkeiten bestehen, Anpassungsmaßnahmen zu ergreifen. Im Ergebnis steht eine Anpassungsstrategie „Klimafokussierte Wirtschaftsentwicklung“, die sowohl Branchenvertreter als auch Wirtschaftsförderer der Region in die Lage versetzt, frühzeitig Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zu ergreifen, um Chancen zu nutzen, Risiken zu minimieren und die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit der Region zu erhöhen.

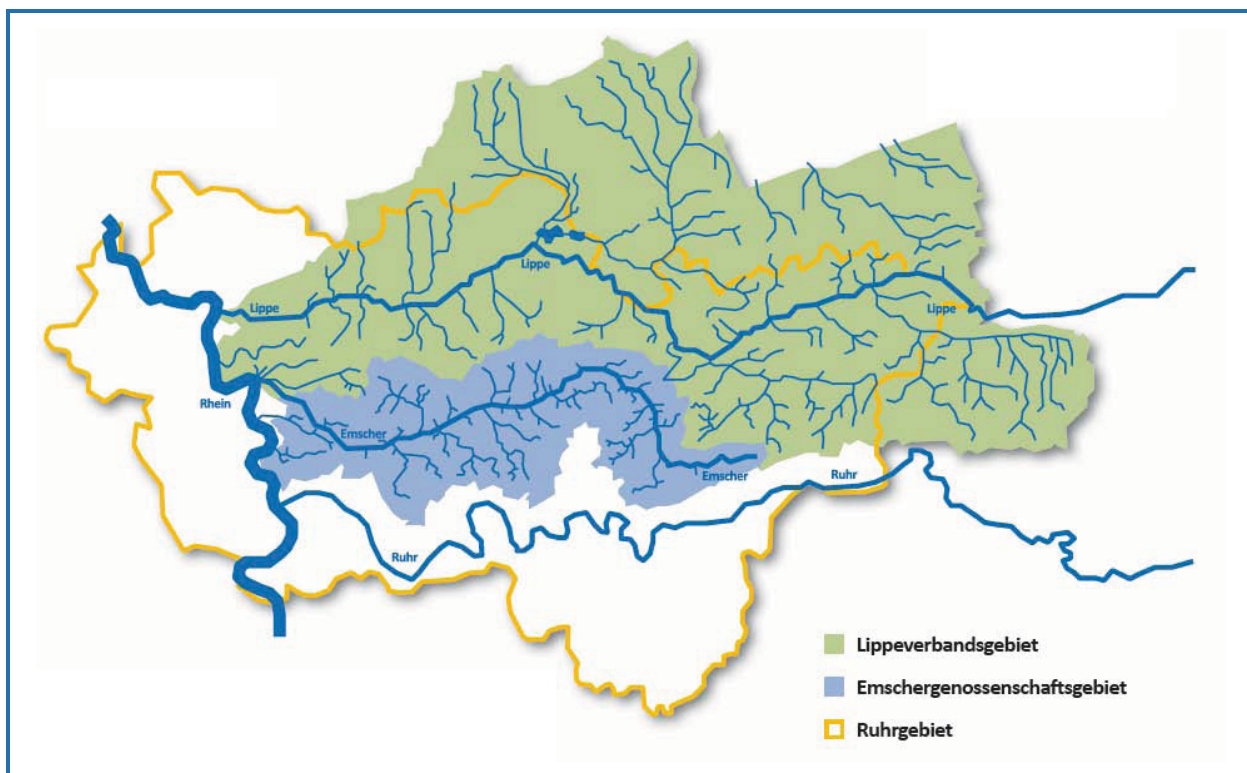


Abbildung 1: Die *dynaklim*-Projektregion beinhaltet das Emscher-Lippe Gebiet und das Ruhrgebiet Quelle: FiW 2010

Zur Erstellung der regionalen Anpassungsstrategie „Klimafokussierte Wirtschaftsentwicklung“ ist es notwendig, zunächst die Betroffenheit und Anpassungsfähigkeit von Branchen zu analysieren (Vulnerability-Assessment). Eine Detailanalyse aller Branchen der Projektregion ist mit der vorliegenden Datenlage in dem zur Verfügung stehenden Zeitrahmen zurzeit nicht möglich. Deshalb konzentriert sich die Erarbeitung des Vulnerability-Assessments auf ausgewählte Branchen, die auch für die zukünftige Entwicklung der Region von besonderer Bedeutung sind.

<sup>1</sup> *dynaklim* steht für „Dynamische Anpassung regionaler Planungs- und Entwicklungsprozesse an die Auswirkungen des Klimawandels in der Emscher-Lippe-Region (Ruhrgebiet)“. Im Mittelpunkt des Netzwerk- und Forschungsprojekts stehen die möglichen Auswirkungen des prognostizierten Klimawandels auf die Verfügbarkeit und Nutzung des Wassers in der Region Emscher-Lippe (Ruhrgebiet) und die damit verbundenen Folgewirkungen auf Bevölkerung, Wirtschaft und Umwelt. Weitere Informationen unter [www.dynaklim.de](http://www.dynaklim.de).

Insgesamt erfolgt die gesamte Analyse in drei Schritten:

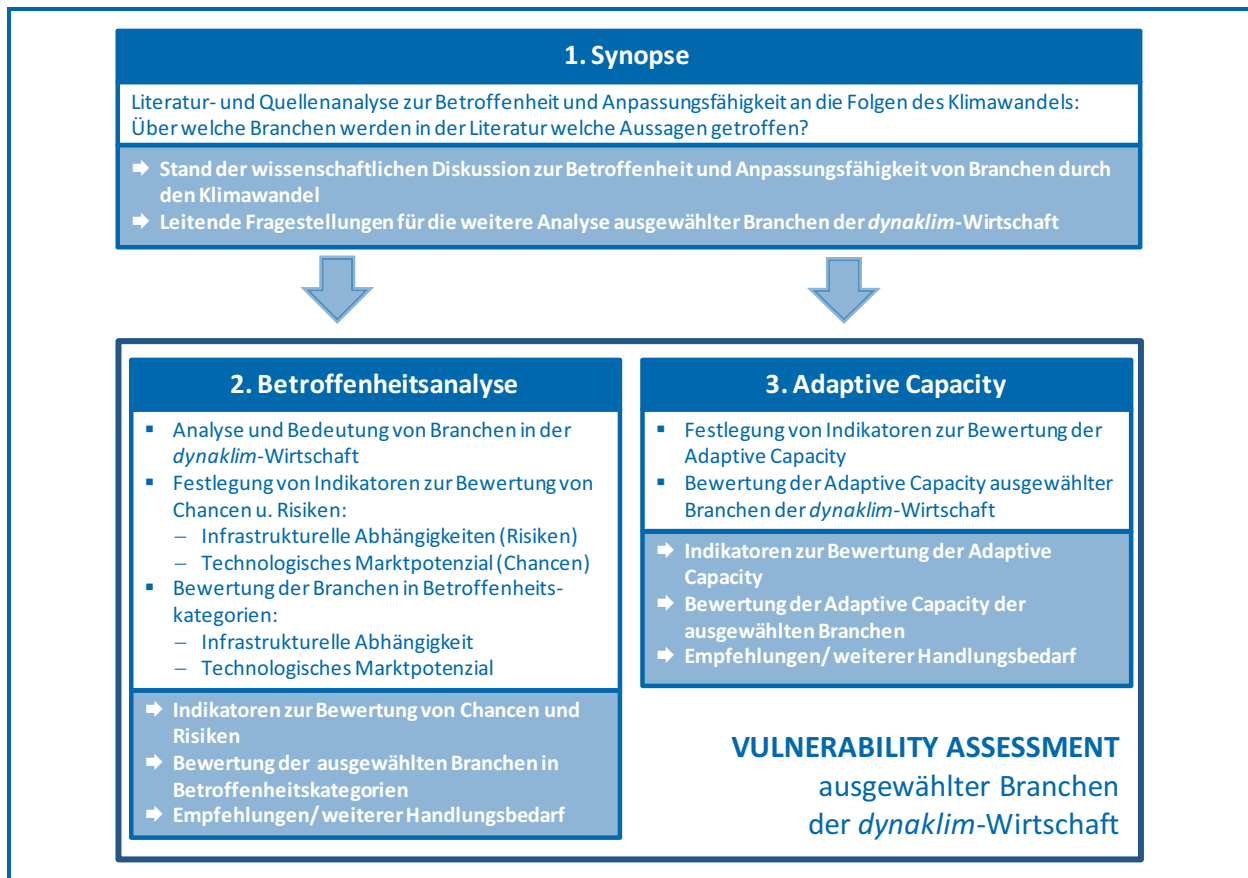


Abbildung 2: Aufbau des Vulnerability Assessments der *dynamik*-Wirtschaft

Quelle: eigene Darstellung

Um die Situation einzelner Branchen der *dynamik*-Region abschätzen zu können, gilt es zunächst, den aktuellen Kenntnisstand zur Betroffenheit (negativ wie positiv) und Anpassungsfähigkeit von Branchen hinsichtlich der Folgen des Klimawandels zu erfassen. Ziel des vorliegenden Papers ist es daher, über die Synopsis nationaler und internationaler Quellen einen Überblick über den derzeitigen Stand der Diskussion zu geben. Insgesamt wurden branchenspezifische Aussagen aus rund 70 Quellen, die bis 2009 erschienen sind, in einer Matrix zusammengetragen. Dabei standen folgende Leitfragen im Vordergrund:

- Welche Aussagen werden zu Risiken und Chancen von Branchen hinsichtlich der Folgen des Klimawandels getroffen?
- Welche Aussagen werden zur Anpassungsfähigkeit von Branchen an die Folgen des Klimawandels getroffen?

Im Ergebnis steht ein Überblick über den derzeitigen Stand der Literatur zu Chancen, Risiken und zur Anpassungsfähigkeit ausgewählter Branchen.

Im Folgenden werden einleitend die projizierten Änderungen des Klimas für die Emscher-Lippe Region (Kap. 2) und das Untersuchungsrastraster der Synopsis (Kap. 3) vorgestellt. Zur Darstellung der Ergebnisse der Synopsis werden in Kapitel 4 zunächst die Vorgehensweisen der wichtigsten Studien vorgestellt. In Kapitel 5 sind dann die Aussagen aller betrachteten Quellen zu den Chancen, Risiken und der Anpassungsfähigkeit ausgewählter Branchen zusammengefasst. Zum Schluss werden, auf der Grundlage der bisherigen Erkenntnisse, der weitere Forschungsbedarf sowie forschungsleitende Fragestellungen, insbesondere für die Untersuchung ausgewählter Wirtschaftsbranchen der Projektregion Emscher-Lippe und des Ruhrgebiets, formuliert (Kap. 6).

## 2 Der Klimawandel in der Emscher-Lippe Region (Ruhrgebiet)

Die Projektregion Emscher-Lippe und das Ruhrgebiet liegen größtenteils in den Niederungen Nordrhein-Westfalens mit Höhenlagen unter 150m. Mit einer Jahresmitteltemperatur von über 9 °C herrscht hier ein sehr mildes Klima. In den Sommermonaten tragen vor allem in den Ballungsräumen anthropogene Effekte wie z.B. eine hohe Bodenversiegelung erheblich zur Bildung von Wärmeinseln in den Innenstädten bei. Zwischen Innenstädten und Umland können Temperaturunterschiede von bis zu 10 °C herrschen. Der größte Teil der Niederschläge fällt im Sommer in Form von Schauern und Gewittern. Schneedecken sind mit 10-20 Tagen im Jahr eher selten (PIK 2009).

Erste Trends des Klimawandels lassen sich schon jetzt für Nordrhein-Westfalen durch den Vergleich der heutigen jährlichen Gebietsmittel mit denen Anfang des 20. Jahrhundert feststellen. Davon zeugen auch die Hitzesommer 2003 und 2006 sowie die Starkniederschläge in Dortmund, Bottrop, Essen, Oberhausen, am Niederrhein und im Münsterland in den Jahren 2008, 2009 und 2010:

- Anstieg der Lufttemperatur um 1,2 °C (von 8,4 °C auf 9,6°C): Insbesondere der Herbst ist im Mittel wärmer geworden, die Frosttage sind weniger und die Sommertage mehr geworden.
- Zunahme der Jahresniederschläge um 15 % im Gebietsmittel (von 790 mm auf 910 mm) und jährlicher Niederschläge von mehr als 1000 mm/ pro Jahr bei gleichzeitiger Abnahme niederschlagsärmerer Jahre (außer für den Sommer für alle Jahreszeiten nachgewiesen).

Für die kommenden Jahrzehnte zeichnen Klimaprojektionen eine Fortsetzung dieser Trends (PIK 2009):

- Die Lufttemperatur wird im Jahresmittel voraussichtlich um 1,9 °C ansteigen. Dabei werden die stärksten Temperaturanstiege mit bis zu 3 °C im Sommer erwartet.
- Die jährliche Gesamtmenge der Niederschläge wird wahrscheinlich um ca. 5% zunehmen. Dabei wird eine deutliche Verschiebung in den Winter erwartet (Zunahme von 10-20 %), in dem Schneetage weniger werden und Winterniederschläge vermehrt als Regen fallen. Die Niederschläge im Sommer nehmen voraussichtlich um 20 % ab.
- Deutlicher Anstieg von Extremwetterlagen und Starkniederschlägen über alle Jahreszeiten hinweg.

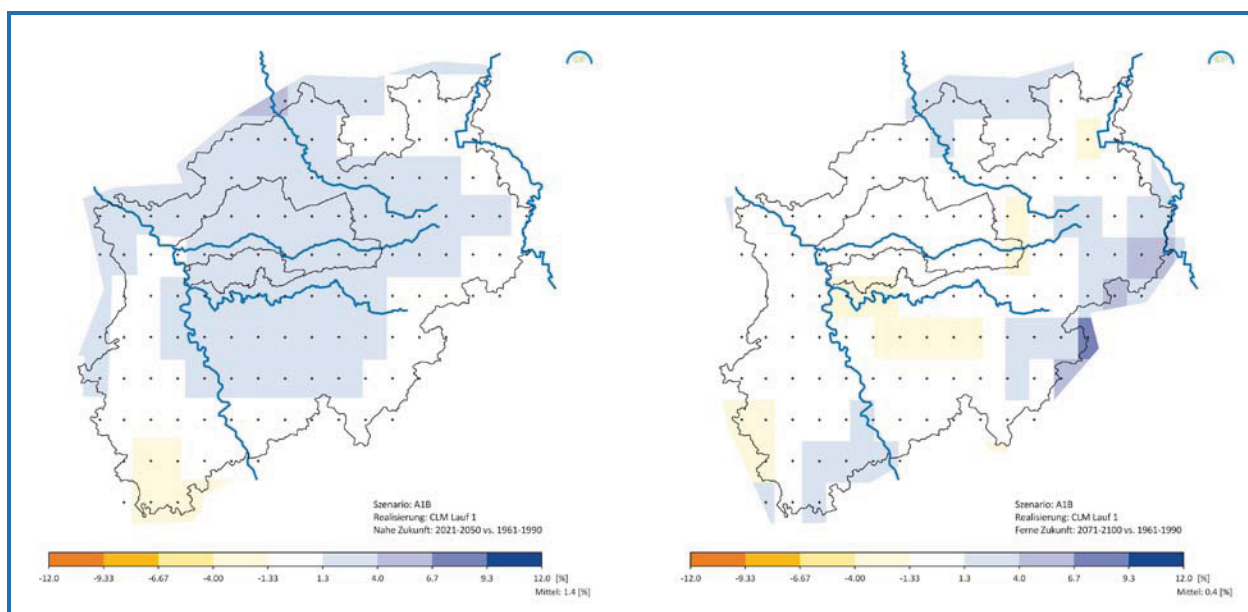


Abbildung 3: Erwartete Änderungen des Niederschlags

Quelle: IDP 2009

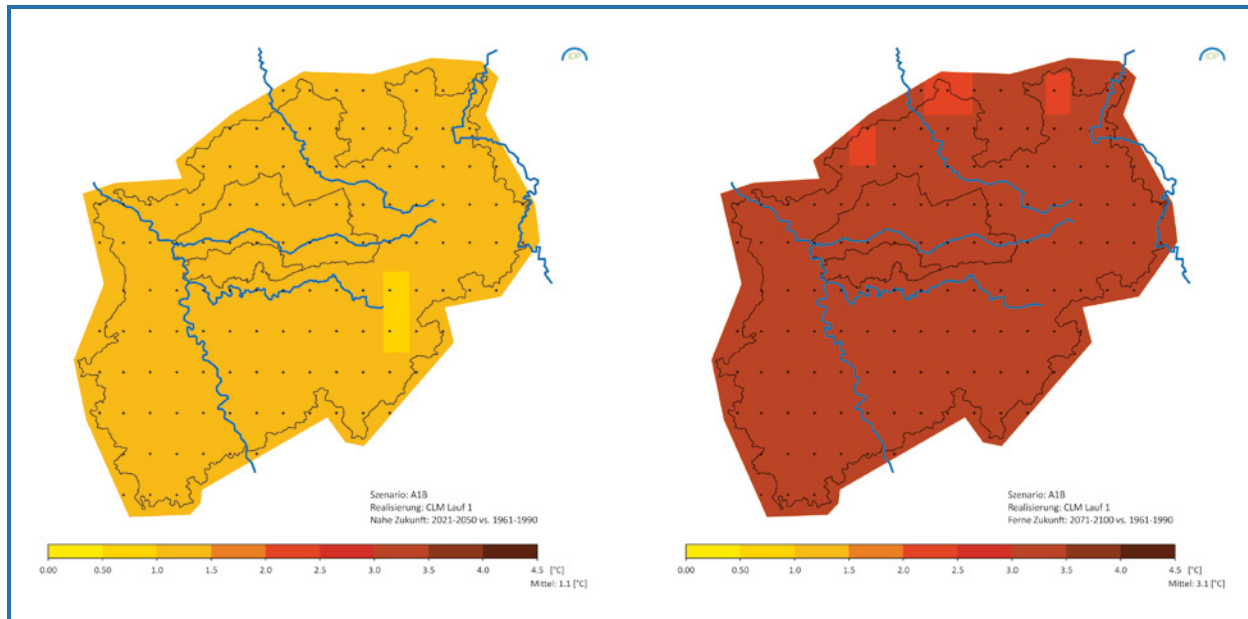


Abbildung 4: Erwartete Änderungen der Temperatur

Quelle: IDP 2009

Die zu erwartenden Veränderungen von Temperatur, Niederschlagsmenge, -intensität und -verteilung haben für die Wirtschaft nicht nur lokal (am Standort) Konsequenzen, sondern – je nach Aktionsradius – auch regional, national und international. Überall dort, wo Produktionsstätten, Lieferwege, Kunden usw. verankert sind.

Doch mit welchen Konsequenzen haben Wirtschaftsbranchen genau zu rechnen? Folgen aus den Veränderungen des Klimas ausschließlich negative Betroffenheit und erhöhte Risiken, oder ergeben sich auch Chancen für die Wirtschaft? Was können Branchen bzw. Unternehmer tun, um die Risiken, die aus den Klimawandelfolgen erwachsen zu mindern und gegebenenfalls Chancen zu nutzen? Seit einigen Jahren beschäftigen sich Wissenschaftler und Branchenverbände immer mehr mit diesen Fragen.



### 3 Aufbau und Untersuchungsraaster der Synopse

Die Literatur- und Quellenanalyse wurde anhand 68 aktueller nationaler und internationaler Studien, Unternehmens- und Branchenberichten durchgeführt. Auffällig ist, dass vor allem in den letzten fünf Jahren vermehrt Publikationen zum Thema Klimawandel und Branchenbetroffenheit veröffentlicht wurden. Insbesondere Beratungsunternehmen wie Lehmann Brothers, KPMG AG oder das Wuppertal Institut und einzelne Großunternehmen, wie die Deutsche Bank, oder Munich RE haben zum Thema publiziert.

Wie eingangs beschrieben folgen aus dem Klimawandel Änderungen in Temperatur, Niederschlagsmengen und –intensitäten, die sich direkt und indirekt auf Branchen und Unternehmen auswirken. Die Wirkungen des Klimawandels zeigen sich auf der Ebene der Leistungserstellung im Bereich der Ressourcenbeschaffung und in veränderten Rahmenbedingungen (Standortfaktoren) am Standort (Abbildung 5). Auf der marktwirtschaftlichen Ebene bedingen die Auswirkungen des Klimawandels Veränderungen in den Nachfragestrukturen und neue Anforderungen an Produkte und Dienstleistungen. Darüber hinaus werden beide Ebenen zusätzlich beeinflusst: Die Ebene der Leistungserstellung vor Ort durch lokale und regionale Gegebenheiten, wie z.B. Demographie und Strukturwandel, und die Ebene der Marktwirtschaft durch globale Faktoren (Wirtschaftsabkommen, globale Krisen u.ä.).

Die Handlungsoptionen von Branchen, mit denen sie diesen Wirkungen begegnen können, um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten bzw. zu erhöhen, liegen vor allem im Bereich der Innovationen. Dabei kann es sich um neue Verfahren und Prozesse handeln (Verfahrens- oder Prozessinnovationen), um den klimabedingten Restriktionen/ Chancen auf der Seite der Leistungserstellung gerecht zu werden, um neue Verfahren und Regeln im und außerhalb des Unternehmens (Organisationsinnovationen) oder auch um neue Produkte zur Schadensbewältigung, -prävention oder angepassten Leistungserstellung (Produktinnovation).

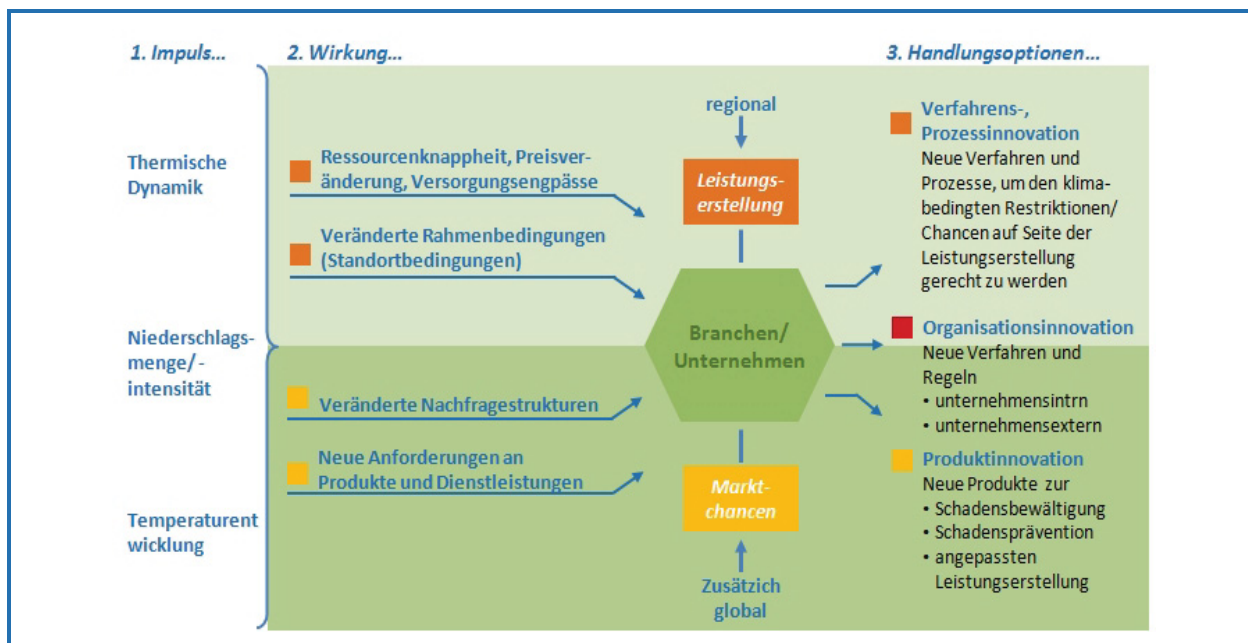


Abbildung 5: Wirkungsketten der Klimawandelfolgen auf die Wirtschaft

Quelle: eigene Darstellung

Aus dieser Wirkungskette ergibt sich das Untersuchungsraaster für die Literatur- und Quellensynopse. Ziel der Synopse ist es, aus den verschiedenen Studien und Berichten heraus zu filtern, welche Branchen auf welche Weise negativ von den Folgen des Klimawandels betroffen sind, welche Branchen als „Klimawandel-Gewinner“ Chancen zu erwarten haben und welche Anpassungskapazität Branchen besitzen, um den Folgen des Klimawandels zu begegnen.

Im Detail wurden die Angaben zu den Untersuchungskategorien wie folgt in einem Raster aufgenommen und zusammengeführt:

- Die **negative Betroffenheit** von Branchen untergliedert in die Beeinträchtigung von Infrastruktur und Produktionsfaktoren<sup>2</sup>.
- Die **positive Betroffenheit** von Branchen wurde ermittelt anhand von Aussagen zu Technologie und Marktchancen (Absatz- und Bezugchancen).
- Um den Diskussionsstand zur **Anpassungskapazität** von Branchen zu erfassen, wurden neben Anpassungspotenzialen auch Anpassungshemmnisse und Anpassungsanreize festgehalten.

Da ein bedeutender Faktor für die Bestandssicherung und Weiterentwicklung von Branchen und Unternehmen in ihrem Innovationspotenzial liegt, wurden auch die hierzu in den Studien und Berichten getroffenen Aussagen gesammelt und gegenübergestellt. Dabei wurde unterschieden nach dem Potenzial von Branchen im Bereich der Produktinnovationen, der Verfahrens- und Prozessinnovationen sowie der Organisationsinnovationen.

Die Betroffenheit von Branchen durch den Klimawandel ist noch ein sehr junges Forschungsfeld. Bislang wurden nur sehr wenige Untersuchungen zu den Auswirkungen der Klimawandelfolgen auf einzelne Branchen durchgeführt. Die Mehrzahl der Studien basiert auf Auswertungen vorhandener Literatur und beinhaltet eine eher branchenübergreifende Analyse. Wenigen Untersuchungen liegen Unternehmensbefragungen zu Grunde, die eine branchenspezifische Analyse zulassen. Diese wurden zudem nur für wenige Branchen durchgeführt. Daher beschränkt sich die weitere detaillierte Betrachtung auf folgende Branchen:

- Land- und Forstwirtschaft
- Chemieindustrie
- Pharmaindustrie
- Metallindustrie
- Energiewirtschaft
- Verkehr- und Logistik
- Bau- und Immobilienwirtschaft
- Versicherungswirtschaft
- Tourismus

In der Literatur wird grundsätzlich zwischen direkter Betroffenheit, in Form von natürlich-physikalischen Auswirkungen des Klimawandels auf Branchen (Extremwetterereignisse und Anstieg der Jahresmitteltemperaturen) und indirekter Betroffenheit unterschieden. Die indirekte Betroffenheit resultiert aus mittel- und langfristigen Veränderungen, die Einfluss auf wirtschaftliche Prozesse haben und nicht klimainduziert sind. Zur ihr zählen marktliche und regulatorische Veränderungen sowie Veränderungen in internationalen Wertschöpfungsketten. Die vorliegende Synopse konzentriert sich zunächst auf die direkte Betroffenheit von Branchen durch den Klimawandel. Die regulatorischen Einflussfaktoren werden zu einem späteren Zeitpunkt eingehender betrachtet.

---

<sup>2</sup> Wie Abbildung 5 zeigt, wirken die Klimawandelfolgen auch auf den Standort und auf Wertschöpfungsketten von Unternehmen und Branchen. Diese müssten für eine umfassende, genaue Analyse der negativen Betroffenheit herangezogen und im Detail untersucht werden. Zugunsten der Operationalisierbarkeit wurde das Untersuchungsrastraster an dieser Stelle vereinfacht. Denn 1. sind (globale) Wertschöpfungsketten sehr komplex und werden an verschiedenen Stellen durch unterschiedlichste Faktoren beeinflusst, so dass für ihre Erfassung an sich und die zusätzliche Beeinflussung durch den Klimawandel eine Reduktion bzw. partielle und stückweise Betrachtung unbedingt erforderlich ist. 2. Ist die Betroffenheit am Standort (insbes. durch Extremwetterereignisse) lokal so unterschiedlich, dass sie von Unternehmen zu Unternehmen bzw. von Standort zu Standort betrachtet werden muss und für eine branchenweite Betrachtung einer gesamten Region ungeeignet ist.

## 4 Aktueller Stand der nationalen und internationalen Forschung - Die wichtigsten Studien im Überblick

Die Einschätzung der negativen und positiven Betroffenheit von Branchen sowie ihrer Anpassungskapazität erfolgt in den nationalen und internationalen Studien nach unterschiedlichen Kriterien, Rastern und Bezugsräumen. Grundlage für die Einschätzungen sind größtenteils Literaturrecherchen. Nur wenige beruhen auf eigenen Erhebungen durch Umfragen.

### *IPCC*

Die Einschätzungen des IPCC können als Basis internationaler Klimafolgenforschung betrachtet werden. Für den Bereich der Wirtschaft sind vor allem die Ergebnisse der Arbeitsgruppe II „Impacts, Adaptation and Vulnerability“ des vierten Assessment Reports der IPCC von Bedeutung (vgl. IPCC 2007). Grundlage der Einschätzungen ist die Analyse sämtlicher veröffentlichter Literatur in allen Sprachen, inklusive der grauen Literatur, wie z.B. Berichte von Regierungen oder Nicht-Regierungs-Organisationen. Zentrale Annahmen und Aussagen zu neuen Bewertungsmethoden und Charakterisierung zukünftiger Rahmenbedingungen, zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Systeme, Sektoren und Regionen, die Verletzlichkeit hinsichtlich dieser Einflüsse und Adaptionsstrategien werden zusammengefasst und hinsichtlich ihrer Eintreffens-Wahrscheinlichkeit gewichtet (vgl. IPCC 2007). Ebenso wurden Aussagen zu nicht-klimatischen Einflussfaktoren und Trends analysiert. Darüber hinaus werden die Einflussfaktoren des Klimawandels auch regional beleuchtet. Für die vorliegende Arbeit sind lediglich die Aussagen zu Europa, insbesondere Zentral- und Nordeuropa, von Bedeutung (zur regionalen Einteilung vgl. IPCC 2007, S. 558).

Die Einschätzungen des IPCC hinsichtlich der am meisten erwarteten Einflüsse des Klimawandels für Systeme und Sektoren in Europa während des 21. Jahrhunderts sind in Abbildung 6 dargestellt. Dabei wurde angenommen, dass keine Adaptionsmaßnahmen getroffen werden. Die Berechnung des Scorings erfolgt anhand der Parameter geographische Ausdehnung des Einflusses/ Zahl der betroffenen Menschen und der Intensität und Härte der Beeinflussung. Die Anzahl der Pfeile bildet die projizierte Höhe der Beeinflussung ab (eins bis drei), wobei nach positiver Beeinflussung (blauer Pfeil, der nach oben zeigt) und nach negativer Beeinflussung (nach unten zeigender, roter Pfeil) unterschieden wird. Ein möglicher Wechsel des Beeinflussungstyps während des Verlaufs des Jahrhunderts ist mit einem 'to' zwischen den Pfeilen markiert.

Sectors and Systems		Impact	North	Atlantic	Area Central	Mediterr.	East
Water resources	Floods		↓↓	↓↓	↓↓		↓↓↓
	Water availability		↑↑	↑↑	↓	↓↓↓	↓↓
	Water stress		↑↑	↑↑	↓	↓↓↓	↓↓
Coastal and marine systems	Beach, dune: low-lying coast erosional 'coastal squeeze'		↓↓↓	↓↓↓	na	↓↓	↓↓
	SLR- and surge-driven flooding		↓↓↓	↓↓	na	↓↓↓	↓↓↓
	River sediment supply to estuaries and deltas		↓↓↓	↓	na	↓↓↓	↓
	Saltwater intrusion to aquifers		↓	↓	na	↓↓	↓
	Northward migration of marine biota		↑	↑↑↑	na	↑	↑
	Rising SSTs, eutrophication and stress on biosystems		↓↓↓	↓↓	na	↓↓	↓
	Development of ICZM		↑↑	↑↑	na	↑↑	↑
	Deepening and larger inshore waters		↑↑	↑	na	↑	↑↑
Mountains, cryosphere	Glacier retreat		↓↓↓	↓	↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓
	Duration of snow cover		↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓
	Permafrost retreat		↓↓↓	↓	↓	na	↓↓↓
	Tree line upward shift		↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑	↑↑↑
	Nival species losses		↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓
Forest, shrublands and grasslands	Forest NPP		↑↑↑	↑↑	↑ to ↓	↓	↑ to ↓
	Northward/inland shift of tree species		↑↑↑	↑↑	↑↑	↑ to ↓	↓↓
	Stability of forest ecosystems		↓↓	↓	↓	↓↓↓	↓↓↓
	Shrublands NPP		↑↑↑	↑↑↑	↑	↓↓↓	↓↓
	Natural disturbances (e.g., fire, pests, wind-storm)		↓	↓	↓	↓↓↓	↓↓
	Grasslands NPP		↑↑↑	↑↑	↑ to ↓	↓↓↓	↑
Wetlands and aquatic ecosystems	Drying/transformation of wetlands		↓↓	↓	↓	↓↓↓	↓↓↓
	Species diversity		↑ to ↓	↑	??	↓↓	↓
	Eutrophication		↓	↓↓	↓↓	↓↓↓	↓
	Disturbance of drained peatlands		↓↓↓	↓	↓↓	na	↓↓↓
Biodiversity	Plants		↓↓	↓↓	↓↓↓(Mt)	↓↓↓	↓
	Amphibians		↓↓	↓↓↓	↑↑	↓↓↓(SW) ↑↑(SE)	↑↑↑
	Reptiles		↓↓	↓↓	↑↑	↓↓↓(SW) ↑↑↑(SE)	↑↑↑
	Marine mammals		↓↓↓	??	na	↓↓↓	??
	Low-lying coastal birds		↓↓↓	↓↓↓	na	↓↓↓	??
	Freshwater biodiversity		↑ to ↓	??	??	↓↓↓	??
	Agriculture and fisheries	Suitable cropping area		↑↑↑	↑↑	↑	↓
Agricultural land area			↓↓	↓↓	↓↓	↓↓	↓↓
Summer crops (maize, sunflower)			↑↑↑	↑↑	↑	↓↓↓	↓↓
Winter crops (winter wheat)			↑↑↑	↑↑	↑ to ↓	↓↓	↑
Irrigation needs			na	↑ to ↓	↓↓	↓↓↓	↓
Energy crops			↑↑↑	↑↑	↑	↓↓	↓
Livestock			↑ to ↓	↓	↓↓	↓↓	↓
Marine fisheries			↑↑	↑	na	↓	na
Energy and transport	Energy supply and distribution		↑	↑↑	↑	↓	↑
	Winter energy demand		↑↑	↑↑	↑	↑↑	↑
	Summer energy demand		↓	↓	↓↓	↓↓↓	↓↓
	Transport		↑	↓	↓	↓	↑
Tourism	Winter (including ski) tourism		↑↑	↓	↓↓↓	↑↑↑	↓↓
	Summer tourism		↑	↑↑	↑	↓↓	↑
Property insurance	Flooding claims		??	↓↓	↓↓	??	??
	Storms claims		↓	↓↓	↓↓	??	??
Human health	Heat-related mortality/morbidity		↓	↓↓	↓↓	↓↓↓	↓↓
	Cold-related mortality/morbidity		↑	↑↑	↑↑	↑	↑↑↑
	Health effects of flooding		↓	↓↓	↓↓	↓↓	↓↓
	Vector-borne diseases		↓	↓	↓	↓↓	↓↓
	Food safety/Water-borne diseases		↓	↓	↓	↓↓	↓↓
	Atopic diseases, due to aeroallergens		↓	↓	↓	↓	↓

na = not applicable                      ?? = insufficient information                      North = boreal and Arctic

Abbildung 6: Zusammenfassung der am meisten zu erwartenden Einflüsse des Klimawandels in Europa während des 21. Jahrhunderts ohne Anpassungsmaßnahmen  
Quelle: IPCC 2007, S. 565

Die Ergebnisse aus dieser umfassenden Literaturanalyse geben zwar einen ersten Überblick über zentrale Trends, sind aber für die Detailanalyse von Branchen in der Emscher-Lippe Region zu oberflächlich.

### *Stern- Review*

Einen stärkeren Schwerpunkt auf die ökonomischen Aspekte des Klimawandels setzt der Stern-Review, der ebenfalls 2007 veröffentlicht wurde. Im Rahmen des Reviews werden zunächst die „Auswirkungen des Klimawandels auf die Wirtschaft und die wirtschaftlichen Aspekte einer Stabilisierung der Treibhausgasemissionen in der Atmosphäre untersucht“. Auf dieser Basis werden dann die komplexen, politischen Herausforderungen analysiert, die der Übergang zu einer kohlenstoffarmen Gesellschaft und die Anpassung der Gesellschaft an die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels mit sich bringen.

Mit Hilfe von disaggregierten Methoden, wirtschaftlichen Modellrechnungen sowie „Vergleichen der derzeitigen und der künftig zu erwartenden ‚Sozialkosten der CO<sub>2</sub>-Emissionen‘ [...] mit den Grenzkosten der Emissionsminderung“ (Stern 2007) untersucht die Studie die volkswirtschaftlichen Kosten des Klimawandels und Nutzen von Maßnahmen zur Minderung von Treibhausgasemissionen. Grundlage für die ökonomische Bewertung sind die Auswirkungen, die weltweit steigende Treibhausgaskonzentrationen und höhere Temperaturen auf die fünf Sektoren Nahrung, Wasser und Ökosysteme sowie auf Extremwetterereignisse und das „Risiko rapider Klimaveränderungen und schwerer irreversibler Folgen“ haben. Berücksichtigt werden dabei unterschiedliche Stabilisierungsniveaus der Treibhausgasemissionen und der Temperatur sowie ihre Eintretenswahrscheinlichkeit.

Die Auswirkungen, mit denen weltweit bei einer Stabilisierung bei höheren Treibhausgasemissionen zu rechnen wäre, zeigt Abbildung 7. Die Einschätzungen der potenziellen Veränderung beruhen auf Grundlage einer Literaturstudie. Im oberen Teil sind die Temperaturbereiche, die bei verschiedenen Stabilisierungsniveaus zwischen 400 ppm und 750 ppm CO<sub>2</sub>e voraussichtlich erreicht werden, abgebildet. Auf der Basis von Studien des IPCC (2001) und des Hadley Centre wurde die Wahrscheinlichkeit im Bereich von 5-95% auf der durchgehenden Horizontallinie markiert. „Die Vertikallinie kennzeichnet den Durchschnitt des 50. Perzentils. Die gestrichelten Linien zeigen den Bereich einer 5 – 95%-igen Wahrscheinlichkeit auf der Basis“ von elf Studien. Die Spannbreite der Auswirkungen, mit denen bei verschiedenen Erwärmungsniveaus zu rechnen ist, ist im unteren Bereich abgebildet. Dabei ist zu beachten, dass die Zusammenhänge zwischen den globalen Veränderungen der Durchschnittstemperatur und den regionalen Klimaveränderungen, insbesondere hinsichtlich der Änderungen der Niederschlagsmengen, mit großer Unsicherheit behaftet sind.



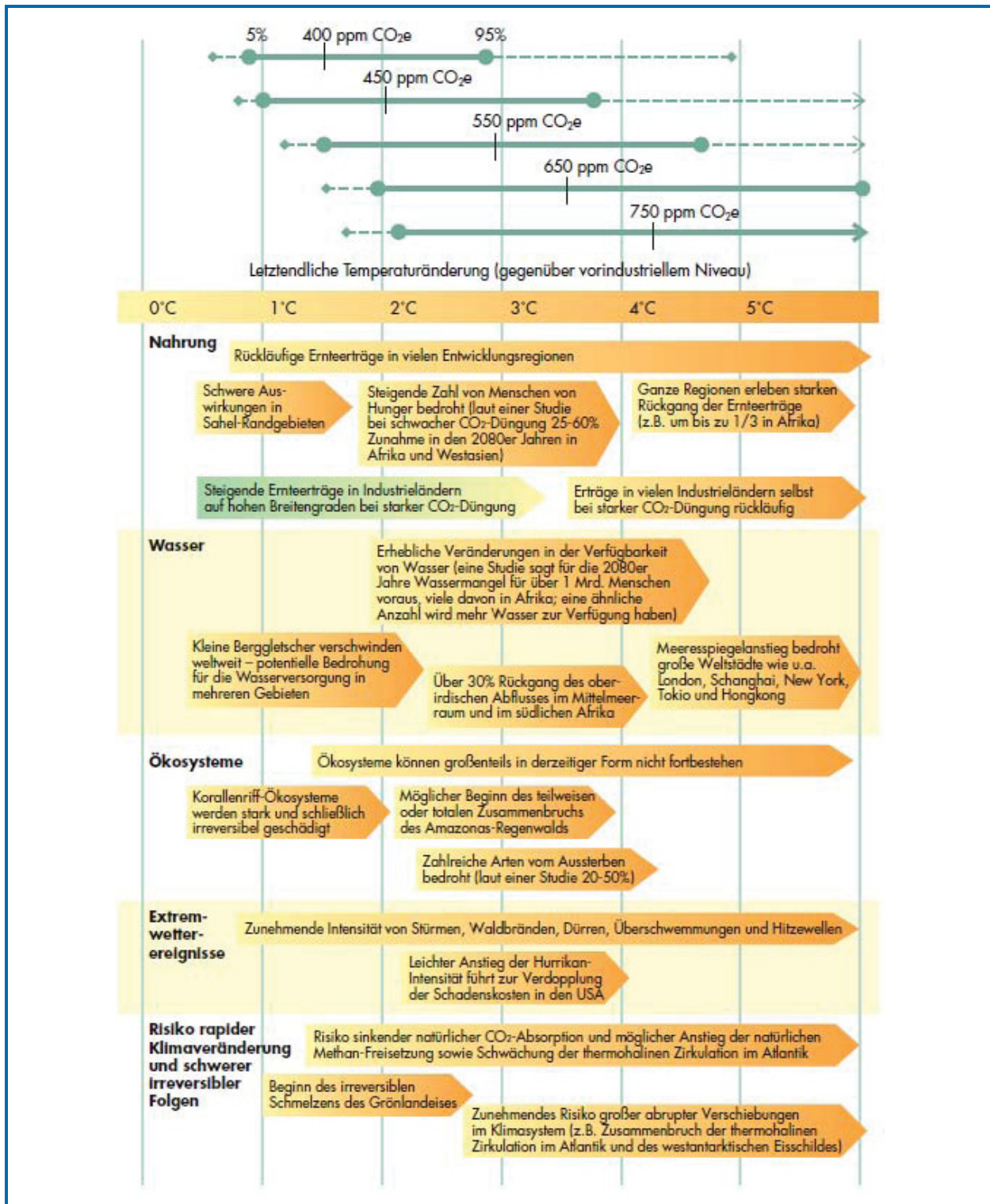


Abbildung 7: Darstellung des Stabilisierungsniveaus und der Wahrscheinlichkeitsbereiche des Temperaturanstiegs im Stern Review  
Quelle: Stern 2007, S. 4

Auch der Stern-Review liefert durch seine Schwerpunktsetzung zwar wichtige Informationen zu zentralen, globalen Trends, gibt aber keine detaillierten Analysen von Einzelbranchen.

**KPMG**

Eine sektorenspezifische Analyse der Folgen des Klimawandels aus einer globalen Perspektive erfolgt in der Studie „Climate Changes your Business“ des Beratungsunternehmens KPMG auf der Basis von 50 Literaturstudien. Untersucht wurden Quellen, die sich mit den wirtschaftlichen Risiken und Auswirkungen des Klimawandels auf Sektorebene befassen. Dabei kommt KPMG zu dem Schluss, dass im Allgemeinen zwischen den vier Risikodimensionen physischer Einfluss, Regulation, Reputation und Prozessrisiko unterschieden wird. Der physische Einfluss ist das am meisten vom Klimawandel bedingte Risiko, wohingegen Regulation, Reputation und Prozessrisiko als eher indirekte Risiken zu betrachten sind, primär die Antwort der Gesellschaft auf die Frage nach dem Umgang von Unternehmen mit den Klimabedingungen betreffen. Abbildung 8 gibt einen Überblick über wahrgenommene Risiko-Level von Sektoren für die vier Typen von Klimarisiken.

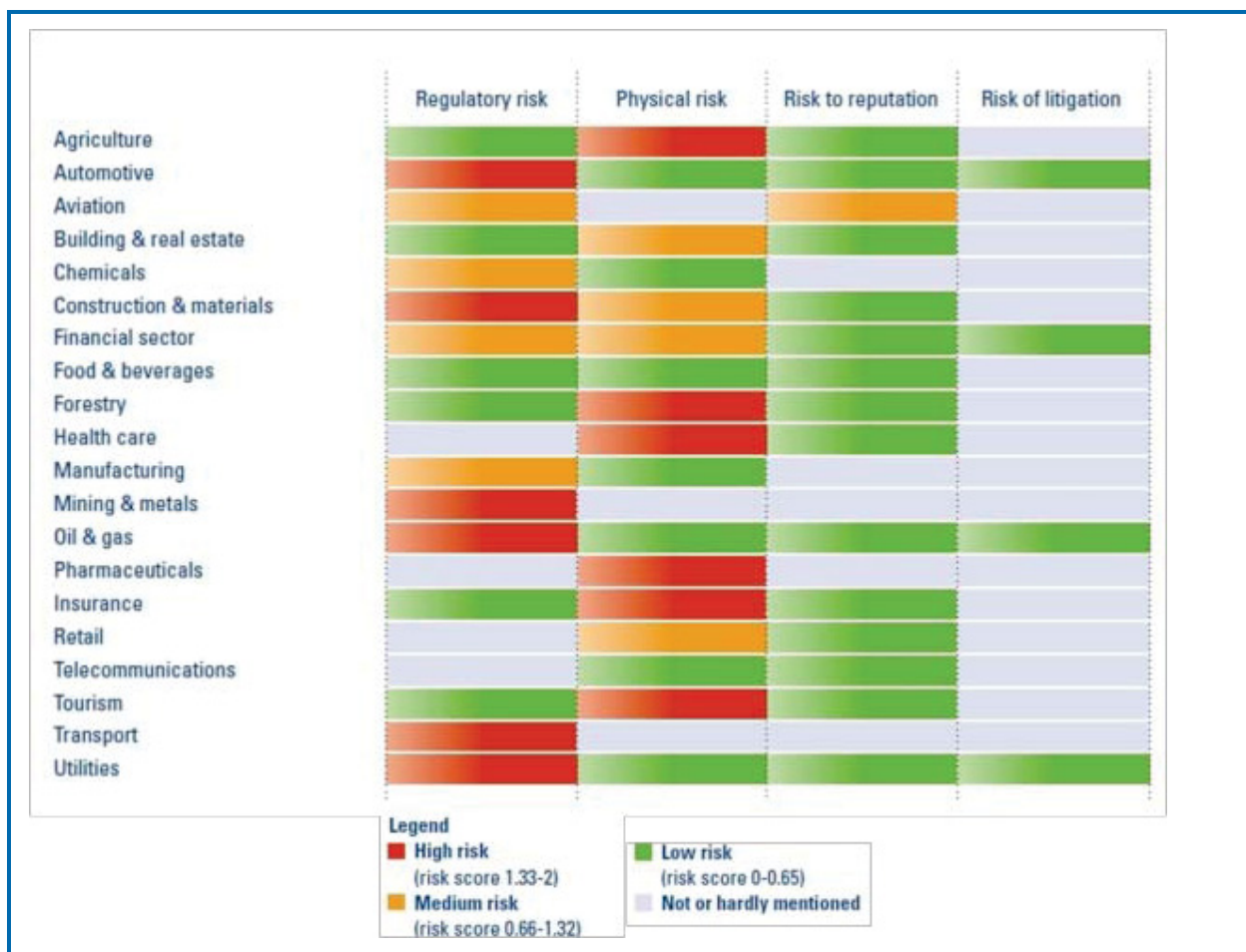


Abbildung 8: Wahrgenommene Risiko-Level von Sektoren für die 4 Typen von Klimarisiken Quelle: KPMG 2008, S. 45

Die in der Literaturstudie untersuchten Sektoren werden drei Risiko-Kategorien zugeordnet (vgl. Abbildung 9):

- „Danger zone“: Sektoren, bei denen das Risiko merklich größer ist als die Bereitschaft Vorkehrungen zu treffen.
- „Middle of the road“: Sektoren, bei denen Risiko und Bereitschaft annähernd zusammen passen.
- „Safe haven“: Sektoren, die einigermaßen gut vorbereitet auf den Klimawandel sind und nicht mit signifikanten Risiken konfrontiert zu sein scheinen.

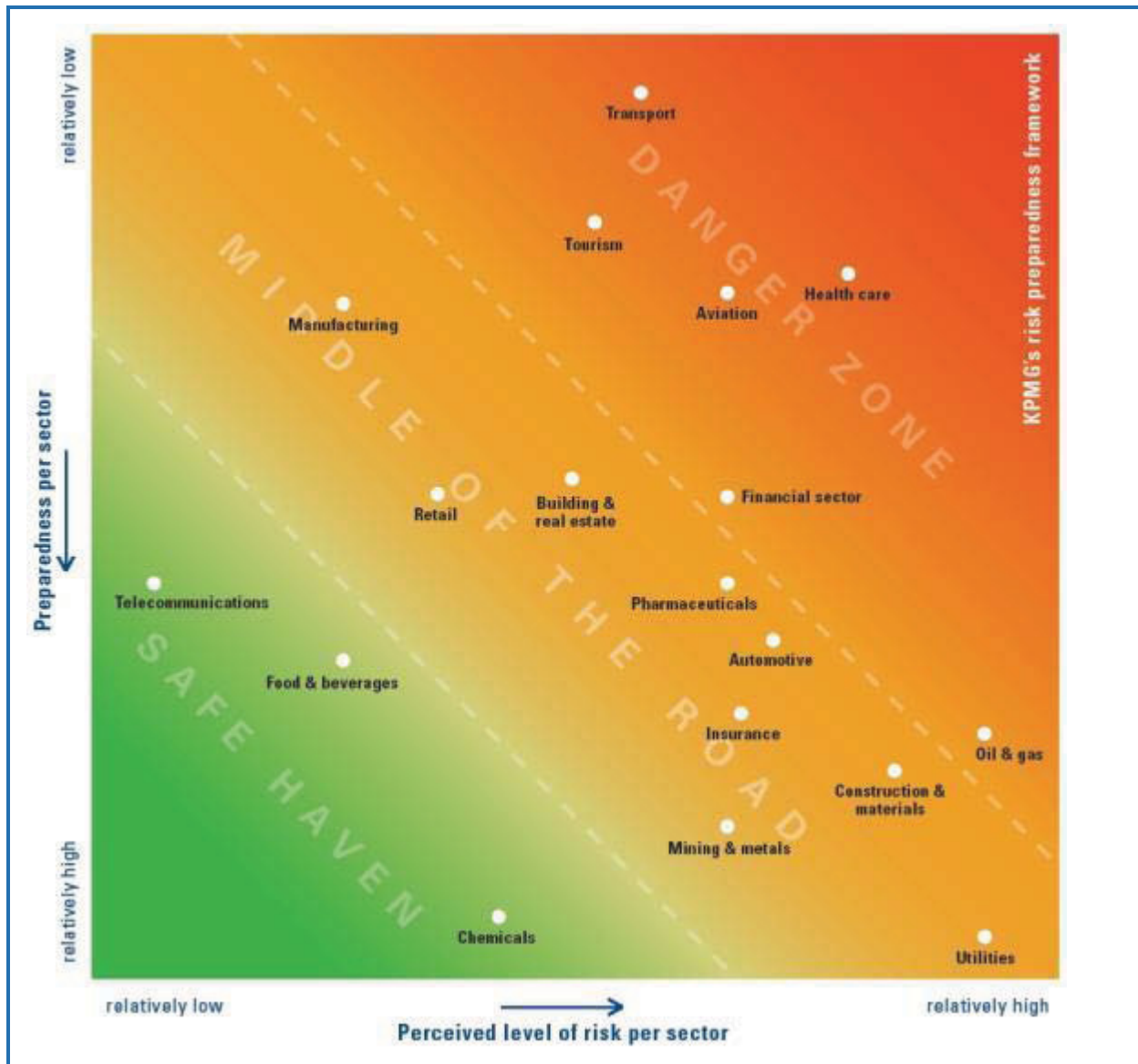


Abbildung 9: Zuordnung von Sektoren in Risikogruppen

Quelle: KPMG 2008, S. 48

Trotz der sektorspezifischen Untersuchung bleiben auch bei der KPMG Studie Fragen offen. Zum einen ist unklar, nach welchem Schema die Branchen den jeweiligen Gefahrenzonen zugeordnet wurden. Das Scoring-Modell wird nicht offen gelegt. Darüber hinaus bleiben die Analysen auf der qualitativen Ebene.



**DB-Research**

DB-Research hat 2007 mittels einer Literaturstudie die Betroffenheit von Branchen hinsichtlich der „klimatisch-natürlichen“ und der regulatorisch-marktwirtschaftlichen Dimension des Klimawandels untersucht. „Während erstere die Klimaänderungen umfasst, schließt letztere sämtliche staatlichen Maßnahmen zur Verlangsamung des Klimawandel und zur Anpassung an seine negativen Folgen sowie die Veränderungen von Preisen, Angebot und Nachfrage auf den internationalen Rohstoffmärkten und die Reaktion der Marktteilnehmer darauf ein“ (Heymann 2007, S. 6). Die Dimensionen bilden die Abszissen- und die Ordinatenachse des Koordinatensystems, in das, auf der Grundlage von Ceteris-paribus-Aussagen, die „Verlierer“ und „Gewinner“ des Klimawandels verortet wurden (vgl. Abbildung 10). Die Größe der Kreise und Ellipsen spiegelt dabei nicht die Bedeutung der Branchen wider, sondern das Ausmaß der Betroffenheit hinsichtlich der beiden Dimensionen des Klimawandels. Nach welchen Kriterien die Einordnung der Branchen genau erfolgt, wird nicht erläutert.

Im Blickpunkt standen die Energiewirtschaft, Land- und Forstwirtschaft, Bauwirtschaft und verwandte Branchen, das verarbeitende Gewerbe und Dienstleistungen. Der Prognosehorizont reicht in Abhängigkeit von klimatischen und regulatorischen Auswirkungen bis maximal 2030.

Die Analyse beschränkt sich auf eine rein qualitative Beschreibung und Bewertung der möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf Branchen in Europa, „da eine glaubhafte quantitative bzw. monetäre Analyse aufgrund der [...] vielfältigen Unsicherheiten nicht sinnvoll erscheint“. Somit bietet auch diese Studie keine Hinweise auf eine mögliche finanzielle Bewertung der Auswirkungen des Klimawandels.

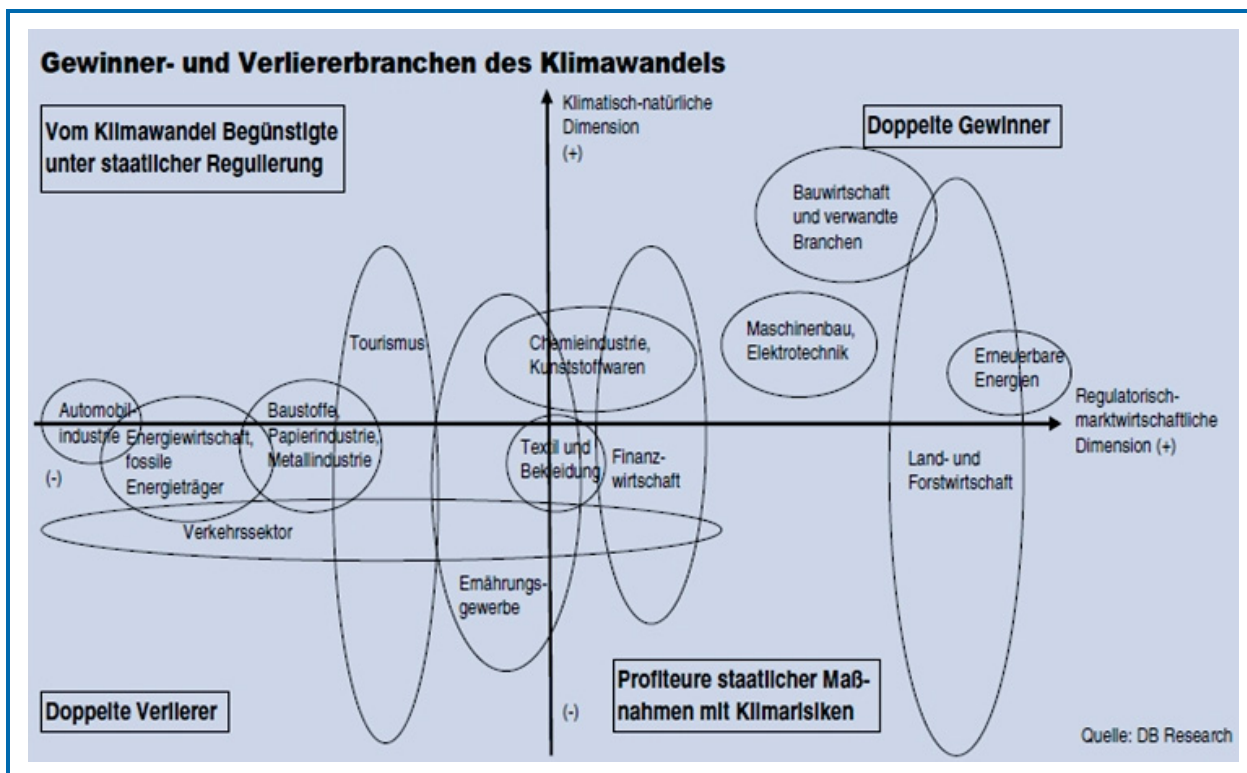


Abbildung 10: Gewinner- und Verliererbranchen des Klimawandels

Quelle: DB Research 2007, S. 29

**IW-Analysen**

Eine Einschätzung der Betroffenheit von Branchen durch den Klimawandel mittels einer deutschlandweiten Unternehmensumfrage hat das Institut der deutschen Wirtschaft (IW Köln) 2009 veröffentlicht. Grundlage bilden die IW-Umweltexpertenpanel im Juni (Befragung von 185 Umweltexperten) und September 2008 (Befragung von 182 Umweltexperten). Zur weiteren Analyse der Umfrage-Ergebnisse wurden aktuelle Studien wie z.B. von DB Research (2007) und KPMG (2008) herangezogen. Die Betroffenheit ausgewählter Branchen durch die verschiedenen Ausprägungen des Klimawandels zeigt Abbildung 11.

Branche	Häufigere und stärkere Stürme	Häufigerer Hagelschlag	Steigende Temperatur	Veränderte Niederschläge
Landwirtschaft	-	-	+/-	-
Forstwirtschaft	-	0	-	-
Wasserwirtschaft	-	0	-	-
Energiewirtschaft	-	0	-	-
Erneuerbare Energien	-	0	+/-	-
Pharmaindustrie	0	0	+	0
Bauwirtschaft	+	0	+	0
Immobilienwirtschaft	-	0	0	0
Verkehr	-	0	0	0
Logistik	-	0	0	0
Sommertourismus	0	0	+	+
Wintertourismus	0	0	-	0

– = starke negative Folgen    0 = weder starke negative noch positive Folgen    + = starke positive Folgen

Abbildung 11: Wesentliche natürliche Klimafolgen für ausgewählte Branchen

Quelle: IW 2009, S. 64

Auch hier wurde auf der Basis der qualitativen Analysen eine Einteilung der Branchen in Risikokategorien vorgenommen (vgl. Abbildung 12).

	Hohe Chancen	Geringe Chancen
Hohe Risiken	<b>Verwandlungsbereich</b> Landwirtschaft	<b>Risikobereich</b> Forstwirtschaft Wasserwirtschaft Energiewirtschaft Ernährungsindustrie Papierindustrie Immobilienwirtschaft Verkehr Logistik Wintertourismus
Geringe Risiken	<b>Chancenbereich</b> Erneuerbare Energien Pharmaindustrie Bauwirtschaft Sommertourismus	<b>Bereich geringer Anpassung</b> Textilindustrie Chemieindustrie Metall- und Elektroindustrie Sonstige Dienstleistungen

Abbildung 12: Anpassungschancen und -risiken ausgewählter Branchen

Quelle: IW 2009, S. 64

Entscheidend für die Zuordnung war dabei auch das Potenzial zur Anpassung. Wie das Potenzial zur Anpassung im Detail gemessen wurde und nach welchen Kriterien die Einordnung der Branchen letztendlich erfolgte, wird nicht näher erläutert.

## 5 Betroffenheit und Anpassungskapazität ausgewählter Branchen

Im Folgenden werden die Wirtschaftsbranchen anhand ihrer aktuellen Lage analysiert. Dabei wird eine rein qualitative Auswertung der Literatur auf dem aktuellen Stand vorgenommen und die Aspekte der Economic Sensitivity und der Adaptive Capacity der einzelnen Branchen herausgearbeitet.

Der regionale Fokus liegt hierbei auf Branchen, die in der *dynaklim*-Region von hoher Bedeutung sind und gleichermaßen neuralgische Ansatzpunkte für eine branchenübergreifende Synthese bieten. Eine klare Abgrenzung zwischen den einzelnen Branchen kann hier nicht vorgenommen werden, da die Übergänge zwischen ihnen oft fließend sind und die Komplexität des Themas eine solche Abgrenzung kaum zulässt.

### 5.1 Land- und Forstwirtschaft

#### *Betroffenheit – Risiken*

Allgemein werden sich die klimatischen Effekte stark auf die land- und forstwirtschaftliche Produktion auswirken, da diese in direkter Abhängigkeit zu den Witterungsverhältnissen steht. Die Vielfältigkeit und starke regionale Differenzierung der Landwirtschaft muss bei den Untersuchungen zu Klimafolgen und potenziellen Anpassungsmaßnahmen von daher besonders berücksichtigt werden. Nach Einschätzungen des PIK (2009) werden die negativen Auswirkungen auf NRW allerdings relativ gering sein. Direkte Anforderungen an die land- und forstwirtschaftliche Produktion ergeben sich aus Extremwetterereignissen wie Starkregen und Hagel, die vermehrt Ernteauffälle verursachen und die Planungssicherheit erschweren, aus der zunehmende Verdunstung durch erhöhte Temperaturen sowie dem Anstieg der CO<sub>2</sub> Konzentration in der Atmosphäre (vgl. Heymann 2007). Die Verfügbarkeit von Wasser wird trotz zunehmender Verdunstung in den Regionen Nordrhein-Westfalens kaum ein limitierender Faktor sein. Im Gegenteil kann eine steigende CO<sub>2</sub>-Konzentration einen Ertragsanstieg bewirken. Mit erheblichen Ertragssteigerungen können allerdings Qualitätsminderungen und geänderte Proteinzusammensetzungen, insbesondere bei Winterweizen, einhergehen (vgl. PIK 2009). Im Weiteren stellt der Verlust an Bodenfruchtbarkeit, u.a. durch beschleunigte mikrobielle Zersetzung von Böden und durch Bodenerosion, sowie die zu erwartende erhöhte Gefährdung durch Pflanzenschädlinge eine Herausforderung für die Land- und Forstwirtschaft dar (vgl. PIK 2009). Durch den vermehrten Einsatz von Düngungs- und Pflanzenschutzmitteln kann der Ausgleich bei den Bodenkapazitäten gebildet werden. Der vermehrte Einsatz an chemischen Produkten wird tendenziell zu Preissteigerungen bei Agrarprodukten u. Fleischerzeugnissen führen.

Die Forstwirtschaft wird hauptsächlich von einer steigenden Waldbrandgefahr sowie von zunehmenden Sturmereignissen getroffen werden. Besonders die für Deutschland forstwirtschaftlich wichtige Fichte wird häufig in Monokulturen angebaut, was in Stresssituationen das Risiko des Bestandes erheblich fördert. Verluste durch Orkane oder Schädlinge, wie bspw. den Borkenkäfer, können zu erheblichen Ausfällen, Minderung der Holzqualität und auch Preissteigerungen der Holzindustrie führen. Der Anbau in Mischwäldern und Maßnahmen zur Schädlingsbekämpfung können diesen Effekten entgegen wirken (vgl. Heymann 2007).

#### *Betroffenheit – Chancen*

Durch die staatliche Förderung von Bioenergie profitiert die Land- und Forstwirtschaft im Allgemeinen von den regulatorischen Bestimmungen. Die Anpassungsmaßnahmen der Branche sind zwar mit steigenden Kosten verbunden, werden jedoch in Deutschland von einer steigenden Nachfrage und höheren Preisen für land- und forstwirtschaftliche Produkte übertroffen werden (vgl. Heymann 2007).

#### *Anpassungskapazität*

Mit der Entwicklung neuartiger Technologien wird es möglich sein, auf lokale Gegebenheiten von Bodenbeschaffenheit oder den Wasserhaushalt zu reagieren sowie bei extremen Trockenperioden

und Stürmen besser Widerstand zu leisten. Eine weitere wichtige Anpassungsnotwendigkeit liegt in der Verfügbarkeit einer größeren Auswahl an Sorten für unterschiedliche Nutzungen: durch Züchtungen können Pflanzenmerkmale optimiert und genetischen Eigenschaften und Möglichkeiten von Nutz- und Wildpflanzen nutzbar gemacht werden (vgl. Zerbisch et al. 2005). Um die Stresstoleranz von Pflanzen zu erhöhen, die Anpassung an Standorte zu optimieren und damit den Bedarf an Pestiziden und Düngemitteln zu minimieren, gewinnt die Forschung in Gen- und Biotechnologien im Zuge des Klimawandels weiter an Bedeutung (vgl. Heymann 2007). Steigende Temperaturen haben nicht nur einen zunehmenden Einfluss auf die Belastbarkeit der Feldarbeiter/ Menschen sondern auch auf die Produktivität der Tiere. Ein Rückgang der Nahrungsaufnahme und Milchproduktion kann bereits heute bei höheren Temperaturen beobachtet werden. Hinzu kommen bisher wenig verbreitete Krankheiten, wie beispielsweise die Blauzungenkrankheit bei Wiederkäuern. In der Tierhaltung wird folglich im besonderen Maße auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Tiere geachtet werden müssen (vgl. Bundesregierung 2008).

### 5.2 Ernährungswirtschaft

#### *Betroffenheit – Risiken*

Die Ernährungswirtschaft ist in ihrer Aufrechterhaltung von Hygiene- und Qualitätsstandards besonders von steigenden Temperaturen betroffen (vgl. Nordwest2050 o.J.). Kritische Zeithorizonte zur Gewährleistung der Qualität von Gütern sowie hohe Lagerungskosten stellen die Branche vor hohe Herausforderungen in der Logistik sowie in den Anforderungen an neuste Kühltechnologien. Besonders in der Weiterverarbeitung tierischer und pflanzlicher Produkte ist die Einhaltung der Kühlkette von hoher Bedeutung (vgl. NEW.S 2004). Eine Preissteigerung von Nahrungsmitteln auf Grund des erhöhten Kühlungsbedarfs und der Abhängigkeit von stabilen Energiepreisen (vgl. Frith/ Colley 2004) ist ebenso zu erwarten wie ein Preisanstieg auf Grund höherer Ausgaben für Düngemittel, Pestizide und vermehrte Bewässerung (vgl. Lehman Brothers 2007). Neben der der Qualitätssicherung und Kühlung kommt der Logistikbranche im immer stärker zunehmenden Preisdruck der Ernährungsindustrie eine Kernkompetenz zu. In der Optimierung unternehmensübergreifender Supply-Chains, als Schnittsteller unterschiedlicher Wertschöpfungsebenen liegen große Optimierungschancen der gesamten Ernährungswirtschaft (vgl. NEW.S 2004).

#### *Betroffenheit – Chancen*

Der Kühlung bei Transport und Lagerung kommt mit steigenden Temperaturen eine enorme Bedeutung zu. Effiziente Kühltechnologien, eine Optimierung der Supply-Chain sowie ein zunehmender Bezug regionaler Produkte könnten die zu erwartenden Preissteigerungen in der Ernährungsindustrie dämpfen (vgl. Lehman Brothers 2007). Die Orientierung an Nachfragemustern aus wärmeren Ländern wird sich in besonders heißen Sommern auszeichnen: frische Lebensmittel, Erfrischungsgetränke und Speiseeis verdrängen Hersteller von (salzigen) Knabberartikeln und Schokolade in besonders warmen Monaten vom Markt (vgl. Heymann 2007).

#### *Anpassungskapazität*

Die Ernährungsindustrie steht in besonderer Abhängigkeit der Vorleistungen aus der Landwirtschaft und stabiler Energiepreise. Die Anpassungsmaßnahmen und regulative Einschränkungen der beiden Branchen werden erhebliches Ausmaß auf das Anpassungspotenzial der Ernährungswirtschaft haben.

### 5.3 Chemie- und Pharmaindustrie

#### *Betroffenheit - Risiken*

Die u.a. energie- und wasserintensive Produktion chemischer/pharmazeutischer Erzeugnisse erfordert unabdingbar die Verfügbarkeit von sauberem Wasser sowie die sichere Bereitstellung von Energie. Durch konstant ansteigende Temperaturen sowie Nutzungskonflikten mit weiteren stark wasser-

abhängigen Branchen (z.B. Energiebranche) wird der Faktor Wasserverfügbarkeit in der Klimaanpassung eine entscheidende Rolle spielen.

Aufgrund des hohen Rohstoffanteils an der chemischen Produktion ist die Gewährleistung einer effizienten und funktionsfähigen infrastrukturellen Anbindung wichtig. Eine prioritäre Aufgabe besteht darin, trotz steigender Temperaturen und einer potentiellen Verunreinigung von Ver- und Entsorgungsanlagen, wie beispielsweise Pipelines und vollintegrierte Stoffstromverbünde, die Infrastruktur auf mindestens aktuellem Stand aufrecht zu erhalten (vgl. ChemSite 2010).

Bei der Weiterverarbeitung und Lagerung chemischer/pharmazeutischer Stoffe ist die Einhaltung konstanter Temperaturen von großer Bedeutung. Vor dem Hintergrund konstant steigender Temperaturen und der zu erwartenden Zunahme an extremen Hitzeereignissen wird der Einsatz von Kühltechnologien in der Chemie- und Pharmaindustrie, sowohl für die chemische Reinheit der Produkte als auch für die Arbeitsbelastung der Mitarbeiter, vermehrt zum Einsatz kommen.

### **Betroffenheit - Chancen**

Als klassische Querschnittstechnologie spielt die Chemie- /Pharmaindustrie eine entscheidende Rolle in der Anpassung an den Klimawandel. Der Schutz von Maschinen und Anlagen sowie die Verbesserung der Wetterbeständigkeit von Infrastrukturen (z.B. Pipelines, Stromleitungen) kann durch die Entwicklung neuartiger Werkstoffe erreicht werden. Auch bei der Verwendung und Weiterentwicklung von Klimatechnologien kommen zahlreiche Produkte der chemischen Industrie zum Einsatz. Sie können zur Beschleunigung des technologischen Fortschritts in Klimaanpassung und Klimaschutz maßgeblich beitragen (z.B. Leuchtioden, Oberflächenveredelung, Photovoltaik, etc.) (vgl. Heymann 2007).

Auf Grund der Klimafolgen und des hohen Anpassungsbedarfs der weltweiten Landwirtschaft (vgl. Abschnitt „Landwirtschaft“) werden für die Chemieindustrie große Marktchancen in den Bereichen Dünge- und Pflanzenschutzmittel erwartet.

Neben der klassischen Chemieindustrie kann die **Pharmaindustrie** von den Klimafolgen profitieren, insofern Prognosen bezüglich des Auftretens bislang in Europa nicht verbreiteter Krankheiten oder Krankheitserreger eintreffen. Auf Grund höherer Temperaturen wird mit steigender Nachfrage nach Impfstoffen und Medikamenten gerechnet, die mit der Verbreitung neuer Krankheiten nach Norden über sog. Vektoren einhergeht (Übertragung der Krankheitserreger durch Zecken, Mücken etc.) (vgl. Heymann 2007). Ein neuer Markt wird auch für Medikamente der Allergitherapie erwartet, da eine weitere Ausbreitung von Pflanzen mit allergener Wirkung möglich ist (vgl. PIK 2009). Ebenso wird das häufigere Auftreten von extremen Hitzeereignissen in Kombination mit der demographischen Entwicklung die Pharmaindustrie vor Herausforderungen stellen. Hierzu werden Impulse aus dem gesamten Gesundheitssektor erwartet (vgl. PIK 2009). Konträr hierzu ist auf Grund milderer Winter mit einer sinkenden Nachfrage nach Grippemedikamenten und Erkältungsmitteln zu rechnen (vgl. Heymann 2007).

### **Anpassungskapazität**

Neben der direkten Klimabetroffenheit ist die Branche über regulatorische Rahmenbedingungen bereits stark in die deutsche Klimapolitik eingebunden. Aus klassischen Erfahrungen, welche die Branche beispielsweise aus der verpflichtenden Teilnahme am Emissionshandel ziehen kann, lässt sich eine erhöhte Branchenaufmerksamkeit für das Thema sowie ersten Erfahrungen in der Klimaanpassung vermuten.



## 5.4 Metallindustrie

### *Betroffenheit - Risiken*

Ähnlich wie die Chemieindustrie gehören die Metallerzeugung und -verarbeitung zu den energieintensiven Branchen. Auf Grund steigender und stark volatiler Energiepreise muss die Branche mit Wettbewerbsnachteilen gegenüber Ländern mit geringeren Energiepreisen rechnen. Die hohen Energiepreise führen v.a. in der Stahlindustrie zu Einschränkungen, ein Sektor, der bereits die Probleme des hohen internationalen Wettbewerbsdruck und der zunehmende Substitution durch Aluminium zu bewältigen hat (vgl. Heymann 2007).

### *Betroffenheit – Chancen*

Hohe Energiepreis, der steigende Wettbewerbsdruck sowie höhere Regularien im Umweltschutz lassen allerdings auch positive Effekte für einige Metallbereiche erwarten, insbesondere bei Uran und Aluminium (vgl. Lehman Brothers 2007). Die Stahlindustrie kann durch eine stärkere Spezialisierung auf hochwertige und anspruchsvolle Stahlsorten (vgl. Heymann 2007) Mitbewerber in Ländern verdrängen, die billigen Massenstahl herstellen, wie China oder Indien. Entscheidend wird dabei sein, ob es den deutschen Unternehmen gelingt, ihre Flexibilität und Entscheidungsfähigkeit zu erhöhen, um der Angebot- und Nachfragestruktur auf dem harten internationalen Stahlwettbewerb gerecht zu werden, ohne dabei durch überhöhte Preise dem Wettbewerb nicht standhalten zu können.

Neben der Substitution von Stahl durch Aluminium wird die Aluminiumindustrie durch stärkere Regularien der Emissionsgrenzen begünstigt. Für das Recycling wird gerade 5% der Energie benötigt, die für die Herstellung von Primärem Aluminium eingesetzt werden muss. Auch der Ausstoß von CO<sub>2</sub> ist bedeutend geringer. Die Verwendung von sekundärem Aluminium, Gewinnung durch Recycling, anstatt von Stahl im Transportsektor leistet einen erheblichen Beitrag, die CO<sub>2</sub> Emissionen zu senken. Mit zunehmenden Emissionsansprüchen an den Transportsektor wird die Nachfrage nach Aluminium enorm steigen (vgl. Lehman Brothers 2007). Neben dem Transportsektor, der bestrebt ist, den Gewichtsanteil von Metallen zu senken, ergeben sich Absatzchancen durch Reaktionen auf den Klimawandel in anderen Bereichen, wie der zunehmende Bau von Windkraftanlagen, der Austausch von Heizungsanlagen und der Bau neuer Kraftwerke (vgl. Heymann 2007).

Als weiteres Metall wird Uran weiter an Bedeutung gewinnen. Die energienachfragenden Schwellenländer Indien und China setzen in der Versorgung ihrer schnell wachsenden Industrien und des steigenden privaten Verbrauchs auf Kernenergie, der Bau von 30 neuen Kernkraftanlagen ist bereits in Planung. Uran ist in seiner Verwendung zur Stromgewinnung nahezu emissionsfrei (vgl. Lehman Brothers 2007). Neue Technologien werden nicht nur im Abbau des Schwermetalls erwartet, dessen Marktpreis auf Grund der hohen Nachfrage stetig steigt, sondern auch in der Lagerung und Entsorgung benötigt, um die Sicherheit von Mensch und Umwelt zu gewährleisten.

### *Anpassungskapazität*

Regulative Maßnahmen im Sinne der Mitigation beeinflussen die Metallbranche auf Grund ihrer hohen Abhängigkeit von Energie bereits heute. Bei einer weiteren Verschärfung der politischen Regulationen werden andere Branchen v.a. der Transportsektor nach innovativen leichtgewichtigen Metallen, zur Minderung ihrer eigenen Emissionen, nachfragen. Der internationale Wettbewerbsdruck unter dem die Branche bereits heute steht wird sich weiter verschärfen und die Branche somit zu Innovationen drängen.

## 5.5 Energie

### *Betroffenheit - Risiken*

Eine Betroffenheit der Energiewirtschaft kann sowohl auf der Seite des Angebots von sowie der Nachfrage nach Energie festgestellt werden. Auf Seiten des **Energie-Angebots** wird die enge themati-

sche Verknüpfung mit Wasserressourcen und Fragen des Wassermanagements deutlich (vgl. Wilbanks et al. 2007; Haas 2009). Bei den Risiken geht es hier vor allem um mögliche Produktionseinschränkungen wassergekühlter thermischer Kraftwerke aufgrund von Niedrigwasser und zu hohen Wassertemperaturen. Die möglichen Risiken und damit verbundenen Kosten der Brennstoffversorgung, Logistik, Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und der Energie-Verteilung zum Endkunden wurden bisher weniger intensiv beleuchtet (siehe auch Dunkelberg et al. 2009a). Bei der Brennstoffversorgung von Kohlekraftwerken kann sowohl Hoch- als auch Niedrigwasser einschränkend auf die Binnenschifffahrt wirken (vgl. Rothstein et al. 2008). Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien umfasst verschiedene Technologien. Für Windenergie sind in Nordeuropa bis zum Jahr 2050 voraussichtlich keine größeren durchschnittlichen Änderungen der Windgeschwindigkeiten zu erwarten. Allerdings besteht in dieser Frage wie auch hinsichtlich der Analyse möglicher Schäden durch Extremwetter-Ereignisse weiterer Forschungsbedarf (vgl. Eskeland et al. 2008; Pryor, Barthelmie 2010). Bei der Strom-Übertragung muss angesichts zunehmender Temperaturen mit steigenden Verlusten gerechnet werden. Untersuchungen zu Extremwetter-Schäden bei Strom-Übertragung und -Verteilung liegen nur punktuell vor. Die bestehenden Unsicherheiten hängen wesentlich damit zusammen, dass Extremwetter-Ereignisse nur schlecht vorherzusagen sind (vgl. Eskeland et al. 2008). Aufgrund der erwarteten Zunahme an Wetter-Extremen könnte der Bedarf an Speicher- und Regenergie steigen (vgl. Dunkelberg et al. 2009a).

Auf Seiten der **Energie-Nachfrage** wurden im Rahmen des EU-Projektes ADAM<sup>3</sup> die Konsequenzen des Klimawandels für Deutschland modelliert (vgl. Jochem et al. 2009): Zukünftig werden die Sommer wärmer, so dass die prognostizierten Ausgaben für Strom zum Kühlen bis zum Jahr 2050 um insgesamt rund 0,7 Mrd. Euro steigen (gegenüber einem Referenzszenario ohne Klimawandel). Dagegen ist bei Brennstoffen zum Heizen aufgrund wärmerer Winter mit Kosteneinsparungen in Höhe von insgesamt knapp 8 Mrd. Euro bis 2050 zu rechnen. Netto ergeben sich damit bei den reinen Energiekosten erhebliche Einsparungen. Hinzu kommen allerdings zusätzliche, durch den Klimawandel induzierte Investitionskosten. Diese werden für Kühl- und Klimatisierungsgeräte über die Zeit zunehmen und 2050 in Deutschland rund 1,8 Mrd. Euro pro Jahr betragen.

### **Betroffenheit - Chancen**

Chancen für die Energiewirtschaft Deutschlands und Europas werden vor allem in Kraftwerkstechnologien sowie auf der Energie-Angebotsseite im Bereich der erneuerbaren Energien beschrieben. Kohle wird für viele Schwellenländer, insbesondere für China, auf Grund großer eigener Kohlevorkommen, auf absehbare Zeit der Hauptenergieträger sein. Eine höhere Effizienz - aus Kostengründen und ökologischen Aspekten - wird moderne Kraftwerkstechnologien eine hohe Bedeutung zuschreiben, was große Chancen für den Export deutscher und europäischer Technologien eröffnet. Als klarer Gewinner der klimafokussierten Politik wird erneuerbaren Energien sowohl in den Industrienationen wie auch in vielen Schwellenländern eine größere Rolle beigemessen. Klare Vorteile der erneuerbaren Energien liegen in der Dezentralisierung der Energieversorgung und Verbesserung der Versorgungssicherheit, wovon deutsche Anbieter, die in vielen Gebieten zu den technologisch führenden Nationen gehören, in hohem Maße profitieren können (vgl. Heymann 2007). Neben den technologischen Chancen deutscher Anbieter werden erneuerbare Energien direkt von den Klimafolgen profitieren. Beispiele hierfür wären eine erhöhte Biomasseproduktion unter günstigeren klimatischen Bedingungen, Produktionssteigerungen bei Solarenergie wegen geringerer Wolkenbildung oder höhere Erträge bei Wasserkraftwerken durch eine Zunahme der Flusswassermenge (vgl. Eskeland et al. 2008; Dunkelberg et al. 2009a).

Die hohe volkswirtschaftliche Bedeutung der Energieversorgung, sowohl für die industrielle Produktion, das Transportwesen/ den Handel als auch für die Bevölkerung, lässt die Nachfrage nach energienahen Dienstleistungen stetig ansteigen. Von dem neuen Geschäftsfeld profitieren Energieversorgungsunternehmen, zahlreiche Energieagenturen, Verbraucherzentralen, kommunale und verbands-

---

<sup>3</sup> Adaptation and Mitigation Strategies Supporting European Climate Policy

bezogene Beratungsaktivitäten, eine Vielzahl an Ingenieurbüros sowie weitere Anbieter von Consulting, Beratung, Information/ Kommunikation (vgl. Hennische 2007). Beratungsbedarf besteht auch im Bereich Emissionshandel sowie bei der Betreuung, Durchführung und Zertifizierung von Klimaschutzprojekten im Sinne des Kyoto-Protokolls (CDM und JI-Projekte). Ein weiteres zukunftsfähiges Geschäftsmodell liegt in der Möglichkeit privater Haushalte und Unternehmen, ihre Treibhausgasemissionen durch Investition in Klimaschutzprojekte im Ausland zu kompensieren (vgl. Heymann 2007).

### **Anpassungskapazität**

In der gesamten Branche ist der Einfluss regulatorischer Maßnahmen besonders groß. Auch in der Zukunft ist eine noch stärkere regulatorische Betroffenheit durch staatliche Maßnahmen zu erwarten, welche die natürlich-physikalische Betroffenheit übertreffen wird. Belastet wird durch regulatorische Einschränkungen hauptsächlich die traditionelle Energiewirtschaft (vgl. Mahammadzadeh/Biebeler 2009), von Subventionen profitieren wird hingegen der Sektor der erneuerbaren Energien. Der Planungssicherheit hinsichtlich staatlicher Förderprogramme sollte von daher erhöhte Aufmerksamkeit zugewendet werden (vgl. Heymann 2007). Die führende Stellung deutscher Unternehmen auf dem Weltmarkt mit seinen herausragender Forschungs-, Entwicklungs- und Exportstrukturen lässt den aufgestellten Sektor sehr positiv in die Zukunft blicken.

## **5.6 Baugewerbe und verwandte Branchen**

### **Betroffenheit - Risiken**

Wetterextreme wie heiße Sommer, Hagel, vermehrtes Sturmrisiko können zu einer verminderten Arbeitsproduktivität führen, die ggf. durch längere Pausen und einem früheren Arbeitsbeginn an Hitzetagen ausgeglichen werden könnten (vgl. Heymann 2007), bei Eistagen, Hagel und Sturmböen muss mit Arbeitsausfällen gerechnet werden.

### **Betroffenheit - Chancen**

Die Baubranche und verwandte Branchen profitiert in hohem Maße von den weltweiten Klimaveränderungen. Die Branche selbst profitiert von milderen Wintern mit besseren Arbeitsbedingungen und kann gleichzeitig durch weniger witterungsbedingte Arbeitsausfälle mit einer höheren Planungssicherheit rechnen (Heymann 2007).

Ein deutlicher Auftragsgewinn ist durch Anpassungsmaßnahmen anderer Bereiche/ Gebiete zu erwarten. Extremwetterereignisse stellen neue Anforderungen an den Deichbau sowie den gesamten Verkehrssektor, durch die Sonderkonjunkturen ausgelöst werden können: hohe Geldsummen werden bereits heute in die Reparatur wetterbedingter Schäden (z.B. Spurrillen im Asphalt) sowie in Maßnahmen zum Küsten- und Hochwasserschutz investiert. Hierbei sind vor allem Technologieentwicklungen im Bereich Straßenbelag zu erwarten. Ebenso führen Wetterschäden an Gebäuden sowie deutliche Auftragszuwächse durch die Sanierung öffentlicher Gebäude und Altbauten zu weiteren Aufträgen (vgl. Heymann 2008). Neue Entwicklungen an Dämmstoffen, Heizsystemen und Verglasungen etc. werden bei der Sanierung eingesetzt. Auch das Gebäudemanagement gewinnt immer mehr an Bedeutung, intelligente Regel- und Steuersysteme für Wärme, Kühlung und Licht werden in der Anpassung an den Klimawandel eine hohe Nachfrage auslösen (vgl. Heymann 2007).

### **Anpassungskapazität**

Begünstigt wird der wachsende Markt durch die Schwerpunktsetzung der deutschen Klimapolitik (u.a. Industrieländer) auf die Renovierung und Sanierung von Altbauten. In Deutschland standen bis 2009 alleine 1,4 Milliarden € für das CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm bereit. Mit der Einführung des Energiepasses und der Novelle der Energieeinsparverordnung bei Neubauten wurden auf regulatorischer Seite die dementsprechenden Impulse gesetzt (vgl. Heymann 2008).



## 5.7 Verkehr und Logistik

### *Betroffenheit – Risiken*

Die hohen weltweiten Verflechtungen der deutschen Industrie messen dem Verkehrssektor eine enorme Bedeutung zu. Engpässe, Pünktlichkeit und Lieferausfälle können zu erheblichen Beeinträchtigungen von Wirtschaft und Bevölkerung führen (vgl. Heymann 2008). Insbesondere können Probleme in der Just-in-Time Lieferung und der darauf folgenden Produktionsprozesse eintreffen. Wettbewerbsnachteile ergeben sich v.a. für Branchen, die bislang in ihrer Beschaffungsstrategie Lagerungskosten soweit wie möglich senken, um möglichst geringe Durchlaufzeiten zu erzielen (vgl. Mahammadzadeh/ Biebeler 2009). Beeinflusst wird die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit des Transportwesens durch zunehmende Schäden der Infrastruktur auf Grund von Extremwetterereignissen (Starkregen und Stürme) sowie durch die Zunahme von Hitzetagen (vgl. Hoffmann/ Rotter/ Welp 2009). Material- und Strukturschäden stellen für die Funktionsfähigkeit der Infrastruktur das größte Problem dar (vgl. Bundesregierung 2009). Der Wechsel von Frost und Hitzetagen führt zunehmend zu thermischer Expansion an Schienen, Straßen und Brücken, was hohe Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit und -zuverlässigkeit hat. Eine zu hohe Wärmebelastung führt wie in den bereits angeführten Branchen zu enormen Belastungen der Arbeitskräfte, was mit längeren Pausen und einer verbesserten Kühlung von Fahrerkabinen ausgeglichen werden kann (vgl. Mahammadzadeh/ Biebeler 2009).

Langanhaltende Hitzeperioden führen zu enormen Einschränkungen der Binnenschifffahrt, wodurch ein wichtiger logistischer Träger der *dynaklim*-Region getroffen wird. Dauerhaft niedrige Pegelstände können zu erheblichen Lieferausfällen in der Region führen, wodurch die Produktionsprozesse nachhaltig gestört werden. Einschränkungen im Schienenverkehr entstehen vermehrt durch Unterspülungen der Schienen und Tunnel sowie durch gestörte Oberleitungen durch Starkwinde (vgl. Hoffmann/ Rotter/ Welp 2009).

### *Betroffenheit – Chancen*

Verbesserungen und der Einsatz neuer Technologien im Straßen- und Schienenbau können das Risiko eines wetterbedingten Ausfallens der Infrastruktur vermindern. Die deutsche Industrie ist bereits führend im Bereich der Asphaltmischung, sowie bei Hightech-Produkte wie Bau- und Spezialmaschinen (z. B. satellitengestützte Navigation, Inlineverfahren oder unterirdische Rohrvortrieb) (vgl. DIW 2007). Neben diesen technischen Maßnahmen gehören eine veränderte Planung und Instandhaltung und ein verbessertes Monitoringsystem zu den wichtigsten Parametern, die Verkehrsinfrastruktur funktionsfähig zu halten (vgl. DIW 2007).

Intelligente Verkehrssteuerungskonzepte dienen hauptsächlich der Optimierung des Verkehrsflusses können aber auch zu einer weiteren Verschiebung des Modal Split beitragen. Zu ihnen zählen Intelligente Verkehrsleitsysteme wie beispielsweise intelligent gesteuerte Ampeln und elektronische Autobahnleitsysteme, welche in Deutschland mit einem hohen Innovationspotential verbunden sind (vgl. BMU 2009). Der Markt für Verkehrsstelematik erfährt derzeit 6% Wachstum p.a., bis 2020 wird mit einer Verdoppelung des Marktvolumens gerechnet. Dt. Unternehmen beherrschen im Bereich Verkehrsstelematik bereits 1/5 des Weltmarktes (vgl. DIW 2007).

### *Anpassungskapazität*

Der Verkehrssektor, insbesondere der Straßenverkehr, unterliegt auf Grund seines stetigen Wachstums und seinem Beitrag zum Ausstoß von Klimagasen bereits heute starken Regularien und muss auch in Zukunft mit weiteren politischen Vorgaben rechnen (vgl. BMU 2009). Für die Logistikbranche bestehen derzeit noch keine konkreten Vorgaben, obwohl der Branche eine außerordentlich hohe Bedeutung in der Versorgung von Wirtschaft und Gesellschaft zukommt (vgl. Hoffmann/ Rotter/ Welp 2009).

## 5.8 Versicherungsunternehmen/ Finanzwirtschaft

Versicherungsunternehmen werden deutlich von den Folgen des Klimawandels beeinträchtigt. Hohe Belastungen zeigten sich bereits in vergangenen Extremwetterereignissen wie der Elbe-Flut oder des Orkans Lothar (Mahammadzadeh 2008). Die großen Rückversicherer rechnen in den kommenden 50 Jahren mit zusätzlichen Kosten von bis zu 100 Mrd. Euro durch den Klimawandel (vgl. Kemfert 2007). Die Klimarisiken sind auf Grund fehlender historischer Erfahrung ein schwer kalkulierbares Risiko und erhöhen die Unsicherheit der Versicherungsbranche (vgl. Heymann 2007). Diese wird auf die Anforderungen des Klimawandels mit einer Erhöhung von Versicherungsprämien und Selbstbeteiligungen sowie mit der Nichtversicherbarkeit von bestimmten Gefahren und neuen Versicherungsangeboten reagieren (Mahammadzadeh 2008).

Unternehmen, deren Branchen besonders vom Klimawandel betroffen sind und eine geringe Bereitschaft zur Anpassung aufweisen oder sich nicht anpassen können, müssen mit einer schlechteren Bewertung an der Börse rechnen. Unternehmen, die sich an den Klimawandel anpassen oder sogar aktiv an der Emissionsverminderung teilnehmen, werden sich an den Börsen mittel- bis langfristig besser stellen können (vgl. Kemfert 2007). Die Entwicklung und der Vertrieb von Finanzmarktprodukten werden von den Banken übernommen, die es ermöglichen, Klimarisiken zu versichern und diese über Wetterderivate, Catastrophe bonds, GDP-linked bonds etc., auf den Kapitalmarkt zu übertragen. Erhebliche Zunahmen werden bereits bei Angebot und Nachfrage von Anlageprodukten mit Klimabezug verzeichnet (vgl. Heymann 2007).

## 5.9 Gastgewerbe/ Tourismus

Das Gastgewerbe und der Tourismus werden besonders von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen sein. Änderungen des Klimas und somit auch des Wetters haben erheblichen Einfluss auf die Wahl der Urlaubsregion und lassen bei ansteigenden Temperaturen auf eine Verschiebung der Urlaubsdestinationen schließen. In den Urlaubsregionen des Mittelmeerraums wird der Sommertourismus wahrscheinlich abnehmen. Zuwächse können sie vermutlich im Frühjahr und Herbst auf Grund der angenehmeren Temperaturen verbuchen (vgl. Heymann 2007). Mehr Sommertage und weniger Niederschläge begünstigen hingegen die nördlicheren Urlaubsregionen, wie Ost- und Nordsee. Der Übernachtungsanteil ausländischer Touristen, die v.a. aus den heißen Mittelmeerregionen stammen, wird voraussichtlich zunehmen. Langfristig geht das PIK von einem klimabedingten Nachfragezuwachs für Deutschland um 30% aus (vgl. PIK 2009). Der Wintersport wird in niedrig gelegenen Skigebieten zu einer Herausforderung auf Grund milderer Winter mit weniger Schneefall (vgl. PIK 2009). Das Angebot von alternativen Aktivitäten (Wandern, Wellnessaufenthalte etc.) v.a. in den niedrigen Lagen könnte dazu beitragen, den ausbleibenden klassischen Wintertourismus auszugleichen. Städtereisen, die hauptsächlich im Frühjahr und Herbst unternommen werden, Kulturtrips, Wellnessurlaub und andere Themenreisen sind weitgehend unabhängig von klimatischen Änderungen (vgl. Zerbisch u.a. 2005)

Der allgemeine Trend zu späten Reisebuchungen und der daraus verschlechterten Planungssicherheit der Tourismusbranche wird auf Grund steigender Unsicherheiten bezüglich des Wetters verstärkt (vgl. Heymann 2007). Zunehmende klimapolitische Maßnahmen werden, u.a. durch steigende Kosten für Mobilität, die wirtschaftliche Attraktivität von Fernzielen senken, Nahziele werden an Beliebtheit gewinnen. Höhere Energiepreise spielen für touristische Einrichtungen wie Hotels, Swimmingpools, Schneekanonen, Klimaanlage, Freizeitparks usw. eine zunehmende Rolle (vgl. Ehmer 2008). Trotz der hohen Klimaaffinität des Tourismussektors bleibt unbestritten, dass der Sektor auch weiterhin zu den Wachstumsbranchen zählen wird (vgl. Heymann 2007).

## 6 Zusammenfassung der Ergebnisse und weiterer Forschungsbedarf

Die Literatur- und Quellenanalyse des Arbeitsbereichs „Klimafokussierte Wirtschaftsentwicklung“ des Netzwerk- und Forschungsprojekts *dynaklim* wurde anhand von rund 70 ausgewählten internationalen und nationalen Studien durchgeführt. Im Ergebnis der Synopse sollte ein möglichst detailliertes Bild über die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wirtschaft bzw. einzelne Branchen in der Em-scher-Lippe Region und dem Ruhrgebiet entstehen. Daher war es von Bedeutung, neben der globalen Einschätzung der Betroffenheit von Branchen, wie sie in internationalen Studien ohne Berücksichtigung regionaler Besonderheiten erfolgt, auch regionalspezifische Informationen in die Synopse ein zu beziehen. Somit wurden nicht nur Studien von anerkannten Forschungsinstituten und Beratungsunternehmen ausgewertet, sondern auch Berichte und Studien von Branchenverbänden, Clustern und Unternehmen.

Leitend für die Auswertungen der Studien und Berichte war zum einen die Frage nach den grundlegenden Aussagen, die zu den Risiken, Chancen und zur Anpassungsfähigkeit von Branchen hinsichtlich der Folgen des Klimawandels getroffen werden und zum anderen die Frage nach Kriterien und Indikatoren, die zur Bewertung der Vulnerabilität bzw. Adaptive Capacity herangezogen wurden.

Grundsätzlich wird in der Literatur zwischen direkter und indirekter Betroffenheit unterschieden. Die direkte Betroffenheit bezieht sich auf die direkten natürlich-physikalischen Auswirkungen des Klimawandels wie Extremwetterereignisse und deren Folgen sowie auf den langsamen aber kontinuierlichen Anstieg der Durchschnittstemperaturen. Die indirekte Betroffenheit umfasst mittel- bis langfristige Veränderungen, die Einfluss auf die wirtschaftlichen Prozesse haben. Zu ihr zählen die marktliche und regulatorische Betroffenheit sowie die Betroffenheit in internationalen Wertschöpfungsketten. Damit haben die mit dem Klimawandel einhergehenden Veränderungen von Temperatur, Niederschlagsmenge und –intensitäten direkte und indirekte Auswirkungen auf unterschiedliche Ebenen des Wirkungsgefüges in dem sich Branche und Unternehmen befinden (vgl. Abbildung 5). Die Handlungsoptionen von Branchen und Unternehmen sind primär im Bereich der Innovationen zu sehen. Daher erfolgte die detaillierte Auswertung der Studien und Berichte anhand der Kategorien, wie sie in Abbildung 13 aufgeführt sind.

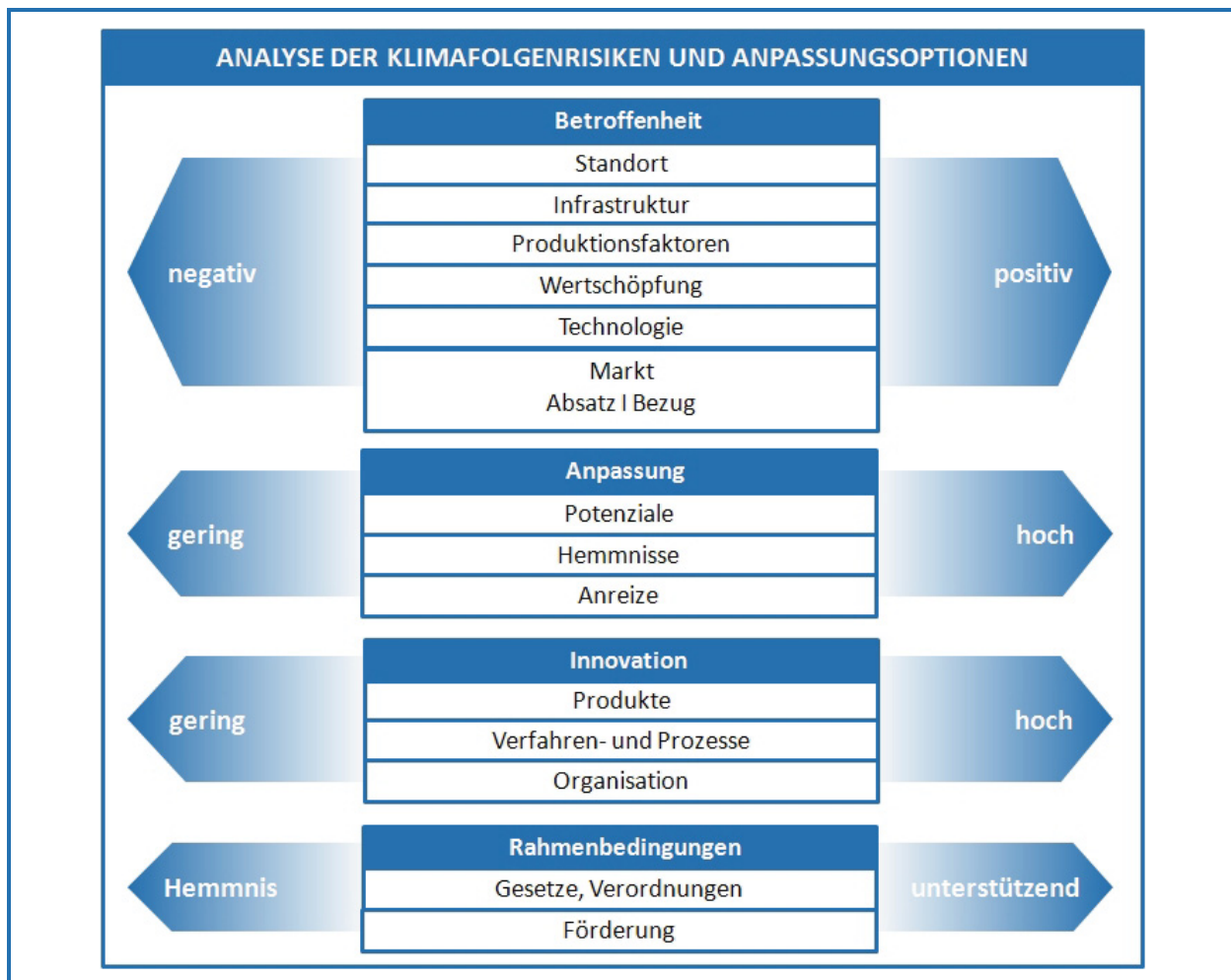


Abbildung 12: Untersuchungskategorien der Literatursynopse

Quelle: eigene Darstellung

Die Mehrzahl der untersuchten Studien und Berichte basiert auf Auswertungen vorhandener Literatur und weist einen eher übergreifenden Charakter auf. Einige wenige haben Unternehmensbefragungen zur Grundlage. Die Ergebnisse der Befragungen wurden teilweise branchenspezifisch analysiert und erfassen auch überregionale Spezifika von Branchen, womit eine erste Einschätzung auf nationaler Ebene möglich ist. Dennoch konzentrieren sich detaillierte branchenspezifische Aussagen in der Literatur auf wenige Branchen. Damit beschränkt sich die Auswertung der vorliegenden Synopse auf folgende Branchen:

- Land- und Forstwirtschaft
- Chemieindustrie
- Pharmaindustrie
- Metallindustrie
- Energiewirtschaft
- Verkehr- und Logistik
- Bau- und Immobilienwirtschaft
- Versicherungswirtschaft
- Tourismus

Insgesamt wurde in der Literaturlauswertung deutlich, dass Branchen und Unternehmen sowohl negativ als auch positiv von den Folgen des Klimawandels betroffen sind, wodurch weder eine klare Risiko- noch eine klare Chancen-Dominanz für die deutsche Wirtschaft hinsichtlich der Klimawandelfolgen ausgemacht werden kann.

**Risiken** werden hauptsächlich in Extremwetterereignissen und deren negativen Folgen für die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit gesehen:

Das plötzliche und nur schwer voraussagbare Auftreten lokaler ad-hoc Ereignisse, wie z.B. Extremniederschlägen, führt zu physischen Risiken an den Standorten und zu Unsicherheiten in der Versorgungsinfrastruktur:

- Störungen in der Wasser- und Energieversorgung sowie in Transportwegenetzen und Logistik stellen die größten unmittelbaren Risiken der für Industrie und Energiewirtschaft dar.
- Ernteaufälle auf Grund von Hagel, Stürmen und vermehrten Hochwasserständen sowie eine Verminderung des Waldbestandes durch Orkane sind eine besondere Herausforderung für die Land- und Forstwirtschaft.
- Eine negative Betroffenheit der Tourismuswirtschaft in Deutschland ist in Folge von Störungen der Verkehrsinfrastruktur aufgrund von Extremwetterereignissen gegebenenfalls hinsichtlich der Erreichbarkeit der Tourismusdestinationen zu erwarten.

Der langfristige Klimawandel in Form des langsamen, aber stetigen Anstiegs der Durchschnittstemperaturen, verbunden mit kurzen Hitzeperioden in den Sommermonaten stellt die gesamte Wirtschaft vor die Herausforderung, Produktionsanlagen und Mitarbeiter vor zu hohen Wärmebelastungen zu schützen:

- Zunehmende Hitzebelastungen sind vor allem in der landwirtschaftlichen Produktion und im Baugewerbe kritisch zu sehen, da Arbeiter in diesen Sektoren den klimatischen Bedingungen direkt ausgesetzt sind.
- Auch in der Industrie- und Energiewirtschaft führen anhaltende Hitzeperioden zu einer Leistungsminderung der Arbeiter und erhöhtem Störrisiko der Maschinen.

Neben den Risiken bergen die Auswirkungen des Klimawandels für verschiedene Branchen auch eine Reihe von **Chancen**:

- Im Bereich der Land- und Forstwirtschaft sind sie eher begrenzt und beschränken sich auf veränderte Fruchtfolgen sowie den Anbau wärmeliebender Pflanzen und Pflanzen zur Produktion von Biogas.
- Das Baugewerbe kann durch Anpassungsmaßnahmen, wie z.B. Deichbauvorhaben sowie durch Wetterschäden an öffentlichen und privaten Gebäuden und Infrastrukturen, mit einer höheren Auftragslage rechnen.
- Für den Bereich des Verkehrs und der Logistik sind Chancen vor allem im Bereich der Technologien und der Organisationsentwicklung zu erwarten. So werden z.B. neuer Werkstoffe zur Anpassung des Schienen- und Straßenverkehrs an veränderte Wetterlagen benötigt, effizientere Kühltechnologien für Lagerung und Transport, insbesondere von Kühlprodukten, sowie Optimierung und Weiterentwicklungen des Supply-Chain.
- Von der Entwicklung neuer Werkstoffe effizienterer Klimatechnologien profitiert auch die Chemieindustrie. Ebenso wird ein erhöhter Bedarf an neuen Dünge- und Pflanzenschutzmitteln erwartet.
- Der Pharmaindustrie wird im Bereich der Produktinnovationen ihre größten Chancen haben: Neue Krankheitserreger und vermehrte Allergien fordern die Entwicklung neuer Medikamente und Impfstoffe.

- Hohe Energiepreise, steigender Wettbewerbsdruck und höhere Regularien im Umweltschutz lassen für einige Metallbereiche, insbesondere Uran und Aluminium, positive Effekte erwarten. Da es ein nahezu emissionsfreies Metall ist, werden sich z.B. der Einsatzbereich und damit der Absatzmarkt von Aluminium erweitern.
- Mit der weiteren Spezialisierung auf hochwertige und anspruchsvolle Stahlsorten könnte sich die Deutsche Stahlindustrie im hart umkämpften Weltmarkt über das Merkmal der Qualität behaupten.
- Die Chancen der Energiebranche ergeben sich einerseits durch die Entwicklung neuer Kraftwerkstechnologien. Die größte Chance des Sektors liegt aber in der Entwicklung der erneuerbaren Energien, die durch ihre dezentrale Versorgung Versorgungssicherheit erhöhen und sicherlich auch künftig von regulatorischen Maßnahmen zum Klimaschutz profitieren werden.

Durch die Synopse wurde deutlich, dass die Analyse der ökonomischen Aspekte des Klimawandels immer weiter vorangetrieben wird. Allerdings besteht derzeit für die Erarbeitung einer effektiven und effizienten Anpassungsstrategie einer klimafokussierten Wirtschaftsentwicklung weiterer Forschungs- und Handlungsbedarf:

- Eine **detaillierte Analyse der standort- und marktbezogenen Betroffenheit der regionalen Wirtschaft**. Dadurch können einerseits rechtzeitig Maßnahmen zur Reduktion von Risiken ergriffen werden. Andererseits können durch die Analyse und Entwicklung möglicher klimafokussierter Verfahrens- und Prozessinnovationen, Produktinnovationen sowie Organisationsinnovationen die Chancen des Klimawandels frühzeitig genutzt werden.
- Eine **Analyse der Anpassungskapazität von Branchen**. Über welche Ressourcen muss eine Branche verfügen, um über eine hohe Anpassungsfähigkeit zu verfügen? Erst mit diesem Wissen können geeignete Werkzeuge für eine klimafokussierte Entwicklung gefunden werden.
- **Anpassungsoptionen müssen identifiziert werden**. Dabei ist es wichtig zu berücksichtigen, welches Potenzial zur Anpassung an den Klimawandel bereits vorhanden ist, welche Hemmnisse und welche Anreize bestehen. Damit werden auch die regulatorischen Aspekte der Betroffenheit durch den Klimawandel aufgezeigt und können im Rahmen einer regionalen Anpassungsstrategie berücksichtigt werden.
- **Schadensdimensionen müssen identifiziert und quantifiziert werden**, damit Unternehmer klimafolgeninduzierte Risiken und mögliche Handlungsoptionen besser und frühzeitig abschätzen können. Dafür müssen aussagekräftige kleinräumige Informationen zu den direkten Auswirkungen des Klimawandels in entscheidungsrelevanten Zeiträumen ziel- und themenspezifisch aufbereitet und mögliche Schadensdimensionen beziffert werden. Nur so lassen sich die unternehmerische Betroffenheit und ein gegebenenfalls vorhandener Handlungsdruck vermitteln.

Parallel dazu muss ein adäquater Wissenstransfer zwischen Forschung und Unternehmen gewährleistet werden. Insbesondere die Studien, die auf Umfragen basieren, zeigen, dass vielen Unternehmern die eigene Betroffenheit durch die Klimawandelfolgen noch nicht hinreichend bewusst ist, was oftmals auf zu unsichere oder unzureichende Informationen zurück zu führen ist. Nur durch die zielgruppenspezifische Aufbereitung und Verbreitung der Forschungsergebnisse kann die Sensibilität für das Thema Anpassung an den Klimawandel bei Unternehmern erhöht und diese in die Lage versetzt werden, mögliche Maßnahmen zu ergreifen.

Aus dem identifizierten Forschungs- und Handlungsbedarf ergeben sich auch die nächsten Arbeitsschritte für das Vulnerability Assessment der *dynaklim*-Wirtschaft: Zunächst werden die standort- und branchenspezifische Betroffenheit ausgewählter Branchen der *dynaklim*-Wirtschaft analysiert und bewertet. Danach erfolgt eine detaillierte Untersuchung der Adaptive Capacity dieser Branchen.

## Literaturverzeichnis

BBK (Hrsg.) (2009): Anpassungsstrategien an den Klimawandel. Anforderungen an den Bevölkerungsschutz. Im Internet: [http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Publikationen/Wissenschaftsforum/Band-5-WF\\_Anpassungsstrategien-Klimawandel,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Band-5-WF\\_Anpassungsstrategien-Klimawandel.pdf](http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Publikationen/Wissenschaftsforum/Band-5-WF_Anpassungsstrategien-Klimawandel,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Band-5-WF_Anpassungsstrategien-Klimawandel.pdf)

BMU (Hrsg.) (2009): GreenTech made in Germany 2.0 - Umwelttechnologieatlas für Deutschland. Im Internet: <http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/greentech2009.pdf>

ChemSite (2010): ChemSite Stoffverbund.

Die Bundesregierung (Hrsg.) (2008): Elemente einer Rohstoffstrategie der Bundesregierung. Im Internet: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/elemente-rohstoffstrategie,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>

DIW (2007): Wirtschaftsfaktor Umweltschutz - Vertiefende Analyse zu Umweltschutz und Innovation. In: UBA (Hrsg.): Umwelt, Innovation, Beschäftigung 01/07. Im Internet: <http://www.umweltdaten.de/GGTSPU-ggt1.emscher-lippe.eglv.de-16633-2230005-932MNtFhDtStk9rv-DAT/publikationen/fpdf-l/3253.pdf>

Dunkelberg, E. et al. (2009): Arbeitspapier zur Vorbereitung des Stakeholderdialogs zu Chancen und Risiken des Klimawandels – Energiewirtschaft im Auftrag des Umweltbundesamtes. Im Internet: [http://www.anpassung.net/DE/Anpassungsstrategie/Veranstaltungen/Dialoge\\_20zur\\_20Klimaanpassung/0907\\_20Energiewirtschaft/Arbeitspapier,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Arbeitspapier.pdf](http://www.anpassung.net/DE/Anpassungsstrategie/Veranstaltungen/Dialoge_20zur_20Klimaanpassung/0907_20Energiewirtschaft/Arbeitspapier,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Arbeitspapier.pdf)

Ehmer, P. (2008): Klimawandel und Tourismus: Wohin geht die Reise? In: DB Research: Energie und Klimawandel. Aktuelle Themen 416. Im Internet: [http://www.dbresearch.de/PROD/DBR\\_INTERNET\\_DE-PROD/PROD000000000221332.pdf](http://www.dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_DE-PROD/PROD000000000221332.pdf)

Eskeland, G. et al. (2008): The Future of European Electricity Choices before 2020. Centre for European Policy Studies. Im Internet: <http://www.ceps.eu/files/book/1684.pdf>

Frith, J./ Colley, M. (2004): The adaptation tipping point: are UK businesses climate proof? Im Internet: [https://www.cdproject.net/CDPResults/CDP4\\_FTSE350\\_Adaptation\\_Report.pdf](https://www.cdproject.net/CDPResults/CDP4_FTSE350_Adaptation_Report.pdf)

Hennicke, P. (2007): Klimaschutz lohnt sich – Chancen einer Jahrhundertaufgabe. Im Handelsblatt vom 20.03.2007

Heymann, E. (2007): Klimawandel und Branchen: Manche mögen's heiß! In: DB Research: Energie und Klimawandel. Aktuelle Themen 388. Im Internet: [http://www.dbresearch.de/PROD/DBR\\_INTERNET\\_DE-PROD/PROD000000000211107.pdf](http://www.dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_DE-PROD/PROD000000000211107.pdf)

Heymann, E. (2008): Welche Branchen sind besonders vom Klimawandel betroffen? In: Umweltwirtschaftsforum 2008 Vol. 16, Nr. 2.



Hoffmann, E./ Rotter, M./ Welp, M. (2009): Arbeitspapier zur Vorbereitung des Stakeholderdialogs zu Chancen und Risiken des Klimawandels -Verkehrsinfrastruktur. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Im Internet:

[http://www.anpassung.net/DE/Anpassungsstrategie/Veranstaltungen/Dialoge\\_20zur\\_20Klimaanpassung/0910\\_20Verkehrsinfrastruktur/Arbeitspapier\\_templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Arbeitspapier.pdf](http://www.anpassung.net/DE/Anpassungsstrategie/Veranstaltungen/Dialoge_20zur_20Klimaanpassung/0910_20Verkehrsinfrastruktur/Arbeitspapier_templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Arbeitspapier.pdf)

IPCC (Hrsg.) (2007): Climate Change 2007 - Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Im Internet:

[http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_wg2\\_report\\_impacts\\_adaptation\\_and\\_vulnerability.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg2_report_impacts_adaptation_and_vulnerability.htm)

Jochem et al. (Hrsg.) (2009): Adaptation and Mitigation Strategies Supporting European Climate Policy. Deliverable M 1.2. Report of the Reference and 2°C Scenario for Europe. Im Internet:

<http://isi.fraunhofer.de/isi-de/publ/download/isi09b57/Reference-Case-ADAM.pdf>

Kemfert, C. (2007): Klimawandel kostet die deutsche Volkswirtschaft Milliarden. In: DIW (Hrsg.) (2007): Wochenbericht Nr.11/2007, S. 165-170. Im Internet:

[http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.55814.de/07-11-1.pdf](http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.55814.de/07-11-1.pdf)

KPMG (Hrsg.) (2008): Climate Changes your business. KPMG's review of the business risks and economic impacts at sector level. Im Internet:

<http://www.kpmg.com/Global/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/Climate-changes-your-business.pdf>

Lehmann Brothers (Hrsg.) (2007): The business of climate change. Challenges and Opportunities. Im Internet: [http://www.lehman.com/press/pdf\\_2007/TheBusinessOfClimateChange.pdf](http://www.lehman.com/press/pdf_2007/TheBusinessOfClimateChange.pdf)

Mahammadzadeh, M. (2008): Anpassung an den Klimawandel - Notwendigkeit und Probleme. (Präsentation). Im Internet:

[http://www.fona.de/pdf/forum/2008/beitrag/b1\\_mahammadzadeh\\_mahammad\\_01\\_presentation\\_forum\\_2008.pdf](http://www.fona.de/pdf/forum/2008/beitrag/b1_mahammadzadeh_mahammad_01_presentation_forum_2008.pdf)

Mahammadzadeh, M./ Biebeler, H. (2009): Anpassung an den Klimawandel. In: IW Köln(Hrsg.) (2009): IW-Analysen Nr.57.

NEW.S (Hrsg.) (2004): Logistikreport Ernährungsindustrie Nordrhein-Westfalen. Warenstrombetrachtung und Optimierungsmöglichkeiten für die Praxis. Im Internet:

<http://www.ernaerungswirtschaft-nrw.de/fileadmin/pdfs/projekte/logistikreport.pdf>

PIK (Hrsg.) (2009): Klimawandel in Nordrhein-Westfalen. Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren. Abschlussbericht zum Gutachten im Auftrag des MUNLV. Im Internet:

[http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/abschluss\\_pik\\_0904.pdf](http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/abschluss_pik_0904.pdf)

Pfriem, R./ Beermann, M. (2009): Klimawandel – Innovationsprozesse für die Ernährungswirtschaft. Im Internet:

[http://www.nordwest2050.de/index\\_nw2050.php?obj=file&aid=14&id=101&unid=0fe01f9c104cf784e1a69fc45a9e5011](http://www.nordwest2050.de/index_nw2050.php?obj=file&aid=14&id=101&unid=0fe01f9c104cf784e1a69fc45a9e5011)



Pryor, Barthelmie (2010): Climate change impacts on wind energy: A review. In: Renewable and Sustainable Energie Reviews, 14, s. 430-437.

PricewaterhouseCoopers AG WPG (Hrsg.)(2008): Klimawandel: Schlagwort oder Wirklichkeit? Die Auswirkungen auf Handel und Konsumgüterindustrie. Im Internet:

[http://www.pwc.de/de\\_DE/de/handel-und-konsumguter/assets/PwC\\_Studie\\_Klimawandel\\_August\\_2008.pdf](http://www.pwc.de/de_DE/de/handel-und-konsumguter/assets/PwC_Studie_Klimawandel_August_2008.pdf)

Rothstein et al. (2008): Elektrizitätsproduktion im Kontext des Klimawandels. Auswirkungen der sich ändernden Wassertemperaturen und des sich verändernden Abflussverhaltens. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft, Nr. 10, S., 555-561.

Stern, Nicholas (2007): Stern Review: Die wirtschaftlichen Aspekte des Klimawandels. Im Internet:

<http://ukingermany.fco.gov.uk/resources/de/pdf/5580203/5580209/stern-review-deutsch>

Zerbisch u.a (2005): Klimawandel in Deutschland - Vulnerabilität und Anpassungsstrategien Klimasensitiver Systeme. In: UBA (Hrsg.) (2005): Climate Change 08/05Im Internet:

<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2947.pdf>

**Ansprechpartner**

Jens Hasse  
hasse@fiw.rwth-aachen.de

Birgit Wienert  
wienert@fiw.rwth-aachen.de

**Projektbüro *dynaklim***

Kronprinzenstraße 9  
45128 Essen

Tel.: +49 (0)201 104-33 39

***www.dynaklim.de***