

Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH

Chancen durch Klimaschutz

Positive ökonomische Implikationen einer ehrgeizigen Klimaschutzpolitik für Schlüs- selbranchen in NRW

Kurzanalyse

Wuppertal Institut

Prof. Dr. Manfred Fishedick

M.A. Benjamin Best

Dr. Hans-Jochen Luhmann

Dr. Daniel Vallentin

Sylvia Borbonus

Dipl.-Wi.Ing. Jonas Friege

Dipl.-Oek. Sascha Samadi

Wuppertal, 19. Mai 2011

Ansprechpartner

Prof. Dr. Manfred Fishedick
Forschungsgruppe „Zukünftige Energie- und Mobilitätsstrukturen“
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH
Döppersberg 19
42103 Wuppertal

Tel.: 0202/2492-121
Fax: 0202/2492-108
Mail: manfred.fishedick@wupperinst.org
Web: www.wupperinst.org

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	4
1 Einleitung	5
2 Klimaschutz und Markt	7
2.1 Globale Entwicklungen	7
2.2 Europäische Klimaschutzziele und wirtschaftliche Impulse	9
2.3 Klimaschutz in Deutschland	11
2.4 Untersuchung der Rolle und Position NRWs	18
2.5 Analyse der Markttreiber	22
2.6 Gegenläufige Tendenzen	23
2.7 Klimaschutz und Beschäftigung	25
3 Implikationen für einzelne Branchen	29
3.1 Beschreibung von Schlüsselbranchen	29
3.1.1 Automotive	31
3.1.2 Nano- und Biotechnologie	34
3.1.3 Chemische Industrie	35
3.1.4 Energiewirtschaft und -forschung	37
3.1.5 Informations- und Kommunikationstechnologie	40
3.1.6 Finanzwirtschaft	41
3.1.7 Logistik	42
3.1.8 Maschinen- und Anlagenbau	43
3.1.9 Baubranche	44
3.2 Bestehende Ansatzpunkte für „cross-sector innovations“	45
4 Fazit	48
5 Literatur	52

Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1: Sektorale Minderungen auf Basis der Emissionen von 1990 (EU)	10
Tab. 2-2: Wirtschaftliche Maßnahmen im Bereich Energieeffizienz (Zeitraum: 10 Jahre).....	15
Tab. 3-1: Qualitative Effekte auf relevante Branchen durch eine ambitionierte Klimaschutzpolitik	30
Tab. 4-1: Qualitative Effekte auf relevante Branchen durch eine ambitionierte Klimaschutzpolitik	49

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1 Prognose der jährlichen Wachstumsraten	8
Abb. 2-2 Prognose der Beschäftigungseffekte durch Klimaschutz	12
Abb. 2-3 Sektorale Veränderungen der gesamten Investitionen	13
Abb. 2-4 Zusammenfassung der Veränderung der Komponenten des BIP	14
Abb. 2-5 Umsatzprognose für Umwelttechnologien, Fahrzeugbau und Maschinenbau in Deutschland (Mrd. Euro).....	17
Abb. 2-6 Umsätze nach Branchen in NRW (2009, in Mrd. Euro)	18
Abb. 2-7 Nachfrage-, Substitutions- und Budgeteffekte beim EE-Ausbau	26
Abb. 3-1 Technischer Wegfall von Komponenten im Automobilbereich	33
Abb. 3-2 CO ₂ -Nettobilanzen in der Chemische Industrie	36
Abb. 3-3 Wachstum genehmigter EE-Patente in Deutschland	38
Abb. 3-4 Regionale Verteilung der Windenergie-Forschungsstandorte	39

1 Einleitung

Das Landeskabinett Nordrhein-Westfalens (NRW) hat am 3. November 2010 die Eckpunkte eines neuen Klimaschutzgesetzes für NRW verabschiedet. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Studie befand sich das Gesetz in der Ressortabstimmung der Landesregierung.

In dem Eckpunktepapier werden als Kernpunkte des Gesetzes genannt:

- die verbindliche Verminderung der Treibhausgasemissionen in NRW bis 2020 um mindestens 25 Prozent und bis 2050 um 80 bis 95 Prozent gegenüber 1990;
- die Steigerung der Energieeffizienz, die Energieeinsparung und der Ausbau der Erneuerbaren Energien;
- die Begrenzung der negativen Auswirkungen des Klimawandels;
- die Einrichtung eines Klimaschutzrates;
- die Einführung von Klimaschutzzielen als Ziele der Raumordnung;
- die Umsetzung einer CO₂-neutralen Landesverwaltung bis 2030.

Das NRW-Klimaschutzgesetz ist in den Kontext der gesamteuropäischen Minderungsziele eingebettet. Das europäische Minderungsziel von 20% gegenüber 1990 bis zum Jahr 2020 wird von manchen Beobachtern nach wie vor als zu vorsichtig eingeschätzt. Die EU verfolgt außerdem das Ziel, bis 2050 eine Minderung ihrer Treibhausgasemissionen sowie der Treibhausgasemissionen anderer Industrieländer von 80 bis 95% zu realisieren, um eine Erwärmung der mittleren globalen Erdtemperatur von mehr als 2°C gegenüber der vorindustriellen Zeit verhindern zu können. In der im März 2011 veröffentlichten „roadmap for moving to a competitive low carbon economy“ der europäischen Kommission wurde festgestellt, dass bis 2020 die heimischen THG um 25 % reduziert werden müssen, um diese Ziele kostenoptimal zu erreichen. Die europäischen Ziele bilden ebenso wie die Zielformulierungen der Bundesregierung¹ den institutionellen Rahmen für den NRW-Klimaschutzplan, den die Landesregierung auf Basis des Klimaschutzgesetzes im Laufe des Jahres dem Parlament vorlegen möchte und in dem die Maßnahmen und Strategien spezifiziert werden sollen. Im Klimaschutzplan werden die Meilensteine bis 2050 sowie die sektorspezifischen Beiträge zur Erreichung einer dekarbonisierten Industrie beschrieben.

Eine ambitionierte Klimaschutzpolitik geht mit neuen Anforderungen an die industriellen und ökonomischen Strukturen NRWs einher. Das Land ist Standort vieler exportorientierter, energie- und ressourcenintensiver Unternehmen sowie zahlreicher Braun- und Steinkohlekraftwerke. Mehr als jede dritte deutsche Tonne an Treibhausgasemissionen (ca. 34%) hat ihren Ursprung in NRW (MKULNV 2011). Auf die Branchen kommen durch die Gesetzesinitiative unterschiedliche Herausforderungen zu. Gleichzeitig bieten sich aber den traditionellen Branchen NRWs, etwa der Chemischen Industrie, der Automobilindustrie, dem Maschinen- und Anlagenbau aber auch der Informations- und Telekommunikationsbranche und der Nano- und Biotechnologie neue Chancen und Potenziale. Diese ergeben sich schon aus der

¹ Die Bundesregierung verfolgt nach ihrem im Oktober 2010 beschlossenen Energiekonzept ebenfalls das Ziel, die Treibhausgasemissionen bis 2050 um „mindestens 80%“ gegenüber 1990 zu reduzieren, wobei weder aus dem Energiekonzept noch aus anderen Quellen hervorgeht, ob diese Reduktion ausschließlich territorial erfolgen soll oder der Erwerb von Emissionsrechten aus dem Ausland mit eingeplant ist.

stärkeren Anwendung existierender klimafreundlicher Produkte und Prozesse. Daneben steht die Förderung von Innovationen, wie sie in dieser Kurzstudie exemplarisch beschrieben werden. Diese dienen nicht nur dem Einsatz in NRW, sondern ermöglichen auch Chancen auf dem Exportmarkt.

Insgesamt wird die Umsetzung engagierter Reduktionsziele zu einer Transformation der vorhandenen wirtschaftlichen Strukturen führen. Dabei gilt es, weitgehend die Kräfte der „schöpferischen Zerstörung“ zu nutzen. Der Ökonom Joseph Schumpeter hat dieses visionäre Konzept geprägt, nach dem Innovationen alte Strukturen verdrängen und schließlich ablösen. Dieser Prozess umfasst nicht nur eine technologische Weiterentwicklung, sondern auch sozialen und organisationalen Wandel. Die Zielsetzung einer wünschbaren Entwicklung ist dabei global einheitlich. Das Umweltprogramm der Vereinten Nationen hat sie im März 2011 in seinem Bericht „Towards a Green Economy“ skizziert: An die Stelle massiver Kapitalakkumulation und Umweltschäden soll eine dekarbonisierte, ressourceneffiziente und sozial inklusive Wirtschaftsform treten (UNEP 2011). Diese nachhaltige Wirtschaftsform soll langfristig mehr Beschäftigung und höhere Wachstumsraten erzielen als ihr Vorgängermodell und dabei zugleich das Naturkapital erhalten bzw. wiederaufbauen. Angesichts der globalen Perspektive ergeben sich für Länder, die eine Vorreiterrolle einnehmen und sich früh genug auf Klimaschutztechnologien und entsprechende Dienstleistungen spezialisieren, vielfältige wirtschaftliche Chancen.

In dieser Kurzstudie werden die ökonomischen Auswirkungen eines engagierten Klimaschutzpfades für Schlüsselbranchen in NRW beleuchtet. Dabei wird deutlich, dass sich in den verschiedenen Branchen jeweils sowohl Chancen als auch Risiken ergeben, die der speziellen Branchenstruktur in NRW gemäß zu eruieren sind. Daneben werden auch entstehende Zukunftsmärkte beschrieben und durch Praxisbeispiele und Technologieausblicke illustriert. Auf Basis einer Literaturanalyse werden Kennzahlen gegenübergestellt, Arbeitsplatz- und Wertschöpfungseffekte zunächst qualitativ dargelegt und Wachstumstrends aufgezeigt.

2 Klimaschutz und Markt

Die künftigen Herausforderungen, allen voran die parallele Lösung ökonomischer und ökologischer Problemlagen, können mit einem einfachen „weiter so wie bisher“ nicht gemeistert werden. Wie vielfach gezeigt wurde, ist ein deutliches Bekenntnis für den Klimaschutz notwendig und möglich und damit eine Abkehr vom „Business-as-Usual“ Pfad, der langfristig nicht nachhaltig ist. Klimaschutz bedeutet jedoch keine Deindustrialisierung, sondern einen Phasenübergang mit offenem Ausgang. Gegenüber dem nicht-nachhaltigen Entwicklungspfad lässt Klimaschutz den maßgeblichen Szenarien nach größere Chancen in den Bereichen Wertschöpfung und Arbeitsplätze entstehen (Prognos/ Öko-Institut 2009, UNEP 2011, PIK 2011).

Die Festlegung ambitionierter Ziele ist zu begleiten von förderlichen Rahmenbedingungen für nachhaltige Investitionen und Innovationen. Sie können – so die zitierten wissenschaftlichen Studien – die Wirtschaft Europas beleben und einen Wandel der regionalen wirtschaftlichen Strukturen auslösen.

Nachfolgende Darstellungen geben den Stand des Wissens zusammengefasst wieder, ohne dabei den Anspruch auf Vollständigkeit zu haben.

2.1 Globale Entwicklungen

Zu möglichen Auswirkungen von ambitioniertem internationalem Klimaschutz auf die globale Industriestruktur gibt es bisher nur wenige Studien, die gesamtwirtschaftliche Effekte ausweisen. Die technologische und wirtschaftliche Machbarkeit unterschiedlicher Emissionsreduktionspfade wurde z.B. in einer Studie von Edenhofer et al. (2010) untersucht. In dieser Studie wurden unter Rückgriff auf fünf verschiedene Modelle drei Reduktionspfade – 550 ppm, 450 ppm und 400 ppm CO₂-eq² – bis zum Jahr 2100 untersucht. Alle Pfade gehen von demselben Wachstum von Bevölkerung und Wirtschaft aus.

Um das ambitionierte 2°C-Ziel erreichen zu können, sind Entwicklung und Anwendung bestimmter Technologien von zentraler Bedeutung. Je nach Modell und Stabilisationsniveau tragen erneuerbare Energien, Energieeffizienz, Kohlekraftwerke mit CCS (Carbon Capture and Storage) oder Biomasse in Kombination mit CCS in unterschiedlichem Maße zum Klimaschutz bei. In Abhängigkeit von regionalen Bedingungen sowie wirtschaftlichen und technologischen Lernprozessen, die mit dem Umfang, in dem eine Technologie eingesetzt wird, akzelerieren, werden vor allem erneuerbare Energietechnologien und Biomassennutzung in dem Maße wichtiger, wie ehrgeizigere Emissionsminderungsziele verfolgt werden. Auch eine Stabilisierung bei 400 ppm, die wahrscheinlich mit dem 2 °C-Ziel kompatibel wäre, kann bei einem schrittweisen globalen Ausstieg aus der Atomenergienutzung erreicht werden (Edenhofer et al. 2010, S. 42). In den weniger strikten Szenarien würde ein Festhalten an der Atomenergie dazu führen, dass die Zielerreichung teurer wird (Edenhofer et al. 2010, S. 36-37).

² Für das 2°C-Ziel (max. mittlere Erderwärmung gegenüber dem vorindustriellen Niveau) ist eine Begrenzung der Treibhausgaskonzentration auf maximal 450 ppm CO₂-eq (CO₂-Äquivalente) notwendig (Edenhofer et al. 2010., S. 12). Mit diesem Maß lassen sich verschiedene Treibhausgase zusammenfassen, indem sie alle auf die Klimawirksamkeit von CO₂ bezogen werden.

In allen Varianten wächst aufgrund der steigenden Preise für CO₂-Emissionsrechte der Anreiz für Investitionen in Klimaschutztechnologien. Die kumulierten Wachstumseinbußen durch Treibhausgasminderung steigen mit der Stärke der CO₂-Minderung in etwa linear an und liegen im Jahr 2100 (jeweils verglichen mit einer Business-as-Usual-Entwicklung ohne Klimaschutzanstrengungen) im 400 ppm Szenario unter 2,5% des BIP und im 550 ppm Szenario unter 0,9% (Edenhofer et al. 2010, S. 43-44).

Bereits vor fünf Jahren wurden im bekannten „Stern-Report“ die jährlichen BIP-Kosten für die Maßnahmen zur Verhinderung der schwerwiegendsten Folgen des Klimawandels auf 1% des Bruttoinlandprodukts (BIP) geschätzt (Stern Review 2006). Diesen Investitionen steht ein großer Nutzen gegenüber, der sich nicht auf die Reduktion der Umwelt- und Klimabelastung beschränkt: Global betrachtet soll dieser Pfadwechsel eine nachhaltige wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung sichern und die ökologischen Lebensgrundlagen langfristig sichern. Nach den neuesten Berechnungen des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP) wird zwischen 2010 und 2050 eine Steigerung der Investitionen in Umwelttechnologien in Höhe von jährlich durchschnittlich 2% des globalen BIP benötigt, um den Übergang zu einer „green economy“ zu finanzieren (UNEP 2011, S. 34).³ Werden diese Investitionen realisiert, so wird ein grüner Entwicklungspfad eröffnet, in dem die Wachstumsraten langfristig weit größer sind als in einem „Business-as-Usual“ (BAU) Referenzszenario (siehe Abb. 1-1).

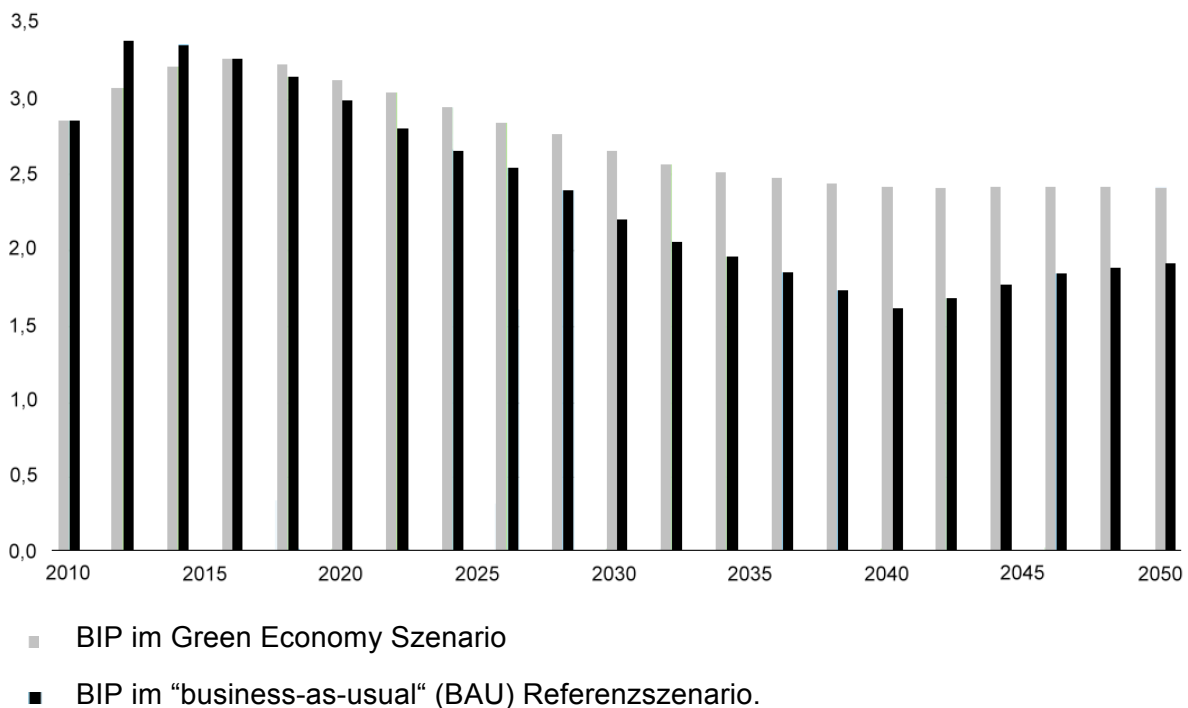


Abb. 2-1 Prognose der jährlichen Wachstumsraten

Quelle: UNEP 2011, S. 32 und eigene Bearbeitung

³ Der Begriff „green economy“ bezieht sich in der internationalen Diskussion auf ein Wirtschaftsmodell, in dem Umwelttechnologien zu einem Haupttreiber der wirtschaftlichen Entwicklung werden und ökologische und soziale Kosten einbezogen werden.

Demnach steigt die jährliche Wachstumsrate bereits im Jahr 2016 im grünen Szenario stärker als im Business-as-Usual-Szenario. Im Jahr 2020 übersteigt die globale Wachstumsrate im „green economy“-Szenario die Referenzdaten um 0,2 Prozentpunkte, was angesichts der Unsicherheiten in der Berechnung jedoch vorsichtig beurteilt werden sollte. Obwohl die Tendenzaussage eher positiv ist, stehen solche Betrachtungen vor der Schwierigkeit, Annahmen über die Entwicklung von Energieträgerpreisen, CO₂-Kosten im Emissionshandel und technischem Fortschritt treffen zu müssen.

2.2 Europäische Klimaschutzziele und wirtschaftliche Impulse

Die Europäische Union verfolgt das Ziel, ihre Treibhausgasemissionen – gemeinsam mit anderen Industrieländern – bis 2050 (gegenüber 1990) um 80-95% zu reduzieren. Europa hat somit vor, sich zu einer „low-carbon economy“ zu entwickeln. Europas Klimaschutzziele bis 2020 liegen bislang noch bei einer Minderung der Treibhausgasemissionen um 20% gegenüber 1990 unkonditioniert und um 30%, wenn die anderen Staaten sich zu einem vergleichbaren Verhalten verpflichten. Seit dem Scheitern von Kopenhagen (COP 15) ist jedoch der Erfolg dieses Ansatzes, dass Angebote gemacht werden, damit andere mitziehen, in Frage gestellt. Zudem hat die Wirtschaftskrise im Gefolge der Finanzmarktkrise von 2007/2008 die Minderungsziele entwertet – sie werden nun deutlich einfacher erreicht und können kaum mehr als Ausdruck von politischer Ambition gelten.

Zur Vorbereitung einer Diskussion auf EU-Ebene um die Frage, wie das langfristige Klimaschutzziel erreicht werden kann, hat die Europäische Kommission im März 2011 eine „Roadmap for moving to a low carbon economy in 2050“ (European Commission 2011) veröffentlicht. In dieser Roadmap wird vorgeschlagen, die europäische Beschlusslage auf ein unkonditioniertes Minderungsziel bis 2020 von 30% zu setzen. Davon sollen 25% Minderung auf dem Territorium Europas erreicht werden, der Rest durch offsetting, d.h. durch Nutzung flexibler Instrumente, das heißt auf dem Boden außereuropäischer Staaten. Grundlage der Roadmap sind ausführliche Szenariostudien. Ergebnis ist, dass die stärksten Beiträge zu den Emissionsminderungen von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien und der Energieeffizienz erwartet werden; was Ergebnisse anderer Studien bestätigen.

Eine Besonderheit der „Roadmap for moving to a low carbon economy in 2050“ ist, dass erstmals die sektoralen Minderungsbeiträge vorgestellt worden sind, die zur Erreichung der EU-weiten Ziele notwendig sind (vgl. Tab. 2-1).

Tab. 2-1: Sektorale Minderungen auf Basis der Emissionen von 1990 (EU)

Treibhausgas-Reduktion	2005	2030	2050
Gesamt	-7%	-40 bis -44%	-79 bis -82%
Sektoren			
Stromerzeugung (CO ₂)	-7%	-54 bis -68%	-93 bis -99%
Industrie (CO ₂)	-20%	-34 bis -40%	-83 bis -87%
Transport (inkl. CO ₂ des intern. Flugverkehrs, exkl. Schifffahrt)	+30%	+20 bis -9%	-54 bis -67%
Straßen- und Schienenverkehr	+25%	+8 bis -17%	-61 bis -74%
Haushalte und GHD (CO ₂)	-12%	-37 bis -53%	-88 bis -91%
Landwirtschaft (Non-CO ₂)	-20%	-36 bis -37%	-42 bis -49%
Andere Nicht-CO ₂ Emissionen	-30%	-72 bis -73%	-70 bis -78%

Quelle: Europäische Kommission 2011, S. 6

Danach sind in allen Sektoren maßgebliche Minderungen notwendig. Überproportionale Beiträge werden dabei vom Bereich der Stromerzeugung und unterproportionale Beiträge vom Transportsektor erwartet. Die Heraushebung der Stromerzeugung als zentralem Sektor für die Klimaschutzziele unterstreicht die großen Umgestaltungsanforderungen an die Energieversorgung.

Der Transformationsprozess hin zu einer „low-carbon economy“ wird jedoch nach wie vor durch eine Reihe von Faktoren gehemmt. Verschiedene Aspekte von Marktversagen spielen dabei eine wichtige Rolle. So bleiben in den Entscheidungen von Marktakteuren eine Reihe von Externalitäten (z. B. Schadstoffemissionen, Lärm, Ressourcenverknappung, „Spillover“ von Wissen in der Forschung) unberücksichtigt oder unzureichend berücksichtigt. Diese Externalitäten sowie Informationsdefizite und eine starke Fixierung bei vielen Marktakteuren auf die Gegenwart und die unmittelbare Zukunft führen z.B. dazu, dass gesamtwirtschaftlich und z.T. auch einzelwirtschaftlich interessante Energieeinsparpotentiale häufig nicht realisiert werden und die hohen Anfangsinvestitionen für nachhaltige Technologien sowie für den Pfadwechsel notwendige Aufwendungen für Forschung und Entwicklung (FuE) unterbleiben. Erneuerbare Energietechnologien und die damit verbundene Systemintegration und der Netzausbau stehen exemplarisch für diese Probleme: Rechnet man ihre (sich z.T. auch nur längerfristig ergebenden) positiven Auswirkungen auf Umwelt, Klima und Menschen nicht mit ein, ergeben sich durch erneuerbare Energietechnologien heute bisher i.d.R. noch höhere spezifische Kosten als für konventionelle Technologien. Der Pfadwechsel muss daher durch Anreize und ein förderliches Umfeld für Investitionen angeregt werden.

In einigen aktuellen Studien werden praktische Bausteine für den angestrebten Transformationsprozess beschrieben. Nach Berechnungen des Potsdam Instituts für Klimafolgenforschung (PIK 2011) würde die ambitioniertere EU-Klimaschutzpolitik – eine Anhebung des europäischen Minderungszieles von 20% auf 30% bis zum Jahr 2020 – die Schaffung von mehr als 6 Millionen zusätzlichen Arbeitsplätzen und einen Anstieg der Wachstumsrate um bis zu 0,6% pro Jahr bewirken. Aus dem heterodoxen Modell wird abgeleitet, dass „learning-

by-doing“ und ein gezieltes „expectation management“ (PIK 2011, S. 17ff) wichtige Mechanismen für diesen europäischen Wachstumspfad sind. Zentral seien dafür die folgenden Schritte (ebenda., S. 6):

- Die Kopplung von ambitionierten Minderungszielen an eine neue Wachstumsstrategie würde zu einer Anhebung der Investitionsrate in den europäischen Mitgliedstaaten von 18% auf 22% des BIP führen.
- Die zusätzlichen Investitionen sind die Basis für eine sektorenübergreifende Lernkurve („learning-by-doing“).
- Durch Lerneffekte werden Wettbewerbsvorteile generiert, die weiteres Investitionsinteresse und Wirtschaftswachstum anregen.
- Wenn das Interesse von Investoren durch förderliche Rahmenbedingungen an der Leitplanke einer nachhaltigen Entwicklung ausgerichtet wird, kann sich das neue Investitionsverhalten stabilisieren und eine positive Erwartungshaltung generieren („expectation-management“).

Da der Wechsel auf einen nachhaltigen Entwicklungspfad nicht durch einzelne Schlüsselbranchen oder -technologien entschieden wird, sondern durch eine Vielzahl von Maßnahmen und Strategien, wird ein kombinierter Ansatz vorgeschlagen (PIK 2011, S. 16):

- *Auf makroökonomischer Ebene:* (1) Einen Teil der Umsätze aus dem Emissionshandel für die Finanzierung von Emissionsminderungen in den osteuropäischen Mitgliedsstaaten nutzen, (2) Unternehmensgründungen durch Steuererleichterungen vorantreiben, (3) durch öffentliche Ausschreibungen Leuchtturmprojekte fördern und (4) Steuerung einer positiven Wachstumserwartung vergleichbar mit der Steuerung der allgemeinen Inflationserwartung durch Zentralbanken.
- *Auf mikroökonomischer Ebene:* (1) Investitionen in bessere Gebäudedämmung und Energieeffizienz im Transportsektor anreizen, (2) einen Teil der Umsätze aus dem Emissionshandel dazu nutzen, Energieeffizienz und Erneuerbare Energien voranzutreiben, (3) Standards für die Anwendung von Smart-Grids einführen und (4) in ganz Europa unternehmerische Innovations- und Lernnetzwerke institutionalisieren.

In der Untersuchung von Edenhofer et al. (2010) wird in einem Modell angenommen, dass 40% des Umsatzes aus dem Handel mit CO₂-Zertifikaten in Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen sowie Energieeffizienzmaßnahmen investiert werden. Zudem werden im selben Modelllauf frühzeitig Steuererleichterungen eingeführt und früh in die Elektrifizierung des Individualverkehrs eingestiegen. In diesem Modell führen die Maßnahmen zu einer dynamischen Technologieentwicklung, komplexen Investitionszyklen und beschleunigtem Wachstum – und damit letztlich zu sogenannten „negativen Vermeidungskosten“ für Klimaschutz (ebenda., S. 32f.).

2.3 Klimaschutz in Deutschland

In Deutschland wie insgesamt in Europa muss die Energieversorgung bis 2050 fast ohne Emissionen von Treibhausgasen bereitgestellt werden; nur dann bleibt ein angemessener Beitrag zur Erreichung des 2°C-Ziels erreichbar. In Deutschland ist eine Minderung der Treibhausgas-Emissionen nicht nur technisch möglich, sondern aus Gründen der Gefahren-

abwehr geboten – und sie birgt große wirtschaftliche Potentiale. Den potentiellen Kosten stehen vermiedene Anpassungs- und Schadenskosten durch den Klimawandel gegenüber. Manche Szenarien gehen davon aus, dass sich in Deutschland im Falle eines ambitionierten Klimaschutzpfades nach anfänglich signifikanten Mehrkosten (gegenüber einer Referenzentwicklung) schon in ca. 20 Jahren Nettoersparnisse ergeben werden. Andere Szenarien erwarten, dass der Klimaschutz kumuliert betrachtet bis zum Jahr 2050 Kosten verursacht. Prognos und Öko-Institut (2009) gehen in ihren Analysen unter dem Titel „Modell Deutschland“ für den WWF beispielsweise von kumulierten zusätzlichen Kosten bis zum Jahr 2050 in Höhe von 0,3% des BIP aus; ab 2040 oder 2045 führt dabei Klimaschutz in den laufenden Ausgaben der Volkswirtschaft aber bereits zu einem Gewinn. Eine sektorsensible Betrachtung kann jedoch zeigen, dass Klimaschutz für einzelne Branchen ganz unterschiedliche Chancen und Herausforderungen bedeuten kann.

Positive sektorspezifische Wirkungen

Ein Beispiel für positive sektorspezifische Wirkungen von Energie- und Klimaschutzmaßnahmen ergibt sich aus den Untersuchungen zu den „Meseberger Maßnahmen“. Das sogenannte „Meseberger Programm“ von 2007 hatte zum Ziel, die CO₂-Emissionen Deutschlands bis 2020 um 40% gegenüber 1990 zu reduzieren. Nach Berechnungen des Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI 2009) im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) würde sich das Maßnahmenpaket positiv in Form von Wachstumseffekten auf das BIP auswirken (UBA 2009, S. 47). Gleichwohl führe es zu Verschiebungsprozessen in der Beschäftigung (Abb. 2-2) und den sektorspezifischen Investitionen (Abb. 2-3) sowie bei den Hauptkomponenten des BIP (Abb. 2-4).

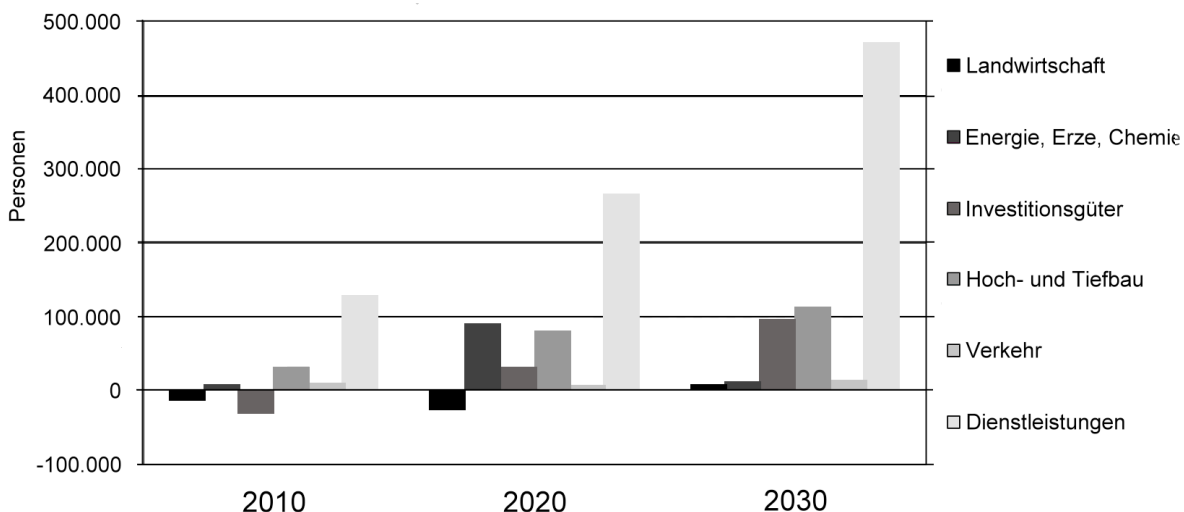


Abb. 2-2 Prognose der Beschäftigungseffekte durch Klimaschutz

Quelle: ISI 2009, S. 55, eigene Bearbeitung

Die positiven Beschäftigungseffekte werden in sechs z. T. stark aggregierten Sektoren abgebildet. Dabei sind die stärksten Zuwächse im Dienstleistungssektor, wie z. B. Handel und Gaststätten, Telekommunikation oder Banken zu beobachten. Aber auch die Sektoren Bau und Investitionsgüter reagieren positiv. Der Umbau des Energiesystems und die Anstrengungen bei der energetischen Sanierung von Gebäuden und der daraus resultierende Beschäftigungsimpuls zeigen sich für diese beiden Sektoren besonders deutlich in 2030. Bis 2020 profitiert auch der Energiesektor, die Landwirtschaft verliert den Berechnungen zufolge

bis dahin als einziger Sektor Arbeitsplätze.

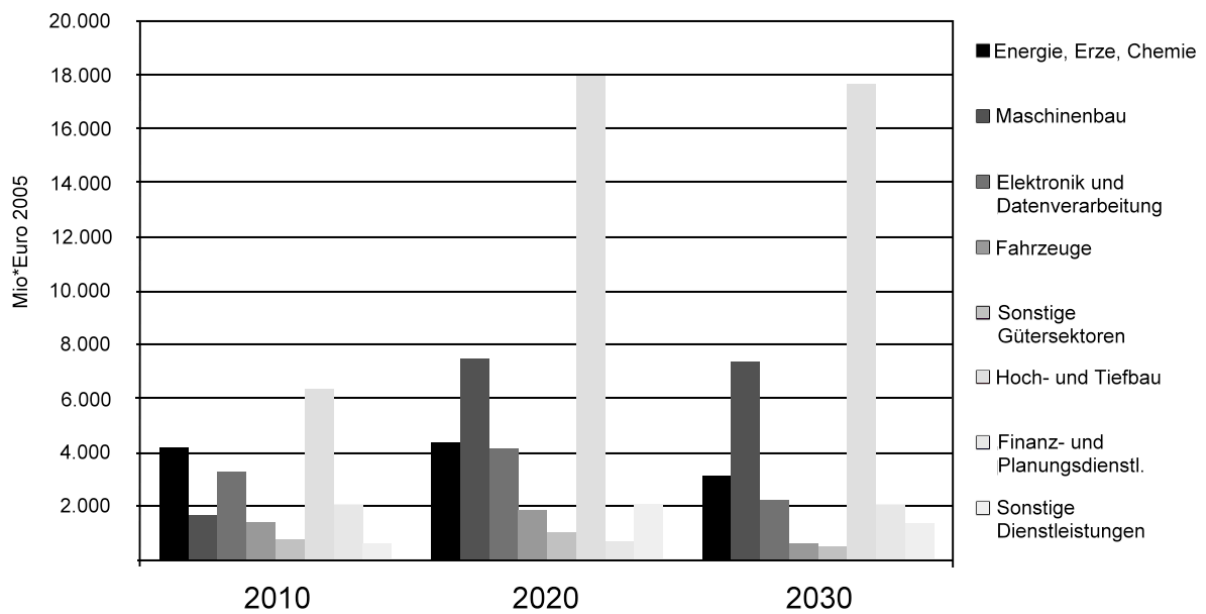


Abb. 2-3 Sektorale Veränderungen der gesamten Investitionen

Quelle: ISI 2009, S. 57, eigene Bearbeitung.

Klimaschutzmaßnahmen regen zusätzliche Investitionen an. Abbildung 2-3 zeigt, dass ab 2020 der Hoch- und Tiefbau-Sektor maßgeblich zur Produktion von Investitionsgütern beiträgt. Weitere wichtige Sektoren sind der Maschinenbau, der vom Aufbau der erneuerbaren Energien profitiert, die Elektronik und Datenverarbeitung sowie der Bereich der Chemie und der Sektor Energie, Erze, Chemie. Weniger bedeutsam sind die zusätzlichen Investitionen im Fahrzeugbausektor und den Dienstleistungssektoren.

Bei der Entwicklung des BIP spielen in der Studie des UBA (2009) die Klimaschutzinvestitionen anfänglich die größte Rolle. Durch diese Investitionen kommt es zu einer Erhöhung des Einkommens, wodurch die Konsumnachfrage steigt, so dass neuerliche Investitionen induziert werden. Ab 2020 kommt es durch diese komplexen Investitionszyklen zu sogenannten „Zweitrundeneffekten“, die dazu führen, dass der Konsum stimuliert wird. Im Jahr 2030 dominiert der Konsum, auch weil durch Einsparung bei den Energieausgaben mehr Kapital für den Konsum zur Verfügung steht.

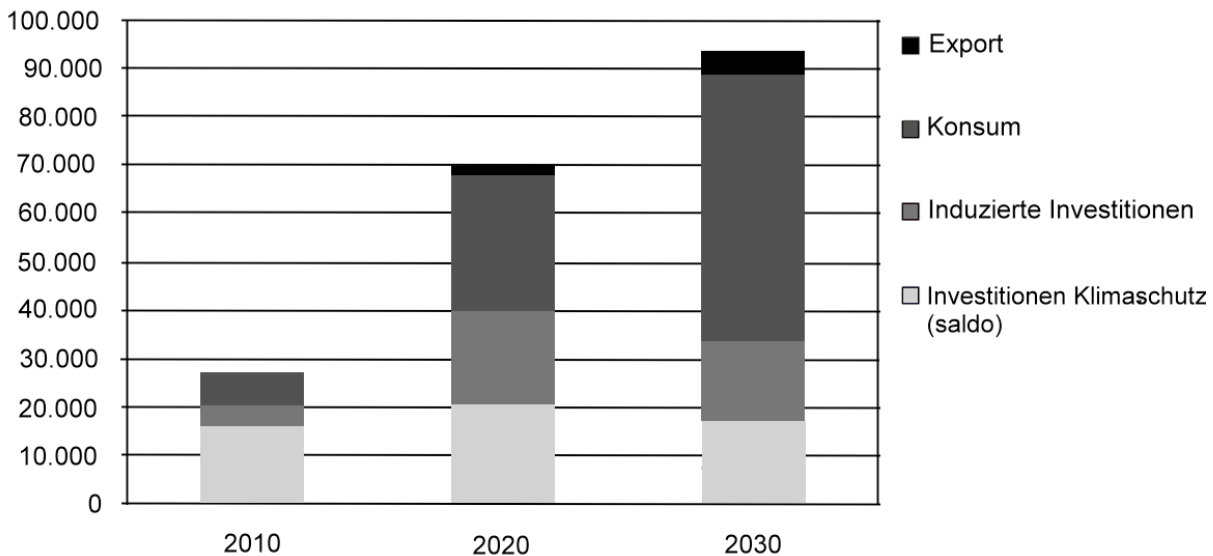


Abb. 2-4 Zusammenfassung der Veränderung der Komponenten des BIP

Quelle: ISI 2009, S. 57.

Diese Verbesserung der gesamtwirtschaftlichen Situation beruht vor allem auf zwei wesentlichen Impulsen:

- höhere Investitionen und
- geringere Kosten für Energieimporte.

Die deutlich gesteigerte Investitionstätigkeit (produktivitätssteigernde Wirkung) bei gleichzeitig sinkenden Energieausgaben (Verbesserung der Handelsbilanz) ist ein Motor für wirtschaftliche Entwicklungen.

Hierzu braucht es neben den frühzeitigen Weichenstellungen und engagierten Minderungszielen als Orientierungsrahmen flankierende Maßnahmen. Die Umgestaltung der Volkswirtschaft und der langlebigen Infrastrukturen ist eine komplexe Aufgabe, die neben den klaren Zielsetzungen auch Suchprozesse in einer vielfältigen Akteurslandschaft und neue Dialogplattformen braucht. So können verbesserte Dialog- und Austauschformen zwischen Industrie, Politik und wissenschaftlichen Akteuren zu einem effektiven Klimaschutz beitragen. Zur gleichen Zeit müssen jedoch auch nicht-nachhaltige Strukturen, durch die ein effektiver Klimaschutz heute noch behindert wird, sukzessive aufgebrochen und weiterentwickelt werden. Diese Transformation ist komplex und zeitintensiv; und es ist noch unklar, wie genau eine zukünftige, nachhaltige Wirtschaftsform aussehen wird.

Sofortmaßnahmen im Bereich Energieeffizienz.

Welche effektiven Instrumente für ehrgeizigen Klimaschutz lassen sich sofort umsetzen und zu welchen Kosten? Maßnahmen zur Hebung der Energieeffizienz sind einer der wichtigsten Hebel für Energieeinsparung und zum Klimaschutz – und sie können Netzausbau oder andere Infrastrukturmaßnahmen teilweise ersetzen. Einige Sofortmaßnahmen sind in Tab. 2-2 aufgeführt.

Tab. 2-2: Wirtschaftliche Maßnahmen im Bereich Energieeffizienz (Zeitraum: 10 Jahre)

	Energieein- sparpotenzial (TWh/Jahr)		Zusätzliche Investitionen (Mio. Euro/Jahr)	Eingesparte Energie- kosten (Mio. Euro/Jahr)	Zusätzliche Beschäftigte (Tsd.)
	Strom	Wärme			
Energieeffizienz- fonds ¹	36,5	-3,7	1.608	3.020	39,5
Energiemanage- ment	13,5	20,5	1.348	2.360	43,7
„Weiße Zertifikate“ ²	11,3	6,5	953	1.866	23,5
Grüne IKT	1,1	-	114	165	1,5
Energiedienst- leistungen stärken ⁴	1,6	3,8	207	264	4,3
Wärmeeffizienz- maßnahmen ³	2,6	124 ⁵	7.291	9.200	377

¹ Mit dem Energieeffizienzfonds werden Anreize für die Verbreitung energieeffizienter Technologien gesetzt

² Mit den sog. „Weißen Zertifikaten“ werden Einsparverpflichtungen bei Energielieferanten forciert.

³ Wärmeeffizienzmaßnahmen umfassen ein breites Spektrum von verbesserten Wirkungsgraden bei Kraftwerken bis zum Sanierungsfahrplan für individuelle Hausbesitzer.

⁴ Bspw. Steuererleichterungen für den Markt für Energiedienstleistungen

⁵ Raumwärme und industrielle Abwärme

Quelle: DENEFF 2011, eigene Berechnungen.

Durch die in Tabelle 2-2 vorgeschlagenen Stromeffizienzmaßnahmen (DENEFF 2011) können im Vergleich zum Trend jährlich etwa 68,3 TWh bis 2020 eingespart werden. Dies entspricht in Summe der Jahresproduktion von über 10 Atomkraftwerken. Die Reduktion des Strombedarfs trägt zur Entlastung der Netze bei und kann so den Bedarf des Netzausbaus mildern. Die Wärmeeffizienzmaßnahmen, die in Tab. 2-2 gebündelt dargestellt sind, tragen einen indirekten, insgesamt aber ebenso wichtigen Anteil an der notwendigen Anpassung des Energie-Mix. Gesamtwirtschaftlich können durch diese Maßnahmen ca. 19,3 Mrd. Euro Energiekosten pro Programmjahr eingespart werden. Dem gegenüber stehen zusätzliche Investitionen in Höhe von 11,8 Mrd. Euro.

In den meisten Bereichen sind die Technologien zur Umsetzung dieser Maßnahmen bereits vorhanden. Querschnittstechnologien wie effiziente Pumpen, Motoren, Druckluftherzeuger und raumluftechnische Anlagen sowie IKT-Technologien und Dienstleistungen wie optimierte Kühlungssysteme und intelligente Hard- und Softwarelösungen können in allen Branchen eingesetzt werden. Deutschland bringt bereits viele Stärken und Wettbewerbsvorteile im Be-

reich der Hoch- und Spitzentechnologien mit. Eine forcierte Durchsetzung von Klimaschutzziele kann dazu führen, dass deutsche Unternehmen sich auf diese innovativen Technologien spezialisieren und damit ihre Wettbewerbsposition auf dem Weltmarkt stärken. So sind der frühzeitige Einstieg ("first-mover") und Investitionen in diesen Bereich der Türöffner für den nachhaltigen Entwicklungspfad (PIK 2011). Wie gezeigt wurde, sind frühzeitige und massive Investitionen in Produktionsanlagen hierzu ein wichtiger Hebel. Die Branche der erneuerbaren Energien in Deutschland wird im laufenden Jahr voraussichtlich über 4 Mrd. Euro in neue Produktionskapazitäten und Fertigungsanlagen investieren und stellt damit Technologien und das Know-how für die Energiewende und einen schnellen Atomausstieg bereit. Dazu kommen rund 1,5 Mrd. Euro an Ausgaben für Forschung und Entwicklung. Bis 2014 erhöhen sich diese Investitionen voraussichtlich auf insgesamt 6,2 Mrd. Euro pro Jahr. (EuPD Reearch/Wuppertal Institut/DCTI 2011, S. 13).

Dass eine Treibhausgasreduktion um 90 bis 95% bis 2050 auch ohne Laufzeitverlängerung der deutschen Atomkraftwerke möglich und volkswirtschaftlich tragfähig ist, wurde bereits in der Studie „Modell Deutschland“ im Auftrag des WWF herausgestellt. Die Annahmen zur Erreichung von 95% sind zum Teil optimistisch oder zumindest sehr unsicher. Wichtige technologische Entwicklungen für die Erreichung dieses Ziels sind (Prognos/Öko-Institut 2009, S. 439):

- Erhöhung der Energieeffizienz um min. 2,6% jährlich;
- Abdeckung der verbleibenden Energienachfrage ganz überwiegend durch erneuerbare Energien in allen Sektoren (in Industrieprozessen, die auf fossile Brennstoffe angewiesen sind, soll dies durch den Einsatz von CCS ergänzt werden) und

Durch die Stärkung der Energieeffizienz sinkt in den Szenarien der Studie die Gesamtnachfrage nach elektrischer Energie. Den Investitionen in erneuerbare Energien und Energieeffizienz stehen Einsparungen aufgrund verringerter Importe gegenüber. Zwischen dem Jahr 2040 und 2045 tritt dabei der sogenannte „break-even point“ auf, ab dem die Einsparungen die Mehrkosten übertreffen (Prognos/Öko-Institut 2009, S. 368).

Nur die frühzeitige Transformation der industriellen Strukturen ist geeignet, die dramatischsten Folgen des Klimawandels in Grenzen zu halten. Durch unterschiedliche Faktoren besteht zurzeit ein "window of opportunity", das für einen Pfadwechsel genutzt werden kann. Der Übergang zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise bedeutet den Rückbau von nicht-nachhaltigen Strukturen, eine stärkere Regionalisierung von Wertschöpfung und somit die Reduktion der Verletzbarkeit gegenüber exogenen Veränderungen. Die Risiken, denen eine nachhaltige Volkswirtschaft besser widerstehen kann, sind die absehbaren Preissteigerungen bei den fossilen Energieträgern, Versorgungsengpässe durch politische Abhängigkeiten und Erreichung der maximalen Fördermengen und die Auswirkungen des Klimawandels.

Deutschland kann sich durch Umsetzung einer ambitionierten Klimapolitik und der Etablierung eines heimischen „lead-market“ für Umwelttechnologien profilieren. Die Europäische Kommission stellt klar, dass der erforderliche Transformationsprozess zu einer „low carbon economy“ maßgeblich auf der Basis von heimischen Maßnahmen zu erfolgen hat: „The EU should prepare for reductions in its *domestic* emissions by 80% by 2050 compared to 1990“ (European Commission 2011, S. 4, Hervorhebung im Original). Tatsächlich wirkt sich die Einführung von „rigiden“ Klimaschutzregulierungen jedoch vorteilhaft auf die Innovationstätigkeit

und Wettbewerbspositionen in den relevanten Sektoren – den möglichen Gewinnerbranchen – aus (vgl. Kapitel 3). Eine wichtige Rolle spielen auch die sogenannten „Enabler“-Technologien in den Bereichen Biotechnologie und Nanotechnologie, die quer zu dem klassischen Branchenbegriff liegen und Effekte in allen Branchen auslösen können.

In Deutschland sind die Schlüsselbranchen für einen Umbau stark vertreten und gut aufgestellt. Die traditionellen deutschen Leitindustrien – Fahrzeug- und Maschinenbau – könnten perspektivisch durch die Umwelttechnologien abgelöst werden. Auf der Grundlage von ExpertInneninterviews kommt das Beratungsunternehmen „Roland Berger“ zu dem Ergebnis, dass sich dieser Trend in den kommenden zwei Jahrzehnten fortsetzen wird (siehe Abb. 2-5).

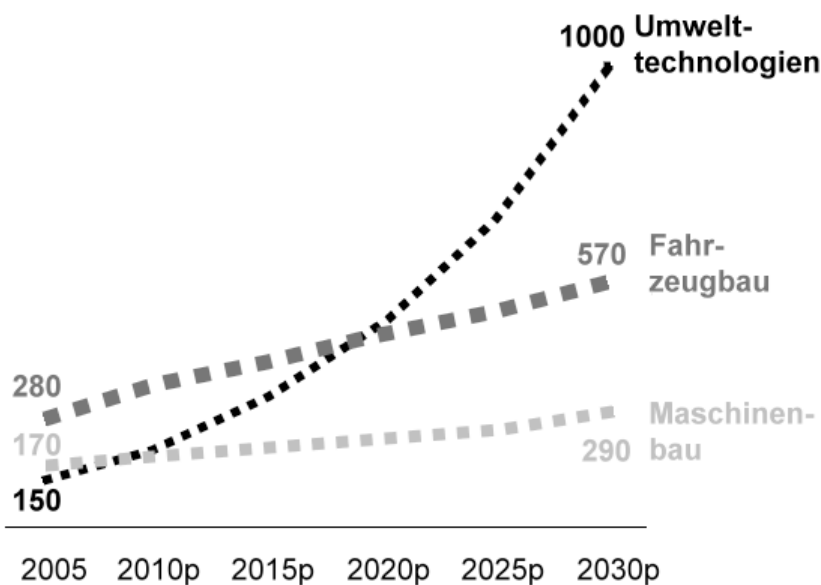


Abb. 2-5 Umsatzprognose für Umwelttechnologien, Fahrzeugbau und Maschinenbau in Deutschland (Mrd. Euro)

Quelle: Roland/Berger 2007, S. 20, eigene Bearbeitung.

Deutschland kann demnach von der Umsetzung einer ambitionierten Klimaschutzpolitik und der Etablierung eines heimischen Markts für Umwelttechnologien profitieren. In einer gemeinsamen Studie von Bsr-sustainability, european Climate Forum (eCF), Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Öko-Zentrum NRW und Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) wird der Markterfolg von Umwelttechnologien in Folge entsprechender politischer Rahmenbedingungen unterstellt. In der Folge ergibt sich für das Jahr 2020 ein zusätzliches außenhandelsinduziertes Nachfragevolumen nach deutschen Umwelttechnologien in Höhe von ca. 17 Mrd. Euro. Dadurch würde sich das BIP zwischen 2010 und 2030 zusätzlich um gut 20 Mrd. Euro pro Jahr erhöhen (BSR/eCF/ISI/Öko-Zentrum NRW/PIK 2008, S. 19).

Der Systemwechsel zu Effizienztechnologien und erneuerbaren Energien ist unumgänglich. Er muss gelingen und er kann es auch, wie die hier dargelegten Szenarien zeigen. Die Schwierigkeiten, die sich auf dem Weg dort hin in den Weg stellen, bestehen insbesondere aus mangelhaften Informationen, Kurzsichtigkeit, nationaler Beschränktheit und technologischen und wirtschaftlichen Beharrungskräften. Eine Blindstelle vieler Szenarien ist die Frage, was zu tun ist, wenn die Entwicklung hinter den Erwartungen zurückbleibt. Diese Bedenken

werden zusammengefasst in einem Satz aus dem Gutachten, das die Bundesregierung für ihr Energiekonzept 2050 hat anfertigen lassen: „Das rechnerische Ergebnis sagt noch nichts darüber aus, wie realistisch die Zielerreichung in der Praxis ist“ (EWI/GWS/Prognos 2010, S. 188). Die Verknappung kritischer Ressourcen für viele der neuen Technologien und teilweise gegenläufige soziale Prozesse gefährden beispielsweise eine erfolgreiche Realisierung des angestrebten Entwicklungspfads.

2.4 Untersuchung der Rolle und Position NRWs

Nordrhein-Westfalen ist eine der größten Industrieregionen Europas. Etwa 23% des deutschen Bruttoinlandprodukts (BIP) werden hier erwirtschaftet. In NRW – Deutschlands bevölkerungsreichstem Bundesland und größtem Energieeinsatz- und Stromerzeugungsstandort – stehen im Kontext der Klimaschutzdiskussion bislang vor allem die absehbaren Herausforderungen für einen Wandel der Energiewirtschaft im Mittelpunkt. Das ist verständlich, da dieser Sektor alleine im vergangenen Jahrzehnt für fast 60 Prozent aller energiebedingten Treibhausgasemissionen im Lande verantwortlich war.

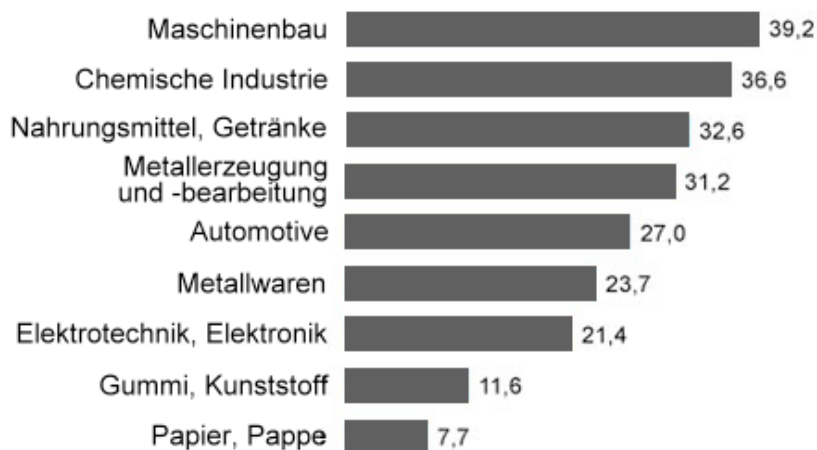


Abb. 2-6 Umsätze nach Branchen in NRW (2009, in Mrd. Euro)

Quelle: nrwinvest.com, 2011, eigene Bearbeitung.

Die drei wichtigsten Sektoren in NRW sind heute der Maschinenbau, die chemische Industrie und die Nahrungsmittel- und Getränkebranche. Unternehmen wie die „ThyssenKrupp AG“ und die „Bayer AG“ haben ihre Hauptsitze in NRW. Dabei besteht in NRW bezüglich der Wirtschaftsstruktur eine heterogene Landschaft: Von traditionellen Bereichen wie Tagebau (etwa im Ruhrgebiet) über die verarbeitende Industrie (beispielsweise im Münsterland oder dem östlichen Westfalen) bis zur Telekommunikation (zum Beispiel in Köln) kommen fast alle Wirtschaftszweige in NRW in signifikantem Umfang vor. 19 der 50 umsatzstärksten deutschen Unternehmen und über 500.000 Kleine und Mittlere Unternehmen (KMU) haben ihren Hauptsitz in NRW. Die Chemische Industrie und die Metallerzeugung zählen zu den energieintensivsten Branchen und werden in Zukunft allein durch die zu erwartenden steigenden Energiepreise noch stärker auf Energieeffizienz und den Einsatz von erneuerbaren Energietechnologien setzen müssen. Einzelne Branchen wie der Maschinen- und Anlagenbau stellen bereits heute Schlüsseltechnologien, Dienstleistungen und Verfahren bereit, die hierfür ein wichtiger Hebel sind (Roland Berger/Prognos 2009); jedoch wird künftig die Bedeutung sogenannter „cross-sector innovations“ wachsen (vgl. Kapitel 3.2). In der differenzierten

Wirtschaft NRWs können kaum einzelne Schlüsseltechnologien oder Faktoren identifiziert werden, die Wandlungsprozesse in Gang setzen oder vermitteln. Um die Entwicklung umwelt- und klimafreundlicher Industriezweige beschreiben zu können, ist es wichtig zu verstehen, dass die regionalen Unternehmen etwa aus der Stahlindustrie, in der Lage waren und sind, neue Herausforderungen zu meistern. Grundlage für erfolgreiche Wandlungsprozesse sind, neben technologischen Kompetenzen der Unternehmen, die politischen Maßnahmen Maßnahmen. Eine Herausforderung im Kontext einer ehrgeizigen Klimaschutzpolitik liegt darin, „grüne“ Industriebereiche zu identifizieren und die bestehenden Unternehmen bei dem Übergang von den traditionellen aber schrumpfenden Märkten in neue Märkte zu unterstützen und damit einen langfristigen ökonomischen Veränderungsprozess zu initiieren.

Regionale Bedingungen für eine nachhaltige Entwicklung

Wie in den vorangegangenen Kapiteln gezeigt wurde, können die Leitbilder der „green economy“ (UNEP 2011) beziehungsweise des „green growth“ (PIK 2011) durch eine Diversifizierung und Öffnung der traditionellen Branchen und die Entwicklung von Zukunftsmärkten realisiert werden. Diese Idee ist keineswegs neu, sondern spielt unter den Begriffen „ökologische Modernisierung“ und „Umbau der Industriegesellschaft“ bereits seit vielen Jahren eine dominante Rolle in der Diskussion um nachhaltige Entwicklung. Doch nimmt eine nachhaltige Entwicklung stets lokale und spezifische Formen an und regionale Bedingungen haben bei der Umsetzung dieser Entwicklung einen zentralen Stellenwert. Die Kohle- und Stahlindustrien im Ruhrgebiet stehen exemplarisch für die regionalen Besonderheiten der Industrieregion NRW: In den früher 90er Jahren lagen noch rund die Hälfte aller Industrie- und Produktionsarbeitsplätze in der Kohle- und Stahlindustrie und weitere 12% der Beschäftigten arbeiteten in der energieintensiven Schwerindustrie (Hilbert et al. 1998, S. 240). Diese Strukturen sind bis heute ökonomisch bedeutsam, jedoch in begrenzter Größenordnung. Plastisch wird dies dadurch, dass der deutsche Steinkohlebergbau bis 2018 ausläuft. In der Vergangenheit wurden die Siedlungsstrukturen, die Ausbildungsprofile und die Konsumansprüche der Menschen in der Region sehr stark durch das Wachstum in diesen traditionellen Branchen bestimmt. Diese historisch gewachsenen Branchen und die industriellen Beziehungen sind fest mit einem fossil-zentralen Entwicklungspfad verknüpft und hemmen heute potentiell den angestrebten Pfadwechsel. Dieser stellt eine neue Qualitätsstufe gegenüber den gegenwärtigen Strukturen dar, in denen sowohl die Produktions- als auch die Konsummuster nicht nachhaltig sind.

Chancen für die heimische Wirtschaft

Bei einer genauen Analyse ergeben sich aus den regionalen Besonderheiten Chancen für eine industrielle Weiterentwicklung in NRW. In der Vergangenheit wurde die heimische Wirtschaft im bundesweiten Vergleich durch den umfassenden strukturellen Wandel von der Industrie- zur Wissensgesellschaft geschwächt. Heute gehen neue, grüne Industrien aus den alten industriellen Strukturen hervor und können aufgrund der breiten Kompetenzbasis und des technologischen Know-how schnell wachsen und positive Effekte auf die freien Kapazitäten im Arbeitsmarkt haben. Dies gilt bei einer ambitionierten Klimagesetzgebung sowohl für die Energiewirtschaft, als auch die Chemische Industrie und die Stahlindustrie können profitieren. Diese Branchen haben das Potential, sich auf die veränderten Bedingungen einzustellen. Auch die Arbeitskräfte aus den alten Industriezweigen können in die grüne Industrie übergehen (PIK 2011, S. 5). Im zweiten Kapitel dieser Kurzstudie werden die Implikationen

für die Branchen im Einzelnen beschrieben. Der Strukturwandel birgt besondere Herausforderungen für diejenigen Branchen, die heute noch unter Überakkumulation, Marktsättigung oder wegbrechender Nachfrage leiden. Ein Beispiel dafür ist die Automobilindustrie und ihre Zulieferbetriebe, deren Überkapazitäten mit Einbruch der Finanz- und Wirtschaftskrise nur noch durch das „Abwracken“ gebrauchsfähiger Fahrzeuge eingedämmt werden konnten. Durch die Entwicklung neuer Fahrzeugtechniken, neuartiger Systeminnovationen wie der Integration von Elektrofahrzeugen in das Lastmanagement des Energieversorgungssystems und viele weitere Innovationen entstehen für die Industrie nun neue Wachstumspotentiale.

Bereits heute haben einige Unternehmen in NRW in den künftigen Wachstumsmärkten eine führende Marktposition. Zu den vielversprechendsten und bekanntesten Klimaschutzmärkten zählen die Energieeffizienz und die nachhaltige Energieerzeugung. Ein zukunftsfähiges Energieversorgungssystem wird stärker als bisher auf erneuerbare Energien als Basis, effiziente und emissionsarme Kraftwerks- und Umwandlungstechnologien, dezentrale Erzeugung, Verteilung und Speicherung setzen. Der Sektor Energie hat traditionell eine hohe Relevanz für die Beschäftigungsstruktur des Landes: Im Jahr 2008 hat der Energiebereich in NRW rund 260.000 Menschen beschäftigt. Jeder dritte Arbeitsplatz in der Energieversorgung Deutschlands (und damit gegenüber dem Bevölkerungsanteil von ca. 22% überproportional viel) liegt in NRW. Bei der Zulieferindustrie liegt der Anteil bei rund 22% und damit genau so hoch wie der Bevölkerungsanteil. Das Umsatzvolumen im Bereich der regenerativen Anlagen lag in 2009 bei mehr als 6,9 Mrd. Euro. Künftig werden durch die Weiterentwicklung von Pioniermärkten und den massiven Einsatz der onshore- und offshore-Windenergie und neuen Technologien, wie etwa der Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung, vielfältige Chancen entstehen.

Technologieausblick Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung (KWK): Stromerzeugende Heizungen

- Mit dezentralen Mikro-KWK-Anlagen wird zeitgleich Wärme und Energie erzeugt. Während die Wärme zur Beheizung und Warmwasserbereitstellung genutzt werden kann, treibt die mechanische Energie einen Generator im Leistungsbereich von 1-100 kW an. Die Eigenproduktion reduziert den zentralen Strombezug und spart damit (aufgrund der i.d.R. höheren Effizienz von Mikro-KWK-Anlagen gegenüber fossilen Großkraftwerken) Primärenergie und – sofern Strom aus fossilen Kraftwerken ersetzt wird – Übertragungsverluste, erhebliche Investitionen in Infrastruktur und CO₂-Emissionen. Durch das KWK-Gesetz und (bei Einsatz erneuerbarer Brennstoffe) das EEG entsteht ein zusätzlicher Anreiz für die Nutzung von Mikro-KWK-Anlagen, da überschüssiger Strom ins Netz eingespeist und vergütet werden kann.
- In NRW wurde die Zukunftstechnologie der Mikro-KWK auf Basis von Brennstoffzellen zur Markt- und Serienreife entwickelt: Die in Heinsberg ansässige „Ceramic Fuel Cells GmbH“ stellt Brennstoffzellenmodule auf metall-keramischer Basis her, die in einer 1kW-Anlage zur Hausenergieversorgung angewendet werden können.
- Bei Brennstoffzellenheizanlagen kommt als Energieträger in erster Linie Erdgas in Frage, das sich aufgrund seines hohen Methangehalts (CH₄) gut als Ausgangsstoff für die Herstellung von Wasserstoff (H₂) eignet. Mikro-KWK-Anlagen mit Brennstoffzellentechnologie zur häuslichen Energieversorgung sind eine der Kernkompetenzen des „Gaswäme-Institut e.V.“ in Essen, das bereits seit mehr als 70 Jahren an diesen Themen forscht.

In Zeiten sich wandelnder Märkte liegt der Schlüssel zum Erfolg in der Erforschung und dem Einsatz von Zukunftstechnologien. Dreh- und Angelpunkt sind dabei FuE in Forschungszentren, Hochschulen und Unternehmen in den Bereichen Umwelttechnologie, des Maschinen- und Anlagenbaus und der Automobilindustrie. Die Möglichkeiten für Effizienzsteigerungen bei den traditionellen Energietechnologien werden in Zukunft jedoch abnehmen, da die Potentiale nach und nach ausgeschöpft werden. Währenddessen werden für die erneuerbaren Energien in den kommenden Jahren und Jahrzehnten weitere deutliche Kostensenkungen durch Lerneffekte erwartet.

Differenzierte Chancen und Herausforderungen in den Branchen

Allein durch die Produkte des Maschinen- und Anlagenbaus können in vielen Anwenderbranchen Energieeffizienzsteigerungen erzielt werden. Eine Studie im Auftrag des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) erwartet, dass in den kommenden zehn Jahren in allen Branchen von Produktion über Chemische Industrie bis zur Baubranche der prozentuale Einsatz heute bereits existierender Effizienztechnologien (Realisierungsgrad) im Vergleich zu weniger effizienten Optionen von 40% auf 67% ansteigen wird (Roland Berger/Prognos 2009, S. 6). Ökologische und ökonomische Potenziale ergeben sich auch durch Anwendungen im häuslichen Bereich. Die entscheidenden Branchen sind hier der Gebäudesektor und die Bauwirtschaft. So sind Gebäudedämmungen und Gebäudesteuerung wesentliche Hebel zur Erreichung der CO₂-Minderungsziele (Wuppertal Institut 2009). Weitere Chancen ruhen auch im Transport- und Mobilitätssektor sowie in der Informations- und

Kommunikationstechnologie (IKT) und im Bereich nachhaltiger Investments. Dabei kommt es sehr stark darauf an, von der Zielsetzung zu konkreten Projekten zu kommen. Beispielhaft kann hier das Projekt „InnovationCity Ruhr“ genannt werden. Durch ein Bündel von Technologien soll dabei in einem repräsentativen Stadtteil THG-Minderungen von 50% in knapp 10 Jahren gelingen. Für erfolgreiche Referenzprojekte ist es dabei von hoher Bedeutung, nicht nur die Einsatzfähigkeit von Technologien zu klären, sondern auch adäquate Dienstleistungsangebote zu entwickeln und die Durchsetzung der Technologien durch akzeptanzfördernde Maßnahmen zu gewährleisten.

Durch Klimaschutz entstehen in den verschiedenen Branchen künftig neue Wachstumsoptionen. Für den Maschinen- und Anlagenbau wird innerhalb der Unternehmen davon ausgegangen, dass Energieeffizienz in Zukunft zu einem zentralen Differenzierungsfaktor gegenüber den Kunden wird (Roland Berger/Prognos 2009). Die Branche kann in unterschiedlichen Anwendungsbereichen insbesondere durch Optimierung der Systemsteuerung sowie durch Verfahrens- und Konstruktionsoptimierung maßgebliche Effizienzsteigerungen in vielen weiteren Branchen erzielen. Heute erwarten Branchenunternehmen ein signifikantes Wachstum dieser Bereiche für Beschäftigung und Wertschöpfung (ebenda, S. 10). So unterläuft Klimaschutz als Geschäftsfeld die traditionellen Branchenstrukturen. In der Folge sind auch neue Kooperationsformen entstanden, etwa zwischen der „Volkswagen AG“ und dem Stromanbieter „LichtBlick AG“ zur Entwicklung des sogenannten „ZuhauseKraftwerks“ oder der „Daimler AG“ und der „Robert Bosch GmbH“ zur Entwicklung und Produktion von Antriebssystemen für Elektroautos. Eine ehrgeizige Klimaschutzgesetzgebung könnte Unternehmen in NRW zu „first-mover“-Akteuren auf zentralen Klimaschutzmärkten werden lassen, insbesondere in den Bereichen Energieeffizienz und erneuerbare Energien, doch auch in neuen Märkten. In Kapitel 3 wird auch beschrieben, welche neuen Formen der Zusammenarbeit sich in NRW entwickelt haben.

Von einer solchen Entwicklung könnten „spill-over“ Effekte in anderen Ebenen und die Gesamtwirtschaft ausgehen. Die gesamtwirtschaftliche Entwicklung kann in unterschiedlichen Kennzahlen gemessen werden. Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) kann dabei ggf. einen verfälschten Eindruck vom tatsächlichen Wohlstandsniveau vermitteln. So werden insbesondere die Degradation des Naturkapitals, aber auch gesellschaftliche Ungleichheiten, nicht oder nur unzureichend im BIP abgebildet. Ein Beispiel sind die in NRW besonders häufig auftretenden Staus, die direkt auf den Mobil Individualverkehr zurückzuführen sind. Künftig sollte Wachstumsmessung auch bzw. vor allem den Erhalt und die Verbesserung des ökologischen und sozialen Kapitals umfassen.

2.5 Analyse der Markttreiber

Drei globale Trends bestimmen neben den Klimaschutzzielen die Entwicklung des Marktes für Klimatechnologien: Bevölkerungsentwicklung, wirtschaftliche Globalisierung und Wohlstandsstreben. Den drei Trends ist gemeinsam, dass sie die Ressourcennachfrage weltweit antreiben. Bei den modernen Volkswirtschaften besteht die Herausforderung darin, sie auf eine andere Ressourcen- und Energiebasis zu stellen. Durch die hiesige Nachfrage nach Produkten erleben Länder wie in Indien und China ein dynamisches Wirtschaftswachstum und damit einhergehend einen massiven Ausbau der dortigen Infrastrukturen. Dieses Wachstum und der Bedarf an Produktionsmitteln und Werkstoffen muss künftig so umwelt-

schonend wie möglich ablaufen. Hier spielen die erneuerbaren Ressourcen und Energien eine wichtige Rolle; auch "green tech" und "renewables made in Germany" leisten dazu heute schon weltweit einen Beitrag (ISI/Borderstep/ZTC/VDI 2008, S. 12-13).

Die Entwicklung in Richtung Klimaschutz und die korrespondierende Nachfrage nach Klimaschutztechnologien aus Deutschland und NRW wird außerdem von Zielen und Prozessen getrieben, die auf unterschiedlichen Ebenen liegen:

Wirtschaftliche Ziele:

- Industriepolitische Impulse: Durch Optionen wie Technologietransfer und -kooperation, Exportchancen und die Entwicklung von "first-mover"-Vorteilen steigern Unternehmen ihre Wettbewerbsfähigkeit.
- Politische Anreize: Einspeisevergütungen, wie sie nach dem EEG für Strom aus regenerativen Quellen gewährt werden, sind starke Anreize für Investitionen. Durch diese Anreize hat sich die Akteurskonstellation bei den Investoren verändert: Statt privater und kleiner Investoren steigen auch große Energieversorger in den Markt ein.
- Wirtschaftlichkeit: Mit der zunehmenden Bepreisung von CO₂ durch den Zertifikatehandel und die erwarteten Preisentwicklung der fossilen ergeben sich auch kurz- bis mittelfristig wirtschaftliche Vorteile durch den Übergang zu einer klimafreundlichen Produktionsweise.

Soziale Ziele:

- Demokratieverträglichkeit: Klimaschutz ergibt sich in einer „freien Marktwirtschaft“ nicht ohne Weiteres von selbst, sondern verlangt nach politischer Steuerung und partizipatorischen Elementen.
- Zuverlässigkeit, Versorgungssicherheit und Energieeffizienz: Moderne Industriegesellschaften hängen von elektrischer Energie ab, die wirtschaftlich, bedarfsgerecht und verlässlich zur Verfügung gestellt werden muss. Die sich entwickelnden Länder tendieren dazu, dieses Entwicklungsmodell zu übernehmen und treiben damit die globale Nachfrage nach Energie. Klimaschutztechnologien werden sich daran messen lassen, inwieweit sie Beiträge zur Zuverlässigkeit und Versorgungssicherheit leisten können.
- Risikoarmut: Nicht zuletzt der Reaktorunfall in Japan im März 2011 hat gezeigt, wie wichtig risikoarme, nicht Krisen-verschärfend wirkende Energieversorgungssysteme sind. In der Folge könnte Atomenergie an Bedeutung verlieren und sich die Nachfrage nach anderen Klimaschutzoptionen erhöhen.

Ökologische Ziele:

- Umwelt- und Klimaverträglichkeit: Durch erneuerbare Energien und Energieeffizienz wird nicht nur das Klima entlastet, sondern mit der Umwelt auch die ökologischen Lebensgrundlagen des Menschen geschont. D.h. Klimaschutztechnologien werden in Zukunft auch wegen ihrer positiven Nebenwirkungen („co-benefits“) nachgefragt werden.

2.6 Gegenläufige Tendenzen

Die vorangegangenen Einschätzungen und skizzierten Entwicklungstrends sind aus einer

Vielzahl von Gründen unsicher. Die Erreichung der vorgegebenen Ziele wird durch die folgenden Unwägbarkeiten gefährdet:

- Nur ein geringer Teil der Energienachfrage kann durch freiwerdende Ressourcen durch die Verbesserungen der Energieeffizienz gedeckt werden. Zudem sinkt die Rate der möglichen Effizienzsteigerungen. Erneuerbare Energien reichen nicht aus, um das Defizit zu decken
- Technologien, die bei isolierter Betrachtung einen positiven Klimaschutzbeitrag leisten, verursachen auf einer anderen Ebene einen negativen Effekt; den sogenannten „Rebound-Effekt“

Die mögliche Lücke zwischen steigender Energienachfrage und nachhaltiger Energieversorgung durch verbesserte Energieeffizienz und erneuerbare Energien ergibt sich durch einige Faktoren, die in den meisten Szenarien unberücksichtigt bleiben (Linz/Scherhorn 2011, S. 5). Ein Erster ist das Kapital, das für die nachhaltige Transformation bereitgestellt werden muss: Die Engpassfaktoren sind die mangelnde Investitionssicherheit für private Investitionen und begrenzte Spielräume in den öffentlichen Haushalten. Darüber hinaus werden die angestrebten CO₂-Minderungsziele und die damit einhergehende Transformation komplexer sozio-technischer Systeme durch den Faktor Zeit gefährdet. Fraglich ist dabei, ob die erforderlichen über- und unterirdischen Transport- und Verteilnetze, die als Grundlage der nachhaltigen Versorgungssysteme dienen, in den vorgegebenen vier Jahrzehnten überhaupt errichtet werden können. Ein letzter Punkt ist die Frage nach der umfassenden Bereitschaft aller Beteiligten zu tiefgreifenden Veränderungen. Politisch muss der einzuschlagende Entwicklungspfad festgelegt werden und in vielen Regionen eine völlige Abkehr von der fossilen und atomaren Energiegewinnung gelingen. Klare Rahmenbedingungen müssen Kapitalinvestitionen in Zukunftsindustrien ermöglichen; und zwar innerhalb weniger Jahre, denn je später sie getätigt werden, desto schwieriger wird eine Erreichung der Minderungsziele.

Klimaschutztechnologien haben nicht automatisch positive Klimaschutzwirkungen: „Rebound-Effekte“ bezeichnen Wirkungsbrüche, die auf einen technologischen Ursprung oder Netzwerkeffekte in sozialen Systemen zurückgeführt werden können. Die Leichtbauweise in der Automobilindustrie führt bspw. singulär gesehen zu erheblichen Energieeinsparungen, jedoch führt diese Lösung nicht in hinreichendem Maße zur Substitution weniger nachhaltiger Fahrzeuge. Ebenso kann die Ausweitung der Energieversorgung aus Windenergie oder Photovoltaik zusätzliche Stoff- und Energieströme induzieren, etwa wenn weniger nachhaltige Umwandlungskraftwerke nicht in gleichem Maße zurückgebaut werden. Soziale „Rebound-Effekte“ bestehen darin, dass technologische Lösungen zur Treibhausgasminde- rung ggf. eine gesellschaftliche Auseinandersetzung über nicht nachhaltige Lebensstile verhindern. „Rebound-Effekte“ bezeichnen also im Wesentlichen negative Nettoeffekte von angenommen oder vorgeblich klimafreundlichen Produkten. Schwierigkeiten bei der Berechnung dieser Effekte liegen in der mangelnden Messbarkeit und Zurechenbarkeit sowie in kausalen Umwegen und zeitlichen Verzögerungen (Paech 2005, S. 111ff.).

Diese Tendenzen legen nahe, Neues und Unerprobtes an die Stelle der ausgedienten Wirtschafts- und Lebensformen zu stellen. Fraglich ist auch, ob ein fortgesetztes Wachstum von schädlichen Umweltwirkungen entkoppelt und der Lebensstil westlicher Gesellschaften unverändert weitergeführt werden kann. Das großangelegte Experiment eines Wirtschaftens und Lebens fast ohne Emissionen muss richtungssicher sein und Innovationsprojekte ermög-

lichen, die keine oder nur geringfügige „Rebound-Effekte“ zeitigen.

2.7 Klimaschutz und Beschäftigung

Der Umbau der Energieversorgung führt zu einem erheblichen Strukturwandel in der gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung und Beschäftigung. Immer mehr Menschen arbeiten direkt oder indirekt für Herstellung oder Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien oder im Bereich der Beratung, Planung und Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen. Dabei spielen die Akzentsetzungen der Umweltpolitik eine bedeutende Rolle. Nach Schätzungen des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW) waren im Jahr 2006 in Deutschland knapp 1,8 Millionen im Umweltschutz tätig (DIW/Ifo/NIW 2009). Mit einem Anteil von 4,5 % an allen Erwerbstätigen ist der Umweltschutz ein bedeutender und stabilisierender Faktor für den gesamten Arbeitsmarkt. Der Zuwachs beruht vor allem auf dem Anstieg im Bereich der erneuerbaren Energien. Den bei weitem größten Teil der Umweltschutzbeschäftigung in Deutschland machen jedoch mit über 1,1 Millionen Personen die umweltorientierten Dienstleistungen aus. Welche Bedeutung der Ausbau erneuerbarer Energien und verstärkte Energieeffizienzanstrengungen für den deutschen Arbeitsmarkt und die Beschäftigungssituation in NRW haben, wird im Folgenden anhand aktueller Studien dargestellt.

Bedeutung erneuerbarer Energien für den Arbeitsmarkt

Ein laufendes Forschungsvorhaben im Auftrag des BMU zu den kurz- und langfristigen Auswirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt kommt zu dem vorläufigen Ergebnis, dass die Bruttobeschäftigung durch die Nutzung erneuerbarer Energien 366.000 Personen im Jahr 2010 erreichte. Die Beschäftigung hat sich damit innerhalb von fünf Jahren mehr als verdoppelt.

Betrachtet man die Beschäftigungseffekte der einzelnen Technologiebereiche, belegt die Photovoltaik mit 106.400 Beschäftigten (29 %) den Spitzenplatz. Es folgt die Windenergie mit 96.100 Jobs (26 %). Die Biomasse (feste, flüssige, Biogas) bietet knapp 66.300 Personen einen Arbeitsplatz (18%). Verbucht man hier auch die Brenn- und Kraftstoffbereitstellung (55.700 Beschäftigte), stellt die Biomasse mit insgesamt 122.000 Personen den größten Anteil der Beschäftigung (33 %). Auf die Geothermie entfallen 13.100 Personen, gefolgt von der Solarthermie mit knapp 13.300 (jeweils 3,6 %) und der Wasserkraft mit 7.600 Beschäftigten (2 %).

Im Hinblick auf die Tätigkeitsfelder setzt sich die Bruttobeschäftigung zusammen aus den Arbeitnehmern bei inländischen Unternehmen, die direkt mit der Herstellung oder dem Betrieb von Anlagen und Komponenten sowie der Bereitstellung von Biomasse befasst sind (= direkte Beschäftigung). Hinzu kommen die Beschäftigten in den Unternehmen, die Vorleistungen zur Produktion und zum Betrieb von Anlagen zuliefern (= indirekte Beschäftigung). Zur Bruttobeschäftigung zählen darüber hinaus die Arbeitsplätze, die in den Bereichen Forschung, Öffentlichkeitsarbeit und Förderung sowie im öffentlichen Dienst entstehen. Die Summe aus direkter und indirekter Beschäftigung ergibt die Bruttobeschäftigung. Der Nettobeschäftigungseffekt beinhaltet auch mögliche negative Wirkungen bspw. durch die Substitution von Investitionen in herkömmliche Kraftwerke (vgl. Abbildung 2-7).

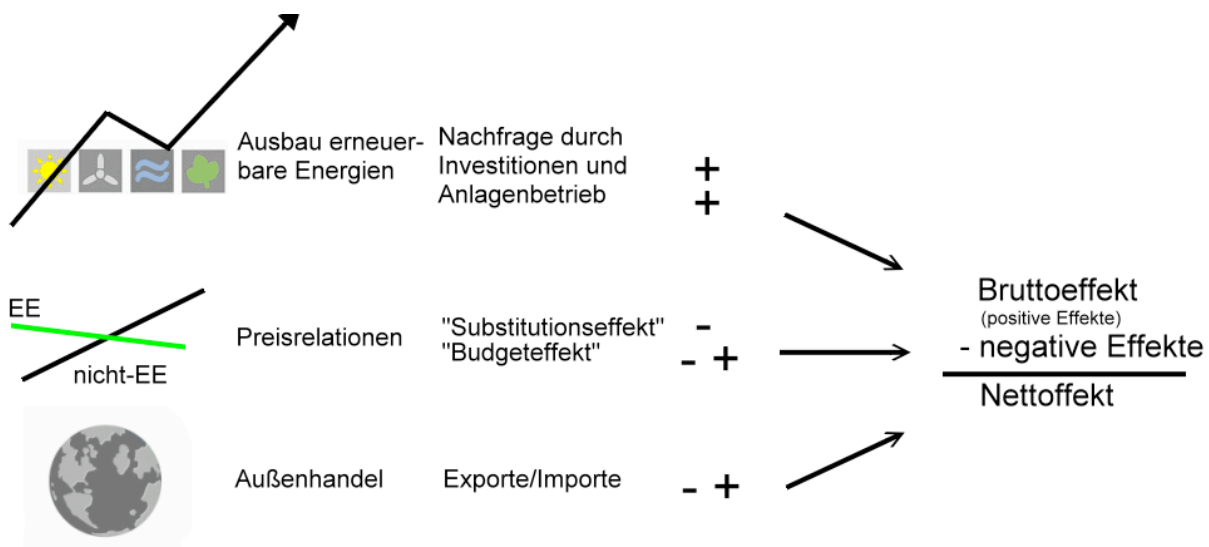


Abb. 2-7 Nachfrage-, Substitutions- und Budgeteffekte beim EE-Ausbau

Quelle: BMU 2010, S. 10.

Die Bruttobeschäftigung im Jahr 2010, die aus den Umsätzen der Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien resultiert, beträgt etwa 232.700 Personen. Die Bruttobeschäftigung aus Betrieb und Wartung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien stieg 2009 auf insgesamt 70.100 Personen. Die Beschäftigung in der Bereitstellung von Biomasse stieg auf 55.700 Personen.

Nach vorläufigen Abschätzungen der langfristigen Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien könnten bis zum Jahr 2020 je nach Exportentwicklung 450.000 bis 550.000 Arbeitsplätze in der EE-Branche entstehen. Bis 2030 können es 500.000 bis 600.000 Beschäftigte sein (Bruttobeschäftigung). Die Beschäftigungseffekte hängen der Analyse zufolge stark von den Gegebenheiten auf dem Arbeitsmarkt und der Entwicklung der Arbeitsproduktivität ab. Nur wenn es gelingt, ausreichend Arbeitskräfte zu mobilisieren, ist bei einem Ausbau der erneuerbaren Energien ein kräftiger Zuwachs der Beschäftigung möglich. Steigt jedoch die Produktivität je Beschäftigten im selben Maße wie das Marktwachstum, ändert sich bei der Beschäftigung nur wenig. Denn bis 2030 sind voraussichtlich nur noch knapp 70 % der Beschäftigten gegenüber heute für denselben Output notwendig. Allerdings nimmt in keinem der untersuchten Szenarien in der BMU-Studie die Beschäftigung ab (GWS; DIW; DLR; ISI; ZSW 2010).

Die Ergebnisse des BMU-Projekts auf der Grundlage unterschiedlicher Ausbauszenarien weisen auch mehrheitlich positive *Nettobeschäftigungseffekte* aus. In den Szenarien werden unterschiedliche Annahmen zur Entwicklung des Preisniveaus fossiler Energieträger, zum Ausbau der erneuerbaren Energien und zur Exporttätigkeit der Anlagenhersteller getroffen. Für das Jahr 2010 wird eine Nettowirkung von 70.000 bis 90.000 Beschäftigten abgeschätzt. Mittlere Exportannahmen führen bis 2030 zu einer Mehrbeschäftigung (netto) von 107.000 bis 288.000 Personen (GWS; DIW; DLR; ISI; ZSW 2010).

Die Auswirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt werden allerdings durchaus kontrovers diskutiert (Fronde 2009; Erdmann 2008; Blankart et al. 2008, Alvarez et al. 2009). Kritiker des regenerativen „Jobwunders“ weisen darauf hin, dass mehr als die Hälfte der Beschäftigung durch laufende Investitionen entsteht und es oh-

ne diesen „Aufbau-Effekt“ weitaus weniger Beschäftigung gäbe. Negativ zu Buche schlägt der sogenannte Budgeteffekt: Steigende Strompreise als Folge der Förderung erneuerbarer Energien vermindern oder verhindern Investitionen an anderer Stelle. Grundsätzlich ist man sich darin einig, dass Nettoeffekte schwierig zu quantifizieren sind und stark von den getroffenen Annahmen abhängen. Perspektivisch wird der Zuwachs der Arbeitsplätze vom Exportumfang von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien abhängen.

Der Markterfolg der erneuerbaren Energien wird auch davon abhängen, inwieweit für den heimischen Markt qualifiziertes Personal zur Verfügung steht. Durch die Beobachtung des Arbeitsmarktes im Bereich erneuerbare Energien kann vor allem die qualitative Entwicklung des aktuellen Fachkräftebedarfs aufgezeigt werden (Ostenrath 2010). Das enorme Wachstum veröffentlichter Stellen spiegelt den Fachkräftebedarf im Bereich erneuerbare Energien wider. Die überwältigende Mehrheit der Stellen wird unbefristet ausgeschrieben. Die branchendifferenzierte Sicht zeigt, dass in der Solarenergie die meisten Stellen ausgeschrieben werden, gefolgt von der Bioenergie und der Windkraft. Bei den Anforderungen an Primärqualifikationen zeigt sich eine deutliche Dominanz technisch ausgerichteter Qualifikationsgruppen (Ingenieure/Ingenieurinnen, TechnikerInnen und HandwerkerInnen), die Nachfrage nach kaufmännischen Qualifikationen hat jedoch stark zugenommen. Fehlende Ingenieure werden zunehmend durch erfahrene TechnikerInnen ersetzt. Der Beschäftigungsausbau im Bereich Bioenergie ist stark mit dem Ausbau des Personals für Bau und Wartung von Biogasanlagen verbunden. Auch Fremdsprachenkenntnisse werden wichtiger, denn fast jede dritte Stelle ist in tätigkeitsbezogener Hinsicht mit ausländischen Partnern bzw. Unternehmensteilen beschäftigt. Zu ähnlichen Ergebnissen im Hinblick auf die Qualifikationsanforderungen kommt auch das BMU-Projekt. Im Durchschnitt haben 82 % der Beschäftigten in der erneuerbaren Energien Branche eine abgeschlossene Berufsausbildung, davon fast 40 % einen Hochschulabschluss (GWS/DIW/DLRISI/ZSW 2010).

Beschäftigungswirkungen im Bereich Energieeffizienz (Gebäudesanierung)

In einer Studie zu den „Beschäftigungswirkungen und -entwicklungen sowie Ausbildungs- und Qualifizierungsbedarfen im Bereich der energetischen Gebäudesanierung“ wurde untersucht, welcher aktuelle und zukünftig zu erwartende Fachkräftebedarf im Bereich der energetischen Bausanierung besteht und inwieweit bereits vorhandene Aus- und Weiterbildungsstrukturen die Qualifizierung für berufsbezogene Tätigkeiten in diesem Feld unterstützen (IÖW/Universität Oldenburg/Wissenschaftsladen Bonn 2011). Der Beschäftigungseffekt im Bereich der energetischen Gebäudesanierung kann auf derzeit mehr als 900.000 Personennjahre geschätzt werden, vor allem in den Tätigkeitsbereichen Erst- und Energieberatung, Planung und Koordination, Durchführung von Maßnahmen im Bereich Dämmung und Durchführung von Maßnahmen im Bereich Heizung. Das Arbeitsfeld unterliegt einer hohen Innovationsdynamik mit stetigen Weiterentwicklungen bei Technologien (z.B. Wärmepumpen und Kraft-Wärme-Kopplung) und Produkten (z.B. neue Dämmmaterialien und Verbundsysteme).

Handlungsempfehlungen umfassen Kommunikations- und Imagekampagnen zur Deckung des aktuellen und zukünftigen Fachkräftebedarfs. Konkrete Vorschläge, um die Qualifizierungsphasen der dualen Ausbildung, der Weiterbildung und des Studiums adäquater auf die Bedarfe der energetischen Bausanierung abzustimmen, reichen von der besseren Nutzung und der Ausweitung didaktischer und curricularer Handlungsspielräume über die Implementierung eines sanierungsspezifischen Weiterbildungsangebots bis hin zum Ausbau von Ver-

tiefungsmöglichkeiten zur Bauwerkserüchtigung und -erhaltung in ausgewählten Studiengängen (IÖW/Universität Oldenburg/Wissenschaftsladen Bonn 2011).

Positive Beschäftigungswirkungen in Nordrhein-Westfalen

Nach Berechnungen des Internationalen Wirtschaftsforums Regenerative Energien (IWR) waren 2009 etwa 24.094 Personen im regenerativen Anlagen- und Systembau in NRW beschäftigt (IWR 2010, S. 13). Damit setzte sich der positive Trend der Vorjahre fort. Der höchste Beitrag zur Beschäftigungssicherung entfällt mit rund 6.677 Arbeitsplätzen auf die Solarindustrie, gefolgt von Unternehmen der Windindustrie mit rund 6.559 Beschäftigten. Auf Platz drei folgt der Bioenergiesektor, der mit etwa 3.418 Personen im Vergleich zum Vorjahr leicht rückläufig war. Querschnittsdienstleister im Bereich der erneuerbaren Energien beschäftigten 2009 etwa 2.267, weitere Installationsbetriebe 2.014 Arbeitnehmer. Im Bereich der Geoenergie arbeiteten 1.362 Personen, sowie in den Bereichen Brennstoffzelle 943, KWK 693 und Wasserkraft 161 Personen.

Es ist davon auszugehen, dass die Zahl der Arbeitsplätze in den Bereichen Klima- und Umweltschutz weiter steigen wird. Eine besondere Dynamik besteht derzeit beim Ausbau erneuerbarer Energien, aber vor allem bei den umweltorientierten Dienstleistungen. Allein bezogen auf die Zahl der Beschäftigten sind die Umweltschutzdienstleistungen schon seit längerem von größerer Bedeutung als die Warenproduktion. Etwa ein Viertel der Arbeitsplätze hängen vom Export ab. Stark vertreten im Ausland sind nicht nur Hersteller von Windenergieanlagen, sondern auch von Biomasseanlagen und übergeordnete Projektierer. Zu erwarten sind auch in Zukunft gute Exportchancen, vor allem bei den erneuerbaren Energien. Entsprechend wird der Hauptanteil der zusätzlichen Arbeitsplätze hier entstehen. Insgesamt werden Umwelt- und Klimaschutz im Vergleich zur übrigen Volkswirtschaft vermutlich weiter überdurchschnittlich wachsen.

3 Implikationen für einzelne Branchen

3.1 Beschreibung von Schlüsselbranchen

Auf der Basis der vorliegenden Literatur soll in diesem Teilkapitel eine erste Orientierung über Ansatzpunkte für relevante Branchen in NRW gegeben werden. Die Darstellung orientiert sich an der NRW Clusterstrategie (exzellenz.nrw.de 2011). Dezidiert behandelt werden die Branchen Automotive, Nano- und Biotechnologie, Chemie, Energiewirtschaft und Energieforschung, Informations- und Kommunikationstechnologie, Finanzwirtschaft, Maschinen und Anlagenbau, Logistik sowie Bauwirtschaft.⁴

Eine Übersicht über die hier vorgenommenen qualitativen Einschätzungen ist in der folgenden Matrix abgebildet (vgl. Tab. 3-1). Dabei sei noch einmal betont: Die möglichen Effekte einer ehrgeizigen Klimaschutzgesetzgebung, die resultierenden Chancen von Branchen in Form von wirtschaftlichen Potenzialen oder aber Herausforderungen sind mit hohen Unsicherheiten behaftet. Grundsätzlich können künftig eintretenden strukturellen Wirkungen nicht eindeutig prognostiziert werden können. Dabei treten nicht nur zwischen den Branchen unterschiedliche Effekte auf – auch innerhalb einer Branche können sich differenzierte Entwicklungen einstellen. Die Unterscheidung zwischen „bestehenden-“ und „neuen Märkten“ in der Matrix versucht diesen Zusammenhang abzubilden: Für viele technologische Lösungen bestehen bereits wirtschaftliche Potenziale, andere können erst durch weitere Innovationen realisiert werden. Ein Beispiel für bestehende Märkte in der Automobilbranche sind konventionelle Fahrzeuge heutiger Prägung, neue Märkte eröffnen sich hingegen durch Elektromobilität und hocheffiziente, flexible Leichtbauweise. Diesen scheinbar rein technologischen Neuerungen müssen einhergehen mit organisatorischen und strukturellen Veränderungen (und betreffen auch die Vorlieferindustrie), die in qualitativer Form und durch Praxisbeispiele und Technologieausblicke in den folgenden Kapiteln illustriert werden. Sie zeigen, dass es in Nordrhein-Westfalen bereits zahlreiche Anknüpfungspunkte für nachhaltige Energieeffizienz-, Versorgungs- und Mobilitätskonzepte gibt. Zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit können jedoch dementsprechend nicht nur technologiebezogene inkrementelle Innovationen erforderlich sein, sondern u.U. auch ganze Branchenkonversionen nötig werden.

⁴ Die beschriebenen Entwicklungen spielen auch in die Cluster Ernährung und Gesundheitswirtschaft hinein, jedoch wurden diese Branchen, ebenso wie Medien, Medizinforschung sowie Kultur- und Kreativwirtschaft, nicht explizit untersucht.

Tab. 3-1: Qualitative Effekte auf relevante Branchen durch eine ambitionierte Klimaschutzpolitik

	Bestehende Märkte	Neue Märkte ¹
Automotive	-/0	- +
Nano- / Biotechnologie	- +	+
Chemische Industrie	- +	+
Energiewirtschaft und -forschung	- +	+
Informations- und Kommunikationstechnologie	+	++
Finanzwirtschaft	- +	- +
Logistik	-/0	- +
Maschinenbau	+	++
Bauwirtschaft	+	++

Erläuterung der Symbole:

- 0** Neutrale Wirkung
- Potenziell negative Wirkung
- +** Positive und negative Wirkungen
- +** Potenziell positive Wirkung
- ++** Sicherer Gewinner

¹ Neue bzw. entstehende Märkten beruhen auf Produkt- und Prozessinnovationen, die in dieser Analyse exemplarisch beschrieben werden.

Quelle: eigene

An Hand der qualitativen Analyse wird deutlich, dass bedeutende Branchen NRW's (IKT, Maschinenbau, Bauwirtschaft) heute bereits durch eine ehrgeizige Klimaschutzpolitik profitieren können. Durch zukünftige Innovationen und eine darauf ausgerichtete Marktentwicklung können auch alle anderen Branchen neue Absatzchancen generieren, wenn auch in unterschiedlichem Maße. Chancen ergeben sich auch durch Konversionen in der chemischen Industrie sowie in bestimmten Bereichen der Energiewirtschaft. Einzelnen Branchen (Finanzwirtschaft und Nano- und Biotechnologie) bieten sich künftig dadurch Chancen, dass sie Produkte und Dienstleistungen für die entstehenden neuen Marktbereiche anbieten können. Generell sind Dienstleistungs- und Serviceprodukte als Umsetzungs- und Qualitätsschlüssel für den Erfolg relevanter Branchen auf den Klimaschutzmärkten von hoher Bedeutung.

Für den Erfolg wirken sich verschiedene Faktoren positiv und negativ aus: dies gilt für die heimische Nutzungsintensität genauso wie z.B. Aspekte der Wissensintensität und der Innovationspotenziale. Von den entstehenden Klimaschutzmärkten können grundsätzlich alle Branchen durch neue Geschäftspotenziale profitieren. Dabei können Verluste in den angestammten Märkten zumindest teilweise ggf. sogar vollständig oder mehr als das kompensiert werden. Auf alle Branchen bezogen lässt sich festhalten, dass sich je nach Ausrichtung und Konkurrenzfähigkeit Wertschöpfungseffekte aus ambitionierten Klimaschutzzielen ergeben

können durch:

- eine Energieeffizienzsteigerung in Produktionsprozessen (und damit eine Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit);
- eine stärkere Unabhängigkeit von der Fremdversorgung und schwankenden Energiepreisen, etwa durch Eigenversorgung (z. B. Fotovoltaik, Biomasse-KWK);
- durch den verstärkten Absatz bestehender Klimaschutzprodukte;
- durch die gezielte Entwicklung und Markteinführung von neuen Klimaschutzprodukten und
- durch die Konzeption und Etablierung neuer Dienstleistungsangebote entlang der Wertschöpfungskette.

3.1.1 Automotive

Kernaussage: Die Automobilbranche wird durch ehrgeizigen Klimaschutz einen umfassenden Transformationsprozess durchlaufen mit erheblichen Auswirkungen auf der Komponentenseite

Um die vorgegebenen Klimaschutzziele zu erreichen, muss die Automobilindustrie erhebliche Anstrengungen in den Bereichen Technologieentwicklung und Fertigungsprozesse leisten. NRW ist einer der bedeutendsten Automobilstandorte Deutschlands und hat neben Produktionsstandorten von Opel und Ford auch mehr als 400 Zulieferbetriebe und insgesamt rund 200.000 Beschäftigte (exzellenz.nrw.de 2011). Durch die Finanz- und Wirtschaftskrise ging die weltweite PKW-Nachfrage um 4% zurück. Noch deutlich härter war der Markt für Nutzfahrzeuge betroffen (VDA 2010, S. 7). Jedoch ist das Innovationspotenzial der Branche enorm: Täglich werden durchschnittlich 10 Erfindungen zum Patent angemeldet, mehr als die Hälfte davon stammt aus dem Bereich Umwelttechnik (Achatz 2010, S. 238).

Durch die Verteuerung von fossilen Energieträgern und anderen wichtigen Rohstoffen sowie durch das Wachstum der Motorisierung in Ländern wie Brasilien, Indien, China und anderen Weltregionen wächst der Markt für alternative Antriebstechnologien. Auch mit energieeffizienter Leichtbauweise und einer nachhaltigen Produktion, etwa in Form von energieeffizienten Werken, sollen insbesondere die schädlichen Umweltwirkungen des motorisierten Individualverkehrs (MIV) in Grenzen gehalten werden (Achatz 2010, S. 233). Für die Automobilindustrie kommt es also beispielsweise auf leichtere Werkstoffe wie Faserverbundwerkstoffe an. Ein anderes Beispiel ist die ultraleichte Karosserie aus Stahl (siehe Box). Im Jahr 2020 soll sich das Marktvolumen für energieeffiziente PKW auf bis zu 500 Mrd. Euro belaufen (BDI 2010, S. 12-13). Im Vergleich zu anderen Branchen wird dieses Potenzial im Automobilbereich in überdurchschnittlicher Weise durch neuartige Technologien gehoben (Roland Berger/Prognos 2009, S. 39-40).

- Abgasanlage (Katalysatoren, Partikelfilter, Sensoren) weg (siehe Abb. 3-1).



Abb. 3-1 Technischer Wegfall von Komponenten im Automobilbereich

Quelle: Fraunhofer IISB 2008, S. 32, eigene Bearbeitung.

Durch die Markteinführung von werden Auswirkungen in die Zulieferindustrie erwartet. Bisher leben noch viele Zulieferbetriebe von einzelnen dieser Komponenten, die durch Elektroantriebe und Batterietechnologie wegfallen. Für den Übergang zu Elektromobilität sind auch in der Automobilindustrie selbst erhebliche Veränderungen, unter anderem durch Anfangsinvestitionen und personalqualifikation, notwendig. Der konventionelle Antriebsstrang, das Fahrzeugdesign und das Prozessdesign sind traditionelle Kernkompetenzen der Automobilhersteller. Es kann erwartet werden, dass die Industrie diese Bereiche auch künftig als eigene beanspruchen wird. Für Unternehmen mit Spezialkompetenzen, etwa im Bereich der Batterietechnologie, ergeben sich hier erhebliche Chancen für neue Kooperationen.

Neben den Entwicklungen auf Seiten der Produktion kommt ein weiterer bestimmender Faktor auf der Nachfrageseite hinzu: Durch die Batterietechnologie wird ein Elektrofahrzeug auf absehbare Zeit noch erheblich teurer sein als ein konventionelles Fahrzeug. Um die höheren Investitionen in einem zumutbaren Zeitraum amortisieren zu können, müssen Anreize steuerlicher Art oder direkte Förderung die Einführung von Elektrofahrzeugen flankieren. Auch soziale Innovationen – die Einführung und Stärkung anderer Nutzungsformen, etwa car-sharing – bietet eine weitere Möglichkeit, Klimaschutz und richtungssichere Entwicklungen im Automobilbereich voranzutreiben. Weitere Maßnahmen sind die Stärkung des Umweltverbands (ÖPNV und nicht-motorisierte Mobilität) insgesamt, die weitere Elektrifizierung des ÖPNV (z.B. Hybrid- und Plugin-Hybridbusse) und die Steigerung des Anteils von Strom aus erneuerbaren Energien im gesamten ÖV (also auch Schienenverkehr).

Technologieausblick Lithium-Ionen-Batterien: Chemische Schlüsselkomponenten

- Den Elektrofahrzeugen soll durch Lithium-Ionen-Batterien der Sprung in den Massenmarkt gelingen: Sie sind kleiner, leichter und leistungsfähiger als herkömmliche Akkusysteme auf Blei- oder Nickelbasis. Zudem entladen sie sich kaum, wenn sie längere Zeit nicht genutzt werden. Leistungsfähige Lithium-Ionen-Batterien enthalten Komponenten und Materialien der Chemischen Industrie.
- Das in Essen ansässige Unternehmen „Evonik Industries AG“ hat sich mit seiner strategischen Forschungs- und Entwicklungseinheit „Creavis Technologies & Innovation“ in Marl frühzeitig im Markt für Lithium-Ionen-Batterie positioniert. Das Produkt beinhaltet eine Reihe von organischen und anorganischen Spezialchemikalien, bei denen der Konzern traditionell über hervorragende Kompetenzen verfügt, insbesondere durch seine Erfahrungen in der Silanchemie
- „Evonik Industries“ ist heute das einzige Unternehmen, das in Deutschland autotaugliche Lithium-Ionen-Batteriezellen herstellt. In einer strategischen Allianz mit der „Daimler AG“ werden Forschung, Entwicklung und Produktion weiter vorangetrieben. Das Unternehmen unterstützt zudem eine Stiftungsprofessur an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, die in diesem Gebiet forscht und

3.1.2 Nano- und Biotechnologie

Kernaussage: Geschäftsfelder ergeben sich für die Nano- und Biotechnologie durch Produktanwendungen in allen anderen Branchen; jedoch werden die ökologischen Auswirkungen der Produkte zum Teil kontrovers diskutiert.

Die industrielle Biotechnologie und die Nanotechnologie sind Querschnittsbranchen mit vielen Anwendungsbereichen in der Chemie und in den Bereichen Gesundheit, Ernährung und Umwelt (häufig entweder als Vorprodukte oder für den Produktionsprozess). Aus ökologischer Sicht bestehen neben der grünen Biotechnologie (biogene Inputfaktoren für Industrieprozesse) die größten Potenziale im Bereich der weißen Biotechnologie sowie der Nanobiotechnik. Schätzungen zufolge ist der Umsatz der biotechnologischen Verfahren zwischen 2007 und 2010 von 95 Mrd. auf 335 Mrd. Euro gestiegen (Taurus Eco Consulting 2010, S. 32).

Die mehr als 300 Biotechnologie-Unternehmen in NRW (exzellenz.nrw.de 2011) arbeiten auf verschiedenen Technologiefeldern. Ihnen gemeinsam ist die Suche nach einer effizienteren und ökologisch konsistenten Produktionsweise, die etwa auf rein chemischem Wege nicht erreichbar ist. Sie entwickeln neue industrielle Prozesse auf der Grundlage von Biokatalysatoren, also Mikroorganismen und Enzymen. Durch biologische Katalysationsprozesse kann die Effizienz der Herstellung von hochwertigen Substanzen verbessert werden, da sie eine höhere Selektivität aufweisen als chemische Katalysatoren. Auch biogene Inputmaterialien werden durch die Biotechnologie entwickelt und optimiert. Die Beiträge der Biotechnologie zum Klimaschutz liegen dementsprechend in der verbesserten Ressourceneffizienz und Reaktionsabfolge von industriellen Prozessen. Wichtige Strategien und Leitprinzipien sind dabei die Entwicklung immer kleinerer Maßstäbe („Miniaturisierung“), das Lernen von der Natur

(„Bio-Mimikry“) und die Minimierung von Umwelt- und Ressourcenverbrauch.

Auch die Nanotechnologie bietet viele Chancen. Beispiele sind gezielte Innovationen für erneuerbare Energien und Energiespeicher, neue Materialien für Rotoren von Windenergieanlagen, Solarzellen und andere EE-Technologien, Nano-Katalysatoren für industrielle Prozesse, organische Leuchtdioden (OLEDs) und neuartige Anwendungen im Bereich der Abwasserreinigung. Neben der klimaentlastenden Wirkung werden bei Technologien im nanoskalierten Bereich jedoch immer wieder auch adverse Effekte wie Humantoxikologie und Persistenz – also das Verbleiben von Stoffen in der Natur – als Umsetzungshürde diskutiert. An diesem Beispiel zeigt sich die Komplexität der natürlichen und sozialen Prozesse in diesem Sektor. Was für Nanotechnologien gilt, ist aber auch allgemeiner zutreffend: es gibt keine per se „guten“ und „schlechten“ Technologien, vielmehr müssen die einzelnen Technologieoptionen im gesellschaftlichen Dialog mit relevanten Akteuren bewertet werden.

3.1.3 Chemische Industrie

Kernaussage: **In Zukunft kann die Branche ihre Rolle als Produzent innovativer und klimafreundlicher Produkte noch ausbauen.**

Die chemische Industrie spielt in NRW traditionell eine große Rolle in der regionalen Wertschöpfung. In den etwa 1.000 Chemieunternehmen in NRW arbeiten heute mehr als 100.000 Menschen. Die Unternehmen können Wegbereiter bei der Suche nach einer effizienteren Nutzung oder auch der Substitution von Ressourcen, Energie und fossilen Rohstoffen sein, da sie in vielen Wertschöpfungsketten auf den ersten Stufen stehen. Emissionsminderungen können durch Produkt- und Prozessinnovationen der Chemieindustrie ermöglicht werden. Vor allem können von nachhaltigen Chemieprodukten große Ausstrahlungseffekte auf andere Branchen erwartet werden.

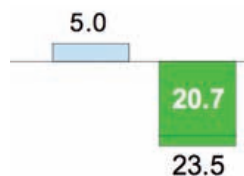
Technologieausblick Chemische Industrie: Stoffliche Nutzung von CO₂

- CO₂ kann zur Herstellung von Polycarbonaten eingesetzt werden und bietet damit Zugang zu Märkten im Chemie- und Kunststoffsektor. Eigenschaften wie Transparenz, Dehnbarkeit sowie biologische Abbaubarkeit lassen zahlreiche Anwendungen interessant erscheinen, bspw. Verpackungen, Folien, Solarpanels oder auch Gehäusematerial von Laptops und Kameras (GDCh 2011, S. 46).
- Eine bessere Gebäudedämmung wird durch neue Materialien auf Basis von CO₂, möglich, bspw. mit Polystrol und Polyurethan (Fiedler 2010, S. 161).
- In der Initiative CO₂RRECT (CO₂-Reaction using Regenerative Energies and Catalytic Technologies) erforschen zehn Wissenschaftseinrichtungen gemeinsam mit Industriepartnern neue Wege der CO₂-Minderung in der Energiewirtschaft und in der Chemischen Industrie. Beteiligt sind „Bayer Technology Services (BTS)“, „Bayer MaterialScience“, „RWE“ und „Siemens“. Bei diesen Prozessen soll CO₂ als Kohlenstoffbaustein für chemische Zwischenprodukte verwendet werden und Energie aus erneuerbaren Quellen zur Anwendung kommen.

Auch in der chemischen Industrie selbst ergibt sich durch den Energiebedarf in der Produktion und den Einsatz energieintensiver Inputfaktoren für die eigenen Produkte ein erhebliches

Minderungspotenzial für Treibhausgase (Rothermel 2010). In einer Selbstverpflichtungserklärung aus dem Jahr 2000 verspricht die deutsche chemische Industrie, ihre Emissionen der im Kyoto-Protokoll festgeschriebenen und für die Chemieindustrie relevanten Treibhausgase von 1990 bis 2012 um 45-50% zu senken. Zudem soll der spezifische Energieverbrauch im gleichen Zeitraum um 35-40% gesenkt werden. Wegen der gestiegenen Produktnachfrage nach absoluten Größen gelang es jedoch bisher nicht, die eigenen Energieverbräuche in ausreichender Weise vom Wachstum der Branche und dem damit verbundenen Ressourcenverbrauch zu entkoppeln (Fiedler 2010, S. 146-147).

Innovationen aus der chemischen Industrie haben jedoch gute Chancen, eine Entkopplung herbeizuführen: Der Beitrag von Chemieprodukten zum Klimaschutz kann unter den entsprechenden Rahmenbedingungen bedeutend sein, wie eine Studie des International Council of Chemical Associations (ICCA 2009) nahelegt. In der Berechnung eines „grünen Szenarios“ („2030 Abatement“) wird eine Minderung der CO₂-Emissionen der chemischen Industrie um 25% bis 2030 sowie ein stärkerer Ausbau der erneuerbaren Energien und die Verfügbarkeit von Zukunftstechnologien wie Carbon Capture and Storage (CCS) angenommen. Aufgrund der globalen Minderungsanforderung durch ein angenommenes internationales Klimaregime wächst die Nachfrage nach innovativen Chemieprodukten, so dass der Absatz und das Wachstum der Branche steigen. Da ein Anstieg der Produktion zu einem höheren Ressourcenverbrauch und (Umwelt-) Kosten für Entsorgung und Recycling führt, sind in dem Szenario mit diesem Wachstum auch mehr Emissionen verbunden. Diese Faktoren können in Form einer Netto- Einsparung gegenübergestellt werden.



- Emissionen der chemischen Industrie (in Mill. Tonnen CO₂)
- Einsparungen durch innovative Produkte (in Mill. Tonnen CO₂)

Abb. 3-2 CO₂-Nettobilanzen in der Chemische Industrie

Quelle: ICCA 2009, S. 44, eigene Bearbeitung.

Die Netto-Einsparung in der Chemischen Industrie beläuft sich in dem Szenario bis 2030 auf insgesamt -18,5 Milliarden Tonnen CO₂, so dass 4,7 Mal so viele Treibhausgase eingespart wie verursacht werden (Rothermel 2010, S. 116-117). Zu den Produkten, die am meisten Emissionen einsparen gehören Dämmmaterialien, effiziente Lichtquellen, Antifouling-Farben – die bei Schiffen den Algenbefall verhindern – Chemiefasern und verschiedene Kunststoffprodukte.

3.1.4 Energiewirtschaft und -forschung

Kernaussage: Für ehrgeizigen Klimaschutz und wirtschaftliche Chancen sind in der Energiewirtschaft erhebliche Transformationen nötig (Dezentralisierung, Systemintegration erneuerbarer Energien); im Innovationssystem NRW's bieten sich gerade wegen der hohen Einwohnerdichte gute Ansatzpunkte.

Die Energiewirtschaft kann in die Subsektoren Öffentliche Strom- und Wärmeversorgung, Raffinerien und Herstellung fester Brennstoffe und sonstige Energieindustrie unterteilt werden. Diese Sektoren waren im Jahr 2008 zusammen für mehr als 57% aller Emissionen in NRW verantwortlich (LANUV 2010, S. 5). Die wirtschaftliche Bedeutung der Branche ist enorm: NRW stellt 30 % der deutschen Stromversorgung bereit. Im Jahr 2007 waren in NRW 250.000 Menschen in der Branche beschäftigt. Internationale Energieversorger, Kraftwerksbauer und wichtige Zulieferbetriebe und Unternehmen der erneuerbaren Energien haben in NRW ihre Hauptsitze. In ganz NRW sind ohne Planungen und Neubauten brutto rund 29.000 MW fossil befeuerter Kraftwerken installiert (Quelle: eigene Berechnungen).

Unter Klimaschutzbedingungen steht die heutige stark durch Stein- und Braunkohlekraftwerke geprägte Stromerzeugungsstruktur unter Veränderungsdruck. Darüber hinaus sind die Nutzungsmöglichkeiten erneuerbarer Energien in NRW gegenüber den Küstenländern begrenzt. Überproportionale Chancen ergeben sich im hoch industrialisierten und bevölkerungsdichten NRW jedoch im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung. Dies betrifft die Weiterentwicklung der Fernwärmesysteme ebenso (Verdichtungspotenzial) wie die industrielle KWK und dezentrale Anwendungen im gewerblichen und privaten Bereich (Klein- und Kleinst-KWK). Aufgrund der Marktnähe haben damit Innovationen aus NRW aus diesem Technologiebereich gute Chancen.

In Bezug auf die erneuerbaren Energien kann NRW signifikante Beiträge als Systemdienstleister, bspw. zur Netz- und Systemintegration von erneuerbaren Energien, leisten und diesbezüglich entsprechende Angebote entwickeln (z.B. Lastmanagement und Regelkraftwerke in der Industrie sowie Elektromobilität). Darüber hinaus ergeben sich große Chancen durch die Etablierung als Energieeffizienztechnologiemarkt mit hohen Anwendungspotenzialen weltweit. Schließlich stellen Planungsdienstleistungen für ganzheitliche Systemlösungen unter Einbeziehung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz im In- und Ausland eine klimaschutzgetriebene Nachfrage dar.

Neue Energien sind der größte Gewinner eines engagierten Klimaschutzes. Die Zuwächse in den globalen Märkten in den Bereichen Photovoltaik, Solarthermie und Windkraft bieten gute Aussichten für die Industrie NRWs. Dabei sind Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten ein entscheidender Hebel für den Erhalt und den Ausbau der Wettbewerbsfähigkeit. Voraussetzung einer beschleunigten Innovationsdynamik ist ein Vorlauf an Erfahrung und das Umfeld eines funktionierenden Innovationssystems. Jänicke beschreibt diesen Zusammenhang wie folgt:

„Die Beschleunigung des Klimawandels [lässt sich] mit einer Beschleunigung des energietechnischen Fortschritts beantworten. [...] Voraussetzung einer beschleunigten Innovationsdynamik ist ein Vorlauf an Erfahrung und das Umfeld

eines funktionierenden Innovationssystems mit gezielter Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich klimafreundlicher Technologien“ (Jänicke 2011, S. 144)

Deutschland und NRW sind bei den Innovationsaktivitäten im EE-Bereich gut aufgestellt. Die Position lässt sich im internationalen Vergleich mit anderen Industrienationen anhand der angemeldeten Patente visualisieren (vgl. Abb. 3-3).

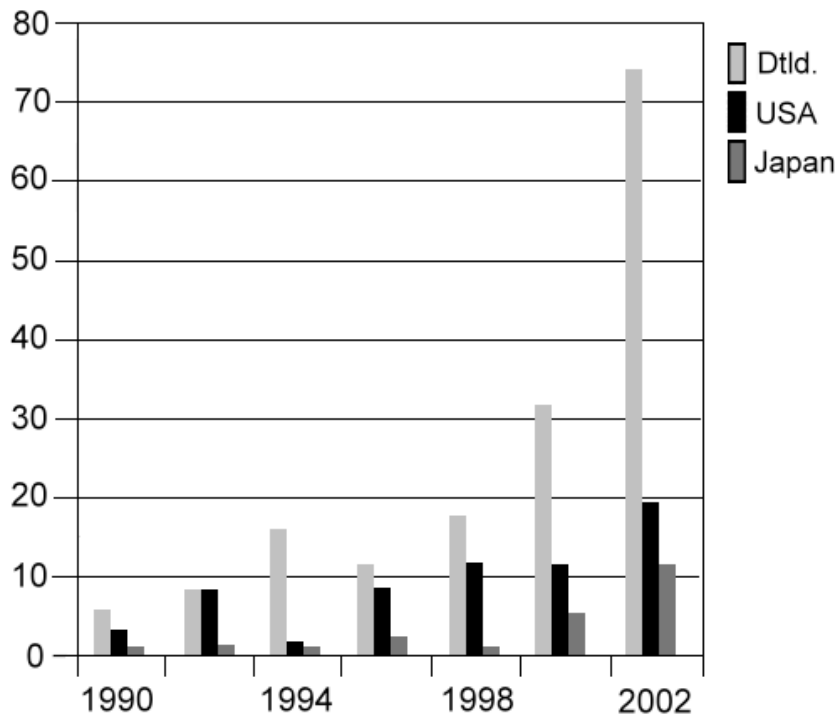


Abb. 3-3 Wachstum genehmigter EE-Patente in Deutschland.

Quelle: Weizsäcker 2010, S. 32, eigene Bearbeitung.

In NRW findet sich ein dichtes Netz von Energie-Forschungseinrichtungen und Industrieunternehmen, die eigene Forschungs- und Entwicklungs-Abteilungen unterhalten. In einzelnen Bereichen, wie etwa der industrienahen Solarzellenforschung, ist NRW deutschlandweit an der Spitze. Das Fraunhofer ISE Labor- und Servicecenter blickt bspw. auf zehn Jahre intensiver Forschung zu diesem Thema zurück. Die angewandte Forschung für erneuerbare, fossile und nukleare Energien ist in NRW besonders stark. E.ON stellt im Verlauf von 10 Jahren insgesamt 40 Mio. Euro für die Einrichtung des „Energy Research Centers“ bereit, das an der RWTH Aachen beheimatet sein wird. Am „Interdisciplinary Centre for Advanced Materials Simulation“ (ICAMS) an der Ruhr Universität Bochum werden Forschung an neuen Materialien, industrielle Anwendung und akademische Lehre miteinander verknüpft. Exemplarisch für die Potentiale der Energieforschung in NRW steht die Windenergieforschung. Sie ist in der Öffentlichkeit kaum bekannt und gehört dennoch zu den deutschen Kernclustern (vgl. Abb. 3-5). Die Windenergieforschung in NRW deckt alle Stufen der Wertschöpfungskette ab und ist damit der „hidden champion“ in der nationalen Forschungslandschaft.

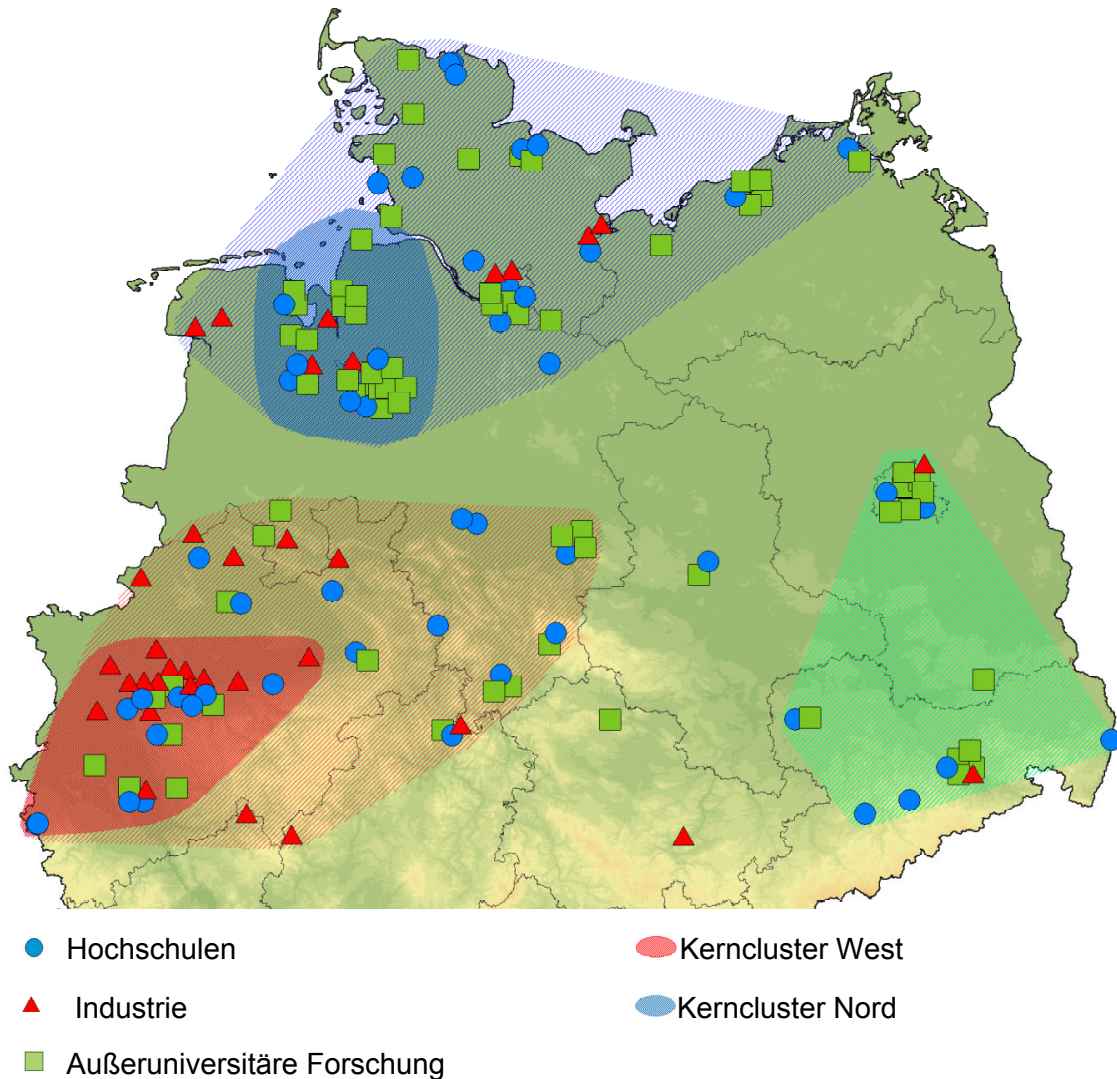


Abb. 3-4 Regionale Verteilung der Windenergie-Forschungsstandorte

Quelle: IWR 2008, S. 40, eigene Bearbeitung.

In einer Studie zur „Struktur der Windenergieforschung in Deutschland“ (IWR 2008) wurde in der Region West, die im Wesentlichen dem Gebiet des Landes Nordrhein-Westfalens entspricht, ein „Kerncluster“ der Windenergieforschung festgestellt (vgl. Abb. 3-4). Dieser unterscheidet sich vom „Kerncluster Nord“ durch einen noch stärkeren Anwendungs- und Industriebezug und den historisch gewachsenen Schwerpunkt im Anlagen- und Maschinenbau. Forschungs- und Prüfeinrichtungen werden vornehmlich unternehmensintern genutzt und sind nicht extern zugänglich. Die Studie des IWR (2008) hat zur Entwicklung eines nationalen Windforschungsclusters in der Region Nord geführt, doch trotz der Stärken des „Kernclusters West“ hat sich in NRW keine ähnliche Entwicklung ergeben: Der Cluster ist nach außen bisher nur vereinzelt sichtbar.

Windenergie in NRW ist eine wichtige Zukunftsbranche: die Zuliefererindustrie ist hier mit mehr als 400 Firmen der weltweit operierenden Windbranche zu Hause. NRW verfügt über zentrale Zulieferbetriebe und Komponentenhersteller, die auf dem expandierenden Windenergiemarkt teilweise zu den Weltmarktführern gehören (EnergieAgentur.NRW 2011). Auch Stahlproduzenten und Komponentenlieferanten, Baugrundspezialisten und Service-, Test-

und Planungsunternehmen sind in NRW ansässig. Maschinenbau, Elektrotechnik und Werkstoffe stehen im Mittelpunkt der Produktentwicklungen. Derzeit arbeiten circa 10.000 Menschen an Rhein und Ruhr für die Windenergie (ea-nrw.de 2011).

Beim Ausbau der Windenergie kann neben neuen Windparks auch das Repowering einen Beitrag dazu leisten, das Standortpotenzial zu nutzen. Aktuell gibt es einen starken Anreiz für Repowering: Durch einen „Repowering-Bonus“ im EEG wird die Vergütung für Neuanlagen, die alte Windenergieanlagen ersetzen, bereits ab der ersten Vergütungsstufe um 0,5 Cent/kWh angehoben. Für eine weitere Stärkung der Entwicklung der Windenergie in NRW kommt der Vernetzung der Forschungseinrichtungen und dem gezielten Ausbau der Forschungsinfrastruktur eine zentrale Bedeutung zu.

3.1.5 Informations- und Kommunikationstechnologie

Kernaussage: IKT spielt eine Schlüsselrolle für die Steuerung klimafreundlicher Technologien – Produkte und Dienstleistungen werden mit der wachsenden Bedeutung von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien immer wichtiger.

Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) haben für den Industriestandort NRW eine hohe ökonomische Bedeutung: Rund 140.000 Beschäftigte sind in 15.000 kleinen und mittleren Unternehmen und Großunternehmen beschäftigt. NRW wird als eines der IKT-Zentren Deutschlands beschrieben (Hilbert et al. 1998) und ist der Hauptsitz großer Unternehmen wie „Deutsche Telekom“, „T-Mobile“, „Vodafone“ und „E-Plus“. Die Branche ist sowohl in den Metropolen (v.a. Köln) als auch im Ruhrgebiet stark vertreten. Auf den Klimaschutzmärkten ergeben sich zahlreiche Anwendungsfelder für die IKT-Branche, die frühzeitig besetzt werden sollten. Zielgerichtete Innovationen in diesem Bereich fördern einen „learning-by-doing“-Prozess, der, wenn er früh genug angeschoben wird, die Wettbewerbsfähigkeit einer Branche erhalten und fördern kann (PIK 2011, S. 17).

Unter dem Vorzeichen eines engagierten Klimaschutzes bestehen bereits heute viele Schnittstellen zwischen den IKT und anderen Branchen NRWs. Dazu gehören unter anderem Automotive, Logistik, Energieforschung und -wirtschaft sowie der kulturelle Bereich (exzellenz.nrw.de 2011). Für die geplante massive Netz- und Systemintegration von dezentralem und fluktuierendem Strom aus erneuerbaren Energien werden auch nicht nur neue physische Infrastrukturen benötigt, sondern auch IT-Lösungen der IKT-Branche zur Netzoptimierung. Beispiele sind etwa intelligente Verteilernetze („smart grids“) und virtuelle Kraftwerke sowie grenzüberschreitende (Export-)Lösungen („super smart grids“). Im Bereich der Energieeffizienz besteht ein breites Marktpotenzial von optimierten Kühlungssystemen bis zu intelligenten Hard- und Softwarelösungen, die Leerlauf- und Betriebsverluste senken und so den Energiebedarf reduzieren. Der IKT-Branche wird in diesem Zusammenhang in aktuellen Studien hohes Wachstumspotenzial bescheinigt (PIK 2011, S. 17). Das spiegelt sich auch in den maßgeblichen Szenarien wieder. Darin wird unter anderem angenommen, dass bis zum Jahr 2020 intelligente Verteilernetze für elektrische Energie so ausgerüstet sein sollen, „dass eine lückenlose Verknüpfung mit Informationsverarbeitungssystemen realisiert werden kann“ (Prognos/Öko-Institut 2009, S. 429).

Eine zentrale Frage für NRW ist, wie Städte und Kommunen zukunftsfähig gemacht werden

können. Neben vielen planerischen Ansätzen spielen innovative Technologien in diesem Bereich eine wichtige Rolle: IT-Lösungen für die Verwaltung, Digitalstromkonzepte und „smart metering“ sind wichtige Bausteine zur intelligenten und effizienten Energieverwendung. Hierfür werden gerade im Ruhrgebiet (zum Beispiel Mülheim an der Ruhr) Modelle erprobt, die auf Großstädte in ganz Deutschland und der Welt übertragbar sein sollen. Ein herausragendes Beispiel für neue IKT-Anwendungen ist die „InnovationCity Ruhr“, in der ein Umbau der bestehenden Netzinfrastruktur praktisch und unter realen Bedingungen versucht wird. Hierzu wird ein Versuchsgebiet für „smart grids“ identifiziert, in dem alle Akteure auf dem Strommarkt durch ein Zusammenspiel von Erzeugung, Speicherung, Netzmanagement und Verbrauch systematisch integriert werden.

3.1.6 Finanzwirtschaft

Kernaussage: **Investitionen in Klimaschutzprojekte sind dazu geeignet, privates Kapital einer für Umwelt und Gesamtwirtschaft produktiven Verwendung in Deutschland zugeführt werden, anstatt sich spekulative Anlagen in aller Welt zu suchen.**

Nach der Finanz- und Wirtschaftskrise steht der Finanzsektor in ganz Deutschland vor der Herausforderung, handlungsfähig bleiben zu müssen. Riskante Geschäftspraktiken verweisen auf den geringen Stellenwert von Nachhaltigkeit in der Branche. Dabei werden gegenwärtigen Geschäftsfelder der Banken von den Klimaschutzgesetzen betroffen sein. Beispielsweise die „WestLB AG“, die heute in klimarelevanten Sektoren tätig ist („Energie/Kraftwerke“ und „Erdöl/Gas“). In ihrer eigenen Außendarstellung bezeichnet sich die Bank als „eine der führenden Banken für Finanzierungen im Energiesektor“ (westlb.de 2011) und legt in ihren Geschäftsgrundsätzen für Finanzierungen im Bereich Kohlekraft fest, dass Projekte in diesem Bereich (also Kohlekraftwerke) „CCS-ready“ sein müssen. Dass künftig die erneuerbaren Energien und Energieeffizienz gegenüber der Kohle als weiteres wichtiges Geschäftsfeld hinzukommen, zeigen allein die erwarteten Neubaukapazitäten in den nächsten zehn Jahren: Kohlekraftwerke: 12 GW; Windenergie: 18 GW (Roland Berger/Prognos 2009, S. 38) bzw. 25 GW bis zum Jahr 2030 (Energiekonzept der Bundesregierung).

Die schwierige Lage der öffentlichen Haushalte in NRW lässt die Abdeckung der Investitionsanforderungen für den Klimaschutz als eine schwierige Herausforderung erscheinen. Wie in den vorangegangenen Kapiteln gezeigt wurde, ist eine steigende Investitionsrate der Startpunkt eines nachhaltigen Entwicklungspfades. Umso wichtiger ist die Einbindung und intelligente Allokation privaten Kapitals für die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen. Gefragt sind massive Weichenstellungen, intelligente Steuerung und innovative Finanzierungskonzepte. Ein Beispiel ist etwa das „Solar&Spar“-Programm, das Schulsanierungen durch Bürger-Contracting finanziert. Dabei wurden bisher an vier nordrhein-westfälischen Schulen Projekte zur Steigerung der Energieeffizienz und der Stromversorgung mit Erneuerbaren realisiert. Jeweils eine Vielzahl privater Anleger verpflichtete sich dazu, ein Sanierungsprogramm und den Bau einer PV-Anlage zu finanzieren, und erhält dafür eine Dividende. Sie wird aus den eingesparten Energiekosten und der Vergütung des Solarstroms gezahlt. Allein die vier Schulen realisieren eine jährliche Emissionsreduktion von drei Millionen kg CO₂ (Wuppertal Institut 2010, S. 142).

Von der Verfügbarkeit privaten Kapitals und der Bereitschaft zur Investition in sozialökologi-

sche Projekte kann grundsätzlich ausgegangen werden. Nachhaltige und sozialökologische Anlagemöglichkeiten verzeichnen seit der Finanz- und Wirtschaftskrise hohe Wachstumsraten. Das zeigen etwa die Kennzahlen der Genossenschaftsbank „GLS Gemeinschaftsbank“ mit Sitz in Bochum, die der wichtigste Akteur Deutschlands in diesem Bereich ist. Diese kann auf einen Zuwachs der Bilanzsumme von 37% im Jahr 2010 zurückblicken. Investitionen in Klimaschutzprojekte sind dazu geeignet, privates Kapital einer für Umwelt und Gesamtwirtschaft produktiven Verwendung in Deutschland zugeführt werden, anstatt sich spekulative Anlagen in aller Welt zu suchen.

Für die hier beschriebenen Transformationen sind ein enormes Kapitalinvestment erforderlich (vgl. Kap. 2). Die erforderlichen Summen können durch höhere Gewinne vonseiten der Wirtschaft aufgebracht werden; zumal wenn dem Investitionsbedarf Einsparungen durch verringerten Energiebedarf und damit auch eingesparte Kosten im Emissionshandel gegenüberstehen. Zusätzlich wird ein förderliches Investitionsklima benötigt, das durch stabile Rahmenbedingungen, etwa in Form einer Verstärkung von Förderprogrammen zur Verbreitung von Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbaren Energien, hergestellt werden kann.

3.1.7 Logistik

Kernaussage: **Lösungen für einen global effizienten Gütertransport und die Anpassung an die Klimaschutzerfordernisse sind eine Herausforderung für die Branche. Sie kann nur auf der Grundlage von Innovationen im technischen Bereich (z.B. Antriebssysteme), und nicht-technischen Bereich (z.B. Steuerungssysteme, Dienstleistungskonzepte) gemeistert werden.**

„Grüne Logistik“ bedeutet eine Anpassung und Effizienzoptimierung der bestehenden Logistik in den Bereichen Lieferketten. Potenziale ergeben sich unter anderem aus den Entwicklungen in der Elektromobilität. Mit 21.600 Unternehmen, die 270.000 MitarbeiterInnen beschäftigen, zählt die Branche heute zu den größten Branchen in Nordrhein-Westfalen (exzellenz.nrw.de 2011). Durch die engmaschige, historisch gewachsene Infrastruktur und die zentrale Lage ist NRW heute die Logistikkreuzung für Europa und bietet aus Klimaschuttsicht viele Ansatzpunkte für Verbesserungen,.

Umwelt- und Klimaschutz wird für die Logistikbranche in Zukunft immer wichtiger, da die Branche durch voraussichtlich steigende Preise für fossile Energieträger und Emissionsrechte künftig zu einer Anpassung ihrer Abläufe, Strategien und Technologien gezwungen wird. Zudem sind die Verkehrsträger in den Bereichen Sicherheit, Pünktlichkeit und Wirtschaftlichkeit auf allen Ebenen massiv von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen, beispielsweise im Flugverkehr, der voraussichtlich durch veränderte Luftströmungsverhältnisse, zunehmende Wirbelstürme sowie Gewitter stärker als bisher beeinträchtigt wird (Berenberg Bank & HWWI 2007, S. 81-82). Gefragt sind die Vermeidung unnötiger Transportwege und eine Reduktion des Gütertransports auf den Straßen. Künftig werden Produkte und Methoden gebraucht, mit denen die Ressourcen und das Klima geschont wird. An dieser Stelle setzt der EffizienzCluster LogistikRuhr an, der erfolgreich aus dem Spitzencluster-Wettbewerb des Bundes hervorgegangen ist.

3.1.8 Maschinen- und Anlagenbau

Zusammenfassung: **Die Maschinen- und Anlagenbau spielte bereits in der Vergangenheit eine Schlüsselrolle im Bereich Klimaschutz – und wird diese in Zukunft noch weiter ausbauen.**

Maschinen- und Anlagenbau ist mit über 190.000 Beschäftigten einer der größten Industriezweige im Land. Die Branche profitiert von dem Spitzenruf, den deutsche Technologien im Ausland genießen; ihre Exportquote liegt bei rund 70%. Vielfach sind die Unternehmen mittelgroß bis klein und in der Regel nicht ausschließlich auf die Erzielung kurzfristiger Profite und Wachstum um jeden Preis ausgerichtet, so dass sie langfristiger planen können. Doch wurde die Branche in der Finanz- und Wirtschaftskrise, etwa durch die wegbrechende Nachfrage im Fahrzeugbau, ungewöhnlich hart getroffen. Im Krisenjahr 2009 sank ihr Umsatz um 17,2% (exzellenz.nrw.de 2011).

Die Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau reagieren mit drei Strategien auf die Herausforderungen durch die Krise: (1) Defensivstrategie: Verringerung der Kapazitäten und Investitionen, (2) Pufferstrategie: Erhöhung der Flexibilität und/oder bessere finanzielle Vorsorge und (3) Offensivstrategie: Stärkung der Innovationskraft, Einsatz neuer Technologien (VDMA 2010, S. 1). Die Finanz- und Wirtschaftskrise scheint in der Branche einen Aufbruch zu neuen Märkten ausgelöst zu haben: Mehr als die Hälfte der von der Krise betroffenen Unternehmen planen Produktdifferenzierungen oder sogar eine Ausweitung der Kernkompetenzen (ebenda, S. 29-30). Durch die Entwicklung der ausländischen Absatzmärkte für Klimatechnologien erwachsen vielen nordrhein-westfälischen Unternehmen neue Chancen. Für die herausgehobenen Technologien in den Bereichen Erneuerbare Energien und Energieeffizienz ist der Maschinen- und Anlagenbau eine Schlüsselindustrie; Energieeffizienz hat im Maschinen- und Anlagenbau das Potenzial zum „Kerngeschäft“ vieler Unternehmen aufzusteigen.

Eine starke Ausrichtung des Maschinen- und Anlagenbaus auf die Automobilindustrie birgt sowohl Chancen als auch potentielle Gefahren. Durch die räumliche Nähe zu wichtigen Unternehmen der Branche konnte der Maschinen- und Anlagenbau in der Vergangenheit profitieren. Vergleichbar erfolgreiche Strukturen lassen sich auch in den Bereichen Erneuerbare Energie und Energieeffizienz aufbauen, um gemeinsam globale Absatzmärkte zu erschließen. Beiträge für den Klimaschutz liefert die Branche bereits heute durch Prozessoptimierungen, z.B. die durch Rückgewinnung von eingesetzter Prozessenergie, energieeffizienten Maschinen, z.B. mit energiesparenden Antrieben, sowie effizienten Kraftwerkstechnologien und Komponenten für erneuerbare Energien und Energiespeichertechnologien (s. Box).

Praxisbeispiel Maschinen- und Anlagenbau: Einstieg in die Windenergie

- Der Maschinen- und Anlagenbau stellt Schlüsseltechnologien für den Umbau des Energieversorgungssystems und der Industrie her. Beste Chancen bieten sich etwa durch die globalen Entwicklungen des Windenergiemarktes: Hier stellen Branchenunternehmen Generatoren und Getriebe, aber auch Technologien für Netzausbau und -integration und ganze Windenergieanlagen her.
- Die „Siempelkamp-Gruppe“ stellt bereits seit 1998 Gusskomponenten für Windenergieanlagen her. Material und Geometrie der Komponenten werden auch auf immer größere Anlagentypen und den offshore-Einsatz ausgelegt.
- Die „Flender AG“ ist ein traditionelles Branchenunternehmen und hatte ihr Kerngeschäft im Bereich der Antriebstechnik von Automobilen, Schiffen und Schienenfahrzeugen. Anfang der 80er Jahre wurde der Geschäftsbereich Windenergie im eigenen Unternehmen entwickelt und Getriebe für den Export in die USA in Serie produziert. Im Jahr 2001 wurde das Unternehmen Winergy AG gegründet, das heute als einziges Unternehmen auf dem Markt aufeinander abgestimmte Getriebe, Generatoren und Umrichter anbietet.

Klar ist, dass trotz des allgemeinen Strukturwandels von der Industrie- zur Wissensgesellschaft auch im Maschinen- und Anlagenbau das Wissen und Know-how der Unternehmen entscheidend für den Markterfolg ist. Die Branche hat eine der höchsten FuE-Intensitäten in Deutschland und muss weiter in diesem Bereich sowie in der Qualifizierung und Weiterbildung der ArbeitnehmerInnen gestärkt werden.

3.1.9 Baubranche

Kernaussage: **Negative Tendenzen für die Baubranche (geringe Anzahl an Neubauten) können durch neue Klimaschutzmärkte (z.B. Sanierungsoffensive) deutlich kompensiert werden, vielfältige neue Geschäftsfelder erschlossen werden und die Branche zu einem der sicheren Gewinner werden.**

Allein für die Raumwärme der Privathaushalte in NRW wurden im Jahr 2008 mehr als 370 PJ benötigt; nur 9 PJ wurden im selben Jahr durch die regenerative Wärmeerzeugung bereitgestellt (IWR 2010). Die energetische Sanierung der Häuser kann dabei einen erheblichen Beitrag zur Emissionsreduktion leisten (vgl. Tab. 2-2) und der wichtigste Hebel auf dem Weg zu einer nahezu vollständigen CO₂-Emissionsfreiheit in Stadtregionen sein (Wuppertal Institut 2009, S. 23). Gebäude können sich sogar von Energieverbrauchern zu Energieproduzenten wandeln, indem sie den eigenen Energiebedarf durch eine optimierte Gebäudehülle deutlich verringern und erneuerbare Energien wie Solarthermie und Photovoltaik integrieren (ebda S. 16-22). Hier ergeben sich auch Anwendungsmöglichkeiten für Mini-KWK-Anlagen (vgl. Box S. 21). Die wirtschaftlichen Chancen durch Klimaschutz ruhen nicht nur in der Baubranche selbst, sondern auch in den Branchen die Vorleistungen und unterstützende Dienstleistungen anbieten. Ein wichtiger Faktor in dieser Betrachtung ist jedoch der lange Sanierungszyklus bei Gebäuden, der etwa 50 Jahre beträgt; dadurch wird deutlich, wie wichtig es ist, die

Bauformen der Zukunft (Passivhaus und Plusenergiehaus) bereits heute umzusetzen.

Die Bauwirtschaft befindet sich gegenwärtig in einer Umbruchphase. Die Beschäftigungs- und die Auftragsentwicklung sind seit vielen Jahren rückläufig: Im Bauhauptgewerbe waren in NRW im Jahr 1995 ca. 217.500 Personen sozialversicherungspflichtig beschäftigt, 2009 waren es nur noch ca. 112.300 Personen (Bauindustrieverband NRW 2010, S. 6). Die regionale Entwicklung der Baubranche in NRW verläuft nicht gleichmäßig, insgesamt jedoch gehört die Branche insgesamt noch zu den schrumpfenden Branchen. Zudem reagiert sie sehr sensibel auf konjunkturelle Schwankungen. Während der Finanz- und Wirtschaftskrise wurde sie besonders hart getroffen, da private Haushalte und Unternehmen die Anschaffung langlebiger und kapitalintensiver Güter zurückgestellt haben. Doch auch wenn sich die Auftragsentwicklung im vergangenen Jahr wieder gebessert hat, ist wegen der auslaufenden Konjunkturprogramme im Jahr 2011 mit einem Minus zu rechnen (Lange 2011, S. 13).

Der nachhaltige Entwicklungspfad birgt neue Chancen, insbesondere für die Baubranche: Energetische Sanierung ist ein wichtiger Bereich, in dem die Baubranche von Klimaschutz profitieren kann. Die Modernisierung von Bestandsgebäuden und die Zertifizierung von neu errichteten und modernisierten öffentlichen Gebäuden kann hier wichtige Impulse setzen. Ein weiterer Baustein, der künftiges Wachstum in der Baubranche ermöglichen kann, liegt in der Entwicklung und Umsetzung von Klimaschutzprojekten wie großtechnischen Anlagen und Infrastrukturprojekten, die zur Erreichung der Minderungsziele notwendig sind. Die neuen Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungs- und Transportnetze für Windenergiestrom, die neuen Kraftwerke und Stromspeicher sowie die Transportleitungen für komprimiertes CO₂ und viele weitere Bauprojekte müssen im politisch vorgegebenen Zeitraum von nur vier Jahrzehnten realisiert werden. Die Herausforderung besteht hier darin, die betroffenen Akteure und die Bevölkerung durch Partizipation einzubinden und so Akzeptanz zu generieren.

3.2 Bestehende Ansatzpunkte für „cross-sector innovations“

Auf den ersten Blick erscheint es naheliegend, die heute verfügbaren Technologien zu verwenden, um CO₂-Minderungen herbeizuführen. Es zeigt sich, dass das Potenzial der besten bestehenden CO₂-Einspartechnologien heute noch nicht vollständig genutzt wird. Die Hemmfaktoren liegen dabei insbesondere bei im sozialen, nicht-technischen Bereich. Für einen erfolgreichen Klimaschutz werden soziale und organisationale Innovationen gesucht, die insbesondere in einem neuen Modus der Zusammenarbeit von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik besteht. Zudem gelingt Klimaschutz nur, wenn er vom überwiegenden Teil der Gesellschaft getragen wird. Hierzu bedarf es eines umfassenden gesellschaftspolitischen Diskurses über die richtigen Strategieelemente. In NRW zeigen sich bereits Ansatzpunkte für neue Dialogformen und sowie erste gemeinsame Plattformen der Zusammenarbeit: In der industrieübergreifenden Initiative „Clean-TechNRW“ arbeiten Unternehmen, Regierung und Wissenschaft bei der Entwicklung und Einführung von nachhaltigen Produkten und Verfahren eng zusammen (siehe Box). In diesem Netzwerk arbeiten Industrie, Regierung und Wissenschaft zusammen und können die jeweiligen Rollen übernehmen: Unternehmen haben an den wissenschaftlichen Forschungen teil, die Politik arbeitet als Risikokapitalgeberin und die Wissenschaft selbst handelt unternehmerisch. Durch organisationale Innovationen, etwa in Form solcher gemeinsamer Netzwerke, werden technologische Innovationen und ihre Diffusion ermöglicht und beschleunigt.

Praxisbeispiel CleanTech NRW: gemeinsame Plattform für den Schutz des Klimas

- Die sektorenübergreifende Initiative „CleanTechNRW“ bewirbt sich beim Spitzenclusterwerttbewerb des Bundes. Innovationsprozessen in den Bereichen Stahl, Energie, Chemie und Biotechnologie sollen ökologische Ziele mit ökonomischen Notwendigkeiten verknüpfen.
- Durch die vom Bund geförderten Spitzencluster sollen Forschungsergebnisse schneller in innovative Produkte übersetzt und in den Markt eingeführt werden können.
- Große Unternehmen aus Schlüsselindustrien NRWs wie „Evonik Industries AG“, „Henkel AG & Co. KGaA“, „Lanxess AG“, „RWE AG“ und „ThyssenKrupp AG“ sowie der „Bayer AG“ sind im Cluster „CleanTechNRW“ mit kleinen und mittleren Unternehmen, insbesondere der Bio-Technologie wie „Direvo Biotech AG“, „evocatal GmbH“, „Protagen AG“ oder „Phytowelt GreenTechnologies GmbH“, sowie Hochschulen und Forschungseinrichtungen verbunden.

Technologische Durchbrüche werden künftig eher auf Basis dieser intensiveren Zusammenarbeit deutscher und internationaler Unternehmen aus verschiedenen Branchen mit der Politik und der Wissenschaft möglich sein. Hier spielt auch die internationale Zusammenarbeit eine wichtige Rolle. Durch neue Herstellungs- und Anwendungsprozesse kann jedoch auch die völlige Neukonzipierung von Produktionsstätten nötig werden. Ein Beispiel für diese Umstrukturierung ganzer Standorte ist der Einsatz der CCS-Technologie bei großen Emissions-Punktquellen, etwa der Stromerzeugung oder Stahlproduktion (Endemann et al. 2010, S. 208).

Die Zusammenarbeit im Dreigestirn Wirtschaft, Wissenschaft und Politik basiert fruchtbaren regionalen Strukturen. Durch die historisch gewachsenen Stärken des nordrhein-westfälischen Innovationssystemes und die Einwohnerdichte bieten sich bereits gute Ansatzpunkte für eine nachhaltige Weiterentwicklung. Die Weiterentwicklung regionaler Stärken geht einher mit einer verbesserten Wettbewerbsfähigkeit auf dem Weltmarkt.

Praxisbeispiel Cleantech in der Schweiz: Erstes Swiss Cleantech Report unterstreicht die Bedeutung von Innovationen

- Die Schweiz ist durch die Kombination von traditioneller ökologischer Verantwortung und schlagkräftiger Innovationssysteme zu einem wichtigen Standort für effiziente und ressourcenschonende Technologien („Cleantech“) geworden (Swiss Cleantech Report 2011, S. 48). Mit 20 angemeldeten Cleantech-Patenten pro Mio. Einwohnern im Jahr 2008 liegt die Schweiz direkt hinter Deutschland (23 Patente pro Mio. Einwohner).
- Kriterien wie Unternehmensgröße, unternehmenseigene Forschungsaktivitäten und Sensibilität für Umweltprobleme haben einen signifikanten Einfluss darauf, ob Unternehmen energieeffiziente Technologien einsetzen. Preissteigerungen der fossilen Energieträger und das unternehmenseigene Humankapital sind die Haupttreiber für Innovationen im Cleantech-Bereich; Marktorientierung und erwartete Nachfrage spielen eine weniger wichtige Rolle (ebda., S. 24-25).

Untersuchungen zur Entstehung umwelt- und klimafreundlicher Produktionsweise stehen vor der Schwierigkeit, grundsätzliche Unterscheidungsmerkmale der neuen, nachhaltigen Wirtschaftsweise nicht definieren zu können, da diese durch Suchprozesse und Experimente gefunden werden müssen. Die Zustände einer nicht-nachhaltigen Produktionsweise können sich wandeln, wenn Politik, Wirtschaft und Wissenschaft gemeinsam Kräfte der Transformation freilegen. Dieser Transformationsprozess beruht auf Ermöglichungsbedingungen: Minderungsziele und Anreizstrukturen, mit denen die Entwicklung richtungssicher gestaltet und mit einer positiven Erwartungshaltung besetzt werden kann. Alle Details des Transformationspfades sind noch nicht bekannt und es wird wichtig sein, auf dem Weg in die klimafreundliche, sichere und wirtschaftliche Energieversorgung immer wieder Anpassungen vornehmen zu können. NRW ist heute bereits ein Pionier des Wandels, jedoch befinden sich sowohl auf wirtschaftlicher wie auf politischer Ebene weiterhin Blockademeechanismen, die den Übergang noch verhindern.

4 Fazit

Der Übergang zu einer klimaverträglichen sowie energie- und ressourceneffizienten Energieversorgung und industriellen Produktion in NRW bis 2050 ist möglich und notwendig. Einschlägige Studien zeigen, dass Klimaschutzziele (Minderung der Treibhausgasemissionen um 80 bis 95% bis 2050 gg. 1990), wie sie die Klimawissenschaft als adäquaten Beitrag der Industrieländer für notwendig hält, nicht nur erreicht werden können, sondern auch mit positiven Nebeneffekten verbunden sein können (z.B. Reduktion der Energieimportquote, Verringerung der Luftverschmutzung, industriepolitische Effekte und Beschäftigungsimpulse). Maßgebliche Treiber für die aus volkswirtschaftlicher Sicht positive Gesamtentwicklung sind höhere Investitionen und sinkende Energieausgaben aufgrund geringerer Importe und verbesserter Energieeffizienz. Der Übergang zu einer klimaverträglichen und nachhaltigen Wirtschafts- und Lebensweise ist allerdings kein Automatismus, der glatt und berechenbar verläuft, sondern beruht auf engagiertem Handeln und politischen Vorgaben. Die hierdurch induzierten strukturellen Veränderungen eröffnen Potenziale für neue Märkte im Inland und als einer der Vorreiter dann insbesondere auch auf den wachsenden Märkten im Ausland.

Ambitionierter Klimaschutz wirkt sich auf die verschiedenen Branchen in unterschiedlicher Weise aus, auch innerhalb der Branchen können sich unterschiedliche Tendenzen ergeben, je nachdem ob man auf das bestehende Produktportfolio schaut oder neue zukünftige Möglichkeiten ins Auge fasst. Gerade bezogen auf zukünftige Märkte und Produkte ergeben sich in fast allen Branchen positive Anknüpfungspunkte und damit auch nachhaltige Beschäftigungseffekte. Tab. 4-1 stellt die durch ehrgeizigen Klimaschutz induzierten Effekte in einer Übersicht in qualitativer Form dar.

Tab. 4-1: Qualitative Effekte auf relevante Branchen durch eine ambitionierte Klimaschutzpolitik

	Bestehende Märkte	Neue Märkte ¹
Automotive	0	- +
Nano- / Biotechnologie	- +	+
Chemische Industrie	- +	+
Energiewirtschaft und -forschung	- +	+
Informations- und Kommunikationstechnologie	+	++
Finanzwirtschaft	- +	- +
Logistik	0	- +
Maschinenbau	+	++
Bauwirtschaft	+	++

Erläuterung der Symbole:

- 0 Neutrale Wirkung
- Potenziell negative Wirkung
- + Positive und negative Wirkungen
- + Potenziell positive Wirkung
- ++ Sicherer Gewinner

Diese zuversichtliche Einschätzung darf nicht darüber hinwegtäuschen: Insbesondere die Energiewirtschaft, aber auch die energieintensiven Industriebereiche, stehen vor großen Herausforderungen. Eine Abkehr vom „fossilen Wachstumspfad“ der Vergangenheit bedeutet eine Trendumkehr, die nur auf der Basis von Innovationen zu schaffen ist. Der Übergang erfordert einen umfassenden Transformationsprozess. So ergibt sich z.B. durch eine zunehmende Umstellung auf die Elektromobilität eine Verschiebung der Kompetenzbereiche, die gerade neue Herausforderungen und Chancen für spezialisierte Zulieferunternehmen der Automobilindustrie bedeutet. Durch ihre Innovationsstärke und Clusterbildungen sind die Branchen Automotive und Logistik in NRW gut für diese Aufgabe aufgestellt und können gegenüber anderen Regionen Vorteile aus dem Veränderungsprozess ziehen, wenn sie diesen konsequent mitgestalten. Branchen wie die Informations- und Kommunikationsbranche, die chemische Industrie, der Maschinen- und Anlagenbau und die Bauwirtschaft sind die sicheren Gewinner einer ehrgeizigen Klimaschutzpolitik. Ihre Produkte werden in den kommenden Klimaschutzmärkten verstärkt nachgefragt und der Absatz kann zusätzliche Innovationen anregen. Energetische Optimierung im Gebäudebestand ist einer der wichtigsten Hebel für Emissionsreduktionen. Die Bauwirtschaft wird hiervon profitieren, gerade im dicht besiedelten NRW. Der Maschinen- und Anlagenbau, die umsatzstärkste Branche des Landes, liefert Schlüsseltechnologien für die herausgehobenen Bereiche erneuerbare Energien und Energieeffizienz. Von dem Wachstum in diesen beiden Bereichen profitiert auch die Informations- und Kommunikationstechnologie, vor allem in Form von Beschäftigungseffekten. Die Produkte und Dienstleistungen der Branche sind zentral für die Steuerung und die Integration der klimafreundlichen Technologien. Die chemische Industrie wird ihre Rolle als Produzent innovativer und klimafreundlicher Produkte (Dämmmaterialien, Leichtbaumaterialien etc.) in Zukunft noch weiter ausbauen.

Grundsätzlich kommen emissionsarme Technologien heute bereits in vielen Feldern zur Anwendung. In den letzten Jahren haben sich viele dieser Technologien dynamisch entwickelt und sind zur Marktreife gelangt. So ist z.B. die Windenergie heute bereits an vielen Standorten wirtschaftlich konkurrenzfähig. Wird der Ausbau der Windenergie wie im Energiekonzept der Bundesregierung und im Koalitionsvertrag der Landesregierung vorgesehen umgesetzt, kann NRW durch seine Spitzenstellung in den beiden Bereichen Windenergie(zuliefer-)industrie und industrienaher Windenergieforschung hiervon profitieren. Die Windenergiekomponentenindustrie, die nach außen zumeist wenig sichtbar ist, ist damit ein gutes Beispiel für die verschiedenen versteckten Klimaschutztechnologien (hidden champions). Obwohl Binnenstandort ist NRW ein Windenergietechnologieland mit einer Vielzahl von Unternehmen und Forschungszentren, die eine beachtliche Innovationsdynamik freisetzen.

Städte haben eine Schlüsselfunktion im hier beschriebenen Transformationsprozess. Sie können nicht nur nachhaltige urbane Infrastrukturen entwickeln, sondern auch visionäre gesellschaftliche Konzepte und sozio-technische Experimente umsetzen. Viele Städte in NRW arbeiten bereits mit integrierten Klimaschutz- und Klimaanpassungs-Konzepten, das prominenteste Beispiel ist jedoch das Referenzprojekt InnovationCity Bottrop, in dem multiplizierbare Lösungen für eine massive Treibhausgasreduzierung von 50% bis 2020 entwickelt und angewendet werden sollen. Solcher realen Lernfelder bedarf es, wenn auch und gerade im Bereich der Umsetzung neue Konzepte erprobt und das Gelernte dann in Produkte und Geschäftsfelder überführt werden sollen. InnovationCity ermöglicht in diesem Sinne eine Beschleunigung des Wandlungsprozesses, durch den die geforderten gesellschaftlichen und

technologischen Lernkurven angestoßen werden. Durch diese Vorreiterprojekte wird NRW auf einen nachhaltigen Entwicklungspfad einschwenken. InnovationCity ist für das Ruhrgebiet und gerade Bottrop auch eine große Standortchance, sollen doch hier neue innovative Unternehmen der Klimatechnologiebranche sich ansiedeln und damit den bis 2018 zu erwartenden Rückgang der Beschäftigten im Steinkohlebergbau kompensieren helfen.

Trotz der aus vielen Studien und Untersuchungen herauszulesenden Zuversicht eines mit positiven gesamtwirtschaftlichen Effekten verbundenen Klimaschutz: es bleiben Risiken und Unsicherheiten. Zentral ist das Risiko, dass Energieeffizienz und erneuerbare Energien nicht ausreichen werden, um die immer weitere wachsende pro-Kopf Energienachfrage nachhaltig zu decken. Diese Gefahr steht im Zusammenhang mit drei Problembereichen: (1) Die Bereitstellung des benötigten Kapitals für die Klimaschutzinvestitionen, (2) das Gelingen der Transformationsprozesses im vorgegebenen Zeitraum und (3) das Auftreten sogenannter „Rebound-Effekte“.

- Die finanzielle Herausforderung ist beherrschbar, denn es gibt keinen grundsätzlichen Mangel an Kapital. Sie lässt sich mit innovativen Geschäftsmodellen und Finanzierungskonzepten lösen, aus denen sich neue zukunftsfähige Geschäftsfelder für den Finanzsektor ergeben. Energieeinsparung heißt häufig auch Kosteneinsparung. Hier gilt es zum Beispiel die hohen Renditeerwartungen, gerade der industriellen Verbraucher, mit intelligenten Angeboten zu überbrücken, um vermehrt in die Umsetzung zu gelangen. Auch für die unterschiedlichen privaten Konsumentengruppen müssen passgenaue Instrumente und Angebote entwickelt werden. Volkswirtschaftlich ist dies doppelt lohnend: Klimaschutzinvestitionen stehen mittel- und langfristig Einsparungen durch verringerte Energieimporte und vermiedene (externe) Kosten des Klimawandels gegenüber.
- Das plangemäße Gelingen des komplexen Transformationsprozesses in knapp vier Jahrzehnten ist unter Beteiligung aller relevanten Akteure machbar. Optimistisch stimmt das wachsende Bewusstsein für eine nachhaltige, ressourcen- und klimaschonende Produktions- und Konsumtionsweise in weiten Teilen der Bevölkerung aber auch zunehmend der Wirtschaft. Dieser gesellschaftliche Rückhalt, der durch die Diskussionen im Nachgang zum Atomunfall im japanischen Fukushima noch verstärkt wird, öffnet ein „window of opportunity“. Es bietet sich aktuell die Chance im Verbund von politischen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Akteuren die Pioniere des Wandels zu stärken und langfristiges Denken und Handeln zugunsten des Klimaschutzes zu befördern und zu verankern.
- Die Gefahr von „Rebound-Effekten“ (z.B. in Form von induziertem zusätzlichem Verbrauch von Energie durch den Einsatz neuer Produkte und Verfahren) wirft die Frage auf, ob ein fortgesetztes Wachstum überhaupt von schädlichen Umweltwirkungen entkoppelt und der Lebensstil westlicher Gesellschaften unverändert weitergeführt werden kann. Das großangelegte Experiment eines Wirtschaftens und Lebens fast ohne Emissionen muss daher richtungssicher ausgestaltet werden und dazu sowohl spezifische Innovationen ermöglichen (und befördern), die keine oder nur geringfügige „Rebound-Effekte“ verursachen, als auch eine Umsetzungskultur fest verankern.

Unsicherheiten in der Analyse der gesamtwirtschaftlichen Effekte eines ambitionierten Klimaschutzpfades liegen vornehmlich in der Entwicklung von Energieträgerpreisen, CO₂-Kosten im Emissionshandel und der Geschwindigkeit des technologischen Fortschritts. Diese er-

schweren eine treffsichere Bestimmung des sogenannten „break-even points“ an dem Klimaschutztechnologien auch in der Breite wirtschaftlich überlegen sind. Schon deshalb gibt es nicht die eine richtige „Schlüsseltechnologie“ oder die eine richtige „Schlüsselindustrie“ für den notwendigen Transformationspfad. Wind- und Solarenergie, Biomasse sowie die CO₂-Nutzung in der Industrie sind alle viel versprechende Energiequellen der Zukunft. Auch mit Energieeffizienz allein können die angestrebten Minderungsziele nicht erreicht werden. Es kommt daher auf einen breiten Umsetzungsprozess an und darauf, in verschiedensten Technologiebereichen durch innovative klimafreundliche und innovative Produkte die unternehmerischen Möglichkeiten zu nutzen.

Für den Transformationsprozess, wie er durch den Klimaschutz eingefordert wird, ist jedoch eine Kooperation aller gesellschaftlichen Gruppen nötig. Er kann nur mit, nicht ohne den Menschen realisiert werden und erfordert die gesellschaftliche Akzeptanz. Dies gilt für die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen ebenso wie für die dafür liegenden Innovationsbemühungen. Von allen Entwicklungen, etwa dem Bau der Hochspannungs-Gleichspannungs-Übertragungsnetze (HGÜ) oder der Errichtung von Leitungs- und Lagerungssystemen für überkritisches CO₂, sind Menschen betroffen. Diesbezüglich sind Innovationen einer besonderen Art notwendig. Bewährte und auch ganz neue partizipative Verfahren müssen helfen die Potenziale der betroffenen Bürger zu aktivieren und sie möglichst in die Entscheidungsfindung einzubinden. Notwendig ist, Bürgerbeteiligung in Planfeststellungs- und Genehmigungsverfahren neu zu justieren. Obwohl das Planungsrecht eine öffentliche Beteiligung vorsieht, sind betroffene Bürger gegenwärtig zunehmend unzufrieden. Durch frühzeitige und konsistente Information und Partizipation können Teilhabe, emotionale Einbindung und Akzeptanz der Bürger gefördert werden. In dieser Verbindung können neue stabile Strukturen entstehen aus denen robuste Gewinnermärkte hervorgehen.

5 Literatur

- Achatz, Dagobert: Nachhaltige Automobilproduktion in Deutschland im Jahr 2030, in: Angrick, Michael (Hg.): Nach uns, ohne Öl. Auf dem Weg zu nachhaltiger Produktion, Marburg 2010, S. 225-239.
- Alvarez, Gabriel Calzada et al: Study of the effects on employment of public aid to renewable energy sources, Universidad Rey Juan Carlos 2009.
- Berendberg Bank & HWWI (Hamburgisches WeltWirtschafts Institut): Strategie 2030 – Klimawandel, Hamburg 2007.
- BDI (Bundesverband der Deutschen Industrie e.V.): Innovative Antriebstechnologien, Elektromobilität und alternative Kraftstoffe für unsere Mobilität von morgen. Potenziale – Herausforderungen – Perspektiven, BD-Positionspapier, Berlin 2010.
- BSR (Bsr-sustainability)/eCF (European Climate Forum)/ISI (Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung)/ Öko-Zentrum NRW/PIK (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung): Investitionen für ein klimafreundliches Deutschland, Synthesebericht, Berlin 2008, Studie im Auftrag des BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit).
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit): Erneuerbar beschäftigt! Kurz- und langfristige Arbeitsplatzwirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien in Deutschland, Berlin 2010.
- bmvbs.de: Elektromobilität, www.bmvbs.de/DE/VerkehrUndMobilitaet/Zukunftstechnologien/Elektromobilitaet/elektromobilitaet_node, Link vom 13.04.2011.
- Blankart, Charles et al. (2008), Die Energie-Lüge, in: Cicero - Magazin für politische Kultur 2008 (11), S. 2-5.
- DENEFF (Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz): Expertise: 10 Punkte Sofortprogramm – wirtschaftlicher und schneller Atomausstieg durch Energieeffizienz, April 2011, <http://www.deneff.org/cms/index.php/news-reader/items/id-10-punkte-sofortprogramm.html>, Link vom 13.04.2011.
- DB (Deutsche Bank) Research: Wie der Klimawandel die Märkte von morgen verändert, Präsentation auf dem Workshop „Der Klimawandel – eine sichere Angelegenheit?“ Veranstaltung von econsense und SWP 20. Berlin 2010.
- DIW/Ifo/NIW (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung; Ifo Institut für Wirtschaftsforschung; Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung): Beschäftigungswirkungen des Umweltschutzes in Deutschland: Methodische Grundlagen und Schätzung für das Jahr 2006, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Dessau 2009.
- DIW/ISI/Berger (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, ISI, Berger): Wirtschaftsfaktor Umweltschutz. Vertiefende Analyse zu Umweltschutz und Innovation, BMU/UBA Schriftenreihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 01/2007, Berlin/Dessau.
- Edenhofer, Ottmar et al.: The Economics of Low Stabilization: Model Comparison of Mitigation Strategies and Costs, in: The Energy Journal, 2010, 31 (1), S. 11-48.
- EnergieAgentur.NRW: Zur Lage der Windkraft in NRW, Status Quo und Perspektiven, in: innovation&energie, 1/2011, S. 4-7.
- energieregion.nrw.de/windkraft:
www.energieregion.nrw.de/windkraft/page.asp?TopCatID=13380&CatID=13476&RubrikID=13476 Link vom 10.03.2011.
- Endemann, Gerhard, Still, Gunnar, Traupe, Jens: Nachhaltigkeit – Mit Stahl in die Zukunft, in: Angrick, Michael (Hg.): Nach uns, ohne Öl. Auf dem Weg zu nachhaltiger Produktion, Marburg 2010, S. 195-224.

- European Commission: A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050, Brussels 2011.
- EuPD Research/Wuppertal Institut/DCTI (Deutsches CleanTech Institut): Handout zur Studie "Investitionen der deutschen Erneuerbare Energien-Branche in Fertigungskapazitäten sowie Forschung und Entwicklung", 30. März 2011, S.
- Erdmann, Georg: Indirekte Kosten der EEG-Förderung. Kurzstudie im Auftrag der Wirtschaftsvereinigung Metalle. Berlin 2008.
- exzellenz.nrw.de: ExzellenzNRW. Cluster Nordrhein-Westfalen, <http://www.exzellenz-nrw.de/>, Link vom 13.04.2011.
- Fiedler, Traute: Nachhaltige Chemieproduktion, in: Angrick, Michael (Hg.): Nach uns, ohne Öl. Auf dem Weg zu nachhaltiger Produktion, Marburg 2010, S. 143-176.
- Fraunhofer IISB (Institut Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie): Ausblicke auf die Mobilität von morgen, Präsentation auf der IfKom Regionaltagung, Lauf 15.11.2008, www.iisb.fraunhofer.de/.../Elektromobilitaet_Lauf_2008_Mz.pdf, Link vom 07.04.2011.
- FrondeL, Manuel: Economic impacts from the promotion of renewable energies: The German experience, Essen 2009.
- GDCh (Gesellschaft Deutscher Chemiker): Kohlendioxid: Feuerlöscher oder Klimakiller? Kohlendioxid CO₂ – Facetten eines Moleküls, https://va.gdch.de/news/news_singlefull.asp?N_NR=1241 Link vom 10.03.2011.
- GWS/DIW/DLR/ISI/ZSW (Gesellschaft für Wirtschaftliche StrukturforSchung; Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung; Deutsches Institut für Luft- und Raumfahrt; Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung; Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung): Erneuerbare beschäftigt! Kurz- und langfristige Arbeitsplatzwirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien in Deutschland, Osnabrück; Berlin; Stuttgart; Karlsruhe 2010.
- Hilbert, Josef et al. (1998): Industrial Clusters and the Governance of Change. Lessons from North Rhine-Westphalia, in: Cooke, Philip; Heidenreich, Martin; Brazyk, Hans-Joachim (Hg.): Regional Innovation Systems. The Role of Governance in a Globalized World.
- ICCA (International Congress and Convention Association): Innovations for Greenhouse Gas Reductions – A life cycle quantification of carbon abatement solutions enabled by the chemical industry, 2009.
- IWR (Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien): Zur Struktur der WindenergieforSchung in Deutschland, Münster 2008.
- IWR (Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien): Energie.Daten NRW 2010, http://www.iwr.de/buch/2010/energiestatistik/EnergieDaten.NRW_2010.pdf Link vom 22.03.2011.
- IÖW (Institut für ökologische Wirtschaftsforschung) / Universität Oldenburg / Wissenschaftsladen Bonn: Beschäftigungswirkungen sowie Ausbildungs- und Qualifizierungsbedarf im Bereich der energetischen Gebäudesanierung, Dessau-Roßlau 2011.
- ISI (Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung)/Borderstep/ZTC(Zukünftige Technologien Consulting), VDI Technologiezentrum GmbH.: Innovationsdynamik und Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands in grünen Zukunftsmärkten, Karlsruhe, Berlin, Düsseldorf 2008, Studie im Auftrag des UBA (Umweltbundesamt).
- ISI (Fraunhofer-Institut System und Innovationsforschung: Gesamtwirtschaftliche Wirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen in den Bereichen Gebäude, Unternehmen und Verkehr, 2009, Studie im Auftrag des UBA (Umweltbundesamt).
- Jänicke, Martin: Das Innovationstempo in der Klimapolitik forcieren!, in: Altner, Günter, Leitschuh, Heike, Michelsen, Gerd et al. (Hg.): Jahrbuch Ökologie 2011, Stuttgart 2011, S. 138-147.

- LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen): Treibhausgas-Emissionsinventar, Recklinghausen 2010.
- Linz, Manfred/Scherhorn, Gerhard: Für eine Politik der Energie-Suffizienz, in: Wuppertal Institut: Impulse zur Wachstumswende, Wuppertal 2011.
- MKULNV (Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen): Das Klimaschutzgesetz in NRW, Auswirkungen auf Kommunen, Handel, Industrie und Verkehr, Präsentation in der NUA, Recklinghausen 23.02.2011, http://www.nua.nrw.de/nua/content/de/veranstaltungsberichte/016-11_Klimaschutzgesetz/bericht.html, Link vom 22.03.2011.
- nrwinvest.com:
www.nrwinvest.com/nrwinvest_deutsch/NRW_im_Ueberblick/Daten_Fakten/Wirtschaftsstruktur/index.php, Link vom 06.04.2011.
- Ostenrath, Krischan: Arbeitsmarktmonitoring Erneuerbare Energien 2010, Wissenschaftsladen Bonn, 2010, www.jobmotor-erneuerbare.de Link vom 16.03.2011.
- PIK (Potsdam Institut für Klimafolgenforschung): A New Growth Path for Europe, Generating Prosperity and Jobs in the Low-Carbon Economy, Synthesis Report, Potsdam 2011.
- Prognos/Öko-Institut: Modell Deutschland. Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken, Basel / Berlin 2009, Studie im Auftrag des WWF.
- RolandBerger: Wirtschaftsfaktor Umweltschutz, Deutschlands Position in den Umwelttechnologien stärken, Hamburg 2007.
- RolandBerger: Green Tech made in Germany 2.0. Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland, München 2009, Studie im Auftrag des BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit).
- RolandBerger/Prognos: Der Beitrag des Maschinen- und Anlagenbaus zur Energieeffizienz, Studie im Auftrag des VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau), 2009.
- Rothermel, Jörg: Nachhaltigkeit mit Chemie, in: Angrick, Michael (Hg.): Nach uns, ohne Öl. Auf dem Weg zu nachhaltiger Produktion, Marburg 2010, S. 101-128.
- Stern Review (Stern Review final report): Stern Review The Economics of Climate Change, Summary of Conclusions, 2006, http://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_report.htm, Link vom 22.03.2011.
- Taurus Eco Consulting: Innovationspotenziale für Umwelt- und Klimaschutz in Europäischen Förderprogrammen Nordrhein- Westfalens, Trier 2010, Studie im Auftrag von MdEP Sven Giegold.
- UNEP (United Nations Environment Program): Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication - A Synthesis for Policy Makers, 2011, <http://www.unep.org/greeneconomy>, Link vom 07.03.2011.
- VDA (Verband der Automobilindustrie): Jahresbericht 2010, Frankfurt.
- VDMA (Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau): Lehren einer Krise Die Sicht des Maschinenbaus, Köln 2010.
- Wuppertal Institut: München - Wege in eine CO₂-freie Zukunft, Studie im Auftrag der SIEMENS AG, 2009, http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wiprojekt/CO2-freies-Muenchen.pdf, Link vom 06.04.2011.
- Wuppertal Institut: Zukunftsfähiges Hamburg. Zeit zum Handeln, Hamburg 2010, Studie im Auftrag von BUND Hamburg, Diakonie Hamburg und Zukunftsrat Hamburg.
- Weizsäcker, Ernst Ulrich von, et al: Faktor Fünf. Die Formel für nachhaltiges Wachstum, London 2010.