



VIRTUELLES INSTITUT  
TRANSFORMATION  
ENERGIEWENDE<sup>NRW</sup>

# DIE TRANSFORMATION DES INDUSTRIESTANDORTES NORDRHEIN-WESTFALEN IM ZEICHEN DER ENERGIEWENDE

- HERAUSFORDERUNGEN -
- ERFOLGSFAKTOREN -
- GESTALTUNGSMÖGLICHKEITEN -

Gefördert von:

**STIFTUNG  
MERCATOR**

Ministerium für  
Kultur und Wissenschaft  
des Landes Nordrhein-Westfalen



Unterstützt von:

**CEF.NRW**  
Cluster EnergieForschung

Executive Summary	3
1 Einleitung	5
2 Auswirkungen der Energiewende auf die Wirtschafts- und Wertschöpfungsstrukturen Nordrhein-Westfalens	7
2.1 Bedeutung des Faktors Energie für die Wertschöpfung in Nordrhein-Westfalen	8
2.2 Wertschöpfungseffekte der Förderung erneuerbarer Energien durch das EEG in Nordrhein-Westfalen	12
2.3 Auswirkungen der Energiewende auf die Wertschöpfung in NRWs Regionen	19
2.4 Zentrale industrielle Wertschöpfungsketten Nordrhein-Westfalens im Zeichen der Energiewende und neue Kooperationsmöglichkeiten	26
3 Industrielle Transformationsprozesse – Einflussfaktoren und Erfolgsbedingungen	29
3.1 Erfahrungen aus bisherigen Transformationsprozessen in Unternehmen und Regionen	30
3.2 Technisch-ökonomische Einflussfaktoren auf industrielle Transformationsprozesse – das Beispiel der Stromwirtschaft	35
3.3 Sozio-ökonomische Einflussfaktoren auf regionale industrielle Transformationsprozesse – am Beispiel der Motivation und der Präferenzen privater Haushalte zu dezentralen Stromerzeugungstechnologien	39
3.4 Erfolgsfaktoren für industrielle Transformationsprozesse	49
4 Gestaltungsmöglichkeiten von industriellen Transformationsprozessen	53
4.1 Potentiale, Herausforderungen und Handlungsansätze für branchenübergreifende Kooperationen	54
4.2 Beispiele für die Realisierung branchenübergreifender Kooperationen	58
4.3 Initiierung, Verstetigung, Ausbau: Phasen und Instrumente zur Förderung branchenübergreifender Kooperationen in NRWs Regionen	65
5 Fazit – Schlussfolgerungen für einen zukunftsfähigen Industriestandort Nordrhein-Westfalen im Zeichen der Energiewende	73
Literaturverzeichnis	78
Impressum	80

# EXECUTIVE SUMMARY

Die Energiewende macht es notwendig, den Industriestandort Nordrhein-Westfalen (NRW) mit Hilfe von **technologischen, aber auch sozialen und politischen Innovationen** neu auszurichten.

Der vorliegende Bericht ist Ergebnis eines zweijährigen Forschungsprojekts im Rahmen des **Virtuellen Instituts „Transformation – Energiewende NRW“**. Das Projekt wurde von der Stiftung Mercator finanziert. Der Bericht beschäftigt sich in mehreren Schritten mit der Transformation des Energie- und Industrielandes NRW: Er analysiert die ökonomischen Effekte der Energiewende in NRW und arbeitet Erfolgsfaktoren sowie Gestaltungsmöglichkeiten für industrielle Transformationsprozesse heraus. Nachfolgend werden zentrale Ergebnisse dieser Analyseschritte knapp zusammengefasst.

## ÖKONOMISCHE EFFEKTE DER ENERGIEWENDE IN NRW

Eine Input-Output-Analyse zeigt: **der Ausbau erneuerbarer Energien (EE) hat für NRW insgesamt einen positiven Wertschöpfungseffekt**, der v. a. durch Beiträge zur Herstellung von Anlagen für erneuerbare Energien begründet ist. Dennoch profitiert NRW nicht so stark vom Ausbau der Erneuerbaren wie viele andere Bundesländer. Aufgrund seiner Rolle als traditionelles Industrieland mit weitgehend auf fossilen Brennstoffen basierten Energieerzeugungsstrukturen ist NRW von negativen (kontraktiven) Wertschöpfungseffekten im Rahmen eines Ausbaus von erneuerbaren Energien besonders stark betroffen, wie z. B. durch den Wegfall von Investitionen in konventionelle Erzeugungsstrukturen.

Die **regionale Verteilung der positiven Wertschöpfungseffekte** wurde für die Branchen Stahl, Chemie und Maschinenbau vertiefend betrachtet. Während die positiven Effekte für den Maschinen- / Anlagenbau regional weit gestreut sind, konzentrieren sie sich für die Chemieindustrie vorrangig auf die Standorte großer Chemieparks und im Falle der Stahlindustrie auf das östliche und südöstliche Ruhrgebiet bzw. das angrenzende Bergische Land. Demnach sind für eine verstärkte Ausrichtung der Branchen auf „grüne“ Zukunftsmärkte wie erneuerbare Energien spezifische Politikansätze erforderlich, die von regional stark konzentrierten Instrumenten für wenige Unternehmen (Stahlindustrie), Instrumente für Verbundstandorte und deren Verknüpfung (Chemie) bis zu Förderansätzen für eine regional breit gefächerte und heterogene Branchenstruktur (Maschinen- / Anlagenbau) reichen.

Im Stromerzeugungssektor ist die **Flexibilisierung der verbleibenden fossilen Kraftwerke** eine zentrale Herausforderung. In einer Realoptionen-Analyse wurden beispielhaft die Kosten von zwei Maßnahmen zur Senkung der Mindestlast eines Braunkohlekraftwerks in NRW auf bis zu 40 % untersucht. Die Maßnahmen gehen teilweise mit hohen Reinvestitionskosten (bis zu 30 % der Investitionskosten eines neuen Kraftwerks) einher. Daher hat der aktuelle Subventionsrahmen für die Braunkohleförderung und -nutzung einen entscheidenden Einfluss darauf, ob – und wenn ja welche – Maßnahmen zur Flexibilisierung von Braunkohlekraftwerken ökonomisch darstellbar sind. Ohne die Subventionen würde sich keine der beiden betrachteten Maßnahmen rechnen.

## ERFOLGSFAKTOREN FÜR TRANSFORMATIONSPROZESSE

Auf regionaler und Unternehmensebene wurden beispielhaft industrielle Transformationsprozesse untersucht, die zeigen, in welchen Phasen welche Faktoren und Instrumente für deren Gelingen von zentraler Bedeutung waren. Der Schwerpunkt lag dabei auf Kooperationen zwischen Unternehmen verschiedener Branchen auf regionaler Ebene. Es können folgende Phasen unterschieden werden:

**Initiierung / Nische:** Für viele Transformationsprozesse gibt es ein Initial, beispielsweise veränderte politische Rahmenbedingungen oder ein klar erkennbares gemeinsames Interesse einflussreicher Akteure. In der Initiierungs- / Nischenphase innovativer Kooperationen sind sozio-kulturelle Aspekte wie Vertrauen zwischen Entscheidungsträgern von Unternehmen und das Vorhandensein einflussreicher Einzelpersonen, die Innovationen eigeninitiativ vorantreiben, von hoher Bedeutung. Dies kann in erste Nischenaktivitäten münden, die spezifische Interessen / Expertisen der beteiligten Akteure adressieren.

**Verstetigung / Diffusion:** Die zuvor entstandenen Kooperationsstrukturen werden in dieser Phase durch einen verstetigten und stabilen Austausch zwischen den bislang eingebundenen Akteuren zunehmend institutionalisiert. Der Fokus liegt nach wie vor auf einem eingegrenzten Themen- und Akteursspektrum – wobei gezielt weitere Akteure eingebunden werden. Zentrale Voraussetzung für die Verstetigung / Diffusion ist, dass in der vorherigen Phase durch Austausch und erste Nischenaktivitäten rasch ein klarer Mehrwert der Kooperation für die beteiligten Akteure erkennbar wurde.

**Ausbau:** Hier erfolgt sowohl akteursseitig als auch thematisch eine Ausweitung der Innovations- und Kooperationsaktivitäten. Vielfältige Einzelaktivitäten integrieren sich zu einer Gesamtstrategie, die mit einem professionellen institutionellen Rahmen hinterlegt ist, der die Kooperationen steuert und im Hinblick auf zukünftige Herausforderungen weiterentwickelt.

## GESTALTUNG VON TRANSFORMATIONSPROZESSEN

Kooperationen zwischen Unternehmen verschiedener Branchen (vorzugsweise auf regionaler Ebene) stellen für die Transformation von Industriestrukturen ein großes, bisher aber wenig ausgeschöpftes Potential dar. Für die Initiierung derartiger Kooperationen sollten zunächst gemeinsame Interessen wichtiger Akteure herausgearbeitet und zentrale Protagonisten für das Anschieben der Kooperation identifiziert werden. Als Einstieg empfehlen sich Themen im vorwettbewerblichen Bereich mit einem langfristigen-strategischen Fokus. Überdies ist es wichtig, stabile Austauschforen für die beteiligten Akteure mit einem übergreifend akzeptierten Moderator zu etablieren. Dies ist eine Voraussetzung, um öffentliche Fördermittel und / oder Eigenmittel der teilnehmenden Unternehmen einzuwerben und so die Institutionalisierung und Professionalisierung der Kooperation voranzutreiben.

# 1 EINLEITUNG

Die deutsche Energiewende erfordert einen grundlegenden Wandel der Energieerzeugung und -nutzung über die Grenzen einzelner Sektoren hinweg. Dieser Wandel beinhaltet den Umstieg von der umfassenden Nutzung fossiler Brennstoffe zu einem weitgehend von erneuerbaren Energien geprägten Energiesystem. Er erfordert eine substantielle Verringerung des Energiebedarfs durch die konsequente Erschließung von Effizienzpotentialen und eine Veränderung von Konsummustern. Eine solche Transformation bedarf innovativer technologischer Lösungen, deren Entwicklung und Marktdurchdringung neuartige Kooperationen zwischen Unternehmen verschiedener Branchen notwendig machen. Dies führt zu Veränderungen von Wertschöpfungsketten und letztlich auch zu geographischen Verschiebungen von Wertschöpfungseffekten. Den Unternehmen und Regionen, die stark auf die etablierten Wertschöpfungsketten eines weitgehend auf fossilen Energieträgern basierenden Energiesystems ausgerichtet sind, stellen sich große Veränderungsanforderungen. Sie werden von neuen Akteuren – Unternehmen und Regionen, die innovative Produkte oder leistungsstarke Standorte für ein erneuerbares, dezentrales Energiesystem anbieten – herausgefordert.

Derartige Herausforderungen stellen sich für Nordrhein-Westfalen (NRW) – dem bevölkerungsreichsten Bundesland Deutschlands mit einer besonders dichten Energie- und Industriestruktur – in besonderer Weise. Wohlstand und Identität der Menschen in NRW hängen seit Jahrzehnten eng mit der industriellen Wertschöpfung und der Bereitstellung von Energie zusammen. Die Energiewende macht es notwendig, den **Industriestandort NRW neu auszurichten**. Hierfür sind vielfältige Innovationen erforderlich: Einerseits technologische, aber auch soziale und politische Innovationen, um die Entwicklung innovativer Unternehmenskooperationen zu fördern, das Zusammenwirken politischer Entscheidungsträger verschiedener Ebenen mit Unternehmern zu optimieren und das Know-how industrieller Cluster in NRWs Regionen für die „grünen Märkte“ eines transformierten Energiesystems zu nutzen.

**Der vorliegende Bericht beschäftigt sich in mehreren Schritten mit der Transformation des Energie- und Industrielandes NRW:** Zunächst wird untersucht, welche Bedeutung der Faktor Energie für die Wertschöpfung NRWs hat (Kapitel 2.1). Am Beispiel des Ausbaus erneuerbarer Energien wird dargestellt, wie sich die Energiewende auf die Wertschöpfung in NRW (Kapitel 2.2) und seinen Regionen (Kapitel 2.3) sowie auf zentrale Industriebranchen (Kapitel 2.4) auswirkt. Anschließend wird mit Hilfe von Fallstudien untersucht, welche Faktoren eine erfolgreiche Transformation von Industrieunternehmen und -regionen beeinflussen (Kapitel 3.1) und welche Abwägungsprozesse bei Investitionsentscheidungen in einem transformierten Energiesystem stattfinden – einerseits bei Großkraftwerken (Kapitel 3.2) und andererseits bei dezentralen Energietechnologien (Kapitel 3.3).

Der Bericht kommt schließlich zu der Schlussfolgerung, dass **branchenübergreifende Kooperationen** – vor allem innerhalb von Regionen – ein wichtiges Mittel sind, um Synergien zwischen Unternehmen zu erschließen und durch die Kombination von Know-how innovative Lösungen zu schaffen. Kapitel 4 zeigt deshalb Potentiale und Herausforderungen (Kapitel 4.1) sowie Beispiele (Kapitel 4.2) solcher branchenübergreifenden Kooperationen auf, um schließlich Handlungsansätze zu deren Unterstützung vorzuschlagen (Kapitel 4.3). Anschließend werden auf Basis der Ergebnisse

zentrale Schlussfolgerungen für die zukunftsfähige Gestaltung des Industriestandorts NRW im Zeichen der Energiewende abgeleitet (Kapitel 5).

Der Bericht ist eine kondensierte Zusammenstellung der Ergebnisse eines **zweijährigen Forschungsprojekts** mit dem Titel „Transformationsprozesse für nachhaltige und wettbewerbsfähige Wirtschafts- und Industriestrukturen in NRW im Kontext der Energiewende“. Zu den meisten Kapiteln des Berichts liegen **ausführliche Paper oder Langberichte** vor. Auf diese wird am Ende der jeweiligen Kapitel hingewiesen.

#### **Das Projektkonsortium bestand aus folgenden Institutionen:**

- **Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (Koordination)**
- **Energiewirtschaftliches Institut der Universität zu Köln (EWI)**
- **Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT**
- **Institut für Energie- und Klimaforschung – Systemforschung und Technologische Entwicklung des Forschungszentrums Jülich**
- **Kulturwissenschaftliches Institut Essen (KWI)**
- **Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior (FCN), School of Business and Economics / E.ON Energy Research Center, RWTH Aachen**

Das Projekt wurde von der **Stiftung Mercator** gefördert und ist Teil des **Virtuellen Instituts „Transformation – Energiewende NRW“** – einem Verbund aus zehn Forschungsinstituten, die sich mit den sozio-ökonomischen Fragen der Energiewende in NRW befassen.

**Mehr Informationen zum Virtuellen Institut finden sich hier: [www.vi-transformation.de](http://www.vi-transformation.de)**

# 2 AUSWIRKUNGEN DER ENERGIEWENDE AUF DIE WIRTSCHAFTS- UND WERTSCHÖPFUNGS-STRUKTUREN NORD-RHEIN-WESTFALENS

Kapitel 2 beschäftigt sich vornehmlich mit den makroökonomischen Implikationen der Energiewende in NRW. Es untersucht dabei die Wertschöpfungseffekte der Energiewende in NRW aus unterschiedlichen Perspektiven: hinsichtlich der Bedeutung verschiedener Produktionsfaktoren (Kapitel 2.1), der Auswirkungen des Ausbaus und der Förderung erneuerbarer Energien mit Hilfe des EEG in NRW (Kapitel 2.2) und seinen Regionen (Kapitel 2.3) sowie mit Blick auf die Wertschöpfungsketten zentraler Industriebranchen des Landes (Kapitel 2.4). Auf diese Weise wird deutlich, inwiefern die Energiewende einen Veränderungsdruck auf die Wirtschafts- und Wertschöpfungsstruktur NRWs als Ganzes sowie seine Regionen, Branchen und Wertschöpfungsketten erzeugt.

## 2.1 BEDEUTUNG DES FAKTORS ENERGIE FÜR DIE WERTSCHÖPFUNG IN NORDRHEIN-WESTFALEN

Florian Weiser und Dietmar Lindenberger <sup>1</sup>

### HIGHLIGHTS

- **Der Produktionsfaktor Energie leistet einen zentralen Beitrag zur Wertschöpfung in NRW. Dies wird u. a. durch eine zunehmende Automatisierung sowie Rationalisierung der industriellen Produktion bedingt.**
- **Die Verlagerung von Stromerzeugung aus konventionellen Kraftwerken in NRW auf Erzeuger erneuerbarer Energien außerhalb NRWs wie auch der Rückgang der energieintensiven Produktion führen jedoch insgesamt zu einer Verringerung des Wertschöpfungsbeitrags von Energie zwischen 1991 und 2011.**

Nordrhein-Westfalen ist derzeit das Bundesland mit der bundesweit höchsten Stromerzeugung aus konventionellen Energieträgern und Deutschlands wichtigster Standort für energieintensive Industriebetriebe. Der Faktor Energie – auf der Angebots- und der Nachfrageseite – spielt deshalb traditionell eine zentrale Rolle für die Wertschöpfung in NRW und damit für die Perspektiven des Bundeslandes als Wirtschafts- und Industriestandort. Im Zuge der Energiewende und des Ausbaus der erneuerbaren Energien verschieben sich jedoch die Verhältnisse zwischen den Bundesländern: Die Stromerzeugung aus regenerativen Quellen wie Wind und Photovoltaik gewinnt stark an Bedeutung, sie findet jedoch vor allem an Erzeugungsstandorten

in Nord- und Süddeutschland statt. Die stärker an der konventionellen Energieerzeugung ausgerichtete Energiewirtschaft Nordrhein-Westfalens steht deshalb unter Druck. Gleichzeitig wirken ökonomische Veränderungsprozesse, die sich in der wachsenden Bedeutung des Dienstleistungssektors oder in der zunehmenden Automatisierung industrieller Fertigung niederschlagen. Derartige Entwicklungen haben ebenfalls Auswirkungen auf die Bedeutung des Faktors Energie für die Wertschöpfung in Nordrhein-Westfalen.

Das vorliegende Kapitel beschäftigt sich damit, wie sich der Beitrag des Faktors Energie zur Wertschöpfung in Nordrhein-Westfalen in den vergangenen Jahren entwickelt hat. Die Analyse bereitet die Grundlage für eine spezifischere Betrachtung der Auswirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf die Wert-

<sup>1</sup> Beide Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI)

schöpfungsstrukturen in NRW und seinen Regionen in den folgenden Kapiteln.

## METHODISCHES VORGEHEN

In der klassischen ökonomischen Theorie wird Wertschöpfung durch die Produktionsfaktoren Arbeit (L, also menschliche Tätigkeiten, um Einkommen zu generieren) und Kapital (K, also Produktionsmittel wie Anlagen oder Fabriken) bestimmt. Insbesondere für ein Industrieland wie NRW ist aber auch der **Faktor Energie (E) für die Wertschöpfung essentiell**. Für die weitere Gestaltung der Energiewende und des Wirtschaftsstandortes NRW ist es deshalb wichtig zu verstehen, wie sich im Rahmen der Energiewende der Beitrag des Produktionsfaktors Energie zur Wertschöpfung im Vergleich zu den Beiträgen von Arbeit und Kapital entwickelt.

Das vorliegende Kapitel untersucht deshalb die Wirtschaftsentwicklung NRW auf Basis der Produktionsfaktoren Kapital, Arbeit und Energie. Zusätzlich wird der Beitrag der menschlichen Kreativität zur Wirtschaftsleistung betrachtet. Er wird im Modell durch Änderungen von Technologieparametern erfasst, die auf menschliche Ideen, Erfindungen und Wertentscheidungen zurückzuführen sind. Insgesamt stehen bei der Analyse der Produktionsfaktoren die Gesamtwirtschaft NRW und der für NRW bedeutende Stromerzeugungssektor im Fokus<sup>2</sup>. Ziel ist es, die **Output-Elastizitäten der Produktionsfaktoren** zu berechnen und ins Verhältnis zu ihren Faktorkosten zu stellen.

***Definition Output-Elastizität:** Beschreibt hier die Beiträge der betrachteten Produktionsfaktoren, also Arbeit, Kapital und Energie, zur Wertschöpfung innerhalb der Gesamtwirtschaft NRW und des deutschen Stromsektors. Das heißt inwieweit diese Faktoren zur Schaffung eines ökonomischen Mehrwerts durch die Umwandlung von Gütern oder die Erbringung von Dienstleistungen beitragen.*

<sup>2</sup> Aufgrund der Datenlage wurde der gesamtdeutsche Stromerzeugungssektor analysiert. Da es in Deutschland einen einheitlichen Strompreis gibt, ist die Wirkung der Energiewende auf konventionelle Kraftwerke in den deutschen Bundesländern sehr ähnlich.

***Definition Faktorkosten:** Die Kosten, die den Produktionsfaktoren zugerechnet werden. Dies sind für den Faktor Arbeit beispielsweise Löhne und Gehälter, für den Produktionsfaktor Kapital insbesondere Abschreibungen und Zinsen.*

Im Unterschied zu vielen anderen Sektoren bietet der Stromsektor klar nachvollziehbare physische Maßzahlen für Kapital und Output: einerseits Gigawatt installierter Stromerzeugungskapazitäten (physisches Kapital) und andererseits die damit erzeugte Menge Gigawattstunden Strom (physischer Output). Das für die Analyse des Stromsektors verwendete Produktionsmodell bezieht sich deshalb im Unterschied zu vielen anderen Produktionsmodellen auf die genannten physischen Maßzahlen und bildet die Faktoren Kapital und Output nicht in monetären Werten ab.

Überdies berücksichtigt das genutzte Produktionsmodell, dass es Grenzen der Substituierbarkeit der Produktionsfaktoren gibt. So kann eine Anlage zur Energieerzeugung nur eine bestimmte maximale Auslastung erreichen und die Automatisierung von Maschinen und Fertigungsprozessen kann einen technologisch maximal möglichen Automationsgrad nicht überschreiten. Bei maximaler Kapazitätsauslastung kann ein zusätzlicher Energie-Input nicht zu einer Produktionssteigerung führen und demnach auch keinen Effekt auf die Wertschöpfung haben. Deshalb können in dem hier verwendeten Modell der Beitrag eines Produktionsfaktors zur Wertschöpfung und sein Anteil an den Faktorkosten – anders als in der neoklassischen Wachstumstheorie üblicherweise angenommen – voneinander abweichen.

## ERGEBNISSE

Die Analyse zeigt, dass sowohl für die Gesamtwirtschaft NRW als auch für den deutschen Stromerzeugungssektor der **Beitrag des Produktionsfaktors Energie zur Wertschöpfung** (Output-Elastizität) über den betrachteten Zeitraum im Durchschnitt **größer ist als der Faktorkostenanteil der Energie**. Für den Produktionsfaktor Arbeit hingegen liegt die Output-Elastizität unter dem Faktorkostenanteil. Dies stimmt mit den Resultaten früherer Untersuchungen für Deutschland, Japan und die USA überein und spiegelt wider, dass Energie ein wichtiger Produktionsfaktor industrieller Volkswirtschaften ist.

ten ist: Zum einen ist es die Energie, die den Kapitalstock aktiviert. Zum anderen nehmen Energie und Kapital im Zuge des technischen Fortschritts durch Mechanisierung, Automation, IT etc. immer breiteren Raum ein und ergänzen und ersetzen im Zuge von Rationalisierungsinvestitionen zunehmend menschliche (Routine-) Arbeit (Lindenberger und Kümmel 2011).

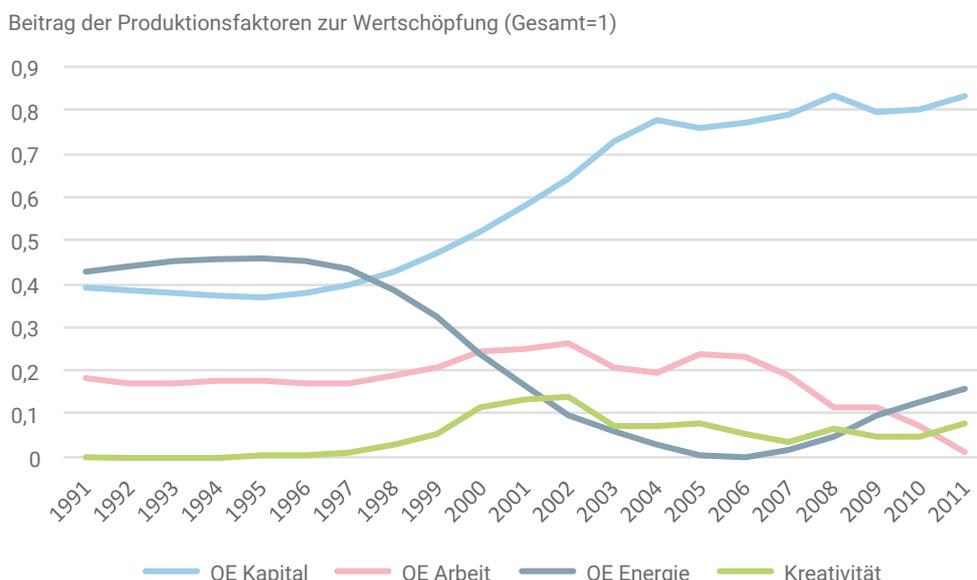
In Abbildung 1 ist zu erkennen, wie sich die produktiven Beiträge der Produktionsfaktoren, d. h. die Output-Elastizitäten von Kapital, Arbeit, Energie und Kreativität, für NRW gemäß einer ökonometrischen Schätzung im Zeitraum von 1991 bis 2011 entwickeln. Die Output-Elastizität von Kapital steigt im gesamten Zeitraum an, während die Output-Elastizität der Arbeit zunächst bis 2002 leicht ansteigt, anschließend abfällt. Die Output-Elastizität des Faktors Energie fällt zunächst, steigt aber schließlich wieder bis 2011 an.

Bei der Interpretation der zeitlichen Entwicklung der Output-Elastizitäten sind **verschiedene Einflüsse zu berücksichtigen**: Zum einen spiegeln zunehmende Output-Elastizitäten des Kapitals und abnehmende Output-Elastizitäten der (Routine-)Arbeit steigende Automation in der Produktion, vor allem in den industriell geprägten Wirtschaftssektoren NRWs wider. Andererseits hat der Dienstleistungsanteil an der Wirtschaftsleistung NRWs zugenommen, was entgegen gerichtete Entwicklungen der Output-Elastizitäten bewirkt. Letzteres kam offen-

bar in der ersten Hälfte des Betrachtungszeitraums zum Tragen, während die steigende Automation in der zweiten betrachteten Dekade an Einfluss gewann. Um die Effekte steigender Automation einerseits und zunehmender Dienstleistungsanteile an der Wirtschaftsleistung andererseits detaillierter zu untersuchen, sind sektoral stärker disaggregierte Analysen erforderlich. In jedem Falle lässt sich festhalten, dass der **Beitrag des Faktors Kapital zur Wertschöpfung im Industrieland NRW zugenommen** hat.

Die zunächst fallende Output-Elastizität des Produktionsfaktors Energie spiegelt **eine Verschiebung der Energieerzeugung von NRW in andere Bundesländer** wider. In NRW gibt es vergleichsweise viele fossile befeuerte Kraftwerke, deren Auslastung durch den Zubau erneuerbarer Energieerzeugung im Zuge der Energiewende rückläufig ist. Der Zubau erneuerbarer Energien erfolgte hingegen vorwiegend in anderen Bundesländern (Windenergie in Norddeutschland, Photovoltaik in Süddeutschland). In der Folge ist der Anteil des in NRW erzeugten Stroms an der gesamtdeutschen Stromerzeugung gesunken. Somit sind der Primärenergieeinsatz und die Auslastung der Kraftwerke in NRW rückläufig und die Output-Elastizität der Energie nimmt ab. Im Gegenzug gewinnen Stromimporte aus anderen Bundesländern und dem Strombinnenmarkt an Bedeutung. Dies konnte hier jedoch ökonometrisch nicht berücksichtigt werden und sollte Gegenstand weiterer Forschung sein.

**Abbildung 1: Output-Elastizitäten von Kapital, Arbeit, Energie und Kreativität in der NRW-Wirtschaft 1991– 2011**



Im Jahr 2005 / 2006 nimmt die Output-Elastizität der Energie einen sehr kleinen Wert (nahezu Null) an. Die sinkende Output-Elastizität des Faktors Energie ist durch eine **Verschiebung der Wertschöpfung von energieintensiven Industrien auf weniger energieintensive Industrien in NRW** zu erklären. Von 2004 bis 2006 sinkt der Energie-Input für NRW, während die Wertschöpfung insgesamt steigt. Die Produktionskapazitäten der energieintensiven Industrien wurden in diesem Zeitraum nicht voll genutzt oder sogar zurück gebaut, was zu einer Einsparung von Energie führte. Der zusätzliche Energiebedarf von wachsenden Sektoren war geringer als die Einsparung bei den energieintensiven Industrien. In dieser Situation hätte ein zusätzlicher Energie-Input in der Gesamtwirtschaft von NRW nur noch wenig zur Wertschöpfung beitragen können (niedrige Output-Elastizität der Energie). Nach 2006 erfolgt im Zuge der bereits angesprochenen Automatisierung wieder ein Anstieg der Output-Elastizität der Energie.

#### Die Ergebnisse der Analyse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Der **produktive Beitrag von Energie zur Wertschöpfung in NRW ist größer als ihr Anteil an den Faktorkosten**. Dieses Resultat stimmt mit den Ergebnissen von Analysen anderer industriell geprägter Produktionssysteme überein und zeigt, dass Energie getriebenes Kapital für die Wirtschaftsleistung von zentraler Bedeutung ist.
- Die **Verlagerung von Stromerzeugung aus konventionellen Kraftwerken in NRW auf Erzeuger erneuerbarer Energien außerhalb NRWs** schlägt sich ökonomisch in einem rückläufigen Beitrag der Energie zur Wertschöpfung nieder. Dabei ist zu berücksichtigen, dass für NRW Stromimporte

an Bedeutung gewinnen, was hier ökonomisch nicht berücksichtigt werden konnte und Gegenstand weiterer Forschung sein sollte.

- Die **Wertschöpfung in NRW wurde durch zunehmende Automation und Rationalisierung kapitalintensiver und wettbewerbsfähiger**. Dadurch erhöht sich auch die Bedeutung des den Kapitalstock aktivierenden Faktors Energie, was sich nach einem steilen Rückgang in den Vorjahren ab 2006 in einem Anstieg der Output-Elastizität von Energie zeigt. Ferner hat der Dienstleistungsanteil am Output insbesondere in der ersten Hälfte des Betrachtungszeitraums zugenommen, wodurch der Beitrag der Arbeit zur Wertschöpfung bis Anfang der 2000er Jahre gestärkt wurde. In den Folgejahren ist die Output-Elastizität von Arbeit allerdings stark rückläufig, was sich vor allem durch die zunehmende Automatisierung erklären lässt.
- Der Beitrag des **Faktors Kreativität** ist kurzfristig gering, aber langfristig entscheidend, da sich nur durch ihn die Qualität und Umweltverträglichkeit von Produkten und Produktionsprozessen verbessert und weiter entwickelt.

Die Analyse macht deutlich, dass der Umbau der Energieerzeugung von konventionellen Kraftwerken auf erneuerbare Energien in Nordrhein-Westfalen mit einer deutlichen Veränderung des Wertschöpfungsbeitrags des Faktors Energie einhergeht. Dies bringt erhebliche Herausforderungen für die nordrhein-westfälische Energiewirtschaft und die mit ihr verknüpften Industriebranchen mit sich. Im Anschluss erfolgt deshalb eine Untersuchung der Wertschöpfungseffekte des Ausbaus erneuerbarer Energie in NRW im bundesweiten Vergleich (Kapitel 2.2), deren Ergebnisse dann auf die Regionen des Landes heruntergebrochen werden (Kapitel 2.3).

#### Weiterführende Ergebnisse des Projekts zu diesem Thema sind zu finden in:

Lindenberger, Dietmar; Weiser, Florian; Winkler, Tobias und Kümmel, Reiner (2017): Economic growth in the USA and Germany 1960–2013: The underestimated role of energy. *BioPhysical Economics and Resource Quality* (forthcoming).

Kümmel, Reiner; Lindenberger, Dietmar und Weiser, Florian (2015): The economic power of energy and the need to integrate it with energy policy. *Energy Policy* 86: 833–843. Abrufbar unter: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421515300379>

## 2.2 WERTSCHÖPFUNGSEFFEKTE DER FÖRDERUNG ERNEUERBARER ENERGIEN DURCH DAS EEG IN NORDRHEIN-WESTFALEN

Johannes Többen und Wilhelm Kuckshinrichs<sup>3</sup>

### HIGHLIGHTS

- Der Betrieb und die Herstellung von Anlagen erneuerbarer Energien hat im Jahr 2011 in NRW insgesamt zu einem positiven Wertschöpfungseffekt geführt, wobei negative Effekte aus dem Betrieb durch positive Effekte aus der Herstellung kompensiert wurden.
- Im bundesweiten Vergleich fallen die positiven Wertschöpfungseffekte gemessen an der Größe NRWs aber gering aus.

Der Ausbau des Anteils erneuerbarer Energien hat erhebliche ökonomische Auswirkungen. Diese sind besonders für Nordrhein-Westfalen als wichtigstem Kraftwerks- und Industriestandort in Deutschland und bevölkerungsreichstem Bundesland von hoher Bedeutung. In diesem Kapitel werden deshalb die Auswirkungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Bruttowertschöpfung in Nordrhein-Westfalen untersucht.

Das EEG fördert die Einspeisung von Elektrizität aus regenerativen Energiequellen auf Basis zweier Grund-

prinzipien: Es garantiert eine feste Einspeisevergütung und die bevorzugte Einspeisung in das deutsche Stromnetz vor Elektrizität aus konventionellen Quellen. Die Finanzierung erfolgt über eine Umlage bei den Stromkunden.

Die Analyse betrachtet neben den direkten Einflüssen durch **Betrieb und Herstellung** von erneuerbaren Energien (EE)-Anlagen in NRW selbst auch indirekte Auswirkungen durch Herstellung und Betrieb in den übrigen Bundesländern. Diese indirekten Effekte werden beispielsweise dadurch ausgelöst, dass Haushalte und Unternehmen in NRW auch EEG-Umlage für Anlagen in anderen Ländern zahlen oder dass Hersteller von Windenergieanlagen Vorleistungen (z. B. Stahl oder Getriebe) aus NRW beziehen.

<sup>3</sup> Beide Forschungszentrum Jülich, Institut für Energie- und Klimaforschung, Systemforschung und technologische Entwicklung (IEK-STE)

Zur Analyse wird ein **Input-Output-Ansatz** verwendet, der ein Mengen- und ein Preis-Modell beinhaltet. Das Mengenmodell berechnet die Veränderung der Bruttowertschöpfung, die mit einer Veränderung der Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen über alle Lieferketten verbunden ist. Hierbei handelt es sich um den so genannten Demand-Pull-Effekt. Das Preismodell hingegen ermittelt die Effekte auf das gesamtwirtschaftliche Preisniveau durch eine Veränderung der Produktionskosten der Unternehmen. Dies geschieht unter der Annahme, dass die Unternehmen gestiegene Kosten durch Preiserhöhungen an ihre Kunden weiter reichen. Eine solche Entwicklung stellt einen so genannten Cost-Push-Effekt dar.

**METHODISCHES VORGEHEN**

Bei der Analyse der Effekte auf die Bruttowertschöpfung (also die Summe an Löhnen und Gehältern, Steuern und Gewinnen) werden zwei Aspekte betrachtet:

- der **Betrieb** von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien (Abbildung 2);

- die **Herstellung** solcher Anlagen in Deutschland für Neuinstallation und Export (Abbildung 3).

Während der Betrieb von Anlagen zur erneuerbaren Energieerzeugung direkt mit dem EEG verbunden ist, bestehen zwischen ihrer Herstellung und dem EEG nur indirekte Zusammenhänge. Der Grund dafür ist, dass die EEG-Förderung unabhängig davon erfolgt, ob die Anlage in Deutschland hergestellt oder importiert wurde. Für den Betrieb und die Herstellung von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien können jeweils unterschiedliche Wirkungskanäle unterschieden werden, mit denen entweder expansive (wachsende) oder kontraktive (rückgängige) Effekte auf die Wertschöpfung verbunden sind

**Wirkungskanäle des Betriebs von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien**

Die Wertschöpfungseffekte durch den Betrieb von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien lassen sich in drei Wirkungskanäle gliedern:

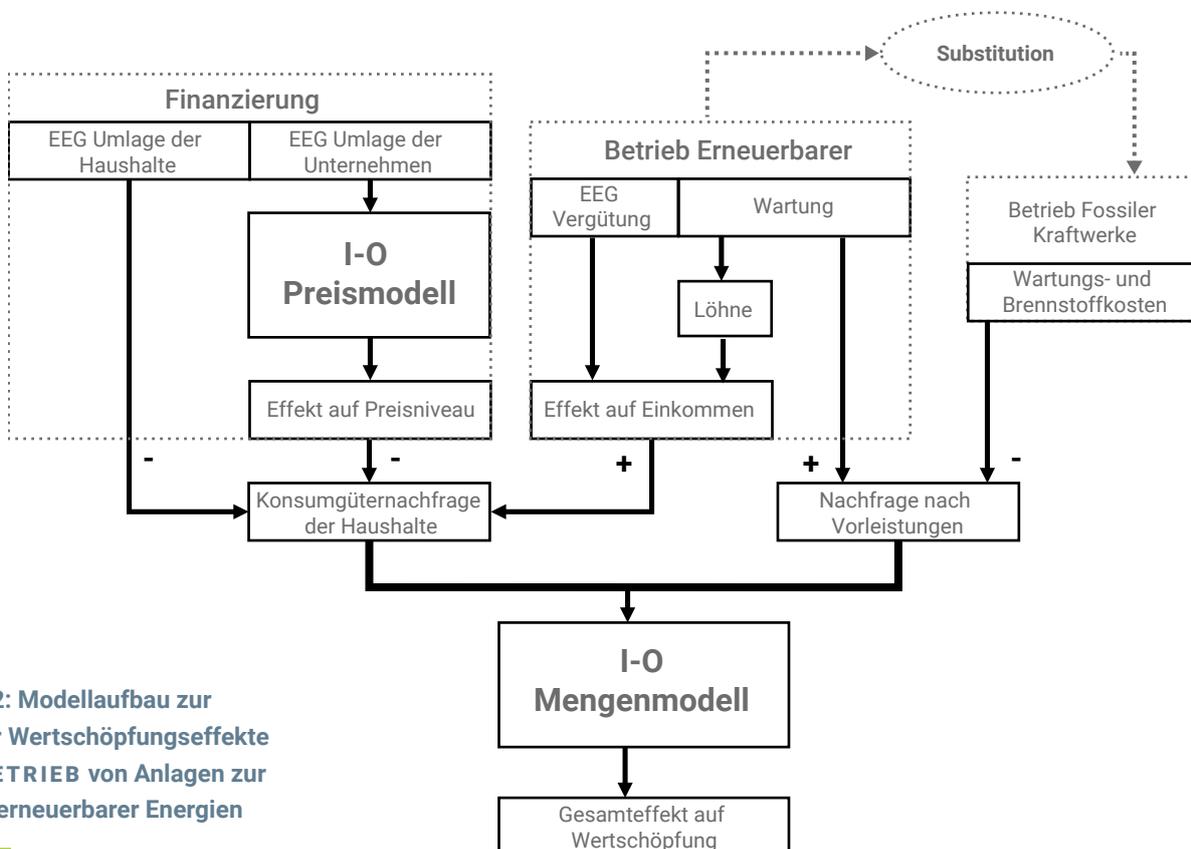


Abbildung 2: Modellaufbau zur Analyse der Wertschöpfungseffekte aus dem BETRIEB von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien

**Wirkungskanal 1 (Betrieb):** Der Betrieb der Anlagen selbst führt zu expansiven Effekten auf die gesamtwirtschaftliche Nachfrage und somit auf die Wertschöpfung der Unternehmen, die diese Nachfrage entweder direkt oder indirekt (als Vorleistungslieferanten entlang der Wertschöpfungsketten) befriedigen. Zunächst entsteht durch den Betrieb von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien Nachfrage, z. B. nach Wartungsarbeiten und Ersatzteilen. Gleichzeitig generiert der Betrieb Einkommen, beispielsweise durch Lohn- und Gehaltszahlungen der Betreiber. Diese regen privaten Konsum und damit die gesamtwirtschaftliche Nachfrage an.

**Wirkungskanal 2 (Betrieb):** Die Finanzierung der Einspeisevergütung über die EEG-Umlage führt durch ihre direkten und indirekten Auswirkungen auf die Kaufkraft und somit die Nachfrage der Haushalte zu kontraktiven Effekten auf die gesamtwirtschaftliche Nachfrage. Zum einen wird den Haushalten durch ihre eigenen Zahlungen Kaufkraft direkt entzogen. Zum anderen tragen sie die Umlage von Unternehmen indirekt mit. Der Entzug von Kaufkraft hat negative

Auswirkungen auf den privaten Konsum, was wiederum negative Auswirkungen auf die Wertschöpfung nach sich zieht.

**Wirkungskanal 3 (Betrieb):** Die bevorzugte Einspeisung erneuerbarer Elektrizität führt zu einem kontraktiv wirkenden Substitutionseffekt, da Elektrizität aus konventionellen Quellen verdrängt wird. Für die Analyse wird angenommen, dass jede kWh erneuerbar erzeugte Elektrizität eine kWh aus konventionellen Kraftwerken verdrängt. Dies geht mit einem verringerten Bedarf an Wartung, Ersatzteilen und vor allem fossilen Brennstoffen einher, was zu einer Verringerung der gesamtwirtschaftlichen Nachfrage und somit der Wertschöpfung führt. Gleichzeitig resultiert daraus ein geringerer Import fossiler Brennstoffe.

**Wirkungskanäle der Herstellung von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien**

Die Herstellung von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien ist indirekt mit dem EEG verbunden und lässt sich in zwei Wirkungskanäle gliedern:

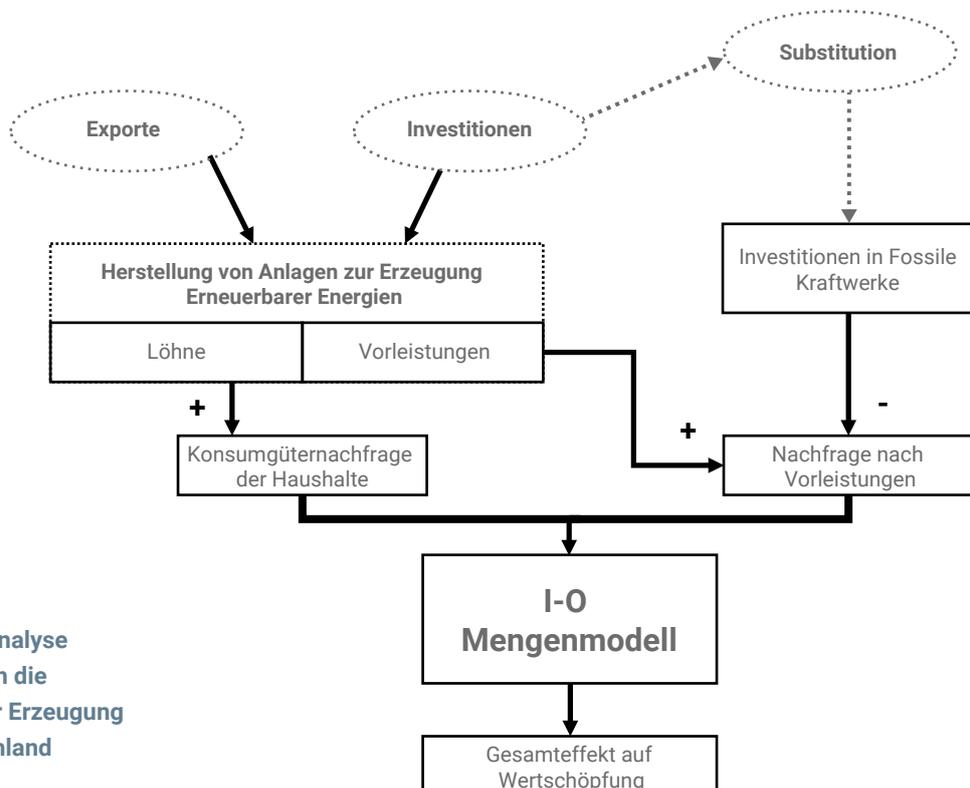


Abbildung 3: Modellaufbau zur Analyse der Wertschöpfungseffekte durch die HERSTELLUNG von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien in Deutschland

**Wirkungskanal 4 (Herstellung):** Die Herstellung von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien für die Installation in Deutschland und den Export führt zu expansiven Effekten auf die gesamtwirtschaftliche Nachfrage und somit auch auf die Wertschöpfung. Die zwei wesentlichen Treiber dieser Effekte sind zum einen die Nachfrage nach Vorleistungsgütern der Hersteller und zum anderen die durch die Lohn- und Gehaltszahlungen getriebene Nachfrage nach Konsumgütern.

**Wirkungskanal 5 (Herstellung):** Durch die Investitionen in Erneuerbare werden langfristig Investitionen in fossile Kraftwerke verdrängt (Substitution), was zu einem kontraktiven Effekt auf die gesamtwirtschaftliche Nachfrage führt. Als Indikator dafür, in welchem Ausmaß Investitionen in fossile befeuerte Kraftwerke verdrängt werden, wird die gesicherte Leistung der neu installierten Erneuerbaren zugrunde gelegt. Der kontraktive Effekt auf die gesamtwirtschaftliche Nachfrage wird zum einen durch die verringerte Vorleistungsnachfrage und zum anderen durch geringeren privaten Konsum durch nicht geschaffene Arbeitsplätze in den Kraftwerken verursacht.

Milliarden Euro (schwarze Punkte) sowie die prozentualen Anteile Nordrhein-Westfalens (blaue Säulen) und der übrigen Bundesländer (rote Säulen). Es wird deutlich, dass der Betrieb von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien in 2011 insgesamt zu einem Wertschöpfungsverlust von etwa 2,35 Mrd. € geführt hat. Zwar ist mit dem Betrieb der Anlagen selbst (Wirkungskanal 1) bundesweit ein expansiver Effekt von etwa 3 Mrd. € verbunden. Jedoch fällt insbesondere der Entzug von Kaufkraft, der direkt und indirekt durch die Finanzierung der Einspeisevergütung über die EEG-Umlage verbunden ist (Wirkungskanal 2), stärker ins Gewicht. Dieser beläuft sich bundesweit auf einen Verlust an Wertschöpfung von etwa 4,6 Mrd. € und ist breit über die verschiedenen Wirtschaftssektoren verteilt.

Im Hinblick auf die Verteilung dieser Effekte unter den Bundesländern zeigt sich: etwa 40 % des negativen Gesamteffektes fallen in Nordrhein-Westfalen an. Im Verhältnis zu den Anteilen am gesamtdeutschen BIP und der gesamtdeutschen Bevölkerung von etwa 21% ist Nordrhein-Westfalen deutlich überproportional betroffen. Dieses Ergebnis lässt sich zum einen darauf zurückführen, dass NRW's Anteil an den expansiven Effekten aus dem Betrieb selbst mit etwa 14 % im Vergleich zu seiner Größe sehr gering ist. NRW's Anteile an den kontraktiven Effekten durch Finanzierung und Substitution sind mit 23 % bzw. 41% hingegen leicht bzw. deutlich überproportional. Wesentliche Gründe sind u. a. die relativ geringe installierte Leistung von EE-Anlagen in Nordrhein-Westfalen und der hohe Beitrag von Braun- und Steinkohlekraftwerken zur Stromerzeugung.

**ERGEBNISSE**

Nun werden die mit dem Betrieb und der Herstellung von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien verknüpften Wertschöpfungseffekte in Nordrhein-Westfalen und den übrigen Bundesländern betrachtet.

Abbildung 4 zeigt die bundesweiten Wertschöpfungseffekte des Betriebs erneuerbarer Energien-Anlagen in

**Abbildung 4: Wertschöpfungseffekte (Mrd. €) aus dem BETRIEB von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien sowie ihre Verteilung auf Nordrhein-Westfalen und die übrigen Bundesländer**

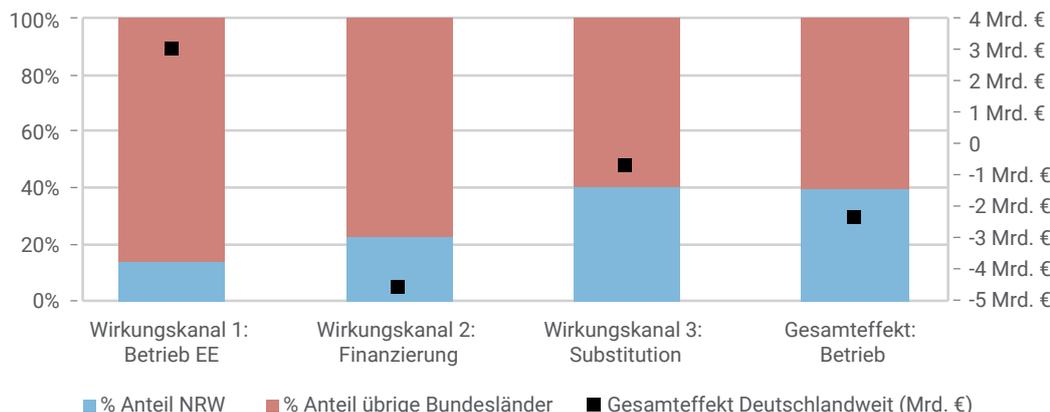


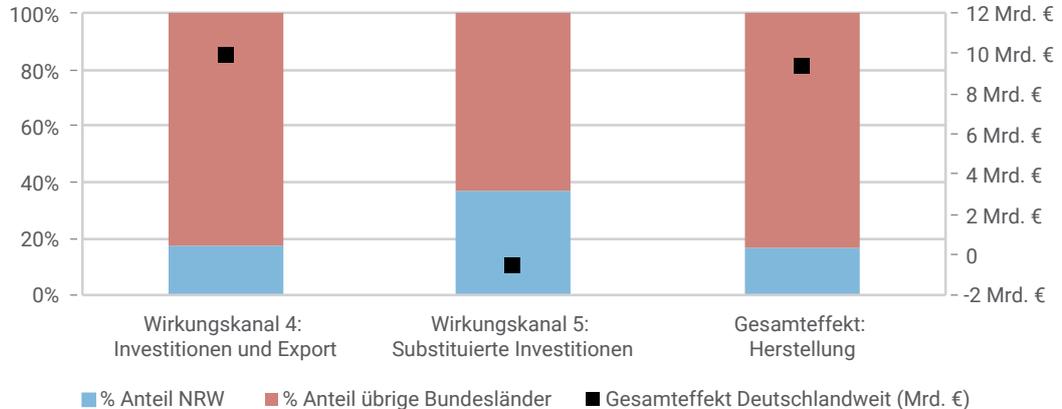
Abbildung 5 veranschaulicht die bundesweiten Wertschöpfungseffekte der Herstellung von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien in Milliarden Euro (schwarze Punkte) sowie die prozentualen Anteile Nordrhein-Westfalens (blaue Säulen) und die der übrigen Bundesländer (rote Säulen). Der Gesamteffekt fällt mit etwa 9,4 Mrd. € stark positiv aus und überwiegt gegenüber dem insgesamt negativen Wertschöpfungseffekt aus dem Betrieb deutlich. Wesentliche Treiber für dieses Ergebnis sind der hohe Anstieg der gesamtwirtschaftlichen Nachfrage durch inländische Investitionen sowie die Exportnachfrage (Wirkungskanal 4). In NRW profitiert insbesondere das verarbeitende Gewerbe mit Unternehmen aus der Elektroindustrie, dem Maschinenbau und der Metallverarbeitung. Der bundesweite Wertschöpfungseffekt dieser Nachfrage beläuft sich auf etwa 9,9 Mrd. €.

Verglichen damit fällt der kontraktive Effekt durch die Verdrängung von Investitionen in fossil befeuerte

überproportional stark betroffen ist. Etwa 18 % des expansiven Effektes durch die Herstellung selbst, aber 37 % des kontraktiven Effektes durch die Verdrängung von Investitionen fallen in NRW an. Da der expansive Effekt jedoch deutlich höher ist als der kontraktive Effekt, beläuft sich der Gesamteffekt für NRW dennoch auf einen positiven Effekt in Höhe von etwa 1,55 Mrd. € – ca. 17 % des bundesweiten Effektes.

Die Verteilung der Gesamteffekte aus Herstellung und Betrieb über **die Wirtschaftszweige in Nordrhein-Westfalen** wird in Abbildung 6 gezeigt. Im Hinblick auf die Herstellung von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien wird deutlich, dass in keinem der Wirtschaftszweige negative Effekte auf die Wertschöpfung zu verzeichnen sind. Insbesondere im verarbeitenden Gewerbe profitieren die Unternehmen aus der Metallverarbeitung, der Elektroindustrie und dem Maschinenbau. Weiterhin profitieren insbesondere die unternehmensnahen Dienstleistungen und

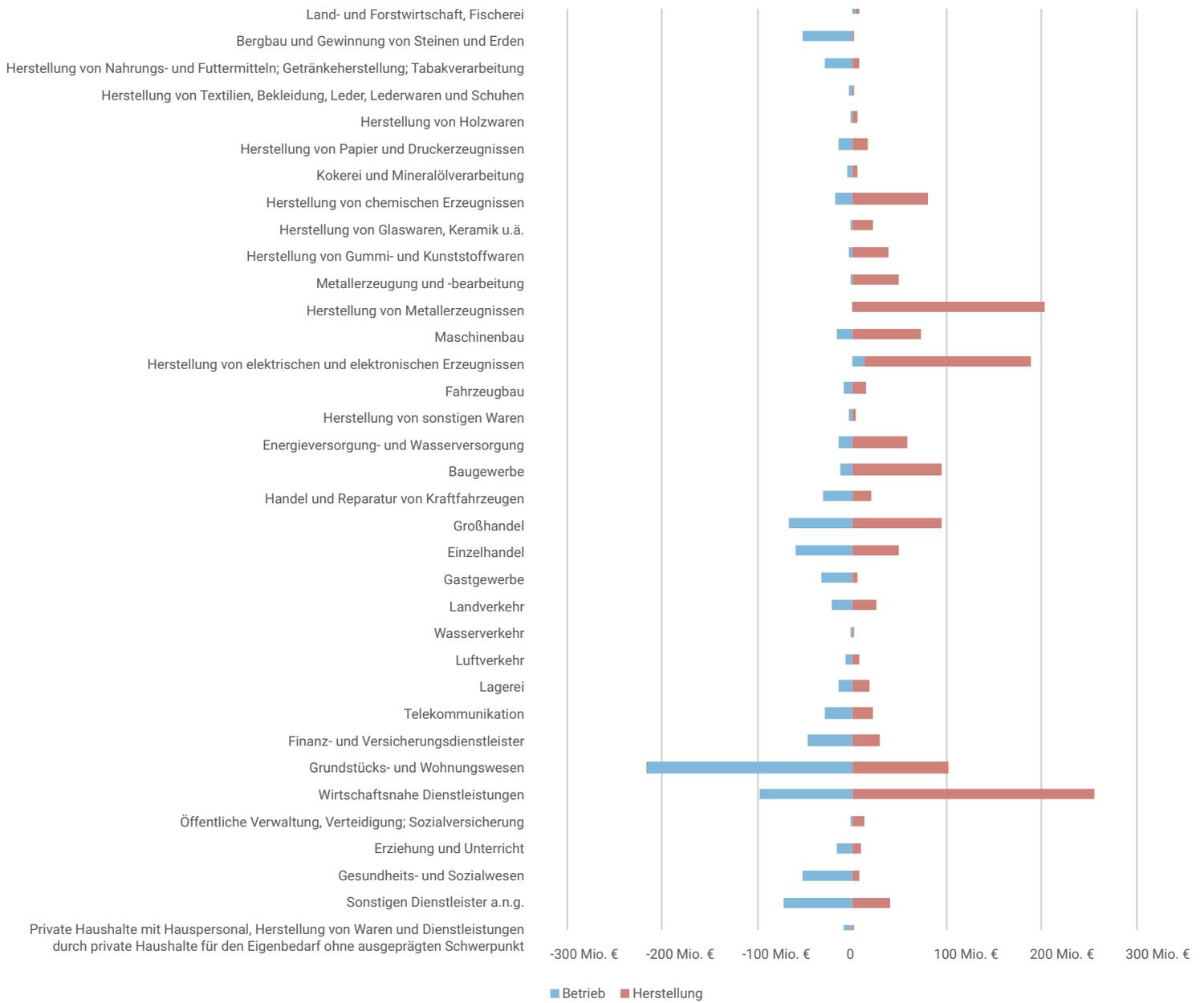
**Abbildung 5: Wertschöpfungseffekte (Mrd. €) aus der HERSTELLUNG von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien sowie ihre Verteilung auf Nordrhein-Westfalen und die übrigen Bundesländer**



Kraftwerke mit etwa 500 Mio. € eher gering aus. Die im Verhältnis geringen Effekte aus Wirkungskanal 5 lassen sich im Wesentlichen durch die deutlich geringere installierte Leistung fossil befeuerter Kraftwerke erklären, die nötig ist, um eine kWh gesicherte Leistung bereit zu stellen.

Ähnlich wie beim Betrieb lässt sich auch bei der Herstellung feststellen, dass NRW von den expansiven Effekten auf die Wertschöpfung unterproportional profitiert, jedoch von den kontraktiven Effekten

das Baugewerbe in hohem Maße. Diese Sektoren sind besonders stark entlang der Lieferketten in der Herstellung, Installation, Planung und Projektierung von Anlagen erneuerbarer Energien eingebunden. Mehr als die Hälfte der Wertschöpfungseffekte sind dabei auf Hersteller in anderen Bundesländern zurückzuführen, die in hohem Maße von Vorleistungslieferungen aus NRW abhängen.



**Abbildung 6: Verteilung der Gesamteffekte aus BETRIEB und HERSTELLUNG von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien auf die Wirtschaft in NRW**



Im Vergleich dazu zeigt die Verteilung der Gesamteffekte aus dem **Betrieb von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien** ein deutlich anderes Bild. Zum einen sind nur in zwei der 35 untersuchten Wirtschaftszweige positive Effekte zu beobachten, nämlich in der Landwirtschaft und in der Elektroindustrie, welche insbesondere durch die Bereitstellung von Biomasse sowie von Ersatzteilen profitieren. Alle anderen Sektoren verzeichnen hingegen negative Wertschöpfungseffekte. Zum anderen verteilen sich die Gesamteffekte deutlich stärker auf die Dienstleistungssektoren. Dieser Effekt kommt insbesondere durch den Entzug von Kaufkraft durch die EEG-Umlage zustande. Weiterhin sind im Bergbau starke Wertschöpfungsverluste zu beobachten, was auf den Substitutionseffekt zurückzuführen ist.

Insgesamt zeigt die Input-Output-Analyse ein gemischtes Bild: Rechnet man die gesamten Effekte aus

Betrieb und Herstellung von Anlagen erneuerbarer Energien zusammen, zeigt sich sowohl für Nordrhein-Westfalen als auch für die übrigen Bundesländer ein **positiver Gesamteffekt** von ca. 7 Mrd. €. Mit ca. 9 % ist der Anteil NRWs daran jedoch sehr gering im Vergleich zur Größe des Bundeslandes.

Zu beachten ist außerdem, dass es sich bei den positiven Effekten aus der Herstellung von EE-Anlagen um Einmaleffekte handelt. Die negativen Effekte aus dem Betrieb fallen hingegen über die gesamte Laufzeit der Anlage an. Weiterhin handelt es sich beim **Jahr 2011 um ein Ausnahmejahr**, da hier zum einen die bisher zweithöchsten Investitionen in neue Anlagen in Deutschland zu verzeichnen waren und zum anderen die EEG-Umlage deutlich geringer war als es aktuell der Fall ist.

#### Weiterführende Ergebnisse des Projekts zu diesem Thema sind zu finden in:

Többen, Johannes; Kuckshinrichs, Wilhelm (2017): Impact of Renewable Energy Act on value added: A regionally differentiating analysis. STE – Pre-print 14 / 2017.

Többen, Johannes (2017): Regional Net Impacts and Social Distribution Effects of Promoting Renewable Energies in Germany. Ecological Economics. Vol. 135.

## 2.3 AUSWIRKUNGEN DER ENERGIEWENDE AUF DIE WERTSCHÖPFUNG IN NRWs REGIONEN

Christian A. Oberst und Reinhard Madlener <sup>4</sup>

### HIGHLIGHTS

- Die regionale Verteilung der positiven Wertschöpfungseffekte für die Branchen Chemie, Maschinen- / Anlagenbau und Stahl durch den Ausbau erneuerbarer Energien ist überaus unterschiedlich.
- Während die positiven Effekte für Maschinen- / Anlagenbau regional weit gestreut sind, konzentrieren sie sich für die Chemieindustrie v. a. auf die Standorte großer Chemieparks und im Falle der Metall- / Stahlindustrie auf das östliche und südöstliche Ruhrgebiet bzw. das Bergische Land.
- Dementsprechend sind spezifische Politikansätze für die Unterstützung der Branchen und Regionen in der Energiewende notwendig.

Die Wirtschafts- und Bevölkerungsstruktur Nordrhein-Westfalens Regionen ist heterogen. Das Bundesland umfasst sowohl industriell geprägte und urbane Regionen als auch ländliche Regionen. Die verschiedenen Regionen NRWs sind dementsprechend unterschiedlich stark von den in Kapitel 2.2 diskutierten ökonomischen Auswirkungen der Förderung erneuerbarer Energien im Jahr 2011 betroffen.

In Kapitel 2.2 wurden mit der Methode der Input-Output-Analyse Wertschöpfungseffekte des Ausbaus erneuerbarer Energien durch das EEG im Jahr 2011 für NRW berechnet. In diesem Kapitel werden dazu Ergebnisse einer Modellierung **zur regionalen Verteilung (Regionalisierung) dieser Wertschöpfungseffekte** für bestimmte Branchen beispielhaft dargestellt, kartiert und beurteilt. Es wurden die Branchen **Maschinenbau, Chemieindustrie (inklusive pharmazeutische Erzeugnisse) sowie Metall- / Stahlindustrie** betrachtet, da diese in anderen Arbeitspaketen des Projekts im Fokus standen. Die drei Branchen sind für die Energiewende in NRW von besonderer Bedeutung:

<sup>4</sup> Beide Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior (FCN), School of Business and Economics / E.ON Energy Research Center, RWTH Aachen

Sie umfassen eine große Zahl an Unternehmen und Beschäftigten, sind energie- und CO<sub>2</sub>-intensiv (v. a. Chemie und Stahl) und produzieren wichtige Anlagen bzw. Vorleistungen für die Energiewende.

## METHODISCHES VORGEHEN

Bei der verwendeten Methodik sind vor allem die verwendeten Abgrenzungen von Funktionalregionen und die Verteilung „makroökonomischer“ Effekte durch die Förderung erneuerbarer Energien auf die Funktionalregionen zu beachten.

### Abgrenzung von Funktionalregionen

Die Regionalisierung der Wertschöpfungseffekte des EEG in NRW im Jahr 2011 erfolgt auf Basis eines Top-Down-Ansatzes. Zur Modellierung regionaler Unterschiede der Wertschöpfungseffekte des EEG in den drei ausgewählten Branchen in NRW wurden verschiedene flächendeckende Abgrenzungsvorschläge von **Funktionalregionen** aus der regionalökonomischen Fachliteratur ausgewählt. Funktionalregionen berücksichtigen ökonomische Verflechtungen zwischen Städten und Umlandgemeinden (v. a. Pendlerverflechtungen) und erlauben eine sinnvolle Berechnung und Interpretation (regional-)ökonomischer Kenngrößen. Sie werden für regionalökonomische Analysen benötigt und sind in erster Linie statistisch begründet (u. a. Vermeidung unzulässiger Saldierungseffekte zwischen Stadt und Umlandgemeinden).

Allgemein ist festzuhalten, dass die Ergebnisse je nach Definition der Funktionalregionen schwanken können. Deshalb ist es wichtig, alternative Regionszuschnitte vergleichend zu betrachten. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist die folgende Ergebnisdarstellung mit Kartierung und Beurteilung der regionalen Unterschiede auf die Ergebnisse für zwei gut vergleichbare Regionsabgrenzungen (homogene Größenverteilung der Regionen) begrenzt. Dabei handelt es sich zum einen um die **18 Arbeitsmarktregionen in NRW** nach Eckey et al. (2006), die auf der Basis einer sogenannten Faktoranalyse ermittelt wurden. Zum anderen wurden **16 funktionalökonomische Regionen** in NRW nach Oberst (2011) betrachtet, bei der ein kombinatorischer Fusionsalgorithmus verwendet wurde mit dem Ziel, intraregionale Verflechtungen innerhalb der

Regionen zu maximieren bzw. interregionale Verflechtungen zwischen den Regionen zu minimieren. Im Folgenden werden diese Regionen auch kurz als **Arbeitsmarkt- und Pendlerregionen** bezeichnet. Beide Ansätze berücksichtigen als Dateninput Pendlerverflechtungen, die Verwaltungseinheiten überschreiten (Landkreise und kreisfreie Städte), und setzen sich aus einem oder mehreren Kreisen zusammen. Letzteres verdeutlicht den praktischen Bottom-Up-Ansatz von Funktionalregionen.

### Vorgehen zur regionalen Verteilung der Wertschöpfungseffekte des EEG

Die Verteilung der „makroökonomischen“ Effekte der Förderung erneuerbarer Energien (vgl. Kapitel 2.2) auf die Regionen NRWs erfolgt anhand einer vereinfachten Heuristik, weil für viele ökonomische Indikatoren, wie Vorleistungsverflechtungen oder Bruttowertschöpfung, auf regionaler Ebene keine Daten vorliegen oder zugänglich sind. Die **Regionalisierungsheuristik** wurde im Projekt entwickelt und ist besonders gut geeignet für die Abschätzung bzw. Modellierung von „makroökonomischen“ Effekten, bei denen zum einen von deutlichen regionalen Unterschieden in der Betroffenheit auszugehen ist, und zum anderen keine zentrale Bedeutung für die erklärte Entwicklung besteht. Im Anwendungsfall wird z. B. die (regionale) Entwicklung der Bruttowertschöpfung erklärt. Die Höhe bzw. Entwicklung der (regionalen) Bruttowertschöpfung wird sicherlich von der Energiewende beeinflusst. Allerdings gibt es viele weitere kurz- und langfristige Bestimmungsfaktoren für die regionale Wirtschaftsentwicklung, etwa ökonomische Institutionen oder Verkehrsinfrastruktur bzw. saisonale und konjunkturelle Einflüsse, die von deutlich größerer Bedeutung sind. Letzteres ist der Grund, warum übliche Regressionsanalysen im Anwendungsfall nicht zielführend sind. Die Methodik kann einfach auf alternative Fragestellungen bzw. Modellierungen von regionalen Effekten angewendet werden.

Die Ergebnisse lassen gewisse Rückschlüsse zu, welche Regionen angesichts der bevorstehenden Herausforderungen der betrachteten Branchen (Maschinenbau, Chemie, Metall / Stahl) durch die Energiewende mit **strukturellen Veränderungen** zu rechnen haben. Ein eindeutiger kausaler Zusammenhang zwischen

den Ergebnissen und einem möglicherweise resultierenden Strukturwandel in den Regionen lässt sich aber nicht herstellen. Dazu wäre detailliertes Wissen notwendig, inwieweit einzelne Unternehmen in den Branchen aufgrund ihrer individuellen Ausgangsbedingungen, also beispielsweise ihres Anlagenparks oder ihres Produktportfolios, unterschiedlich von der Energiewende betroffen sind. Dies lässt sich der amtlichen Statistik jedoch nicht entnehmen. Deshalb hat die regionale Verteilung der Wertschöpfungseffekte anhand der Heuristik den Charakter einer Modellierung. Der entscheidende Gewichtung- bzw. Zuteilungsfaktor ist in diesem Anwendungsfall die regionale Beschäftigtenzahl in den einzelnen Branchen.

Die Darstellungen werden ergänzt um eine Modellierung zu regionalen Unterschieden bei der lokalen Kaufkraftreduzierung durch die EEG-Förderung.

## ERGEBNISSE

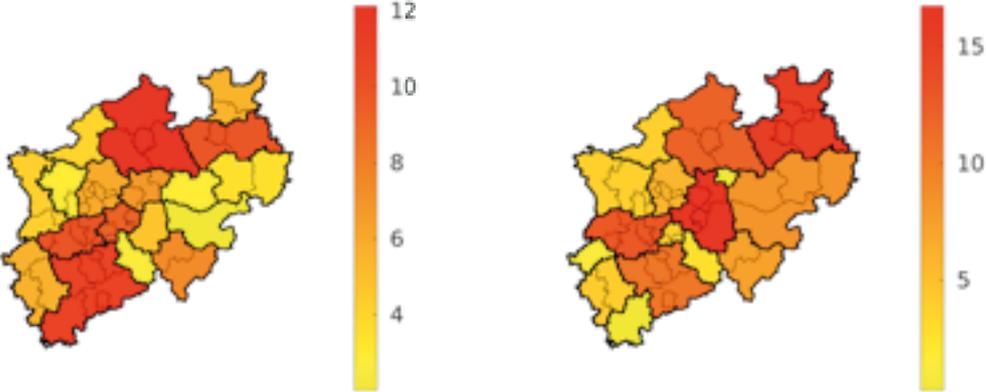
Die Abbildungen 7, 8 und 9 illustrieren die regionale Verteilung der Wertschöpfung in den drei betrachteten Branchen auf Basis der beiden verwendeten Abgrenzungsvorschläge von Funktionalregionen. Wie die Input-Output-Analyse in Kapitel 2.2 zeigt, zählt der **Maschinenbau** zu den Branchen, die in Nordrhein-Westfalen am stärksten vom Ausbau der erneuerbaren Energien profitieren. Die Region, die für die Branche relativ (also Wertschöpfung je Beschäftigten) die höchste Bedeutung hat, ist das **Münsterland** (Arbeitsmarkt- sowie Pendlerregion). Dieses Ergebnis ist vor allem auf die Bedeutung des Landkreises Warendorf zurückzuführen. Auch in der Region **Siegerland** ist die Bedeutung der Branche relativ betrachtet hoch, gefolgt von der Arbeitsmarktregion Wesel bzw. Pendlerregion Niederrhein (inkl. Wesel) und Arbeitsmarkt- und Pendlerregion östliches Ruhrgebiet mit Dortmund und Umlandkreisen. Die Regionen Münster-

land und Siegen sind für die Maschinenbaubranche auch in absoluten Werten von überdurchschnittlicher Bedeutung, stehen dort aber weniger hervorgehoben. Die Region Wesel / Niederrhein ist in absoluten Werten von untergeordneter Bedeutung.

Es ist anzunehmen, dass die genannten Standorte besonders von Wertschöpfungseffekten des Ausbaus erneuerbarer Energien im Maschinenbau profitieren und demnach direkt oder indirekt positiv an der Dynamik der Energiewende teilhaben. Insgesamt zeigt sich, dass die positiven Wertschöpfungseffekte im Maschinenbau in NRW eine relativ breite regionale Streuung aufweisen. Ein möglicher Grund könnte eine mittelständisch geprägte Struktur der Branche sein. Ein Ausbau des Know-hows bei Vorleistungen oder Anlagen für erneuerbare Energien bietet demnach die Chance für NRW, die Energiewende in der Breite mit positiven ökonomischen Effekten zu verknüpfen.

Die absolute Wertschöpfung der **Chemieindustrie** im Zuge der Förderung erneuerbarer Energien im EEG fällt geringer aus als im Maschinenbau, während die relative Wertschöpfung je Beschäftigten nahezu gleichauf ist. Aufgrund ihrer großen Chemieparcs, beispielsweise an den Standorten Hürth-Knapsack, Dormagen oder Leverkusen, erfolgt die Wertschöpfung insbesondere in den **Regionen Köln / Bonn** (inklusive Leverkusen) und **Düsseldorf**. Kaum bis gar nicht profitieren hingegen die Regionen in der westlichen Landeshälfte von NRW. Die Wertschöpfungsverteilung auf einige wenige Regionen und Chemieparkstandorte spricht für einen stärker Standort bezogenen Politikansatz, wenn es darum geht, positive Wertschöpfungseffekte der Energiewende in der Chemieindustrie zu befördern. Überdies erscheint es sinnvoll, mit Hilfe regionaler Kooperationsstrukturen die Weiterentwicklung des entsprechenden Know-hows in den Regionen miteinander abzustimmen.

In **absoluten Werten** in Euro (NRW Gesamt = 117,37 Mio. €; 29,27 Mio. € Betrieb und Wartung sowie 88,10 Mio. € Herstellung und Installation). Arbeitsmarktregionen nach Eckey et al. (2006) links, Pendlerregionen nach Oberst (2011) rechts.



In **relativen Werten** in Euro je Beschäftigten (NRW Gesamt = 102, 63 € je Beschäftigten). Arbeitsmarktregionen nach Eckey et al. (2006) links, Pendlerregionen nach Oberst (2011) rechts.

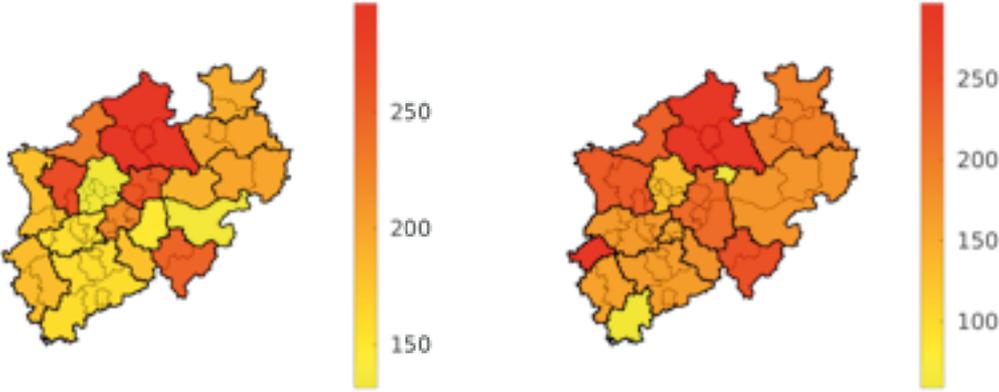
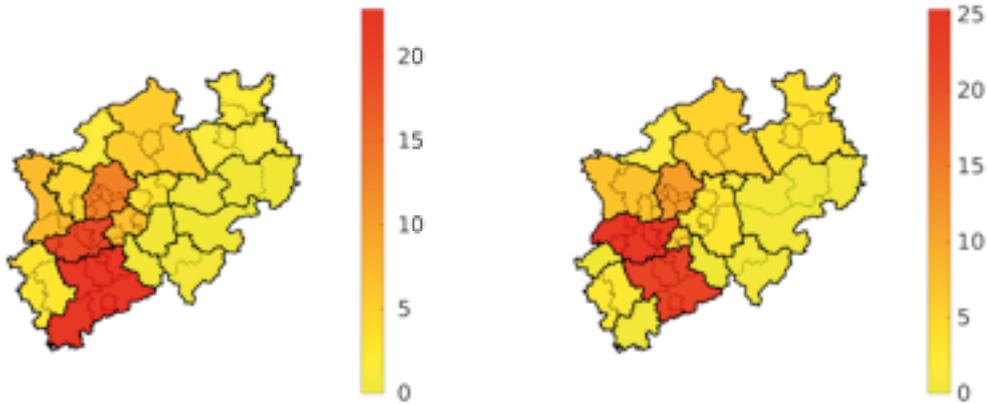


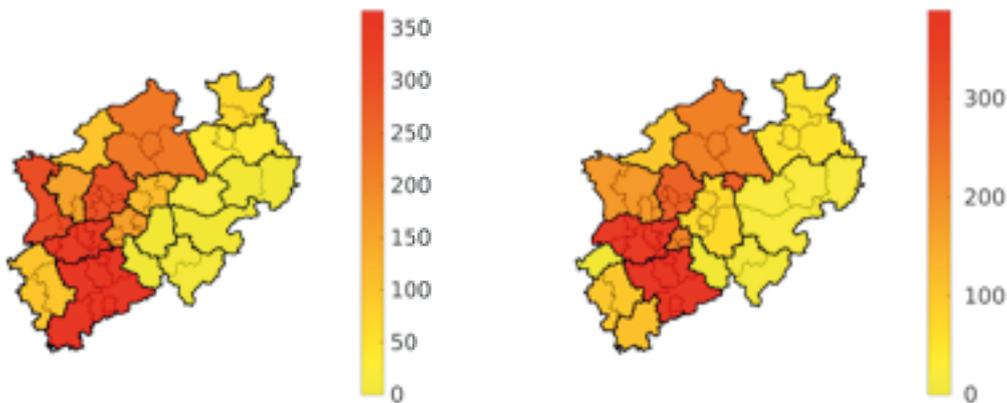
Abbildung 7: Kartierung regionalisierte Wertschöpfungseffekte des Ausbau EE: MASCHINENBAU



In **absoluten Werten** in Euro (NRW Gesamt = 94,95 Mio. €; 13,84 Mio. € Betrieb und Wartung sowie 81,01 Mio. € Herstellung und Installation). Arbeitsmarktregionen nach Eckey et al. (2006) links, Pendlerregionen nach Oberst (2011) rechts.



In **relativen Werten** in Euro je Beschäftigten (NRW Gesamt = 102, 19 Euro je Beschäftigten). Arbeitsmarktregionen nach Eckey et al. (2006) links, Pendlerregionen nach Oberst (2011) rechts.

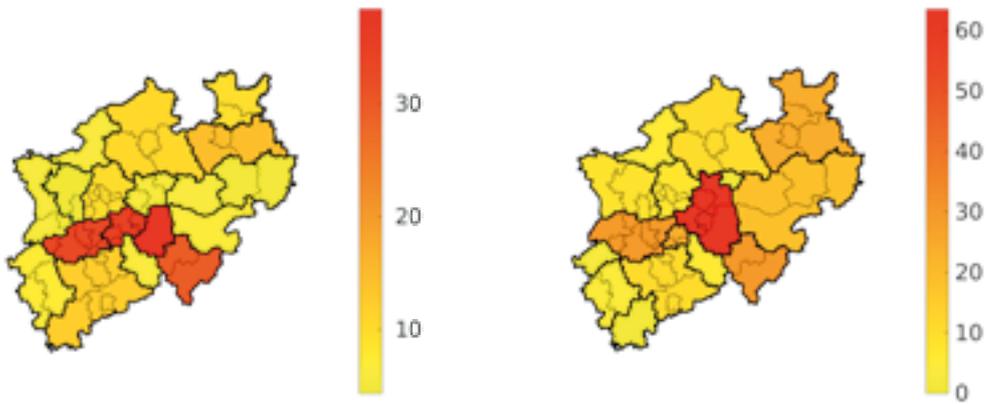


**Abbildung 8: Kartierung regionalisierte Wertschöpfungseffekte des Ausbau EE: CHEMIE**

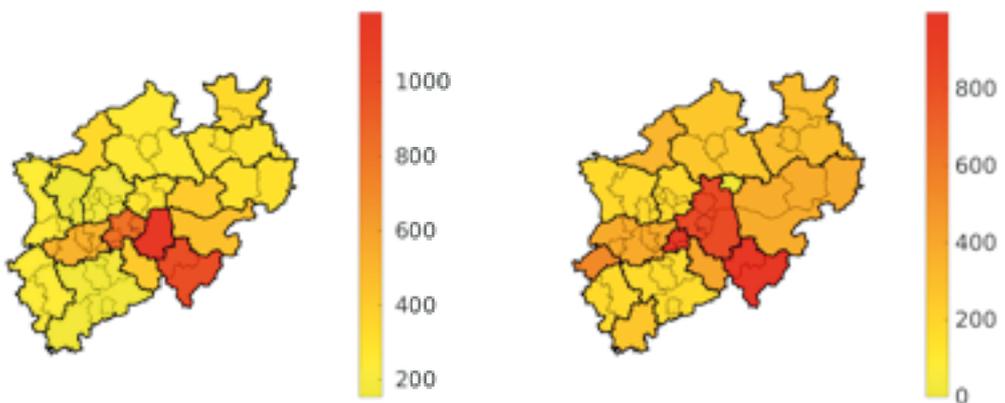
Eine ebenfalls starke regionale Konzentration weisen die Wertschöpfungseffekte der **Metall- / Stahlindustrie** auf. Hier profitieren vor allem die Regionen **östliches und südöstliches Ruhrgebiet bzw. das angrenzende Bergische Land** (Dortmund, Hagen und Umland, Siegerland sowie Wuppertal und Umland). Dies fällt umso stärker ins Gewicht, weil die Metallindustrie im Vergleich mit den anderen beiden betrachteten Branchen den höchsten Wertschöpfungseffekt erzielt und auch in der Gesamtschau der nordrhein-westfälischen Branchen der zweitgrößte Gewinner eines Ausbaus

erneuerbarer Energien ist (nach unternehmensnahen Dienstleistungen). Die hohe regionale Konzentration birgt einerseits die Chance, durch stark auf die Bedürfnisse der Unternehmen und Regionen zugeschnittene Instrumente weitere positive Wertschöpfungseffekte zu generieren. Andererseits besteht das Risiko, dass diese Regionen bei sich verändernden Rahmen- oder Wettbewerbsbedingungen besonders stark von negativen ökonomischen Effekten und strukturellen Umbrüchen betroffen sind. Insofern erfordert diese Branche ein besonderes Augenmerk politischer Entscheidungsträger.

In **absoluten Werten** in Euro (NRW Gesamt = 248 Mio. €; 22 Mio. € Betrieb und Wartung sowie 225 Mio. € Herstellung und Installation). Arbeitsmarktregionen nach Eckey et al. (2006) links, Pendlerregionen nach Oberst (2011) rechts.



In **relativen Werten** in Euro je Beschäftigten (NRW Gesamt = 210 Euro je Beschäftigten). Arbeitsmarktregionen nach Eckey et al. (2006) links, Pendlerregionen nach Oberst (2011) rechts.

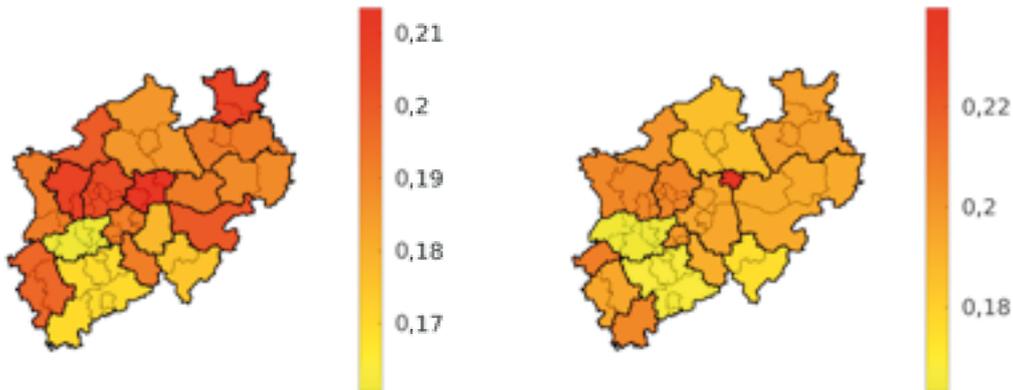


**Abbildung 9: Kartierung regionalisierte Wertschöpfungseffekte des Ausbau EE: METALL-/STAHLINDUSTRIE**

Die Input-Output-Analyse in Kapitel 2.2 hat gezeigt: Während die Herstellung von erneuerbaren Energien zu deutlich positiven Wertschöpfungseffekten führt, ist der Gesamteffekt des Betriebs von Anlagen erneuerbarer Energien negativ. Dies liegt unter anderem daran, dass die EEG-Umlage in NRW mit seiner hohen Bevölkerungsdichte besonders spürbare Auswirkungen

gen auf die Kaufkraft hat. Besonders betroffen sind Regionen mit einem niedrigen durchschnittlichen Einkommen, da bei Haushalten mit niedrigem Einkommen die Stromkosten einen deutlich höheren Anteil am Haushaltsbudget ausmachen als bei Haushalten mit höheren Einkommen.

Euro Kaufkraftverlust je gezahltem Euro der EEG-Umlage. Arbeitsmarktregionen nach Eckey et al. (2006) links, Pendlerregionen nach Oberst (2011) rechts.



**Abbildung 10: Kartierung LOKALE KAUFKRAFTREDUZIERUNG in NRW (private Haushalte) durch Ausbau EE**

Die Regionalanalyse zeigt in Abbildung 10, dass **größere Kaufkraftverluste vor allem im größtenteils urban geprägten Ruhrgebiet** zu erwarten sind, insbesondere in Hamm, Herne, Gelsenkirchen, Oberhausen und Duisburg. Weniger betroffene Regionen sind das Siegerland, die Köln-Bonn-Region sowie Düsseldorf und das Umland. Insgesamt lässt sich aber feststellen, dass NRW vom Kaufkraftverlust im bundesweiten Vergleich in besonderem Maße und in der Fläche betroffen ist. Die Herausforderung einer sozial ausgestalteten Energiewende stellt sich also in NRW in besonderem Maße.

Die hier ermittelten bzw. dargestellten Ergebnisse zu den betrachteten Funktionalregionen (Arbeitsmarkt- und Pendlerregionen) werden im Kapitel 3.3 nochmals aufgegriffen. Dabei geht es um sozio-ökonomischen Einflussfaktoren und Präferenzen der Bevölkerung, welche auf Entscheidungen für oder gegen lokale Kooperationsverbünde zur Energieerzeugung aus dezentralen Energietechnologien einwirken.

#### Weiterführende Ergebnisse des Projekts zu diesem Thema sind zu finden in:

Höwer, Daniel; Oberst, Christian A. und Madlener, Reinhard (2017): General regionalization heuristic to map spatial heterogeneity of macroeconomic impacts: The case of the green energy transition in NRW. FCN Working Paper coming into force (Manuskript auf Anfrage bei Christian Oberst unter COberst@eonerc.rwth-aachen.de erhältlich).

## 2.4 ZENTRALE INDUSTRIELLE WERTSCHÖPFUNGSKETTEN NORDRHEIN-WESTFALENS IM ZEICHEN DER ENERGIEWENDE UND NEUE KOOPERATIONSMÖGLICHKEITEN

Torsten Müller<sup>5</sup> und Georg Kobiela<sup>6</sup>

### HIGHLIGHTS

- Chemie- und Stahlindustrie sowie der Anlagen- und Maschinenbau in NRW produzieren zu großen Anteilen Grund- und Ausgangsstoffe bzw. Zwischenprodukte.
- Durch die Energiewende und den Ausbau sowie die Systemintegration von erneuerbaren Energien ist eine verstärkte Nachfrage nach Spezialprodukten zu erwarten.
- Derartige Spezialprodukte erfordern häufig branchenübergreifendes Know-how und erhöhen die Bedeutung von industriellen Kooperationen über Branchengrenzen hinweg. In NRW erscheint deshalb eine systematische Förderung solcher Kooperationen sinnvoll.

Anschließend an die Betrachtung der regionalen Wertschöpfungseffekte des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den Maschinen- und Anlagenbau, die

Chemieindustrie und die Stahlindustrie im vorherigen Abschnitt, geht dieses Kapitel näher darauf ein, wie diese Branchen in NRW aufgestellt sind und an welchen Abschnitten der Wertschöpfungskette sie hauptsächlich aktiv sind. Daraus wird (qualitativ) abgeleitet, welche **Entwicklungsperspektiven** durch die Energiewende und die internationale Wettbewerbssituation entstehen könnten.

<sup>5</sup> Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT

<sup>6</sup> Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie

Im Gegensatz zu anderen Industrienationen ist die deutsche Industrie durch eine **starke Verflechtung verschiedener Branchen** gekennzeichnet, die gerade bei der Herstellung von Spezialprodukten eine große Rolle spielt. Die sich hierdurch ergebende Nähe verschiedener Branchen an zentralen Industriestandorten ermöglicht eine kontinuierliche Steigerung der Effizienz bei der Wertschöpfung. In den letzten Jahren wurden die Wertschöpfungsketten immer stärker international ausgerichtet. Entsprechend unterliegen die Wertschöpfungsketten starken externen Einflüssen.

Im nordrhein-westfälischen **Maschinen- und Anlagenbau** sind über 200.000 Menschen beschäftigt. Sie arbeiten in 1.600 Unternehmen, die vorwiegend mittelständisch aufgestellt sind. In NRWs **Chemieindustrie** erwirtschafteten ca. 90.000 Beschäftigte etwa ein Drittel der deutschen Chemieumsätze. Die 420 Unternehmen bilden einen breiten Mittelstand. Ungefähr 80.000 Menschen sind in der Gummi- und Kunststoffindustrie beschäftigt. Sie verteilen sich auf ca. 3.000 kleine und mittelständische Unternehmen.

Große Chemieparcs wie jene in Hürth-Knapsack, Dormagen oder Leverkusen mit einer dichten Infrastruktur bilden die Zentren der nordrhein-westfälischen Chemieindustrie. Dies wird auch bei der regionalen Verteilung der Wertschöpfungseffekte in der Chemieindustrie durch den Ausbau erneuerbarer Energien in Kapitel 2.3 deutlich. Die großen Chemieparcs machen NRW zu einem wichtigen Chemiestandort in Deutschland, Europa und der Welt – gemessen am Umsatz nimmt er EU-weit Rang 5 und weltweit Rang 13 ein. Von der in NRW im Bundesvergleich überdurchschnittlich stark vertretenen Grundstoffproduktion bis hin zu verschiedensten Spezialchemikalien deckt die nordrhein-westfälische Chemieindustrie nahezu alle Branchensegmente ab. Alleine im Chempark Leverkusen und im Chemiepark Marl werden jeweils etwa 5.000 verschiedene chemische Erzeugnisse produziert.

Neben Maschinenbau und Chemieindustrie ist die **Stahl- und Eisenindustrie** eine zentrale Industriebranche in Nordrhein-Westfalen. Sie beschäftigt in NRW ca. 110.000 Personen in 450 Unternehmen. Diese Unternehmen produzieren ca. 44 % des deutschen Stahls. Mit Duisburg liegt der größte Stahlproduktionsstandort Europas in NRW.

Im Rahmen der **Wertschöpfungskettenanalyse innerhalb unseres Projekts** (Kobiela und Vallentin 2016) wurden der Anlagenbau im Segment erneuerbarer Energien, die Stahlindustrie und die chemische Industrie für eine genauere Betrachtung ausgewählt. Chemische Industrie und Stahlindustrie sind als energieintensive Branchen stark vom Einsatz fossiler Energieträger in direkter bzw. indirekter Form abhängig. Entsprechend starken Einfluss haben Energiewende sowie Klimaschutz auf diese beiden Branchen. Denn neben der Energiebereitstellung erzeugt auch die Produktion selbst größere Mengen CO<sub>2</sub>.

Durch den **Einsatz erneuerbarer Energien entstehen jedoch auch neue Möglichkeiten** für die Unternehmen. Die drei gewählten Branchen sind über die Wertschöpfungsketten zur Herstellung von Anlagen erneuerbarer Energien verbunden: Stahl- und chemische Industrie liefern die für den Anlagenbau erforderlichen Grundprodukte, insbesondere Spezialwerkstoffe. Der Maschinen- und Anlagenbau generiert schließlich direkt Wertschöpfung durch die Produktion der Anlagen.

Für alle drei Branchen gilt, dass **in NRW hauptsächlich Grund- und Ausgangsstoffe** produziert werden. Der Anlagen- und Maschinebau steht im Falle der Anlagen für erneuerbare Energien stellvertretend für das verarbeitende Gewerbe, das die Grundprodukte von Chemie- und Stahlindustrie für die Herstellung von Zwischenprodukten nutzt. Das finale Produkt wird aber in der Regel nicht in NRW gefertigt. Ein Beispiel ist hier der Bau von Windkraftanlagen. NRW beheimatet mehrere weltweit führende Getriebehersteller sowie international tätige Hersteller von Kupplungen, Lagern, Bremsen und Gussteilen. Zusätzlich werden auch viele weitere Infrastrukturkomponenten für die Windkraftanlagen durch Unternehmen in NRW geliefert. Die Windkraftanlagen selbst werden allerdings nicht durch Unternehmen aus NRW gefertigt. Entsprechend handelt es sich nicht um geschlossen in NRW angesiedelte Wertschöpfungsketten.

Die **Wertschöpfungskette Stahl** kann in Nordrhein-Westfalen als zumindest teilweise geschlossen angesehen werden. Die meisten Produktionsstandorte sind als integrierte Hüttenwerke angelegt und die Walzwerke verarbeiten vorwiegend Stahl aus NRW. Auf diese Weise wird die Abhängigkeit vom Weltmarkt

bezüglich der Ausgangsstoffe reduziert. Die Rohstoffe für die Stahlproduktion werden allerdings weitgehend importiert (Kokskohle und Eisenerz), ebenso ein wesentlicher Anteil des für die Sekundärstahlerzeugung verwendeten Stahlschrotts. Somit besteht auch innerhalb dieser Wertschöpfungskette ein großer Einfluss von Leistungen, die außerhalb NRWs erbracht werden. In der Gesamtbilanz halten sich die Stahl- und Stahlschrottimporte mit den Exporten weitgehend die Waage, jedoch ist die deutsche Stahlindustrie in ihrer derzeitigen Ausrichtung auf diese Exporte angewiesen. Besonders bei Massenstählen besteht eine starke internationale Konkurrenz.

Die Energiewende erzeugt einen **Transformationsdruck auf die Wertschöpfungsketten** der energieintensiven Industrien. Das verarbeitende Gewerbe – stellvertretend der Anlagenbau – ist auf die Grundprodukte von energieintensiven Unternehmen für den Bau von Anlagen für erneuerbare Energien angewiesen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Lieferanten derartiger Grundprodukte zunehmend im Ausland gefunden werden. Ein wichtiger Grund sind hierbei **steigende Energiekosten** in Deutschland. Sie spielen bei Massenprodukten wie Grundstoffchemikalien und Standardstählen, die derzeit ein Schwerpunkt der nordrhein-westfälischen Chemie- bzw. Stahlindustrie sind, aufgrund der in diesem Segment herrschenden starken internationalen Konkurrenz eine große Rolle für die Wettbewerbsfähigkeit nordrhein-westfälischer Unternehmen. Mit hohem **Know-how verbundene Spezialprodukte** sind hingegen weniger intensiv dem internationalen Wettbewerb, insbesondere mit Entwicklungs- und Schwellenländern, ausgesetzt. Die Analyse unseres Projekts kommt daher zu dem Schluss, dass derartige Spezialprodukte eine strategisch günstige Basis für die Entwicklung von Zukunftsperspektiven der Stahlindustrie in NRW sind.

Die Entwicklung innovativer Spezialprodukte erfordert häufig branchenübergreifendes Know-how und damit eine **Zusammenarbeit über Branchengrenzen hinweg**. Dies gilt auch für die Realisierung von Energieeffizienzpotentialen an Branchenschnittstellen, wie z. B. durch die Nutzung von Abwärme, Abgasen und Reststoffen etc.. Deutschland bietet im Vergleich mit anderen Industrienationen eine starke Verflechtung der verschiedenen Branchen, die eine ausgeprägte Arbeitsteilung ermöglicht. Aus diesem Grund laufen derzeit verschiedene Initiativen, um die Herausforderungen von Klimaschutz und Energiewende mit Hilfe Branchen übergreifender Netzwerke zu lösen. Beispiele hierfür sind die Projekte CleanTechNRW und Carbon2Chem®. CleanTechNRW ist eine Plattform zur Zusammenführung der Bereiche Chemie, Energie, Stahl sowie Biotechnologie, um Innovationen an den Schnittstellen dieser Bereiche zu generieren. Carbon2Chem® ist ein Forschungsprojekt, in dem Unternehmen der Stahl- und Chemieindustrie mit Technologieanbietern und der Wissenschaft zusammenarbeiten, um Hüttengase aus der Stahlproduktion für die Chemiebranche nutzbar zu machen. In Kapitel 4 wird daher ausführlich auf die Potentiale, Herausforderungen und mögliche Umsetzungsansätze für branchenübergreifende Kooperationen eingegangen.

Generell ist im Zuge der Energiewende eine noch engere Kooperation von Anlagenbau, Chemie- und Stahlindustrie zu erwarten, da gerade im Bereich der erneuerbaren Energien neue, effizientere Anlagen und Maschinen benötigt werden, deren Realisierung nur mit geeigneten, spezialisierten Werkstoffen möglich ist. Damit geht eine Spezialisierung einher, die zu Wertschöpfungssteigerungen und einer Sicherung von Wertschöpfungsketten oder Abschnitten dieser Ketten führen kann. Zur systematische Förderung einer solchen Kooperation empfiehlt sich die Schaffung einer **Koordinations-einheit**, welche die Zusammenarbeit der Branchen in Nordrhein-Westfalen fördert und organisiert.

#### Weiterführende Ergebnisse des Projekts zu diesem Thema sind zu finden in:

Kobiela, Georg; Vallentin, Daniel (2016): Wertschöpfungsketten in NRW im Kontext der Energiewende. Eine Metaanalyse bezüglich Stahl, polymeren Werkstoffen und dem Anlagenbau in der erneuerbaren Energiewirtschaft. Wuppertal Paper 192. Wuppertal. Abrufbar unter: <https://epub.wupperinst.org/frontdoor/index/index/docId/6491>

# 3 INDUSTRIELLE TRANSFORMATIONS-PROZESSE - EINFLUSSFAKTOREN UND ERFOLGS-BEDINGUNGEN

In Kapitel 3 geht es nun darum, anhand fallweiser Betrachtungen zu verstehen, wie Transformationsprozesse in Industrieregionen und Unternehmen in der Vergangenheit verlaufen sind (Kapitel 3.1) und welche Faktoren heute Entscheidungen und Abwägungen für Investitionen in den Umbau des Energiesystems beeinflussen. Dabei werden einerseits die Flexibilisierung Braunkohle befeuerter Großkraftwerke (Kapitel 3.2) und andererseits die Bildung lokaler Kooperationsverbände zur dezentralen Energieerzeugung als Beispiele (Kapitel 3.3) herangezogen. Die Erkenntnisse sollen dabei helfen, die bevorstehende Transformation des Energie- und Industrielandes NRW erfolgreich zu gestalten.



## 3.1 ERFAHRUNGEN AUS BISHERIGEN TRANSFORMATIONSPROZESSEN IN UNTERNEHMEN UND REGIONEN

Timon Wehnert, Verena Hermelingmeier, Katharina Knoop<sup>7</sup>, Anna Bönisch und Jennifer Schellhöh<sup>8</sup>

### HIGHLIGHTS

- Die Untersuchung von erfolgreich verlaufenen Transformationsprozessen in Unternehmen und Regionen zeigt, dass die aktive Steuerung von Transformationsprozessen und die frühzeitige Entwicklung von Strategien hierfür sich positiv auf deren Verlauf auswirken.
- Funktionierende Netzwerke auf regionaler Ebene erhöhen die Resilienz von Unternehmen und Regionen gegenüber Transformationsprozessen.

Die Analysen in Kapitel 2 zeigen, dass die Umsetzung der Energiewende in Nordrhein-Westfalen deutliche Auswirkungen auf die Wirtschafts- und Wertschöpfungsstrukturen des Landes hat. Dies stellt Unternehmen und Regionen vor Herausforderungen. Sie müssen entscheiden, wie sie mit sich ändernden Bedingungen umgehen, um nicht den Anschluss an

Wettbewerber zu verlieren oder bestenfalls sogar Veränderungen gewinnbringend nutzen zu können.

Damit bei der Umsetzung zukünftiger industrieller Transformationsprozesse von schon gesammelten Erfahrungen profitiert werden kann, werden hier Einflussfaktoren und Erfolgsbedingungen bereits erfolgter Transformationsprozesse zusammengefasst. Hierfür ist im Rahmen des Projekts eine explorative Analyse fünf interessant erscheinender Fallbeispiele erfolgt.

<sup>7</sup> Alle Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie

<sup>8</sup> Beide Kulturwissenschaftliches Institut Essen (KWI)

## METHODISCHES VORGEHEN UND FALLSTUDIEN

Die Analyse erfolgt auf zwei verschiedenen Ebenen: der regionalen und der Unternehmensebene. Dieser Differenzierung liegt die Annahme zugrunde, dass neben betriebsinternen Strategien die regionale Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen stark zu einer erfolgreichen Umsetzung von Transformationsprozessen beitragen kann. Folgende Fallstudien wurden untersucht:

### Unternehmensebene

- **Stadtwerke Aachen AG (STAWAG):** Da der STAWAG eine Vorreiterrolle unter den Stadtwerken im Bereich des Ausbaus erneuerbarer Energien zugeschrieben wird, liegt der Analysefokus auf der Nutzung erneuerbarer Energien und der Zusammensetzung des vertriebenen Strommixes.
- **Evonik Industries AG:** Energieeffizienz gilt als firmeninternes Leitthema sowohl für die Produktion als auch für die Produkte der Evonik Industries AG. Das Unternehmen wurde z. B. für sein Konzept des „effizienten Energiemanagements“ 2009 mit dem dritten Platz der Energy Efficiency Awards ausgezeichnet.

### Vernetzung auf regionaler Ebene

- **Industrielle Symbiose Kalundborg:** In Kalundborg / Dänemark kooperieren Unternehmen verschiedener Branchen miteinander, indem sie in einem dichten infrastrukturellen Netzwerk Ressourcen austauschen. Dabei werden Kosten eingespart, ökologische Vorteile erzielt und das Vertrauen zwischen den Unternehmen gestärkt.
- **Chemiepark Bitterfeld-Wolfen:** Im ehemals größten und dreckigsten Chemiestandort der DDR sind Firmen der Chemiebranche in einem modernen lokalen Cluster eng miteinander vernetzt. Hier stehen Synergien durch den gemeinsamen Bezug von Ressourcen und die Nutzung der gemeinsamen Standort-Infrastruktur im Vordergrund.
- **Spitzencluster Ostwestfalen-Lippe:** In OWL sind es sowohl Unternehmen der gleichen Branche als auch verschiedener Branchen, die miteinander sowie mit Universitäten der Region in engem Austausch

stehen. Es entstehen in erster Linie Synergien auf Informations- und Wissensebene sowie durch die Förderung des gemeinsamen Standortes.

Um eine geeignete Basis für die Analyse zu gewährleisten, wurden die Fallstudien ähnlich strukturiert und mit methodisch ähnlichen Zugängen untersucht. Für die regionalen Fallstudien wurden bestehende wissenschaftliche Literatur und Datenquellen ausgewertet sowie Experteninterviews geführt. Für die Unternehmensfallstudien wurden Geschäfts- und Nachhaltigkeitsberichte betrachtet.

## ERGEBNISSE

Die untersuchten Fallstudien weisen sehr unterschiedliche Dynamiken auf. Zudem sind Rahmenbedingungen und Erfolgsfaktoren für die Transformation in der Regel fallspezifisch. Trotzdem lassen sich aus den fünf Fallstudien Einflussfaktoren und Erfolgsbedingungen ableiten, die allgemein Gültigkeit zu haben scheinen.

### Aktive Gestaltung von Transformationsprozessen zeigt positive Wirkung

Die Fallstudien zeigen, dass Transformationsprozesse, die aktiv gesteuert bzw. offensiv unterstützt wurden, sich insgesamt positiv auf die jeweiligen Unternehmen und Regionen ausgewirkt haben. Dagegen führte der von außen induzierte Wandel in Bitterfeld – der Zusammenbruch des bestehenden Systems (DDR) – zu massiven ökonomischen und sozialen Verwerfungen. Erst langfristig wurden hier neue Perspektiven aufgebaut und (z. B. ökologische) Verbesserungen errungen.

Durch die aktive Transformation in Richtung Nachhaltigkeit ergaben sich für die untersuchten Firmen bzw. Regionen insbesondere folgende Vorteile:

- **Kosteneinsparungen** durch eine Erhöhung der Energie- und Ressourceneffizienz.
- **höhere Wettbewerbsfähigkeit** (auch international) durch frühzeitige Umstellung auf nachhaltige Produkte und Produktionsprozesse, die „grüne“ Zukunftsmärkte adressieren und Alleinstellungsmerkmale schaffen.
- **Besseres Image:** Da Nachhaltigkeit ein wichtiges Entscheidungskriterium für viele Verbraucher

geworden ist, erhöht sich die Attraktivität von Unternehmen, die sich verstärkt an Nachhaltigkeitsaspekten orientieren.

### Vielzahl von Treibern für Transformationsprozesse

Auf Ebene der betrachteten **Unternehmen** – also den Stadtwerken Aachen (STAWAG) und Evonik Industries – existieren verschiedene Treiber, die sowohl für die Initialisierung als auch die Umsetzung des Transformationsprozesses mit dem Ziel erhöhter Wettbewerbsfähigkeit von hoher Bedeutung waren:

- **Politische Entscheidungen und rechtliche Grundlagen:** Werden Maßnahmen zur Förderung der Energiewende subventioniert, kann sich dies positiv auf die Unternehmensbilanz auswirken.
- **Kooperation mit der Wissenschaft:** Hier ist insbesondere die Bedeutung von praxisnaher Forschung und der Wechselwirkung zwischen Unternehmen und Forschung zu betonen. Die

Zusammenarbeit verläuft üblicherweise in diesen oder ähnlichen Stufen: Unternehmen zeigen Probleme auf → die Wissenschaft sucht Lösungen → das jeweilige Unternehmen setzt die Lösungen um etc..

- **Einzelpersonen:** Personen in leitenden Funktionen können maßgeblich das Image des Unternehmens und seine strategische Ausrichtung beeinflussen. Sie sind häufig entscheidende Triebkräfte von Transformationsprozessen.

Neben diesen gemeinsamen Treibern spielen in den beiden untersuchten Unternehmen eine Vielzahl von **stärker unternehmensspezifischen Faktoren** eine Rolle bei der erfolgreichen Umsetzung der Veränderungsprozesse (s. Abbildung 11). Bei den Aachener Stadtwerken gehören hierzu z. B. die Stadt Aachen, die sich als Vorreiter des kommunalen Klimaschutzes sieht, oder die aktive Zivilgesellschaft, welche die nachhaltige Selbstdarstellung der STAWAG an ihren tatsächlichen Handlungen misst.



Abbildung 11: Treiber der Transformation auf Unternehmensebene

Für die **regionalen Cluster** zeigt sich, dass die grundlegenden Auslöser der Transformationen teils sehr fallspezifisch sind: Dominant in Bitterfeld war der exogene Schock des Zusammenbruchs des DDR-Wirtschaftssystems. Im Gegensatz dazu dürften die dominanten Treiber in Kalundborg und Ostwestfalen-Lippe (OWL) relativ typisch für regionale Cluster sein: Ausgangspunkt in Kalundborg war das allgemeine Anliegen, durch Kooperationen effizienter zu wirtschaften – erst später kam eine ökologische Motivation als Treiber hinzu. In OWL startete der Transformationsprozess, da die Region als Ganzes (und nicht nur einzelne Unternehmen) Schwierigkeiten hatte, ihren Fachkräftebedarf zu decken.

### Frühzeitig Strategien für Transformation entwickeln

Die untersuchten Einzelunternehmen zeigen, dass es für eine erfolgreiche Bewältigung bevorstehender Veränderungen durch die Dekarbonisierung und die Energiewende wichtig ist, **frühzeitig und proaktiv Strategien** zu entwickeln und umzusetzen. Wichtige Strategieelemente von Evonik Industries und STAWAG waren die folgenden.

Eine Strategie der STAWAG war es, frühzeitig das Unternehmensportfolio zu erweitern. So können Verluste im Geschäft mit konventionellen Energien z. B. durch den Ausbau erneuerbarer Energien sowie innovative Dienstleistungen kompensiert werden.

Evonik Industries profitiert von den genannten Trends sowohl durch den Vertrieb energieeffizienter Produkte als auch die Umsetzung effizienzsteigernder Maßnahmen in eigenen Prozessen.

Da Transformationsprozesse Innovationen innerhalb der umsetzenden Unternehmen erfordern, ist die Förderung einer **Innovationskultur im Unternehmen** sehr wichtig. Bei Evonik werden z. B. Räume für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter geschaffen, um Ideen für die Erhöhung der Energieeffizienz zu generieren, die dann gemeinsam umgesetzt werden. Dies erhöht die Akzeptanz der verändernden Maßnahmen und ermöglicht eine stärkere Identifikation mit dem Unternehmen.

### Regionale Unternehmensnetzwerke als Erfolgsfaktoren

Aus der Analyse der drei regionalen Fallstudien lässt sich die generelle These ableiten, dass funktionierende und aktive regionale Netzwerke die **Resilienz gegenüber Transformationsprozessen** stärken. Regionale Netzwerke sind besonders dann erfolgreich, wenn sie sehr konkrete Interessen der teilnehmenden Unternehmen aufgreifen und sich auf langfristige Themen fokussieren, in denen kein direkter Wettbewerb zwischen den Unternehmen besteht. Sie erfordern außerdem eine kontinuierliche und kompetente Moderation durch eine Person oder Institution, die von allen Teilnehmern als vertrauensvoller Ansprechpartner akzeptiert wird.

Die Netzwerke bzw. regionalen Cluster erhöhen nicht nur die Wettbewerbschancen im bestehenden System, sondern auch die Innovationskraft der Region insgesamt. Auch wenn die untersuchten Beispiele auf regionaler Ebene nicht explizit Transformationsprozesse im Rahmen der Energiewende beinhalten, wird angenommen, dass grundlegende Erkenntnisse über regionale Cluster auch auf die Transformationsprozesse der Dekarbonisierung und der Energiewende übertragen werden können.

Von besonderer Bedeutung für regionale Cluster ist das **gegenseitige Vertrauen der beteiligten Unternehmen**. Es ist ein zentraler Erfolgsfaktor dafür, dass Synergien im Cluster effektiv genutzt werden. In Kalundborg und OWL ist dies sehr ausgeprägt zu sehen. In Kalundborg treffen die Firmen zum Teil erhebliche Investitionsentscheidungen unter der Annahme, dass regionale Partner auch in Zukunft vor Ort bleiben, entsprechende Zwischenprodukte liefern beziehungsweise Infrastrukturen weiterhin gemeinsam nutzen. In OWL teilen die Firmen zunehmend Know-how und sind bereit, gemeinsam in die Wissensinfrastruktur der Region zu investieren (das Beispiel OWL wird in den Kapiteln 4.2 und 4.3 weitergehend untersucht). Das in OWL bestehende Vertrauen zwischen Unternehmen wird durch Individuen in den jeweiligen Firmen getragen – sowohl auf der Ebene des Managements als auch auf der Ebene der technischen Experten. Es wurde durch langfristig angelegte Austausch- und Kommunikationsstrukturen geschaffen und gestärkt.

**Austauschplattformen** sind deshalb eine Grundvoraussetzung für ein erfolgreiches Netzwerk. Sie ermöglichen es Vertretern verschiedener Firmen, sich kennenzulernen, Vertrauen aufzubauen und Ideen zu entwickeln. Obwohl diese Plattformen sehr informell sein können, wurden in allen untersuchten Clustern auch formalisierte Austauschforen gebildet, z. B. Netzwerke von Unternehmen mit ähnlicher Ausrichtung oder gemeinsame Weiter- und Fortbildungsmaßnahmen in OWL. In Kalundborg wurde ein „Symbiosezentrum“ errichtet, das als Multiplikator für die Verbreitung der gesammelten Erfahrungen mit industriellen Austauschbeziehungen dient.

**Weiterführende Ergebnisse des Projekts zu diesem Thema sind zu finden in:**

Wehnert, Timon; Bönisch, Anna; Hermelingmeier, Verena; Schellhöh, Jennifer (2016): Retrospektive Fallstudienanalyse zu Einflussfaktoren auf den Verlauf von industriellen Transformationsprozessen. Abrufbar unter: [http://www.vi-transformation.de/wp-content/uploads/2017/04/Wehnert\\_Langfassung\\_Retrospektive-Fallstudien.pdf](http://www.vi-transformation.de/wp-content/uploads/2017/04/Wehnert_Langfassung_Retrospektive-Fallstudien.pdf)

## 3.2 TECHNISCH-ÖKONOMISCHE EINFLUSSFAKTOREN AUF INDUSTRIELLE TRANSFORMATIONSPROZESSE – DAS BEISPIEL DER STROMWIRTSCHAFT

Barbara Glensk und Reinhard Madlener<sup>9</sup>

### HIGHLIGHTS

- Mit Hilfe einer Real-Optionen-Analyse wurde untersucht, inwieweit ausgewählte Maßnahmen zur Erhöhung der Flexibilität eines Braunkohlekraftwerks in NRW ökonomisch sinnvoll sind.
- Es zeigt sich, dass der aktuelle Subventionsrahmen für die Braunkohleförderung und -nutzung entscheidenden Einfluss hat, ob – und wenn ja welche – Maßnahmen zur Flexibilisierung des Braunkohlekraftwerks ökonomisch darstellbar sind.

Die vorherigen Kapitel haben gezeigt, dass die erfolgreiche Realisierung industrieller Transformationsprozesse ein stimmiges Gesamtbild aus der Diffusion technischer Innovationen und Anpassungen, stimulierenden politischen Rahmenbedingungen, weitsich-

tigen strategischen Entscheidungen in Unternehmen und funktionierenden sozialen / fachlichen Netzwerken erfordert. Hinsichtlich technischer Innovationen bzw. Anpassungen macht die Energiewende im Stromsektor eine **Flexibilisierung von Anlagen und Infrastrukturen** notwendig, um den Ausbau fluktuierend verfügbarer erneuerbarer Energien zu flankieren – sowohl auf der Angebots- als auch auf der Nachfrageseite. In Nordrhein-Westfalen ist mit Blick auf die Angebotsseite insbesondere eine Flexibilisierung

<sup>9</sup> Beide Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior (FCN), School of Business and Economics / E.ON Energy Research Center, RWTH Aachen

von Stein- und Braunkohlekraftwerken gefragt. Diese stellen mit jeweils ca. 11 GW installierter Netto-Nennleistung<sup>10</sup> den überwiegenden Anteil der nordrhein-westfälischen Stromerzeugungskapazitäten.

Basierend auf den bestehenden politischen Zielen billigt die Bundesregierung der Braunkohle in ihrem Weißbuch zum Strommarkt (BMWi 2015) auch in einem „neuen“ Stromversorgungssystem eine gewisse strategische Rolle zu. Dies macht es erforderlich, die **Flexibilität von Braunkohlekraftwerken** zu erhöhen. In den meisten Fällen kann eine solche Erhöhung der Flexibilität mit Hilfe von sogenannten technologischen Flexibilisierungsoptionen erfolgen, die in der Regel mit technischen Umrüstungsmaßnahmen konventioneller Kraftwerke verbunden sind. Die Umsetzung von Umrüstungsmaßnahmen benötigt allerdings entsprechende Investitionsentscheidungen bzw. Kosten-Nutzen-Abwägungen (unter Berücksichtigung von Unsicherheit), die mit Hilfe einer Realoptionen-Analyse getroffen werden können.

## METHODISCHES VORGEHEN

Die **Realoptionen-Analyse** ist eine Methode, um Investitionsentscheidungen und damit verbundene Kosten-Nutzen-Abwägungen (unter Berücksichtigung von Irreversibilität, Flexibilität und Unsicherheit) zu untersuchen und zu unterstützen.

Das vorgeschlagene Modell zur Bewertung einer „Realoption“ (d. h. der Option auf die Investition in ein materielles Gut wie in unserem Falle ein Kraftwerk oder eine Erweiterung desselben) für die Analyse von Flexibilitätsoptionen für Braunkohlekraftwerke besteht aus drei Schritten:

<sup>10</sup> Siehe: [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen\\_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerkliste/kraftwerkliste-node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerkliste/kraftwerkliste-node.html)

<sup>11</sup> Ein Verfahren aus der Stochastik, in dem eine große Anzahl von Zufallsexperimenten als Basis dient, um die mathematischen Größen näherungsweise zu bestimmen oder deren Wahrscheinlichkeitsverteilung.

<sup>12</sup> Weitere Details zum verwendeten Realoptionen-Modell können in Glensk und Madlener (2016a) und Glensk und Madlener (2016b) nachgelesen werden.

1. Im ersten Schritt wird der **Lastverlauf des Kraftwerks** basierend auf der geschätzten Differenz zwischen dem Strom- und dem Braunkohle-Preis (dark spread) unter Berücksichtigung der Last definiert.
2. Die Ergebnisse des ersten Schrittes werden im zweiten Schritt benötigt, um den **Cashflow des Kraftwerks** mittels einer Monte-Carlo-Simulation<sup>11</sup> zu berechnen.
3. Im dritten und letzten Schritt wird das sogenannte **binomiale Entscheidungsbaum-Verfahren** (Binomial Lattice Approach) – eine von vielen Methoden zur Lösung von Realoptionsmodellen – angewendet, um das vorgeschlagene Realoptionenmodell mit der so genannten „Auswahl-Option“ (option of choosing) zu lösen.

Mit dem genannten Realoptionsmodell können gleich drei mögliche Situationen untersucht werden:

- Weiterführung des Kraftwerksbetriebs ohne Umrüstungsmaßnahmen zur Flexibilisierung,
- Stilllegung des Kraftwerks oder
- Erweiterung des Kraftwerks mittels technischer Flexibilisierungsoptionen<sup>12</sup>.

## ERGEBNISSE

Die in einem auf erneuerbare Energien ausgerichteten Stromversorgungssystem erforderliche Flexibilität eines Braunkohlekraftwerks wird erreicht, wenn dieses zur geforderten Zeit die benötigte Energiemenge kostendeckend zur Verfügung stellt, der Wirkungsgrad erhöht wird, Stromüberschüsse verringert oder zusätzliche Dienstleistungen zur Verfügung gestellt werden. Es existiert eine Reihe von **Flexibilisierungsoptionen**, um Braunkohlekraftwerke an die ständig variierenden Nachfrage- bzw. Residuallastsituationen auf dem heutigen Strommarkt anzupassen. Dazu zählen unter anderen:

- Die Mindestlast eines Kraftwerks zu senken; heute beträgt die Mindestlast von Braunkohlekraftwerken rund 60 %. Es ist aber inzwischen möglich bzw. Stand der Technik, die Mindestlast auf 50 % bis 40 % zu reduzieren.
- Erhöhung der Flexibilität beim Einsatz der verwendbaren Brennstoffe. Bei Braunkohle bedeutet dies die Verwendung von verschiedenen Braun-

kohlearten oder die Ko-Feuerung von biogenen Brennstoffen (vgl. Lüschen und Madlener 2013).

- Die Erhöhung der Effizienz im Teillastbetrieb.
- Die Erhöhung der Leistungsbreite, d. h. des Zustandes, in dem das Kraftwerk effizient arbeitet.

Um das vorgeschlagene Realloptionen-Modell empirisch zu testen, wurde ein Braunkohlekraftwerk in NRW bezüglich seiner Mindestlast (Minimum Load) beispielhaft als Flexibilitätsoption untersucht. Um die **Mindestlast zu senken**, können technische Maßnahmen in der Verbrennungsanlage, im Flammenmelder und

im Feuerungssystem umgesetzt oder die Brennerparameter verändert werden. Bei den Verbesserungen des Feuerungssystems ist es möglich, die Mindestlast um bis zu 40 % zu reduzieren und gleichzeitig den Kapitalwert des Kraftwerks um 25 % zu erhöhen. Allerdings belaufen sich die Kosten für solche Maßnahmen auf ca. 30 % der Investitionskosten eines neuen Kraftwerks. Auch durch eine Nachrüstung der Dampfturbine und des Wasser-Dampf-Kreislaufs ist eine Senkung der Mindestlast möglich. Die Kosten für solche Reinvestitionen sind vergleichsweise niedrig und betragen nur 1–5 Mio. €.

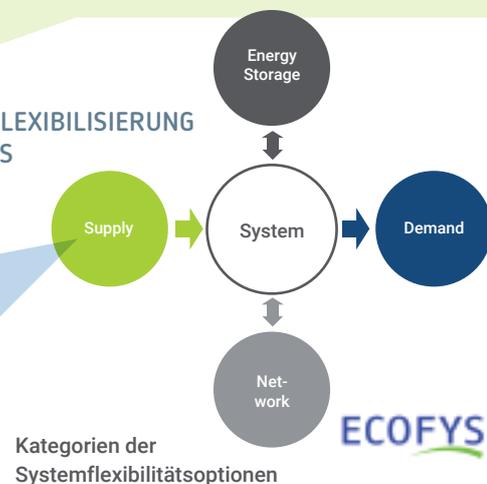
### Entscheidende Faktoren bei den Investitions- und Standortentscheidungen in energieintensiven Industriebranchen in NRW:

- Die zuverlässige bedarfsgerechte Stromversorgung
- Die Sicherung von Strompreisen
- Die Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz

### KANN ERREICHT WERDEN MIT DER FLEXIBILISIERUNG DES ENERGIESYSTEMS

#### Flexibilität der Braunkohleverstromung kann erreicht werden mit:

- zur geforderten Zeit zur Verfügung gestellten Energie
- Erhöhung des Wirkungsgrades
- Verringerung von Überschüssen
- Bereitstellung von Hilfsdiensten



**Abbildung 12: Bedeutung der Flexibilisierung des Energiesystems für Investitions- und Standortentscheidungen in energieintensiven Industriebranchen in NRW**

Die Realloptionen-Analyse prüft nun, inwieweit unter den bestehenden ökonomischen, technischen und politischen Bedingungen die Realisierung der beschriebenen Investitionen in die Senkung der Mindest-

last eines Braunkohlekraftwerks in NRW ökonomisch sinnvoll ist oder ob ein Weiterbetrieb des Kraftwerks ohne entsprechende Flexibilisierungsmaßnahmen oder gar eine Stilllegung des Kraftwerkes die ökonomische

misch sinnvollere Entscheidung wäre.

Das Ergebnis zeigt, dass die **aktuell bestehende staatliche Subventionierung** der Braunkohleförderung und -nutzung entscheidenden Einfluss auf die Kosten-Nutzen-Abwägungen des Kraftwerksbetreibers hat. In dieser Analyse betrachtete Subventionen umfassen nicht nur direkte Finanzhilfen, sondern auch Steuervergünstigungen und budgetunabhängige staatliche Regelungen (vgl. Küchler und Meyer 2010).

Besteht dieser Subventionsrahmen fort, ergibt die Realoptionen-Analyse, dass das Braunkohlekraftwerk ohne Umrüstungsmaßnahmen des Feuerungssystems zur Senkung der Mindestlast weiter betrieben werden sollte. Dies bedeutet, dass der aktuelle politische Rahmen keinen Anreiz für den Kraftwerksbetreiber bietet, das betrachtete Braunkohlekraftwerk anhand dieser Maßnahme zu flexibilisieren und damit an die Erfordernisse eines von erneuerbaren Energien geprägten Stromversorgungssystems anzupassen.

Für die zweite analysierte Flexibilisierungsmaßnahme ergibt die Realoptionen-Analyse unter Berücksichtigung von Subventionen die Entscheidung zur Erweiterung und Umrüstung der Dampfturbine und des Wasser-Dampf-Kreislaufs. Werden hingegen keine Subventionen berücksichtigt, zeigt die Analyse sowohl für die Umrüstung des Feuerungssystems als auch der Dampfturbine und des Wasser-Dampf-Kreislaufs, dass die Stilllegung des Kraftwerkes die optimale Entscheidung darstellt.

Die beiden **Ergebnisse für die Umrüstung des Feuerungssystems** sind stark konträr und implizieren, dass Investitionen in diese Maßnahme zur Senkung der Mindestlast des untersuchten Braunkohlekraftwerks weder mit noch ohne die aktuellen Braunkohlesubventionen ökonomisch sinnvoll sind. Dies weist darauf hin, dass derartige Investitionsentscheidungen mit einem sehr hohen ökonomischen Risiko behaftet sind. Die Tatsache, dass die zweite Flexibilisierungsmaßnahme, also die **Nachrüstung der Dampfturbine und des Wasser-Dampf-Kreislaufs**, bei Fortbestand der aktuellen Subventionen ökonomisch sinnvoll ist, zeigt die Wichtigkeit der niedrigeren Reinvestitionskosten dieser Maßnahme und deren Einfluss auf die Kosten-Nutzen-Analyse. Jedoch rechnet sich auch diese Maßnahme ohne Subventionen nicht und ist folglich stark von dem bestehenden Subventionsrahmen abhängig.

Es lässt sich demnach die Schlussfolgerung ableiten, dass ...

- das ökonomische Anreizen und / oder regulatorische Maßnahmen sehr wichtig für eine wirtschaftliche Weiterführung des Kraftwerksbetriebes (besonders bei einem weiteren Zuwachs von erneuerbaren Energien in der Stromerzeugung) sind.
- unter Berücksichtigung der strategischen Rolle von Braunkohlekraftwerken (u. a. als Sicherheitsreserve – siehe BMWi 2015) und der regulatorischen Maßnahmen das vorgeschlagene Modell die strategischen Investitionsentscheidungen des Betreibers unterstützen kann.

#### Weiterführende Ergebnisse des Projekts zu diesem Thema sind zu finden in:

Glensk B., Madlener R. (2016): Evaluating the enhanced flexibility of lignite-fired power plants: a real options analysis. FCN Working Paper No. 10 / 2016, Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior, RWTH Aachen University, coming into force in August 2016 (revised June 2017). Abrufbar unter: <http://www.fcneonerc.rwth-aachen.de/cms/E-ON-ERC-FCN/Forschung/~emvl/Arbeitspapiere>

Glensk B., Madlener R. (2016): Flexibility options for lignite-fired power plants: a real options approach. In: A. Fink, A. Fügenschuh, M. J. Geiger (Eds.): Operations Research Proceedings 2016. Selected papers of the Annual International Conference of the German Operations Research Society (GOR), Helmut Schmidt University Hamburg, Germany, August 30 – September 2, 2016, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York, 1st Ed., pp. 157-163. (ISBN 978-3-319-55701-4).

### 3.3 SOZIO-ÖKONOMISCHE EINFLUSSFAKTOREN AUF REGIONALE INDUSTRIELLE TRANSFORMATIONSPROZESSE – AM BEISPIEL DER MOTIVATION UND DER PRÄFERENZEN PRIVATER HAUSHALTE ZU DEZENTRALEN STROMERZEUGUNGSTECHNOLOGIEN

Christian A. Oberst, Marjolein J.W. Harmsen-van Hout<sup>13</sup>

#### HIGHLIGHTS

- Die Analyse untersucht, welche Eigenschaften für die Anschaffung dezentraler Stromerzeugungstechnologien und die Mitwirkung in Energieverbänden für private Haushalte von Bedeutung sind anhand von (hypothetischen) Entscheidungssituationen in einer Befragung.
- Eigenschaften, die eine starke bis mittlere Wirkung auf die Entscheidung der privaten Haushalte haben, sind neben finanziellen die erreichbaren Klimaschutzbeiträge und der erforderliche Zeitaufwand für den Betrieb der Anlage bzw. die Kooperation im Energieverbund.
- Methodisch zeigt sich, dass die Befragten differenzierter entscheiden, wenn die Entscheidungssituation stufenweise aufgebaut ist. D. h. die Befragten konnten nacheinander (sequentiell) Anlagen- oder Verbundkonstellationen bewerten, anstatt dies wie klassischerweise üblich gleichzeitig (simultan) zu tun.

Die Transformation des Energiesystems im Rahmen der Energiewende stellt die Gesellschaft und Wirtschaft in Deutschland vor große systemische Herausforderungen, die auch den Wandel industrieller Infrastruktur erfordern. In diesem Kapitel wird die Rolle von privaten Haushalten beim Wandel der regionalen industriellen Infrastruktur diskutiert, der sowohl technische Infrastrukturen als auch nicht-technische Infrastrukturen betrifft. Zum Wandel der technischen Infrastrukturen in der Energiewirtschaft zählt neben dem Wechsel von konventionellen auf erneuerbare Energien vor allem die **Dezentralisierung der Stromerzeugung** mit vielen kleinen und räumlich verteilten Erzeugungstechnologien, z. B. Solaranlagen oder Mikro-KWK in privaten Haushalten, im Gegensatz zur lokal konzentrierten großindustriellen Stromerzeugung in Kraftwerken.

Wie bereits im vorherigen Kapitel diskutiert, entsteht im Zuge der Energiewende mit einem höheren Anteil volatiler erneuerbarer Energien zusätzlicher Flexibilisierungsbedarf. Dies gilt jedoch nicht nur für Erzeugungsanlagen (z. B. über den Regelleistungsmarkt oder das Einspeisemanagement), sondern auch für die Nachfrageseite (Laststeuerung) und die Netzinfrastruktur (Einsatz von Gleichstromtechnologie). Insbesondere aufgrund der komplexeren Vernetzung der kleinteiligeren und dezentralen Erzeugungsstrukturen, die in Niedrig- und Mittelspannungsnetze einspeisen, bedarf es mit fortschreitendem Verlauf der Energiewende einer Modernisierung der regionalen elektrischen Netze.

Für einen erfolgreichen Transformationsprozess ist es wichtig, dass der technische Strukturwandel mit sozialen Innovationen einhergeht, z. B. durch die Integration neuer Akteure und Geschäftsmodelle. Neue Akteure von besonderem Interesse auf dem Strommarkt sind Prosumer-Haushalte, die Anlass geben für eine Vielzahl von technischen Innovationen und neuen Geschäftsmodellen. **Prosumer-Haushalte** betreiben eine dezentrale Stromerzeugungsanlage mit dem Ziel, einen Teil ihres Bedarfs durch die eigene Produktion zu decken (vgl. Gährs et al., 2016). Durch die Eigenerzeugung von elektrischer Energie verstärken Prosumer-Haushalte die zunehmend dezentrale Struktur des Stromversorgungssystems, allerdings auch die Volatilität in der Erzeugung, insbesondere wenn die Einspeisung nicht systemdienlich erfolgt.

Die Einrichtung und Förderung von **lokalen Energieverbänden** ist ein Ansatz, die energiewirtschaftlichen Transformationsprozesse vor Ort in der Region zu gestalten und eine Alternative zum bereits diskutierten Flexibilisierungspotential von Braunkohlekraftwerken in NRW (s. Kapitel 3.2). Lokale Energieverbände können zum Beispiel Prosumer-Haushalte mit einem gemeinschaftlichen Speichersystem und dem Ziel, die Eigen- und Verbundversorgung zu maximieren (Prosumer-Verbund), sein. Eine andere Variante ist ein Verbund von Erzeugungs- und Speichersystemen von privaten Haushalten und benachbarten Industrie- und Gewerbeunternehmen in einer so genannten cross-industriellen Energiekooperation. Auch andere sektorübergreifende Kooperationen, z. B. mit Mobilitätsanbietern, sind denkbar. Der Zusammenschluss mehrerer Erzeuger, die über verschiedene mehr oder weniger weit entfernte Standorte verteilt sind, in einem so genannten „virtuellen Kraftwerk“ ist ebenfalls möglich. Neben Skalenerträgen und Verbundvorteilen sind Energieverbände vor allem vor dem Hintergrund von Interesse, dass mit der fortschreitenden Energiewende dezentrale erneuerbare Energien zunehmend Systemverantwortung übernehmen müssen. Energieversorgungsansätze, bei denen nicht-industrielle Kunden Systemdienstleistungen bzw. Flexibilitätsoptionen anbieten, sind zunehmend Thema im wissenschaftlichen und politischen Diskurs zur Energiewende (vgl. z. B. Gährs et al. 2016). Auch private Haushalte ohne eigenes Erzeugungspotential können grundsätzlich über Laststeuerungskonzepte („Demand Response“) in Energieverbände integriert werden und damit zumindest teilweise zu einem flexibleren Akteur auf dem Energiemarkt werden. Die Frage bei Energieverbänden ist jedoch, ob private Haushalte sich überhaupt vorstellen können, mit anderen privaten Haushalten oder Gewerbe- und Industriepartnern in einer nachhaltigen Energieversorgungsinfrastruktur zu kooperieren.

Ziel der durchgeführten empirischen Erhebung ist es, **Marktpotentiale für die Technologiediffusion von Energieverbänden** zu identifizieren. In der Analyse wurde ein besonderer Fokus auf regionale Unterschiede in NRW zu den Motivationen und Präferenzen zur Anschaffung von und Kooperation in nachhaltigen Energieversorgungsstrukturen gelegt. Die Ergebnisse liefern erste Erkenntnisse zum grundsätzlichen Pro-

sumer- und Kooperationspotential in NRW. Dabei wird hinsichtlich der Präferenzen zu bestimmten Eigenschaften empirisch überprüft, welche für Haushaltsentscheidungen bei der Wahl zwischen verschiedenen Kleinerzeugungstechnologien und Kooperationsmöglichkeiten relevant sind.

## METHODISCHES VORGEHEN

Die Motivation bzw. Präferenzen von Wohneigentümern in NRW zur Anschaffung von Anlagen zur dezentralen Stromerzeugung und Einbindung in mögliche Energieverbünde werden mit Hilfe einer empirischen Analyse in Form eines **Auswahlexperiments** untersucht. Das Auswahlexperiment wurde im Rahmen einer Online-Befragung im Dezember 2017 durchgeführt. Die Befragung konzentriert sich auf die Gruppe der Wohneigentümer in NRW, die in der Zusammensetzung nach Alter und Geschlecht repräsentativ ist. Eigentümer von selbstgenutztem Wohneigentum werden als wesentliche Transformationsakteure und potentielle Prosumer-Haushalte angesehen, da bei Ihnen unter anderem das Investoren-Nutzer Dilemma nicht vorliegt, demzufolge es für Mieter entscheidende zusätzliche Barrieren zur Installation von eigenen Stromerzeugungsanlagen aufgrund von Eigentumsrechten, Entscheidungsfreiheiten und häuslichen Eigenschaften gibt.<sup>14</sup>

Die Online-Befragung mit Auswahlexperiment wurde mit **2.071 qualifizierten Interviews** durchgeführt. Aufgrund der Vielzahl an Kombinationen von möglichen Technologieoptionen wurde ein allgemein gehaltenes abstraktes experimentelles Design ohne Technologielabels zur Untersuchung der Anschaffungs- und

Kooperationsentscheidungen gewählt. Die methodische Innovation in der Modellierung des Auswahlexperiments ist die empirische Überprüfung einer sequentiellen, also stufenweise, Entscheidungsstruktur. Beim Auswahlexperiment wurden die Teilnehmer gebeten, sich in die Situation zu versetzen eine Anlage zur Stromerzeugung für Ihr Eigenheim zu kaufen und in zehn Runden jeweils eine Auswahlentscheidung zu treffen zwischen zwei Optionen von Erzeugungsanlagen bzw. Energieverbänden. Die zur Auswahl stehenden Optionen wurden durch **zehn Eigenschaften** beschrieben: durchschnittliche monatliche Stromkosten mit Anlage, Eigenversorgungspotential der Anlage, Klimaschutzbeitrag mit Anlage, Anbieter der Anlage und Benutzungsaufwand der Anlage sowie Art des Energieverbands, Anteil des Stroms von Energieverbundpartnern, Klimaschutzbeitrag durch den Energieverbund, monatliche Kostenersparnisse bzw. Mehrkosten durch den Energieverbund und Zeitaufwand der Mitgliedschaft im Energieverbund.<sup>15</sup> Tabelle 1 gibt eine Übersicht der berücksichtigten Eigenschaften im Auswahlexperiment. In Abbildung 13 ist beispielhaft eine sequentielle und eine simultane Auswahlentscheidung dargestellt. Abbildung 14 fasst die Antworten der Befragten zusammen, welche weiteren Eigenschaften sie als relevant ansehen. Die Auswahl der Anlagen- bzw. Verbundoptionen musste von etwa der Hälfte der Befragten (zufällige Auswahl) des Experiments sequentiell hintereinander getroffen werden (Treatmentgruppe) und von der anderen Hälfte der Befragten (Kontrollgruppe) simultan. Mit der Modellierung von zwei alternativen Entscheidungsstrukturen, sequentiell und simultan, kann annähernd der Einfluss von Komplexität auf die Auswahlentscheidungen von Technologieoptionen abgeschätzt werden.

<sup>14</sup> Vgl. z. B. Argumentation in Oberst und Madlener (2015) sowie Gillingham, Harding and Rapson (2012) für unterschiedliche Anreize zum wohnsitzbezogenen Energieverbrauch.

<sup>15</sup> Die üblichen Kontrollmechanismen wie Randomisierung der Reihenfolge von Eigenschaften je Befragten, Erläuterungsfelder, Kontrollfragen und Hold-Out-Tasks (zwei fixierte Entscheidungen im alternativen Setting) und ein detaillierter „Debriefing“-Fragebogen wurden implementiert. Für das Auswahlexperiment wurde ein »alternative-specific complete enumeration design« erstellt mit der Software Sawtooth.

Tabelle 1: Übersicht Eigenschaften des Auswahlexperiments im Online-Fragebogen\*

Eigenschaften	Beschreibung	Ausprägungen
<b>Durchschnittliche monatliche Stromkosten mit Anlage</b>	Berücksichtigt die Anschaffungs-, Betriebs- und Finanzierungskosten der Stromerzeugungsanlage sowie Strombezugskosten für nicht selbsterzeugten Strom, Einnahmen aus der Stromeinspeisung und sonstige Einsparungen.	90,4 € (80 %) 101,7 € (90 %) 113 € (100 %) 124 € (110 %) 135 € (120 %)
<b>Eigenversorgungspotential der Anlage</b>	Anteil des Stromverbrauchs, den Sie mit der Anlage über das Jahr hinweg selbst decken können und nicht mehr aus dem Netz beziehen. Kann z. B. mit Hilfe eines Speichers erhöht werden. Wenn die Anlage den erzeugten Strom zu 100 % in ein Netz einspeist (öffentlich oder Verbund), ist dies gleichbedeutend mit keiner Eigenversorgung.	0 % (keine Eigenversorgung) 20 % (mittel) 40 % (hoch)
<b>Anbieter der Anlage</b>	Art des Anbieters, von dem sie die Anlage beziehen.	Lokaler Fachhändler (Handwerksbetrieb) Onlinehändler Privates Energieunternehmen Energiegenossenschaft
<b>Klimaschutzbeitrag mit Anlage</b>	Durch die Anlage können z. B. CO <sub>2</sub> -Emissionen, die mit dem Stromverbrauch und der Stromeinspeisung verbunden sind, reduziert werden. Ein hoher Beitrag reduziert die CO <sub>2</sub> -Emission um 100 % und mehr, während bei einem mittleren Beitrag eine Reduktion von etwa 50 % verstanden wird (jeweils bezogen auf die durchschnittlichen CO <sub>2</sub> -Emissionen einer Stromeinheit [kWh] in Deutschland).	Gering bis keinen Mittel Hoch
<b>Benutzungsaufwand der Anlage</b>	Der durchschnittlich erwartete Zeitaufwand für Betrieb und Erhaltung der Anlage. Wenig Aufwand (30 Min. pro Jahr) ist vergleichbar mit dem Ablesen des Stromzählers ohne eigene Anlage.	Gering (30 Min. pro Jahr) Mittel (30 Min. pro Monat) Hoch (30 Min. pro Woche)
<b>Anteil Strom von Energieverbundpartnern</b>	Anteil des Stromverbrauchs, den Sie mit Verbundstrom decken können (zusätzlich zur Eigenversorgung der eigenen Anlage). Der Anteil kann z. B. mit Hilfe eines gemeinschaftlichen Speichers erhöht werden. Eine 100 % Eigenversorgung ist in der vorliegenden Entscheidungssituation nur möglich, wenn Sie bereits eine Anlage mit einem Eigenversorgungsgrad von 40 % ausgewählt haben und hier einen hohen Stromanteil (60 %) von Verbundpartner auswählen.	0 % (keine eigene Nutzung von Verbundstrom) 30 % (niedrig) 60 % (hoch)
<b>Art des Energieverbunds</b>	Virtueller Verbund bedeutet die Zusammenschaltung von Stromerzeugungseinheiten (der Partner) an verschiedenen Standorten. Bei einem lokalen Verbund befinden sich die Verbundpartner in der Nachbarschaft (physische Verbindung möglich).	Virtueller Verbund mit anderen privaten Haushalten Lokaler Verbund mit benachbarten privaten Haushalten Lokaler Verbund mit benachbarten Industrie- und Gewerbeunternehmen Virtueller Verbund mit privatem Energieunternehmen
<b>Klimaschutzbeitrag durch Energieverbund</b>	Durch den Verbund können z. B. weitere CO <sub>2</sub> -Emissionen eingespart werden, z. B. durch effizientere Nutzung des im Verbund erzeugten Stroms. Der Beitrag ist zusätzlich zum Klimaschutzbeitrag der eigenen Anlage.	Gering bis keinen Mittel Hoch
<b>Monatliche Kostenersparnisse bzw. Mehrkosten durch Energieverbund</b>	Zusätzliche Kostenersparnisse bzw. Mehrkosten durch Einbindung im Verbund. Ersparnisse z. B. etwa durch effizientere Nutzung der eigenen Anlage im Verbund (z. B. Speicher) oder eine gewinnbringendere Vermarktung des erzeugten Stroms möglich. Mehrkosten können z. B. auf Transaktionskosten zurückgeführt werden.	11,30 € Ersparnisse, -10 % 5,65 € Ersparnisse, -5 % 0 € keine Veränderung, 0 % 5,65 € Mehrkosten, +5 % 11,30 € Mehrkosten, +10 %
<b>Zeitaufwand Mitgliedschaft im Energieverbund</b>	Zeitaufwand, der mit der Mitgliedschaft im Energieverbund verbunden ist.	Gering (30 Min. pro Jahr) Mittel (30 Min. pro Monat) Hoch (30 Min. pro Woche)

\* Hinweis: Bei nicht aufgeführten Eigenschaften (z.B. Garantie) sind die Auswahlmöglichkeiten als gleich anzusehen.




### Auswahlentscheidung (2 / 12)

**Betrachten Sie das folgende Angebot. Welche Anlage würden Sie am ehesten auswählen?**

	Mittel (30 Min. pro Monat)	Hoch (30 Min. pro Woche)
Benutzungsaufwand der Anlage [?]		
Durchschnittliche monatliche Stromkosten mit Anlage [?]	32.00 € (80 %)	40.00 € (100 %)
Eigenversorgungspotential der Anlage [?]	20 % (mittel)	40 % (hoch)
Anbieter der Anlage [?]	Privates Energieunternehmen	Onlinehändler
Klimaschutzbeitrag mit Anlage [?]	Gering bis keinen	Hoch

**Betrachten Sie nun die beiden möglichen Optionen zur Einbindung in einen Energieverbund für einen verbesserten Einsatz der gewählten Anlage. Welchen Energieverbund würden Sie am ehesten beitreten?**

	Virtueller Verbund mit privatem Energieunternehmen	Lokaler Verbund mit benachbarten privaten Haushalten
Art des Energieverbunds [?]		
Zeitaufwand Mitgliedschaft im Energieverbund [?]	Gering (30 Min. pro Jahr)	Hoch (30 Min. pro Woche)
Monatliche Kostenersparnisse bzw. Mehrkosten durch Energieverbund [?]	2.00 € Ersparnisse, -5 %	4.00 € Ersparnisse, -10 %
Anteil Strom von Energieverbundpartnern [?]	30 % (niedrig)	60 % (hoch)
Klimaschutzbeitrag durch Energieverbund [?]	Gering bis keinen	Mittel

**Würden Sie die ausgewählte Anlage tatsächlich anschaffen und gemäß der Auswahl dem Energieverbund beitreten?**

Ja, ich würde die Anlage anschaffen und dem Verbund beitreten  
 Nein, ich würde derzeit diese Anlage nicht anschaffen  
 Nein, ich würde derzeit dem Energieverbund nicht beitreten  
 Nein, ich würde derzeit weder die Anlage anschaffen noch dem Verbund beitreten

➔




### Auswahlentscheidung (11 / 12)

**Treffen Sie die Auswahl von Anlagen und Einbindung in einen Energieverbund ab jetzt zeitgleich zusammen. Betrachten Sie das folgende Angebot. Welche Anlage und Einbindung in einen Energieverbund würden sie am ehesten auswählen?**

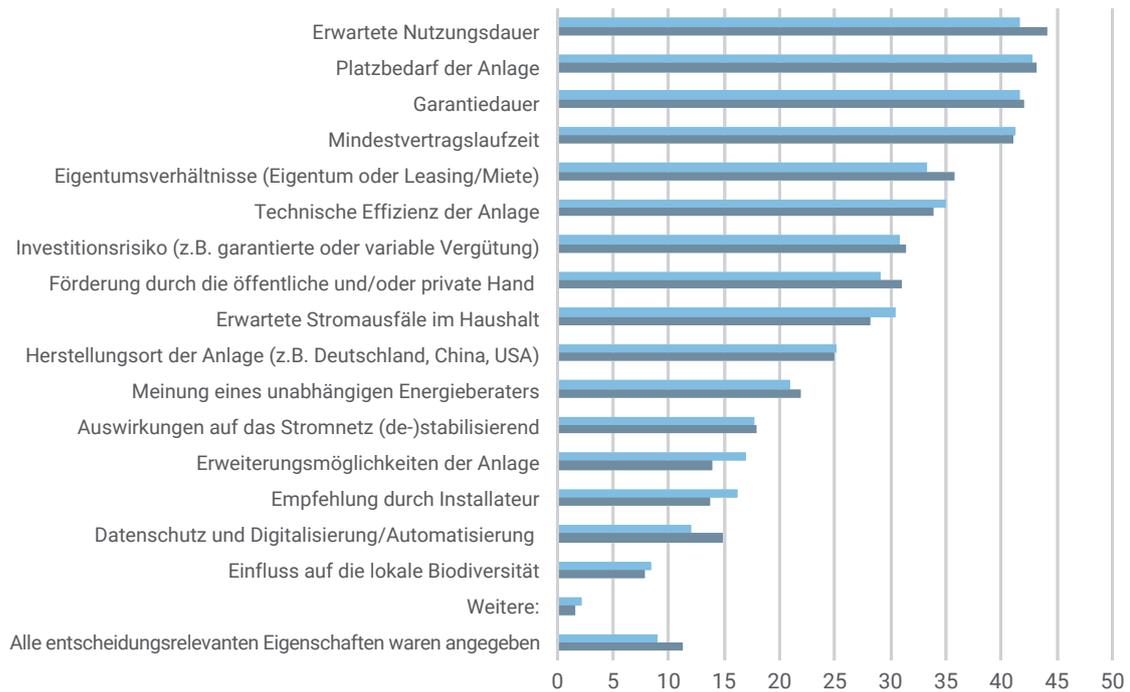
	Hoch (30 Min. pro Woche)	Gering (30 Min. pro Jahr)
Benutzungsaufwand der Anlage [?]		
Durchschnittliche monatliche Stromkosten mit Anlage [?]	44.00 € (110 %)	36.00 € (90 %)
Eigenversorgungspotential der Anlage [?]	40 % (hoch)	0 % (keine Eigenversorgung)
Anbieter der Anlage [?]	Lokaler Fachhändler (Handwerksbetrieb)	Onlinehändler
Klimaschutzbeitrag mit Anlage [?]	Hoch	Gering bis keinen
Art des Energieverbunds [?]	Virtueller Verbund mit anderen privaten Haushalten	Lokaler Verbund mit benachbarten privaten Haushalten
Zeitaufwand Mitgliedschaft im Energieverbund [?]	Gering (30 Min. pro Jahr)	Mittel (30 Min. pro Monat)
Monatliche Kostenersparnisse bzw. Mehrkosten durch Energieverbund [?]	2.00 € Mehrkosten, +5 %	0 € keine Veränderung, 0 %
Anteil Strom von Energieverbundpartnern [?]	0 % (keine eigene Nutzung von Verbundstrom)	30 % (niedrig)
Klimaschutzbeitrag durch Energieverbund [?]	Gering bis keinen	Mittel

**Würden Sie die ausgewählte Anlage tatsächlich anschaffen und gemäß der Auswahl dem Energieverbund beitreten?**

Ja, ich würde die Anlage anschaffen und dem Verbund beitreten  
 Nein, ich würde derzeit diese Anlage nicht anschaffen  
 Nein, ich würde derzeit dem Energieverbund nicht beitreten  
 Nein, ich würde derzeit weder die Anlage anschaffen noch dem Verbund beitreten

➔

**Abbildung 13: Beispiel Auswahlentscheidungen in der Online-Befragung**



**Abbildung 14: Zustimmung in % der Befragten zu weiteren relevanten Eigenschaften, die im Auswahlexperiment nicht berücksichtigt wurden (hellblau: sequentielle Entscheidung; dunkelgrau: simultane Entscheidung)**

## ERGEBNISSE <sup>16</sup>

Bei der Auswertung des Auswahlexperiments zeigte sich die **Vorteilhaftigkeit der sequentiellen Entscheidungsstruktur** im Auswahlexperiment für komplexe, stufenweise Entscheidungen, hier angewandt auf Anschaffungs- und Kooperationsentscheidungen von privaten Haushalten im Energiesektor. Zum einen sind die gemessenen Präferenzen mit sequentiellen Auswahlentscheidungen ausgeprägter bzw. differenzierter als beim klassischen simultanen Design der Auswahlentscheidung. Zum anderen waren die

Befragten mit sequentiellen Auswahlentscheidungen im Durchschnitt zufriedener mit der Befragung und gaben weniger häufig an, dass die Eigenschaften im Auswahlexperiment unverständlich waren. Darüber hinaus zeigt die Auswertung der anschließenden Kontrollfragen („hold-out tasks“) mit der jeweils alternativen Entscheidungsstruktur, dass die Auswahlentscheidungen durch das Design der Entscheidungsstruktur zu Beginn des Auswahlexperiments nachhaltig beeinflusst wurden. Vorläufig lässt sich festhalten, dass das sequentielle bzw. stufenweise Entscheidungsdesign zu einer ausgewogeneren Bewertung des gesamten Eigenschaftssets führt und damit im Sinne der Annahmen eines Auswahlexperimentes ist, wonach keine Eigenschaft die Auswahlentscheidung dominieren sollte. Letztlich sollte ein Auswahlexperiment jedoch möglichst die wahre, realistische Entscheidungsstruktur abbilden. Bezüglich der untersuchten Anschaffungs- und Kooperations-

<sup>16</sup> Die erhobenen Befragungsdaten wurden mit Hilfe ökonomischer Analysemethoden ausgewertet. Dies erfolgt mit der Schätzung von Conditional Logit-Modellen sowie in Oberst und Harmsen-van Hout (2017) auch mit fortschrittlicheren „Random Parameter Mixed Logit“-Modellen (vgl. z. B. Harmsen-van Hout et al. 2013), die Parameter Heterogenität ermöglichen.

entscheidungen von Haushalten im Zuge der Energiewende in Deutschland erscheint die stufenweise Entscheidungsstruktur naheliegend, da viele Haushalte bereits eine Anschaffungsentscheidung getroffen haben. Die Vorgehensweise lässt sich grundsätzlich auf **komplexe Konsumentenentscheidungen in anderen Bereichen** übertragen, z. B. von Anschaffungs- und Finanzierungsentscheidungen. Mit Blick auf die Markteinführung von Energieverbänden kann dieses Ergebnis hilfreich sein bei der Vermarktung. Z. B. kann mit stufenweisen Darstellungen eine Überforderung der Zielgruppe mit Informationen vermieden werden oder es können bewusst sekundäre Aspekte in den Vordergrund gestellt werden, wenn dies vorteilhaft ist.

Die Ergebnisse der empirischen Auswertung des Auswahl-experiments sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Eine detaillierte numerische Übersicht der Ergebnisse findet sich in Oberst und Harmsen-van Hout (2017). In Spalte 1 und 2 werden die im Auswahl-experiment berücksichtigten Eigenschaften und Eigenschaftsausprägungen aufgelistet. Danach erfolgt in Spalte 3 eine symbolische Zusammenfassung der **Eigenschaftseffekte** auf Grundlage der sequentiellen Entscheidungen („baseline“). Die wirkungsstärksten positiven Effekte werden mit +++ dargestellt (negative Effekte analog mit ---). Effekte mit mittlerer Wirkung werden mit ++ und -- angezeigt und Effekte mit niedriger Wirkung mit + und -. Effekte, die statistisch signifikant sind, jedoch nur ein niedriges Gewicht bei der Auswahlentscheidung haben, sind mit (+) und (-) dargestellt. Der einzige insignifikante Eigenschaftseffekt für einen Haushaltsverbund ist mit „o“ gekennzeichnet. Bei den Interaktions- bzw. Moderationseffekten handelt es sich um Verstärkungen oder Abschwächungen zu den Eigenschaftseffekten einer bestimmten Gruppe. Die Darstellungsform ist ähnlich zu den Eigenschaftseffekten gewählt, mit ↑↑ und ↓↓ für starke sowie ↑ und ↓ für mittelstarke Interaktionseffekte und (↑) und (↓) für Interaktionseffekte von eingeschränkter Bedeutung. Zum Beispiel hat die Eigenschaftsausprägung „Stromkosten mit Anlage 80 %“ grundsätzlich einen starken positiven Effekt (+++) auf die Auswahlwahrscheinlichkeit. Dieser Effekt ist jedoch in der Region Siegen (SI) deutlich weniger stark ausgeprägt (↓↓). Die allgemein positiv bewertete Eigenschaft „Stromkosten mit Anlagen 90 %“ (++) wirkte sich bei den Auswahlentscheidungen von

Befragten aus dem Münsterland (MS) noch deutlich positiver auf die Auswahl einer Option aus (↑↑). Bei den anderen aufgelisteten Gruppenunterscheidungen mit Interaktionseffekten, der simultanen Entscheidungsstruktur (Sim), den soziodemografischen Gruppen Frauen und älteren Befragten mit 50 Jahren oder älter (50+) sowie den anderen betrachteten Regionen Ostwestfalen-Lippe (OWL), Köln / Bonn (K) und Aachen (AC) im Vergleich zur Region Rhein-Ruhr ergaben sich keine signifikanten Abweichungen von den allgemeinen Eigenschaftseffekten (o).

Bei den **Eigenschaftseffekten mit starker bis mittlerer Wirkung** handelt es sich vor allem um die beiden finanziellen Eigenschaften „Stromkosten mit Anlage“ und „Kostensparnisse bzw. Mehrkosten durch Verbund“, hohe Klimaschutzbeiträge und hoher Zeitaufwand jeweils mit Anlage und Verbund sowie ein hohes Eigenversorgungspotential mit Anlage (40 %). Die wirkungsstärkste nicht-finanzielle Eigenschaft ist „Onlinehändler“ als Anbieter, die mit einer geringen Auswahlwahrscheinlichkeit der Option im Auswahl-experiment verbunden ist. Bei den monetären Eigenschaften kann eine asymmetrische Verteilung festgestellt werden, nämlich dass steigende Kosten stärker negativ ins Gewicht fallen als sinkende Kosten in der gleichen Höhe einen positiven Einfluss auf die Auswahl haben. Diese Ausprägung der Verlustaversion zeigte sich auch im Auswahl-experiment von Oberst und Madlener (2015) zu Prosumer-Präferenzen. Der Effekt zur Eigenschaftsausprägung „niedrige Ersparnisse im Verbund von 5 %“ ist der einzige finanzielle Effekt mit nur geringer Wirkungsstärke.

Von den **Gruppenunterscheidungen mit Interaktionseffekten** hat die Entscheidungsstruktur – also simultane oder stufenweise Entscheidungen – den höchsten Erklärungsgehalt zur Erklärung der Auswahl durch die Befragten (Log Likelihood als Gütekriterium). Bei simultanen Entscheidungen im Vergleich zu stufenweisen Entscheidungen waren die negativen Eigenschaften Verbundmehrkosten und ein hoher Zeitaufwand für die Mitgliedschaft im Verbund deutlich weniger wichtig bzw. haben sich weniger stark negativ auf die Auswahlentscheidung ausgewirkt. Auch die positiv angesehene Eigenschaft Klimaschutzbeiträge von Anlage und Verbund sowie der Eigenversorgungsgrad der Anlage sind bei simultanen

Entscheidungen von weniger Bedeutung. Das zeigt, dass sich die Befragten hier bei der Auswahl zwischen Optionen häufiger auf wenige Eigenschaften konzentrieren.

Bei der Auswertung der Eigenschaftseffekte auf die Auswahlentscheidung zeigt sich, dass **lokale Energieverbände finanzielle Vorteile und Klimaschutzbeiträge liefern und mit wenig Zeitaufwand verbunden sein sollten**. Die Befragten bevorzugten zwar die Kooperation mit anderen privaten Haushalten gegenüber einer Kooperation mit Unternehmen, jedoch ist diese Präferenz nicht besonders stark ausgeprägt. Wenn eine Kooperation finanziell und ökologisch vorteilhaft ist und wenig Zeit beansprucht, dann sind die benachbarten Industrie- und Gewerbeunternehmen als Kooperationspartner keine wesentliche Barriere.

Eine nicht ökonomische (Zeit oder Kosten) Barriere könnte sein, dass Wohneigentümer die Eigenversorgung mit der eigenen Anlage höher wertschätzen als eine „eigene“ Versorgung im Verbund. Selbst für die Kombination von hoher Eigenversorgung (40 %) und hohem Anteil an Strom von Verbundpartnern (60 %), die im Auswahlexperiment in gewissem Sinne eine „autarke“ Versorgung durch den Energieverbund darstellt, ergab sich nur mit sequentieller Entscheidungsstruktur ein signifikant positiver Effekt, der jedoch im Vergleich zu anderen Eigenschaften nur eine geringe Wirkung auf die Auswahlentscheidung hat. Während die Labels zur Art der Kooperation unbedeutend für die Auswahlentscheidungen der Befragten waren, wurde die Eigenschaftsausprägung „Onlinehändler“ als Anbieter der Anlage negativ gesehen und war die wirkungsstärkste nicht-finanzielle Eigenschaft.

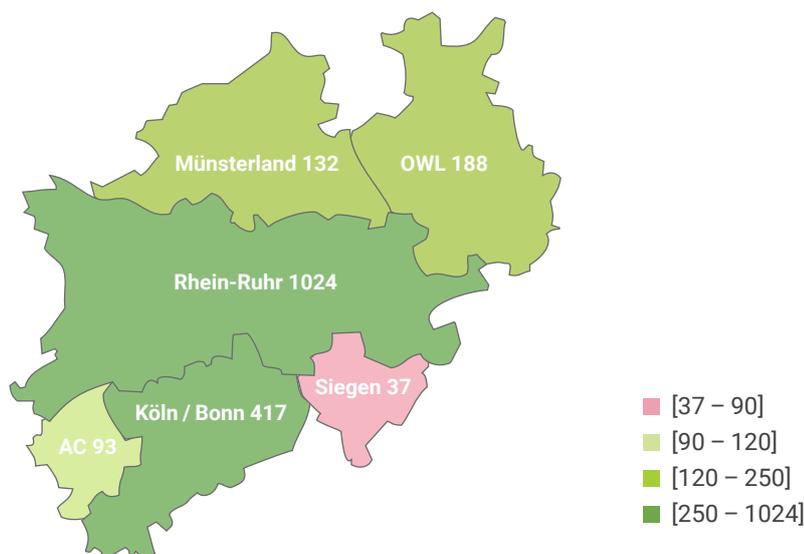
Tabelle 2: Qualitative Ergebniszusammenfassung

Eigenschaften	Ausprägungen	Eigen- schafts- effekte	Interaktions- bzw. Moderationseffekte								
			Sim	□	50+	OWL	MS	SI	K	AC	
<b>mit / der Anlage</b>											
<b>Stromkosten</b> vgl. 100 %	80 %	+++	o	o	o	o	o	o	↓↓	o	o
	90 %	++	o	o	o	o	o	↑↑	o	o	o
	110 %	---	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	120 %	---	o	o	o	o	o	o	o	o	o
<b>Eigenversorgung</b> vgl. 0 %	20 % (mittel)	+	o	o	o	o	o	↑↑	o	o	o
	40 % (hoch)	+++	↓	o	↑	↑	↑↑	o	o	o	
<b>Anbieter</b> vgl. lokaler Fachhändler (Handwerksbetrieb)	Onlinehändler	---	o	o	↑	o	o	o	↓↓	o	o
	Priv. E-Unternehmen	-	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	E-Genossenschaft	(-)	o	o	↑	o	o	o	o	o	o
<b>Klimaschutzbeitrag</b> vgl. gering bis keinen	Mittel	+	o	o	o	o	o	o	o	↑↑	o
	Hoch	+++	(↓)	o	o	o	o	o	o	↑	o
<b>Benutzungsaufwand</b> vgl. gering (30 Min. / Jahr)	Mittel (30 Min. / Monat)	(-)	o	↑	↑	↓↓	o	o	o	o	↑
	Hoch (30 Min. / Woche)	--	(↑)	↑	o	o	o	o	o	↓	↑↑
<b>von / des / im / durch Energieverbund</b>											
<b>Verbundstrom</b> vgl. 0 % (kein)	30 % (niedrig)	(+)	o	o	o	o	↑↑	↓	o	o	o
	60 % (hoch)	(+)	o	o	o	o	↑↑	o	↑↑	o	o
<b>Art</b> (zusammengefasst)	Lokaler Verbund	o	o	o	(↑)	o	o	o	↑↑	o	o
	Haushaltsverbund	+	(↓)	o	o	o	o	o	↑↑	o	o
<b>Klimaschutzbeitrag</b> vgl. gering bis keinen	Mittel	++	o	o	o	o	o	↑↑	o	↑↑	↓↓
	Hoch	+++	↓	o	o	o	o	o	o	↑	o
<b>Kostensparnisse bzw. Mehrkosten</b> vgl. 0% keine Veränderung	Ersparnisse -10 %	++	o	o	o	o	o	↑↑	o	o	↑↑
	Ersparnisse 5 %	+	↑	o	o	o	↓↓	↑↑	o	o	↑↑
	Mehrkosten +5 %	---	↑↑	o	o	o	o	o	↑↑	o	o
	Mehrkosten +10 %	---	↑↑	o	o	o	o	o	↑↑	o	o
<b>Zeitaufwand</b> vgl. gering (30 Min. / Jahr)	Mittel (30 Min. / Monat)	(-)	o	o	↑	o	o	o	o	↓	o
	Hoch (30 Min. / Woche)	--	↑	o	o	↑	o	↓↓	o	↓	o
<b>Option A (links) vgl. Option B (rechts)</b>		+++	↓	↑	(↑)	o	o	o	↓↓	↓	o
<b>-&gt; „Autarkie“</b>	EV 40 % & Verbundstrom 60 %	+	↓		↓↓	↓↓	o	o	o	o	

**Eigenschaftseffekte:**  
 +++ / --- wirkungsstärkste Effekte  
 ++ / -- mittlere Effektstärke  
 + / - niedrige Effektstärke  
 (+) / (-) signifikante Effekte mit geringer  
 Entscheidungsrelevanz  
 o nicht signifikante Effekte

**Interaktions- bzw. Moderationseffekte (Sim: Grundlage simultane Entscheidungen (im Vergleich zu sequentiellen Entscheidungen), □: weibliche Befragte, 50+: Befragte 50 Jahre oder älter, AC: Region Aachen, OWL: Region Ostwestfalen-Lippe (Bielefeld / Paderborn), SI: Region Siegen, K: Region Köln / Bonn (mit Regionsdefinition nach Kropp / Schwengler 2011)):**  
 ↑↑ / ↓↓ wirkungsstarker Interaktionseffekt  
 ↑ / ↓ mittelstarker Interaktionseffekt  
 (↑) / (↓) Interaktionseffekt mit eingeschränkter Bedeutung

Abbildung 15: Anzahl der durchgeführten Interviews nach Region



Bei der **regionalen Betrachtung** zeigt sich, dass die Regionen Siegen (SI) und Ostwestfalen-Lippe (OWL) besonders interessant für lokale Prosumer-Energieverbände in NRW sind aufgrund der höheren Wertschätzung für Verbundstrom und einer geringen Bedeutung der Kosten. Im Fall von Siegen wurde überdies die lokale Kooperationsart stärker positiv bewertet. Im Münsterland und in der Region Köln / Bonn sollten Klimaschutzbeiträge bei der Vermarktung von Energieverbänden stärker im Fokus stehen, in Aachen hingegen weniger. Dieses Ergebnis muss nicht zwangsläufig bedeuten, dass Klimaschutz für die Befragten aus dem Münsterland und Köln insgesamt wichtiger ist als in Aachen. Vielmehr könnte es auch bedeuten, dass Klimaschutzbeiträge in Aachen eher als eine öffentliche Aufgabe angesehen werden und weniger als individuelle Verpflichtung und damit von geringerer Relevanz für Anschaffung- und Kooperationsentscheidungen

sind (siehe auch Menges und Traub 2009). Für die Befragten aus dem Münsterland waren höhere Eigenversorgungsgrade mit der eigenen Anlage von höherer Bedeutung. Daher müsste die Region besonders gut geeignet sein für Geschäftsmodelle zur Erhöhung des Eigenversorgungsgrads der Haushalte (z. B. Haushaltspeicher).

Anhand der Wichtigkeit der finanziellen Aspekte lässt sich das **zentrale Problem bei der Etablierung von Energieverbänden** ableiten. Die meisten Anlagenbesitzer in NRW bzw. in Deutschland können noch für einige Jahre mit der gesetzlichen Einspeisevergütung zu sehr profitablen Konditionen ihre erzeugte Energie ins Netz einspeisen. Kaum eine realistische Kombination der anderen Verbundeigenschaften mit Klimaschutz, Verbundversorgung und Zeitaufwand kann diese Opportunitätskosten aufwiegen.

#### Weiterführende Ergebnisse des Projekts zu diesem Thema sind zu finden in:

Oberst, C. A.; Harmsen-van Hout, M.J.W. (2017): Adoption and cooperation decisions in sustainable energy infrastructure: Evidence from a sequential choice experiment in Germany. FCN Working Paper (in Vorbereitung, Entwurfsversion auf Anfrage erhältlich bei Christian Oberst unter COberst@eonerc.rwth-aachen.de).

Oberst, C. A. (2017): Webapplikation zur Ergebnisdarstellung des Auswahl-experiments zum Thema Adoptions- und Kooperationsbereitschaft in einer nachhaltigen Energieversorgungsinfrastruktur. Auf Anfrage erhältlich bei Christian Oberst unter COberst@eonerc.rwth-aachen.de.

## 3.4 ERFOLGSFAKTOREN FÜR INDUSTRIELLE TRANSFORMATIONSPROZESSE

Timon Wehnert und Daniel Vallentin<sup>17</sup>

### HIGHLIGHTS

- Aus den vorherigen Analyseschritten lässt sich ein Raster verschiedener Phasen und Dimensionen industrieller Transformationsprozesse ableiten, in das Faktoren für den Erfolg derartiger Prozesse eingeordnet werden können.
- Die Phasen umfassen: Initiierung / Nische (erste Impulse und Aktivitäten im geschützten Raum), Verstetigung / Diffusion (Institutionalisierung von Netzwerken und Einbindung weiterer Akteure in thematisch klar abgegrenztem Rahmen) und Ausbau (Ausdehnung von institutionellen Strukturen auf andere Themenbereiche).
- Die Dimensionen umfassen politische, personenbezogene, ökonomische, strukturelle und sozio-kulturelle Aspekte – wobei die Dimensionen für Regionen und Unternehmen etwas unterschiedlich interpretiert werden.

Aus den empirischen Erhebungen und Analysen der vorangegangenen Kapitel lassen sich eine Reihe von Erfolgsfaktoren für industrielle Transformationsprozesse identifizieren. In diesem Abschnitt wird ein abstrahiertes Raster skizziert, in das spezifische Erfolgsfaktoren eingeordnet werden können und das insbesondere zur Strukturierung der Handlungsempfehlungen in Kapitel 5 dient und in Kapitel 4.3 wieder

aufgegriffen wird. Der folgende Abschnitt stellt also in gewissem Sinne eine **methodisch-konzeptionelle (aber keine inhaltliche) Strukturierung** der bisherigen Forschungsergebnisse dar.

### PHASEN DER TRANSFORMATION

In der Transformationstheorie gibt es unterschiedliche Beschreibungen von Transformationsprozessen, die auch die Beschreibung von archetypischen Phasen dieser Prozesse beinhaltet (vergleiche etwa

<sup>17</sup> Beide Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie

Rogers 1995, Rotmans u. a. 2001, Geels und Schot 2007). Ziel des unten skizzierten Rasters ist jedoch nicht die Beschreibung von historischen Transformationsprozessen, sondern einen Rahmen für die Entwicklung von Handlungsempfehlungen zu entwerfen. Hierfür scheint uns auf Basis unserer vorherigen Analysen folgende Phaseneinteilung geeignet:

- **Initiierung / Nische** Für viele Transformationsprozesse gibt es ein, mehr oder weniger gut bestimmtes, Initial. Dies kann sowohl ein externes (Zusammenbruch der DDR führt zu Strukturwandel in Bitterfeld) oder auch ein interne Ereignis sein (Akteure in Kalundborg beschließen erste firmenübergreifende Kooperation). Dabei ist dieses Initial in der Regel keine bewusste Initiierung eines Transformationsprozesses. Beispielsweise ging es im Industriepark von Kalundborg zunächst um den Aufbau einer ersten Kooperation, nicht um den Grundstein einer umfassenden industriellen Symbiose mit vielfältigen Interaktionen zwischen zahlreichen Unternehmen wie sie sich Jahrzehnte später entwickelt hat. Wenn es jedoch darum geht, Transformationsprozesse, wie die Energiewende, gezielt zu unterstützen, lohnt es sich, einen genaueren Blick auf die **Frühphasen anderer Transformationen** zu werfen, um daraus Handlungsempfehlungen abzuleiten, die speziell die Initiierung von Wandlungsprozessen betreffen.

In sehr vielen Transformationsprozessen wird das „Neue“ zunächst in kleinen, oft **abgeschlossenen oder auch besonders geförderten Nischen** entwickelt (s. auch Geels 2002). Auch in den von uns analysierten Prozessen wurden neue Ansätze für innovative Prozesse, Produkte oder Kooperationsformen erst einmal in Nischen eingeführt und getestet, bevor deren Anwendung verbreitert wurde. Diese Nischenphase ist in der Regel durch einen experimentellen Charakter geprägt – neue Ansätze können ja durchaus scheitern. Dies bedeutet aber, dass der Rahmen für die Nischen explizit Experimente zulassen muss. Entscheidungsträger gehen hier ein gewisses Risiko ein, die Bewertung der ökonomischen, technischen oder prozeduralen Tragfähigkeit darf zumindest anfangs nicht zu restriktiv erfolgen.

- **Verstetigung / Diffusion:** Wenn sich neue Ansätze (innerhalb der Nischen) bewährt haben, geht es darum, erfolgreiche Innovationsprozesse sowie Netz-

werk- und Kooperationsstrukturen zu institutionalisieren und zu verbreitern bzw. in den Mainstream zu überführen (Diffusion) – etwa beim Einführen eines Energieeffizienzmanagements im ganzen Unternehmen oder dem Einbinden von vielen Akteuren einer Region in ein etabliertes Netzwerk zu einem bestimmten Thema. In dieser Phase steht demnach häufig die Verstetigung und Institutionalisierung im Vordergrund, wobei der Fokus der Aktivitäten thematisch klar abgesteckt ist.

- **Ausbau:** In manchen Fällen beobachten wir im Anschluss an die Verstetigung / Diffusion eine zusätzliche Transformationsphase, in der eine weitere Ausweitung der Innovations- und Kooperationsaktivitäten erfolgt. Im Beispiel der regionalen Netzwerke in Ostwestfalen-Lippe (OWL) erfolgte auch nach der Institutionalisierung und dem „Mainstreaming“ des Netzwerkes noch eine Ausweitung des thematischen Fokus', der sich u. a. in der Umbenennung der Trägergesellschaft widerspiegelt. Charakteristisch für diese Transformationsphase ist u. a., dass **Prozesswissen von einem Themenfeld in ein anderes übertragen** wird. So wäre es denkbar, dass ein Unternehmen, das ein konsequentes Energiemanagement eingeführt hat, in einem nächsten Schritt diese Managementstruktur verwendet, um auch andere Themen (z. B. Ressourcenmanagement allgemein) anzugehen. Ein weiteres Charakteristikum dieser Phase ist es auch, dass sich vielfältige **Einzelaktivitäten zu einer Gesamtstrategie** integrieren, die mit einem professionellen institutionellen Rahmen hinterlegt ist, der das regionale Netzwerk bzw. die unternehmensinternen Innovationsprozesse professionell steuert und im Hinblick auf zukünftige Herausforderungen weiterentwickelt.

Da diese Phasen sehr unterschiedliche Charakteristiken aufweisen, müssen auch mögliche Handlungsempfehlungen spezifisch an diese Phasen angepasst sein. So zeigt sich etwa in den erfolgreichen regionalen Transformationsprozessen in Kalundborg und OWL (s. Kapitel 3.1), dass in den Anfangsphasen Einzelpersonen und deren Visionen, Kompetenzen sowie Entscheidungen eine wichtige Rolle spielen (was z. B. bei der Gestaltung von Rahmenbedingungen für die Initiierung und Nischenphase zu berücksichtigen wäre). In der Phase der Diffusion bzw. des Ausbaus

erfolgreicher Innovationsprozesse spielen einzelne Köpfe oft eine geringere Rolle. Hier ging es beispielsweise weniger darum, den „early mover“ genügend Freiraum zu geben, sondern darum, die „second“ bzw. „late mover“ zu aktivieren.

### Dimensionen der Transformation

Transformationsprozesse betreffen verschiedenste Dimensionen unserer Gesellschaft. Beispielsweise hat der Strukturwandel im Ruhrgebiet in den letzten 60 Jahren durch den Rückgang der Steinkohleförderung neben ökonomischen und technologischen auch umwälzende sozio-kulturelle und ökologische Verände-

rungen für die Region gebracht. In der Transformationsforschung gibt es eine Vielzahl zum Teil ähnlicher, oft aber auch widersprüchlicher Klassifizierungen der Dimensionen, in denen Transformationsprozesse ablaufen (etwa in: Geels und Schot 2007, Rotmans und Loorbach 2010, Fünfschilling und Truffer 2014, Schneidewind 2013, Augenstein 2015). Auf Grundlage der von uns empirisch untersuchten Beispiele und vor dem Hintergrund der zu entwickelnden Handlungsempfehlungen scheinen uns folgende Dimensionen geeignet, Erfolgsfaktoren für Transformationsprozesse in Unternehmen und in Regionen zu klassifizieren: politisch, Protagonisten (Akteure), sozio-kulturell, strukturell und ökonomisch.

Regionen			
	Initiierung / Nische	Verstetigung / Diffusion	Ausbau
Politisch (regional / überregional)			
Protagonisten (regional)			
Ökonomisch (regional / überregional)			
Räumlich / Infrastrukturell (regional)			
Sozio-kulturell (regional)			

Unternehmen			
	Initiierung / Nische	Verstetigung / Diffusion	Ausbau
Politisch (extern)			
Protagonisten (intern)			
Ökonomisch (intern / extern)			
Institutionell / Strukturell (regional)			
Sozio- / Unternehmenskulturell (regional)			

Abbildung 16: Klassifizierung von Erfolgsfaktoren in regionalen und unternehmensinternen Transformationen

Dabei ist es für die beiden unterschiedlichen Perspektiven (Regionen bzw. Unternehmen) notwendig, die einzelnen Dimensionen etwas unterschiedlich zu spezifizieren (s. Abbildung 16):

- **Politisch:** Politische Erfolgsfaktoren sind für

Unternehmen in der Regel externe Faktoren. Eine Beispiel hierfür sind z. B. neue mögliche Geschäftsmodelle für Stadtwerke getrieben durch das EEG oder, wie in Kapitel 3.2 dargelegt, Veränderungen des Subventionsrahmens für Braunkohle, der die ökonomische Darstellbarkeit von

technischen Maßnahmen zur Flexibilisierung von Braunkohlekraftwerken erheblich beeinflusst. Für regionale Transformationsprozesse ist zwischen politischen Handlungsoptionen regionaler Akteure (etwa Kommunen) und überregionalen Akteuren zu unterscheiden (Land und Bund). Kapitel 2.3 und 3.1 implizieren, dass je nach Wirtschaftsstruktur der Regionen und der regionalen Konzentration oder Streuung der Branchen unterschiedliche Politikansätze erforderlich sind

- **Protagonisten:** In allen von uns untersuchten Transformationsprozessen spielen Einzelentscheidungen zentraler Akteure eine wichtige Rolle. Häufig gibt es „Protagonisten“, die die Transformation stark unterstützen oder zentrale Weichenstellungen vornehmen. Wenn es darum geht, Transformationsprozesse gezielt (ggf. von außen) zu unterstützen, dann sollte daher der Handlungsspielraum für potentielle Protagonisten vergrößert werden. So wurde etwa in den Beispielen regionaler Transformationsprozesse immer wieder die Bedeutung des gegenseitigen Vertrauens zentraler Entscheidungsträger betont (etwa das der Firmenchefs in Kalundborg). Will man regionale Transformationsprozesse unterstützen, so scheinen Netzwerke, in denen Akteure sich kennenlernen und über gemeinsame Aktivitäten Vertrauen aufbauen können, ein wichtiges Instrument zu sein. Deutlich wird hier auch, dass die Zielgruppen der Netzwerke sich über die verschiedenen Phasen des Transformationsprozesses ändern können: Während in der Phase der Initiierung eher hochrangige Entscheidungsträger im Fokus stehen, sollte spätestens bei der Verstetigung die Netzwerkarbeit und Kooperation auf technische Experten ausgeweitet werden.
- **Ökonomisch:** Ökonomische Parameter bestimmen maßgeblich, welche Alternative von Wirtschaftsakteuren voraussichtlich umgesetzt werden. Für die Unterstützung von Transformationsprozessen ist es daher hilfreich, die ökonomischen Implikationen verschiedener Optionen abzuschätzen (wie etwa Flexibilisierungsoptionen für Braunkohlekraftwerke, s. Kapitel 3.2). Darüber hinaus beeinflussen ökonomisches Potential und Perspektiven von Unternehmen und Regionen deren Möglichkeiten, Transformationsprozesse aktiv zu gestalten. Ökonomische Erfolgsfaktoren sind oft relativ in dem Sinne, dass beispielsweise Veränderungen

in Kostenstrukturen unterschiedlich zu bewerten sind, wenn sie nur ein Unternehmen / eine Region betreffen oder eine gesamte Branche, deutschlandweit oder ggf. international. Daher unterscheiden wir explizit zwischen regionalen und überregionalen bzw. unternehmensinternen und extern ökonomischen Erfolgsfaktoren.

- **Strukturell:** Bestehende Strukturen führen häufig zu Pfadabhängigkeiten, die bestimmte Transformationsprozesse erschweren – während Flexibilitäten in Strukturen Veränderungsprozesse unterstützen können. Dabei fassen wir in dieser Kategorie sowohl materielle Infrastrukturen (etwa die Transportinfrastruktur einer Region) als auch institutionelle Strukturen (etwa beim Beispiel der Stadtwerke Aachen die Eigentums- und Entscheidungsstruktur des Unternehmens) zusammen. Bei Unternehmensstrukturen geht es uns vorwiegend um die unternehmensinternen Strukturen. Bei Regionen spezifisch um regionale Strukturen.
- **Sozio-kulturell:** Sozio-kulturelle Erfolgsfaktoren sind häufig schwer zu fassen, weil sie in der Regel nicht formalisiert / quantifiziert werden können. Dennoch wurde etwa in den durchgeführten Interviews mit Unternehmen immer wieder die Bedeutung der Unternehmenskultur für deren Innovationsfähigkeit betont. Auch regionale Transformationsprozesse sind stark von regionalen sozio-kulturellen Faktoren beeinflusst. In der Fallstudie zu den Industrienetzwerken Ostwestfalen-Lippe (OWL) wurde in diversen Quellen betont, dass viele der Familien- / Inhabergeführten Betriebe eine starke lokale Verankerung und lokales Verantwortungsgefühl spüren, was ein wichtiger Faktor für die Entwicklung der Region war und ist.

Das in Abbildung 16 dargestellte Raster dient somit zur Strukturierung der empirisch erhobenen Erfolgsfaktoren für regionale und unternehmensinterne Transformationsprozesse über die relevanten zeitlichen Entwicklungsphasen hinweg. Im Forschungsprozess konnte dieses Raster einerseits verwendet werden, um mögliche Lücken aufzudecken (wo können ggf. keine Aussagen gemacht werden?) und so die Ergebnisse zu stärken. Außerdem wurde das Raster verwendet, um die Schlussfolgerungen des Projekts in Kapitel 5 hinsichtlich der Transformationsphasen spezifizieren zu können.

# 4 GESTALTUNGS- MÖGLICHKEITEN VON INDUSTRIELLEN TRANSFORMATIONS- PROZESSEN

Die Analysen in den vorherigen Kapiteln zeigen, dass der Umbau des Energiesystems auf erneuerbare Energien mit beträchtlichen Wertschöpfungseffekten in NRW verbunden ist, die regional variieren und daher differenzierte Antworten erfordern. Der regionalen Ebene kommt bei der Entwicklung von Lösungen für die Energiewende eine besondere Bedeutung zu: Die räumliche Nähe wichtiger Akteure bietet die Möglichkeit eines dynamischen Austauschs zwischen ihnen und den Aufbau von Vertrauen. Auf diese Weise können innovative und stabile Netzwerke und Kooperationen zwischen Unternehmen verschiedener Branchen entstehen, die der Entwicklung technischer und systematischer Innovationen zur Bewältigung der Transformation des Industriestandortes NRW dienen.

Nachfolgend werden zunächst die Chancen und Herausforderungen von branchenübergreifenden Kooperationen (Kapitel 4.1) dargestellt. Anschließend werden Beispiele für branchenübergreifende Kooperationen (Kapitel 4.2) vorgestellt, um daraus zentrale Phasen und mögliche Handlungsansätze für ihre erfolgreiche Initiierung und Etablierung (Kapitel 4.3) abzuleiten.

## 4.1 POTENTIALE, HERAUSFORDERUNGEN UND HANDLUNGSANSÄTZE FÜR BRANCHENÜBERGREIFENDE KOOPERATIONEN

Daniel Vallentin und Katharina Knoop<sup>18</sup>

### HIGHLIGHTS

- **Energieintensive Industriebranchen wie die Chemie- und die Stahlindustrie in NRW stehen aufgrund der ambitionierten Treibhausgasminderungsziele auf EU- und Bundesebene unter Handlungsdruck.**
- **Branchenübergreifende Kooperationen können helfen, durch Innovationen an den Branchenschnittstellen (z. B. energetische Optimierungen, innovative Produktpfade) Treibhausgasminderungspotentiale zu erschließen.**
- **Für ihre Initiierung sind unter anderem ein förderlicher Governance-Rahmen, erste Nischen- / Pilotprojekte sowie regelmäßige Austauschforen zwischen den Beteiligten zum Vertrauensaufbau notwendig.**

Dieses Kapitel zeigt die Potentiale und Herausforderungen branchenübergreifender Kooperationen zwischen der Chemie- und der Stahlindustrie auf, da diese für NRW von zentraler ökonomischer Bedeutung sind.

### GROSSE HERAUSFORDERUNGEN FÜR DIE CHEMIE- UND STAHLINDUSTRIE

Die aktuellen Ausgangssituationen der Chemie- und der Stahlindustrie in Deutschland sind in Bezug auf viele Rahmenbedingungen vergleichbar. In beiden energieintensiven Industrien wurden in den vergangenen Jahren **starke Emissionsminderungen erzielt**: In der chemisch-pharmazeutischen Industrie gingen die absoluten THG-Emissionen zwischen 1990 und 2014 um 47 % zurück, trotz einer Produktionssteigerung um

<sup>18</sup> Beide Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie

62 %. Die deutsche Stahlindustrie konnte ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen laut eigenen Angaben zwischen 1990 und 2014 um 19 % senken (Wirtschaftsvereinigung Stahl 2013). Trotzdem sind weitere Beiträge beider Branchen zur Erreichung der politischen Klimaschutzziele, z. B. auf Bundesebene (-40 % THG-Emissionen bis 2020 und -80 % bis -95 % bis 2050 ggü. 1990), notwendig. Auch die aktuelle Version der Low-Carbon-Roadmap der EU (im Jahr 2017 / 2018 steht ihre Novellierung an) gibt ambitionierte Ziele vor: Bis 2050 muss der Industriesektor seine THG-Emissionen um ca. 85 % ggü. 1990 reduzieren, damit eine (EU-weite) THG-Emissionsreduktion von -80 % bis -95 % über alle Sektoren hinweg erreicht werden kann (EU-Kommission 2011).

Aktuell erscheint es jedoch wenig realistisch, die derzeit gängigen Prozesse der Chemie- und Stahlindustrie kurzfristig weitgehend emissionsneutral umzugestalten. Die nötigen signifikanten Senkungen sind nur mit sehr **innovativen Breakthrough-Technologien** erreichbar. Solche Produktionstechnologien und -verfahren müssen teils überhaupt erst entwickelt oder zumindest weiter erforscht werden, teils lässt sich ihre Nutzung (noch) nicht wirtschaftlich darstellen. Diese Unsicherheit bezüglich zukünftiger Entwicklungen zeigt sich auch in aktuellen Szenariostudien. Für die Stahlindustrie wird laut einer britischen Studie eine Senkung der THG-Emissionen bis 2050 um 60 % (ggü. 2012) aktuell als technisch maximal möglich erachtet. Für die Chemieindustrie gibt die gleiche Studie ein maximales THG-Reduktionspotential von 88 % ggü. 2012 an (Ausschöpfung des maximal möglichen technischen Potentials, kostenunabhängig; WSP und Parsons Brinckerhoff 2015).

Neben den ambitionierten Klimaschutzzielen stellt **starker internationaler Wettbewerbsdruck** die Unternehmen vor große Herausforderungen: In der Stahlindustrie z. B. der Preisdruck bei Massenstählen durch chinesische Überkapazitäten. Es soll daher verhindert werden, dass sich Maßnahmen im Rahmen der Energiewende negativ auf die Produktionskosten und die Wertschöpfung in Deutschland auswirken. Deshalb werden sich vor allem solche Unternehmen gut positionieren können, die sich pro-aktiv auf steigende Anforderungen einstellen und Klimaschutzmaßnahmen mit einer Verbesserung der Kostenstrukturen,

insbesondere aber der Innovation von Produkten und Prozessen verbinden. Gelingt es, Innovationsvorsprünge in der produzierenden Industrie zu realisieren, können hierdurch innovative Produktionsstandorte und Wertschöpfungsketten entwickelt bzw. gesichert und hochqualitative (nachhaltige) Produkt- und Prozessinnovationen auf den wachsenden Weltmärkten platziert werden.

Schlussfolgerungen hieraus sind, dass

- existierende Ideen für **Breakthrough-Technologien** gefördert werden müssen, damit diese auf Industrieniveau kommerziell nutzbar werden – dies betrifft u. a. alternative Rohstoffe wie Wasserstoff (H<sub>2</sub>).
- neue **Produktpfade und Geschäftsfelder** zu identifizieren sind – eine Perspektive hierbei ist die Entwicklung höherwertiger Produkte (z. B. Spezialstähle, polymere Werkstoffe).
- weitere **energetische Optimierungen**, v. a. durch Vernetzung zwischen Industriebranchen (branchenübergreifende Kooperationen), erreicht werden können.

### VORAUSSETZUNGEN UND HANDLUNGSANSÄTZE FÜR BRANCHENÜBERGREIFENDE KOOPERATIONEN

Während die genannten Ansätze einerseits unternehmensintern verfolgt werden sollten, können andererseits **branchenübergreifende Kooperationen** (im Sinne von Netzwerken aus Betrieben unterschiedlicher Branchen) einen wichtigen Beitrag zur Energiewende leisten. Hauptmotiv einer derartigen Zusammenarbeit ist in der Regel entweder die gemeinsame Entwicklung innovativer Produkte oder Prozesse oder eine energetische Optimierung in Form der Nutzung von Abwärme, Abgasen und Reststoffen anderer Unternehmen. Zwischen der Chemie- und der Stahlindustrie liegen Möglichkeiten zur Kooperation beispielsweise in der Nutzung anfallender Reststoffe (Abwärme, Gase), der Entwicklung innovativer Verbundstoffe oder der gemeinsamen Nutzung von Infrastrukturen, z. B. Gaspipelines oder Stromerzeugungseinheiten.

Um wichtige Aspekte branchenübergreifender Kooperationen zu identifizieren und zu diskutieren, wurde

im Rahmen des Projekts ein Workshop mit Wissenschaftsvertretern durchgeführt, auf dem bisherige Forschungsergebnisse präsentiert, Herausforderungen diskutiert und denkbare **Ansätze für branchenübergreifende Kooperationen** ausgelotet wurden. Die Ergebnisse sind in Abbildung 17 zusammengefasst.

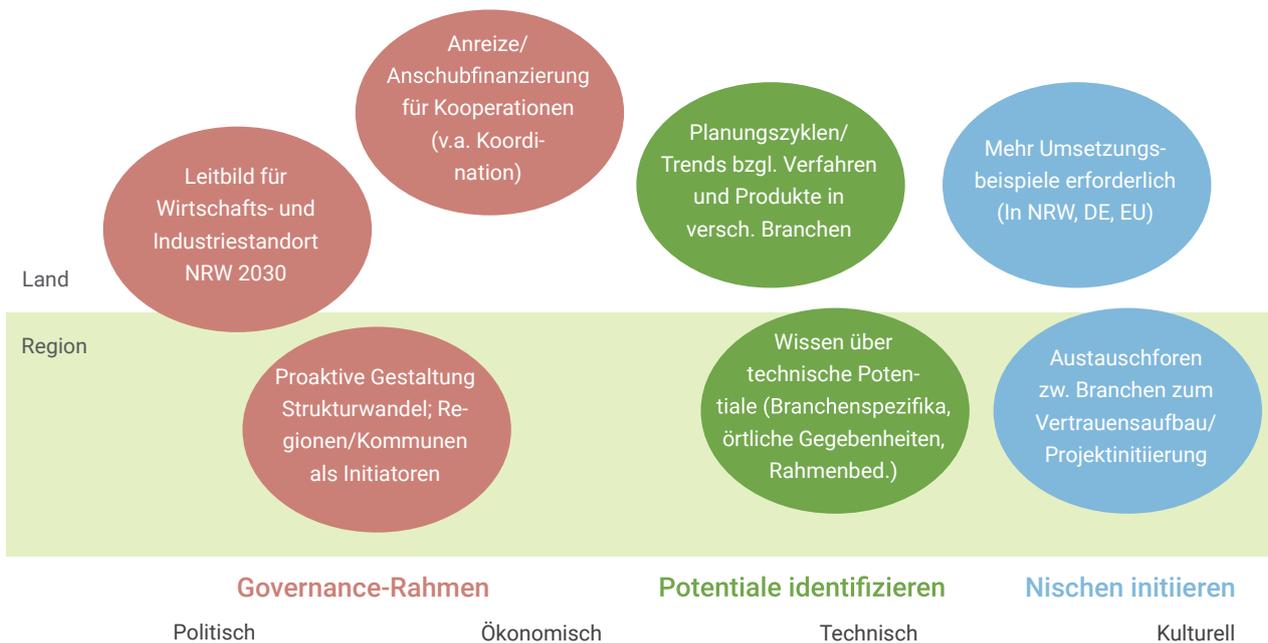
Als wichtige Voraussetzung wurde festgehalten, dass branchenübergreifende Kooperationen auf politischer Ebene eines **übergeordneten regulatorischen und strategischen Rahmens (Governance-Rahmen)** bedürfen. Für Unternehmen ist von besonderer Relevanz, dass dieser Governance-Rahmen insgesamt mittel- bis langfristige Planungssicherheit gewährleistet. Wichtiger Bestandteil eines solchen strategisch-regulatorischen Rahmens könnte ein Leitbild sein, in dem zentrale Zielvorstellungen für die Zukunft des Wirtschafts- und Industriestandortes NRW bis zum Jahr 2030 festgehalten sind. Das Leitbild sollte verschiedene politische Ebenen innerhalb NRW abdecken – neben der Landesebene also die Regionen und Kommunen.

Des Weiteren sollten auf regulatorischer Ebene insbesondere **rechtliche Fragestellungen**, die branchenübergreifende Kooperationen aktuell behindern, geklärt werden. Hierzu zählen z. B. die rechtlichen Voraussetzungen für den Transfer von Prozessgasen und Nebenprodukten zwischen kooperierenden Unternehmen.

Anreize zur Umsetzung neuer Kooperationen könnten z. B. mittels der **Initiierung durch Kommunen oder finanzieller Anschubfinanzierungen** gesetzt werden, besonders im Fall kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU). Da aktuell kaum starke wirtschaftliche Anreize, z. B. tragfähige Geschäftsmodelle, zum Aufbau branchenübergreifender Kooperationen existieren, laufen Austausch (z. B. die Nutzung von Schlacke in der Zementindustrie) derzeit über Marktmodelle. Für Austauschprodukte wie Wärme, (wasserstoffreiche) Gase etc. ist dies nicht über einen gleichartig gestalteten Markt zu betreiben, da hier entweder kein Transport über offene Wege erlaubt ist oder aber die mit hohen Investitionen verbundene Infrastruktur zuerst gezielt aufgebaut werden müsste.

Ein weitere wichtige Voraussetzung für branchenübergreifende Kooperationen besteht darin, **existierende Potentiale** zu identifizieren. Hierfür sind z. B. Informationen über örtliche Gegebenheiten, allgemeine Branchencharakteristika (jeweils anfallende Nebenprodukte, Prozessgase etc.) sowie konkrete unternehmensspezifische Faktoren nötig. Konkret wurden im Rahmen des Projekt-Workshops folgende Punkte diskutiert:

- Für jede Form von branchenübergreifender Kooperation ist die **räumliche Nähe** von Produktionsstandorten ein Vorteil, oft sogar eine Notwendigkeit. Wenn Standorte weit voneinander entfernt liegen, wären für Kooperationen hinsichtlich Carbon Capture and Use (CCU), Nutzung von Kuppelgasen, Wärme, Dampf etc. in der Regel Pipelines mit zum Teil sehr großen Ausmaßen und entsprechenden Anschaffungskosten notwendig. In diesen Fällen sind die Kooperationspotentiale oft deutlich geringer.
- Die an Kooperationen beteiligten oder interessierten Branchen weisen **unterschiedliche Branchenspezifika** aus, die die Möglichkeiten für branchenübergreifende Potentiale spürbar beeinflussen. Hierzu zählen z. B. Planungszyklen für Investitionen in (Neu-)Anlagen oder Infrastrukturen, Volumina anfallender Restprodukte sowie weitere spezifische technische und ökonomische Bedingungen an den einzelnen Standorten.
- Um technische Fragestellungen (Planungszyklen, Trends, Produkte) auf übergeordneter (Branchen-) Ebene zu adressieren, könnten **Austauschforen** zwischen den unterschiedlichen Industrien unter Einbeziehung der Wissenschaft aufgebaut werden. Derartige Foren könnten dabei helfen, Nischen für Kooperationen zwischen Unternehmen zu identifizieren und erste Piloten zu initiieren. Ein Beispiel für ein Format eines solchen Forums wäre die Etablierung eines virtuellen oder auch realen Instituts, das Naturwissenschaftler und Ingenieure aus den verschiedenen Branchen und der Wissenschaft versammelt.



**Abbildung 17: Diskutierte Aspekte zu branchenübergreifenden Kooperationen**

Wenn ein geeigneter Governance-Rahmen besteht und Potentiale identifiziert wurden, ist ein weiterer Schritt die tatsächliche **Initiierung branchenübergreifender Kooperationen**. Wichtige Aspekte hierbei sind:

- Da bisher kaum Praxisbeispiele für branchenübergreifende Kooperationen im Industriesektor existieren (z. B. Kalundborg und Carbon2Chem® – s. Kapitel 4.2), sollten zunächst kleine **Nischen- und Pilotprojekte** entwickelt werden, um Wissen und Erfahrungen auf diesem Gebiet zu sammeln.
- Um gemeinsam Synergien erschließen zu können, müssen die Firmen möglichst viel voneinander wissen. Eine zentrale Barriere ist dabei die

Geheimhaltung von Geschäftsinterna. Auch hier könnten langfristig angelegte Austauschforen ein Instrument darstellen, um das notwendige **Vertrauen** zum Aufbau einer gemeinsamen Wissensbasis und ein gegenseitiges Verständnis zwischen den Unternehmen und den jeweils handelnden Personen zu schaffen. Erste gemeinsame Pilotprojekte könnten im nächsten Schritt aufzeigen, welche Art rechtlicher Hindernisse für Kooperationen überwunden werden müssen und welches Know-how und welche Prozesse hierfür erforderlich sind.

## 4.2 BEISPIELE FÜR DIE REALISIERUNG BRANCHENÜBERGREIFENDER KOOPERATIONEN

Helena Mölter, Georg Kobiela, Daniel Vallentin, Timon Wehnert,  
Katharina Knoop<sup>19</sup>

### HIGHLIGHTS

- Bei der Betrachtung branchenübergreifender Kooperationen kann zwischen industriell getriebenen Kooperationsprozessen, als F&E-Projekte verfolgten Kooperationen und regional getriebenen Kooperationen unterschieden werden.
- Übergreifend lässt sich schlussfolgern, dass Vertrauen zwischen den beteiligten Akteuren von zentraler Bedeutung ist. Dies kann bei räumlicher Nähe zwischen den Akteuren in einer Region mit regelmäßigen Austauschmöglichkeiten leichter aufgebaut werden.
- Eine Verankerung von Unternehmen in einer Region und gemeinsame regionale Herausforderungen, wie z. B. Fachkräftemangel, können als Impulse für die Initiierung von Kooperationen dienen.
- Kooperationen zwischen Unternehmen sind vor allem bei langfristigen, vorwettbewerblichen Themen möglich, um Konkurrenzdenken zu umgehen.

Die hier aufgeführten Good-Practice-Beispiele beschreiben **Ziele, Strukturen und Vorgehensweisen** erfolgreicher branchenübergreifender Kooperationen in der Industrie. Die Priorität liegt dabei auf nicht-

technischen Lösungsansätzen (Austauschformaten, Arbeitsprozessen, Anreizmechanismen etc.), da diese gerade für die Initiierung von Kooperationen besonders wichtig erscheinen. Trotz variierender Ausgangssituationen können diese Fallbeispiele Inspiration für zukünftige innovative branchenübergreifende Kooperationen sein.

<sup>19</sup> Alle Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie

**Tabelle 3: Übersicht der in diesem Kapitel erläuterten Fallbeispiele nach Art der Kooperation**

Art der Kooperation	Fallbeispiel	
	Titel	Beteiligte Akteure
<b>Industriell getriebene Kooperationsprozesse</b>	Creative Center	Bayer MaterialScience (heute: Covestro)
<b>Als F&amp;E-Projekte verfolgte Kooperationen</b>	Carbon2Chem®	17 Partner aus Chemie- und Stahlindustrie
<b>Regional getriebene Kooperationen</b>	Industrielle Symbiose in Kalundborg	U. a. DONG, Novo Nordisk, Statoil, Gyproc
	Ostwestfalen-Lippe (OWL)	OWL GmbH sowie u. a. AEG, Miele, Hella

In diesem Kapitel wird zwischen industriell getriebenen Kooperationsprozessen, Kooperationen durch F&E-Projekte sowie regional getriebenen Kooperationen unterschieden. Für jeden Kooperationstyp werden ein bis zwei Beispiele aufgeführt (s. Tabelle 3). Alle Fallbeispiele haben einen überwiegend regionalen Fokus, der energetische Vorteile, regionale Wertschöpfungsketten und Vernetzung sowie innovationsfördernde Bedingungen (kurze Wege, Standortnähe, vorhandenes Know-how) mit sich bringt.

#### **INDUSTRIELL GETRIEBENE KOOPERATIONSPROZESSE – DAS BEISPIEL „CREATIVE CENTER“**

Das Creative Center (CC) wurde als organisatorische Einheit Anfang der 2000er Jahre bei Bayer MaterialScience mit dem Ziel aufgebaut, zukünftige Markt- und Produkttrends frühzeitig zu erkennen (5–15 Jahre im Voraus). Seine Etablierung war eine Reaktion auf die damals angestrebte stärkere Downstream-Orientie-

rung des Unternehmens (von der Rohstoffquelle weg hin zum Markt), die größeres Wissen über Märkte und Kundenbedürfnisse erforderte. Trotz positiver Bewertung wurde das Creative Center 2013 nach einem Strategiewechsel in ein sogenanntes Foresight-Management umgewandelt, da Bayer sich nun wieder verstärkt auf das Kerngeschäft konzentrieren wollte. Somit verschob sich der Fokus von Endkundenbedürfnissen hin zur Identifikation zukünftiger Geschäftsfelder.

Institutionell bestand das Creative Center aus **vier Markt-Scouts** für bestimmte Themenbereiche (z. B. Technologie-Screening aller Polymer-Arten) plus Manager und Assistenz, die quer zur etablierten Unternehmensstruktur angesiedelt waren. Sie initiierten Zukunftsprojekte und boten einzelnen Geschäftseinheiten Anwendungslösungen an. Diese entschieden, inwiefern die Lösungen in ihr Portfolio passten und von ihnen übernommen werden konnten.

Tabelle 4: Arbeitsprozess im Creative Center

Arbeitsschritt	Output	Methode
<b>Inputsammlung</b>	Übersicht zu Trends, Opportunitäten etc.	Literaturstudien, Messebesuche, Diskussionen mit visionären Kunden
<b>Szenarienentwicklung</b>	Entwicklung von Szenarien zu zentralen Marktfeldern	Interne Diskussionen, ad-hoc Einbindung v. Kunden
<b>Szenarienreflexion</b>	Abgleich interner Szenarien mit externen Perspektiven	Diskussion der Szenarien mit Kunden und Überarbeitung
<b>Ideengenerierung</b>	Ableitung von Produkt- / Anwendungsansätzen	Workshops, Brainstormings
<b>Ideenbewertung / -diskussion</b>	Rating und Diskussion von Ideen	Datensheets, Expertenrunden
<b>Feasibility-Check</b>	Machbarkeitsbewertung	Bewertung entlang Kriterien

Der Innovationsprozess des Creative Centers umfasste sechs Schritte mit starker Ergebnisorientierung. Diese Schritte mussten nicht in strikter Abfolge durchschritten werden, sondern dienten als Checkliste für eine iterative Aufgabenerledigung. Von sehr hoher Bedeutung war die **Einbindung der Kunden**, welche systematisch in jedem Schritt erfolgte. Tabelle 4 zeigt die sechs Schritte mit den entsprechenden Outputs und angewandten Methoden (Sandmeier u. a. 2004). Obwohl dieser Innovationsprozess im Fall Bayer MaterialScience unternehmensintern umgesetzt wurde, ist ein **derartiger Prozess auch zwischen Unternehmen denkbar**.

Wie zukünftige Entwicklungen mit Hilfe branchenübergreifender Kooperationen identifiziert werden können, stellt der **Netzwerkansatz des Creative Centers** dar: Das CC rief seit 2003 regelmäßig cross-industrielle Netzwerke mit übergeordneten Themen wie „Future Living“, „Future Logistic“ oder „Future Transportation“ ins Leben. Dieses sogenannte **„Future Business Network“** („Future Bizz“) ist heute als selbstständiges Netzwerk aktiv.

Am Future Bizz nehmen Firmen unterschiedlichster Industrien teil, die die Ungewissheit über zukünftige Entwicklungen eint. Ziel ist, die Ungewissheit zu reduzieren, indem Sichtweisen auf die Zukunft ausgetauscht werden. Unternehmen wie Hochtief, Schindler, Grohe, Henkel und Bayer MaterialScience legen ihre Trendforschungsergebnisse offen und diskutieren diese. Das Ergebnis steht allen Teilnehmenden zur Verfügung, die Kosten der Workshops werden geteilt. Welche Konsequenzen die Unternehmen aus dem Ergebnis ziehen, ist jedem selbst überlassen. Der Fokus ist bewusst langfristig (zehn Jahre) und vorwettbewerblich gesetzt, um direkte Wettbewerbssituationen zu vermeiden.

Aus diesem Fallbeispiel können die folgenden Schlussfolgerungen abgeleitet werden:

- **Innovationsmanagement folgt der Unternehmensstrategie** und muss dahingehend ausgerichtet sein (hier: neue Downstream-Strategie führte zu CC).
- Offene Innovationsprozesse funktionieren vor allem, wenn **langfristige, vorwettbewerbliche Themen** bearbeitet werden.

- Branchenübergreifende Zusammenarbeit eröffnet neue Perspektiven, **senkt Kosten** und führt zu **besseren Informationen über zukünftige Marktbedürfnisse**.
- Das Eingehen einer branchenübergreifenden Kooperation impliziert eine **Abwägung** zwischen einem möglicherweise auftretenden Wissensabfluss versus eines eventuellen Gewinns an Erkenntnis und Innovationskraft.
- **Besondere Methoden und Kommunikationskanäle** sind nötig, um Ergebnisse des CCs ins Tagesgeschäft zu übersetzen (innerbetriebliche Akzeptanz schaffen).

#### ALS F&E-PROJEKTE VERFOLGTE KOOPERATIONEN – DAS BEISPIEL „CARBON2CHEM®“

„Carbon2Chem®“ ist Teil eines zehnjährigen Gesamtprojekts mit dem Ziel, CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Hochofen- und Konverterprozess der Stahlproduktion für die Chemieindustrie zu nutzen. So könnte die Stahlindustrie von der Verwertung ihrer CO<sub>2</sub>-Emissionen wirtschaftlich profitieren, während die Chemieindustrie ihren Input fossiler Rohstoffe reduzieren könnte. Insgesamt haben sich 17 Partner (u.a. BASF, Linde AG, Siemens, Max-Planck-Institut) zusammengetan, um die **Abgase der Hochöfen in Vorprodukte für Kraftstoffe, Kunststoffe oder Dünger** umzuwandeln. Aufgrund seines modularen Ansatzes könnte die Technologie an mehr als 50 vergleichbaren Stahlproduktionsstätten weltweit und in verwandten emissionsintensiven Industriezweigen zum Einsatz kommen. Auf diese Weise sollen 20 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> bzw. 10 Prozent der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen der deutschen Industrieprozesse und des verarbeitenden Gewerbes künftig wirtschaftlich nutzbar gemacht werden.

Carbon2Chem® bildet den ersten Teil (vier Jahre) des Gesamtprojektes und umfasst die Grundlagenforschung und Pilotphase. In dieser Phase wird das Projekt durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung mit mehr als 60 Mio. € unterstützt. Das gesamte Verbundprojekt vollzieht sich in **drei Stufen**:

Zunächst soll mit der Grundlagenforschung eine wissenschaftliche Basis geschaffen werden. Diese wird anschließend ins PLANCK-Technikum transferiert, wo im Laufe von 2–5 Jahren erste Betriebserfahrungen bezüglich des Zusammenspiels der Einzelkomponenten im Hüttenumfeld gesammelt werden sollen. Das Ende dieser Phase ist für spätestens 2023 geplant, mit einem Investment in Höhe von mehr als 100 Mio. €. Schließlich erfolgt die kommerzielle Umsetzung als Beitrag zum Speichern von Überschussenergie, zur Entstehung von Produkten im großen Maßstab, einhergehend mit signifikanter CO<sub>2</sub>-Reduzierung im industriellen Verbund. Dies soll 2022 mit Gesamtinvestitionen von mehr als 1 Mrd. Euro starten (MPI CEC und Agentur Zukunft 2016).

Der Verbund der an Carbon2Chem® beteiligten Unternehmen und Institutionen wird von einem monatlich stattfindenden Koordinatorenkreis, bestehend aus Vertretern des Fraunhofer UMSICHT und des Max-Planck-Instituts für Chemische Energiekonversion (CEC) und der thyssenkrupp AG, geleitet (s. Abbildung 18). Es werden sechs Teilprojekte umgesetzt, die jeweils über institutionelle Strukturen wie Projektleiter, Verbund- und Arbeitstreffen verfügen. Beteiligt daran ist zudem der Steuerkreis, welcher alle zwei Monate konferiert und sich vor allem mit der Integration der Teilprojektergebnisse, der Simulation der cross-industriellen Prozesse, der Dimensionierung der Teilanlagen und der CO<sub>2</sub>-Bilanz des Gesamtprojekts beschäftigt. Darüber hinaus existiert ein Beirat, der beratend und bewertend tätig ist. Eine Vollversammlung ist jährlich geplant; außerdem sollen ab 2017 externe, sogenannte „PLANCK-Konferenzen“ veranstaltet werden.

Zukünftig soll das Carbon2Chem®-Projekt mit einer projekteigenen GmbH ausgestattet werden, die sich mit der Kommunikation nach außen, der Erhebung gemeinsamer Ressourcen für übergeordnete Aufgaben und der Diskussion regulatorischer und gesellschaftlicher Prozesse beschäftigen soll. Die Projektkoordination ist explizit nicht Aufgabe dieser sogenannten TREK (Transfer-Basis für Erneuerbare Energiekonversion) GmbH.



Abbildung 18: Struktur Projekt „Carbon2Chem®“

Die wichtigsten Erkenntnisse aus dem Projekt bisher lauten:

- Die Größe und Vielfältigkeit des Konsortiums erfordern **klar definierte Austauschplattformen** und eine **gute Moderation** zur Vermeidung von Inkonsistenzen.
- Die **räumliche Nähe** zwischen den Projektpartnern erleichtert die Zusammenarbeit und den Aufbau von Vertrauen.
- Für das Aufsetzen eines solchen Projekts sind **rechtliches und wettbewerbliches Know-how** erforderlich, z. B. zum Abschluss von Geheimhaltungsvereinbarungen.
- Innerhalb großer Konzerne muss auch von anderen Abteilungen gelernt werden.
- Die **politische und finanzielle Förderung** des BMBF hat das Projekt klar gestärkt.

### REGIONAL GETRIEBENE KOOPERATIONEN – DIE BEISPIELE „KALUNDBORG“ UND „OWL“

#### Kalundborg

Das besondere an der Region Kalundborg an der Westküste Dänemarks ist seine „Industrielle Symbiose“, ein dichtes Netzwerk von Austauschbeziehungen zwischen Unternehmen. Der Zusammenschluss soll wie ein Ökosystem funktionieren, in dem verschiedene

Spezies voneinander profitieren (Kalundborg Symbiosis 2016). Die Industrielle Symbiose in Kalundborg ist international Vorreiter und Vorzeigebispiel für branchenübergreifende Kollaboration.

In der Gemeinde Kalundborg sind acht öffentliche und private Unternehmen ansässig, darunter einige der größten Unternehmen Dänemarks und Weltmarktführer verschiedener Bereiche: Novo Nordisk, der weltweit größte Insulinhersteller, Novozymes, der weltweit führende Enzymhersteller, die größte Kläranlage Nordeuropas (Kara / Noveren), die größte Energieanlage Dänemarks (Asnaes, Dong Energy) und die größte Öl-Raffinerie der Ostseeregion (Statoil). Weiterhin sind Gyproc, Gipskarton-Hersteller, die Stadt Kalundborg, die Wasser und Wärme für die rund 50.000 Einwohner der Region bereitstellt, und Kalundborg Forsyning A/S, der Wasser- und Wärmelieferant sowie Abwasserentsorger der Region, an der Symbiose beteiligt.

Ihren Anfang nahm die Symbiose 1972 mit einem **Abkommen zwischen Statoil und Gyproc**: Die Öl-Raffinerie von Statoil lieferte fortan überschüssiges Gas an Gyproc, das zum Trocknen der produzierten Gipsplatten verwendet wurde. In den folgenden Jahren wurden immer mehr Unternehmen Teil der Symbiose (Kalundborg Symbiosis 2016), aber erst 1989 wurde die Symbiose bekannt und offiziell so benannt. Danach nahm die Zahl der Wechselbeziehungen zwi-

schen den ansässigen Industrien weiter zu (Jacobsen 2008), auf heute ca. 50 Austauschbeziehungen zwischen acht Unternehmen (s. Abbildung 19). Folglich werden viele anfallende Nebenprodukte verwertet, Stoffkreisläufe geschlossen und Müll vermieden.

Seit 1996 ist das „Symbiosis Center“ mit finanzieller Unterstützung der Region Sjælland dafür zuständig,

den ebenso private Kontakte durch die geografische und mentale Nähe der Stakeholder (Jacobsen 2008). Ökonomisch erforderten die Zusammenschlüsse zunächst Investitionen in Infrastrukturen (Jacobsen 2008). Daher musste von Beginn an ein **hohes Maß an Vertrauen und langfristigem Denken** vorhanden sein, um die Stakeholder von der (langfristigen) Profitabilität des Projekts zu überzeugen. Obwohl

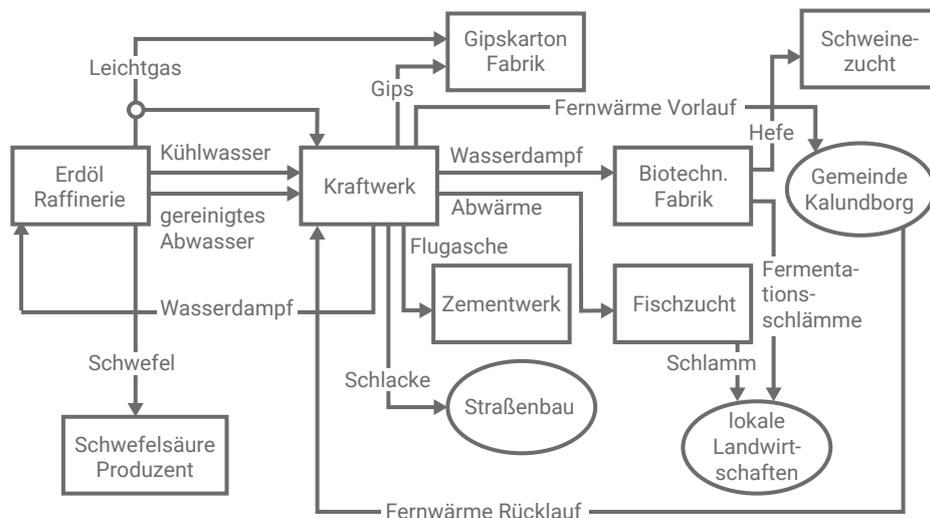


Abbildung 19: Komplexes Prozessnetzwerk als Produkt jahrelanger Kooperation

die Symbiose nach außen zu vertreten und international zu bewerben. Das Center soll als Multiplikator für die Verbreitung der Erfahrungen mit industriellen Austauschbeziehungen dienen und bei der Entwicklung neuer Symbiosen helfen.

Interessanterweise wurde die Symbiose der Unternehmen nicht im Voraus geplant, sondern ist durch zunächst vor allem **informelle Zusammenkünfte der Führungskräfte** der ansässigen Unternehmen in Kollaboration mit der Stadtverwaltung entstanden. Es ist somit ein Beispiel für ein spezifisches regionales Cluster, das sich in einem evolutionärem Prozess entwickelt hat, der nicht von oben geplant war, sondern erst formal unterstützt wurde, als er schon relativ weit entwickelt war.

Soziale Beziehungen werden als grundlegendes Erfolgsrezept von Kalundborg beschrieben. Es bestanden nicht nur enge geschäftliche Beziehungen, son-

die Errichtung der Infrastrukturen und die effiziente Gestaltung der Austauschbeziehungen eine gewisse technologische Herausforderung beinhalteten, stellten sie keine wirklichen Hemmnisse dar.

Die wichtigsten Erfolgsfaktoren und Schlussfolgerungen dieser Fallstudie lauten:

- Funktionierende **gesellschaftliche Verbundenheit** ermöglicht informelle Begegnungen und damit Identifikation von Kooperationspotentialen.
- Die Entscheidungsträger in den Unternehmen vertrauten sich gegenseitig.
- Unterschiedliche Branchen **ohne Wettbewerbsverhältnis** erleichtern die gegenseitige Nutzung von Zwischenprodukten.
- **Langfristige Stabilität**, z. B. durch ein Clustermanagement, und Standorttreue sind Erfolgsfaktoren für Industriecluster.

## OWL

Die Region Ostwestfalen-Lippe (OWL) ist ein Verwaltungsbezirk in Nordrhein-Westfalen. OWL beherbergt Stammsitze großer Unternehmen (z. B. Bertelsmann, Miele, Oetker), aber vor allem ein breites Spektrum starker mittelständischer Unternehmen mit einem Schwerpunkt im verarbeitenden Gewerbe.

Mit einer PR-Kampagne für die Region wurde die **Marke „OWL – in NRW ganz oben“** 1990 gezielt entwickelt. In diesem Prozess entstanden neben der Marke OWL und einem Regionalgefühl, das es vorher in dieser Form nicht gab, auch Kooperationen zwischen Firmen sowie zwischen Wirtschaft und Wissenschaft. Insbesondere die Herausforderung Fachkräfte in die eher ländlich und kleinstädtisch geprägte Region zu locken, wurde als Gemeinschaftsaufgabe verstanden.

Mittlerweile ist aus einer Region mit einzelnen starken Firmen, die sich gegenseitig Fachkräfte abgeworben haben, eine Region geworden, in der auch konkurrierenden Kooperationsmöglichkeiten ausloten. Ziel der gemeinsamen Entwicklungsstrategie ist eine Spitzenposition der Region OWL im globalen Wettbewerb für intelligente technische Systeme. Um die Aktivitäten der Region in Richtung einer Digitalisierung von Produktionsprozessen zu bündeln und zu stärken, wurde das Technologie-Netzwerk „it's OWL“ (als Abkürzung für „intelligente technische Systeme Ostwestfalen-Lippe“) gegründet. 2012 wurde es als **eines von 15 deutschen Spitzenclustern** ausgewählt, die eine Förderung durch das BMBF erhalten. Die im Spitzencluster beteiligten Unternehmen (AEG, Benteler, Hella, Miele, Weidmüller, Wittenstein motion control und andere) engagieren sich mit erheblichen Eigenmitteln. Sie sind im Anlagenbau, der Elektronik, als Automobilzulieferer und in der IT tätig und erarbeiten gemeinsam intelligente technische Systeme. Das Cluster

dient den Firmen zur Standorterhaltung, da sie mit dem Markenkonzent „it's OWL“ verstärkt Fachkräfte anwerben sowie zur Verbesserung der Marktposition, da durch Kooperationen neue Geschäftsfelder erschlossen werden können.

Insgesamt haben sich die Ziele hin zur Förderung der Regionalentwicklung verschoben. Kooperationen zwischen Unternehmen sowie vor allem zwischen Forschung, Hochschulen und Unternehmen stehen im Vordergrund, aber auch die Erhöhung der Lebensqualität insgesamt ist ein wichtiges Ziel.

Aus dieser Fallstudie können die folgenden Schlüsse gezogen werden:

- **Regionale Herausforderungen** wie Fachkräftemangel können von den ansässigen Firmen erfolgreich gemeinsam angegangen werden.
- Eine **lokale Verbundenheit und Verankerung** von Unternehmen erhöht die Bereitschaft zur Investition in das Image der Region (regionales Marketing etc.).
- Netzwerke können ihre Aktivitäten schrittweise erweitern, politische Förderprogramme können dies unterstützen.
- Die Cluster- und Netzwerkentwicklung profitiert, wenn sie eingebunden ist in eine **Regionalentwicklung**, die auch Bereiche wie Wissenschaft und Kultur umfasst.

OWL weist überaus **aktive und innovative Formate und Foren zur Vernetzung** der verschiedenen Akteure in der Region auf und ist sowohl angesichts der Breite als auch der Tiefe der Kooperationen beispielhaft. Im nachfolgenden Kapitel wird daher auf die einzelnen Entwicklungsphasen der Kooperationen in der Region eingegangen und die in diesen Phasen jeweils wirkenden Treiber, Barrieren und Akteure.

### Weiterführende Ergebnisse des Projekts zu diesem Thema sind zu finden in:

Mölter, Helena; Kobiela, Georg; Vallentin, Daniel; Wehnert, Timon (2016): Formate zur Unterstützung von Transformations- und Innovationsprozessen in Unternehmen. Abrufbar unter:  
[http://www.vi-transformation.de/wp-content/uploads/2017/04/Mölter\\_Formate-Innovationsprozesse.pdf](http://www.vi-transformation.de/wp-content/uploads/2017/04/Mölter_Formate-Innovationsprozesse.pdf)

## 4.3 INITIIERUNG, VERSTETIGUNG, AUSBAU: PHASEN UND INSTRUMENTE ZUR FÖRDERUNG BRANCHENÜBERGREIFENDER KOOPERATIONEN IN NRWs REGIONEN

Nora Schecke<sup>20</sup> und Helena Mölter<sup>21</sup>

### HIGHLIGHTS

- Das Kapitel systematisiert die Entstehung und den Ausbau der branchenübergreifenden Kooperation in OWL in die Phasen Initiierung / Nische, Verstetigung / Diffusion und Ausbau.
- Als zentraler Impuls für die Kooperation wirkte die REGIONALE in OWL im Jahr 1997, die einen ersten Experimentierraum für Kooperationsaktivitäten bot.
- Die Verstetigung der Kooperation wurde durch eine starke Identifikation mit der Region und dem Ziel, diese vor allem für Fachkräfte attraktiv zu machen, unterstützt. Die Einwerbung einer Spitzencluster-Förderung des BMBF führte zu einem weiteren Ausbau der Kooperationsstrukturen.
- Die Übertragbarkeit der Erkenntnisse aus OWL auf die Stahl- und Chemieindustrie in Krefeld / Duisburg sind aus strukturellen Gründen und spezifischen Gegebenheiten der Branchen zwar begrenzt. Allerdings bieten der schrittweise Ausbau und die Ausweitung von Unternehmensnetzwerken in OWL interessante Anknüpfungspunkte.

<sup>20</sup> Kulturwissenschaftliches Institut Essen (KWI)

<sup>21</sup> Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie

Basierend auf den Erkenntnissen über die Region OWL<sup>22</sup> aus den Kapiteln 3.1 und 4.2, zeigte sich, dass sich diese Region aufgrund ihrer Entwicklung für eine vertiefende Analyse eignet, um Phasen und jeweils geeignete Instrumente für die Entwicklung branchenübergreifender Kooperationen zu betrachten. Dabei wird auf dem Phasenraster aus Kapitel 3.4 aufgebaut. Ebenso lassen die Erkenntnisse auch Schlüsse für Handlungsansätze zum Aufbau von Kooperationen in anderen Regionen und Branchen zu: Wie schon in Kapitel 4.1 erläutert, besteht vor allem in der energieintensiven Stahl- und Chemieindustrie weiterhin ein hoher Bedarf, einerseits den Energieverbrauch sowie andererseits insgesamt THG-Emissionen zu senken. Neben unternehmensinternen Optionen tragen vor allem branchenübergreifende Kooperationen ein hohes Potential zur Erreichung der Ziele in sich. Da in der Region um Krefeld<sup>23</sup> sowohl die Stahlindustrie wie auch die Chemieindustrie vertreten sind, wurde diese Region ausgewählt, um zu prüfen, ob sich Möglichkeiten und Erkenntnisse aus OWL für eine Kooperation zwischen der Chemie- und der Stahlindustrie in dieser Region nutzen lassen.

### METHODISCHES VORGEHEN

Ziel dieses Kapitels ist es, zunächst die **unterschiedlichen** Phasen zu analysieren, in welche die Entwicklung der Kooperation in OWL unterteilt werden kann. Die Phasen – Initiierung, Verstetigung und Ausbau – sind dabei von bestimmten Akteuren sowie fördern-

den und hemmenden Faktoren für die Entwicklung geprägt. Dies lässt Rückschlüsse zu, wie branchenübergreifende Kooperationen auf regionaler Ebene mit dort verfügbaren Instrumenten gefördert werden können – diese werden konkret am Beispiel von Krefeld beschrieben. Strukturelle Unterschiede zwischen OWL und Krefeld werden dabei berücksichtigt bzw. herausgearbeitet.

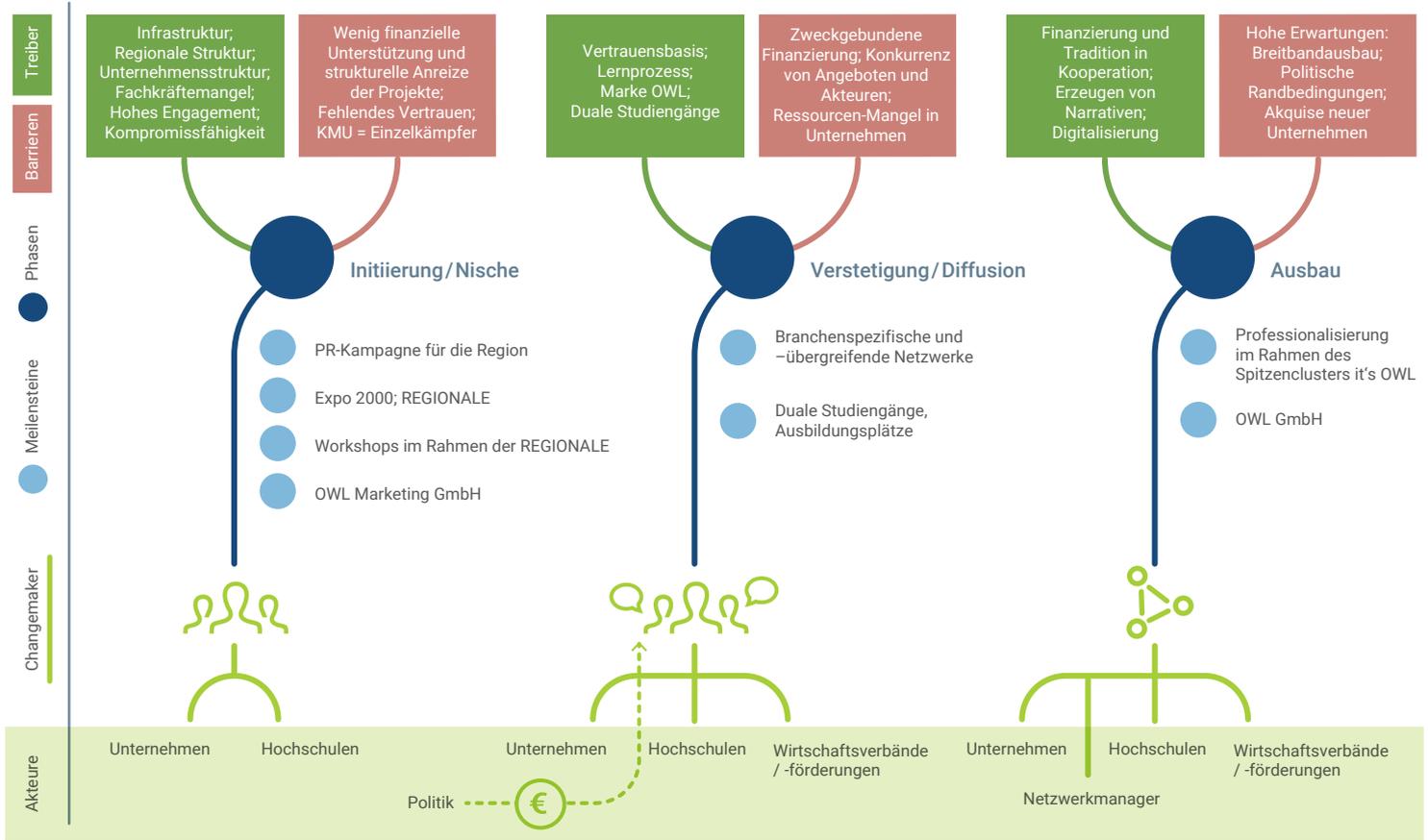
Die Vorgehensweise für die Beschreibung und Analyse der ausgewählten Regionen OWL und Krefeld / Duisburg beruht auf einer **Desktop-Recherche** und **zehn (leitfadenbasierten) Experteninterviews**. Ziel hierbei war, dass die Experten ein möglichst breites Bild der Akteurslandschaft widerspiegeln: So wurden sowohl Unternehmen, Netzwerke, Wissenschaftler wie auch Verbände (wie die Industrie- und Handelskammer) ausgewählt, um mittels Interviews eine Analyse über die jeweils treibenden und hemmenden Faktoren für branchenübergreifende Kooperationen in der Region zu ermitteln.

### ERGEBNISSE: ENTWICKLUNGSPHASEN BRANCHENÜBERGREIFENDER KOOPERATIONEN IN OWL

Die Analyse der Region OWL zeigt, welche Akteure in den jeweiligen Phasen, aber auch phasenübergreifend wichtig waren für die Entwicklung der branchenübergreifenden Kooperation in der Region (s. Abbildung 20).

**22** Der Verwaltungsbezirk in Nordrhein-Westfalen mit den Kreisen Gütersloh, Bielefeld, Herford, Minden-Lübbecke, Lippe, Paderborn und Höxter hat mehr als 2 Mio. Einwohnern (316 Einwohner / km<sup>2</sup>) und weist damit die geringste Bevölkerungsdichte im Vergleich zu den übrigen Regierungsbezirken in NRW auf. OWL ist geprägt von inhabergeführten KMU aus den Bereichen Maschinenbau, Möbelindustrie, Lebensmittelindustrie, Automatisierungs- und Elektrotechnik.

**23** Krefeld ist eine kreisfreie Stadt am Niederrhein. Sie liegt linksrheinisch und grenzt in südwestlicher Ausrichtung an Duisburg. Stark vertreten ist hier die Chemieindustrie, welche sich schwerpunktmäßig auf die Standorte des Chemparks Krefeld-Uerdingen und des Evonik Industries AGs Werkes konzentriert. Der Chempark befindet sich am Rheinwerft Uerdingen. Auf der gegenüberliegenden Rheinseite ist die Stahlindustrie verstärkt angesiedelt, wie z. B. thyssenkrupp in Duisburg. Da insbesondere die Kooperation zwischen der Stahl- und Chemiebranche untersucht wird, wird neben Krefeld ebenfalls die Stadt Duisburg zum Untersuchungsraum gezählt.



**Abbildung 20: Phasen in OWL: Akteure, Treiber, Barrieren und relevante Meilensteine**

**Initiierung / Nische:** Im Jahr 1990 wurde eine erste PR-Kampagne durchgeführt, welche aus den Mitteln regionaler Unternehmen finanziert war, um auf die Region aufmerksam zu machen. Zudem wurde von Kreisen und der privaten Wirtschaft die Marketinggesellschaft **OWL Marketing GmbH** (später: OWL GmbH) gegründet, um verstärkt für die Region zu werben. Die erste REGIONALE von NRW wurde im Jahr 1997 an die Region vergeben, welche gleichzeitig eines der dezentralen Projekte der EXPO 2000 in Hannover war. Die **REGIONALE** verhalf der Region zu landesweiter Aufmerksamkeit. Schon der Bewerbungsprozess löste eine verstärkte Zusammenarbeit in vorbereitenden Workshops zwischen bisher noch nicht in Kontakt getretenen Akteuren in der Region aus. Die Kulisse in Form der REGIONALE ermöglichte

es den involvierten Unternehmen, Perspektiven für die Region aufzuzeigen und eigene Ideen zu präsentieren. Die REGIONALE bot den Unternehmen folglich eine Nische und ein Experimentierfeld. Um die dabei entstandenen Projekte weiterzuführen, sind erste **informelle Netzwerke** entstanden. Vor allem die Kompromissfähigkeit der Akteure war in dieser Phase förderlich, um Kooperationen im Rahmen der REGIONALE aufzubauen und ein gemeinsames Handeln zu ermöglichen. Auch die Bereitschaft zu einem hohen ehrenamtlichen Engagement war essentiell, um Projekte ohne finanzielle Unterstützung und strukturelle Anreize erstmalig durchzuführen. Prägende Akteure waren insbesondere in dieser Phase die schon oben beschriebenen einzelnen Personen aus Hochschulen und Unternehmen.

**Verstetigung / Diffusion:** Die Institutionalisierung dieser Initiativen und Netzwerke führte zur Gründung einiger regionaler und branchenspezifischer wie auch -übergreifender Netzwerke mit dem Ziel, den Wissensaustausch zwischen den Firmen und der Wissenschaft in der Region zu erhöhen. Weiter wirkte das Bemühen der Unternehmen, die Attraktivität als Arbeitgeber zu erhöhen: Es wurden in Kooperation mit den Hochschulen **duale Studiengänge** institutionalisiert, um junge und auf die ansässigen Unternehmen spezialisierte Fachkräfte langfristig für die Region zu gewinnen. Förderlich zur Verstetigung der entstandenen Initiativen und Kooperationen war die Entwicklung zu einer Marke („OWL“). Zudem setzte ein Lernprozess durch die ersten Kooperationen ein, welcher ein gewisses Selbstbewusstsein, ein *Wir-Gefühl* sowie einen **Stolz auf die Region** erzeugte. Auch das hieraus entstandene Vertrauen diente als Basis für weitere Kooperationen. Die Netzwerke selbst wurden zu feststehenden und etablierten Institutionen in der Region. So ermöglichte zum Beispiel der Prozess des Klimaschutzplans eine Vernetzung der Unternehmen und baute einerseits ein Netzwerk an Kontakten auf und andererseits gegenseitige Hemmschwellen ab. Der Mangel an zeitlichen Ressourcen in KMU ließ in dieser Phase **intermediäre Akteure** in Form von Netzwerkmanagern in den Vordergrund treten, um die Vernetzung zu erleichtern.

**Ausbau:** Die Verstetigung und Ausweitung der vorhandenen Netzwerke mündete in der Bewerbung für den vom BMBF ausgerufenen **Spitzencluster-Wettbewerb**: OWL erhielt mit dem inhaltlichen Schwerpunkt „Intelligente technische Systeme“ eine Finanzierung in Höhe von 40 Mio. €. Dies wirkte als Katalysator für die

**Verbindung der Netzwerke** durch ein entsprechendes übergreifendes Netzwerkmanagement und ermöglichte eine professionalisierte Zusammenarbeit unter diesen, um eine gemeinsame Strategie der Region zu entwickeln. Für die Professionalisierung der bestehenden Kooperationen zeigt sich, dass eine Tradition in Kooperation und eine gesicherte Finanzierung (durch das BMBF) förderlich wirkten. Vor allem der Trend der **Digitalisierung zur Industrie 4.0** verlangt, dass die Unternehmen branchenübergreifend kooperieren müssen und daraus eine Strategie für die Region entwickeln: Grenzen von Branchen und bisherigen Geschäftsmodellen weichen auf und erfordern daher ein neues, tiefergehendes Verständnis von Kooperation. Hemmend wirkt der teils geringe Energiekostenanteil der ansässigen Unternehmen sowie ein niedriger Ölpreis bei Aktivitäten im Bereich von Energieeinsparungen. Dennoch ist die Region OWL und ihre Unternehmen bei Energieeffizienzmaßnahmen mit vielen verschiedenen Projekten sehr aktiv.

Im Folgenden wird auf die Treiber und Barrieren eingegangen, welche phasenübergreifend relevant waren, um die Entwicklung der Region nachvollziehen zu können:

## TREIBER & BARRIEREN

In Tabelle 5 werden weitere phasenübergreifende Treiber für die Entwicklung der branchenübergreifenden Kooperation in OWL erörtert sowie in Tabelle 6 phasenübergreifende Hemmnisse der regionalen Entwicklung branchenübergreifender Kooperationen beschrieben.

Tabelle 5: Phasenübergreifende Treiber

Treiber	Beschreibung
<b>Unternehmensstruktur- und Identität</b>	Familiengeführte KMU mit tiefer regionaler Verwurzelung; Interesse an langfristig ganzheitlich positiver Entwicklung der Region; Unternehmen kämpfen mit ähnlichen Problemen (Fachkräftemangel, Standortattraktivität).
<b>Infrastruktur</b>	Günstige Verkehrsanbindung und Nähe zu Kunden und Zulieferern; Förderung durch Unternehmen, da hohes Interesse an einer entsprechend attraktiven Infrastruktur (Schulen, Hochschulen, Kultur, Freizeit) besteht.
<b>Regionale Struktur</b>	Homogene, mittelständisch-industriell geprägte „Regiopole“ <sup>24</sup> mit hohem Sozialkapital setzt besondere Innovationsbemühungen voraus – hieraus kann sich ein Netzwerk einfacher und effektiver als bspw. in Metropolregionen ausbilden.
<b>Hohe Emotionalität</b>	Akteure haben tiefe emotionale Verwurzelung und Verantwortung der Region gegenüber.
<b>Bottom-Up Netzwerke</b>	Aus Initiativen von Unternehmen bildeten sich Netzwerke: Eigene Ziele, Probleme und Ideen konnten in diese eingebracht werden.
<b>Vision</b>	Entwicklung einer gemeinsamen Vision mit dem Ziel, sich als Region zu profilieren und zu positionieren. Die Entwicklung ist dabei iterativ.
<b>Tradition in Kooperation</b>	Lange währende Kooperationskultur in OWL – welche grundlegend stetig vertieft und ausgeweitet wurde.

Tabelle 6: Phasenübergreifende Barrieren

Barrieren	Beschreibung
<b>Unternehmensgröße</b>	Begrenzte zeitliche, humane und finanzielle Ressourcen erschweren Anträge für (gemeinsame) Entwicklungen sowie die Durchführung von (über bilaterale hinausgehende) Kooperationen.
<b>Konkurrenz</b>	Sich im Wettbewerb befindende Unternehmen kooperieren lediglich im wettbewerbsfähigen Bereich oder bei übergeordneten Themen.
<b>Fehlendes Bewusstsein</b>	Geringe Bereitschaft für branchenübergreifende Kooperationen, da ein geringes Bewusstsein vorherrscht und die Vorteile dafür oft unbekannt sind.
<b>Kultur der Organisationen</b>	Unternehmen und Hochschulen sind durch jeweilige Organisationskultur geprägt und sprechen oftmals eine andere Sprache.
<b>Forschungsinstitute</b>	Bisher nur „Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik und Mechatronik IEM“ und „Fraunhofer Anwendungszentrum Industrial Automation“ in Lemgo in der Region platziert. Fehlende Institute bspw. im Bereich der Grundlagenforschung erschweren Forschungsk Kooperationen.

<sup>24</sup> Der Begriff beschreibt Städte außerhalb von Metropolregionen, welche zusammen mit der umgebenden Region einen Entwicklungsmotor darstellen.

## ERGEBNISSE: ÜBERTRAGBARKEIT VON ERKENNTNISSEN AUS DER REGION OWL AUF DIE REGION KREFELD

Beim Vergleich der Region OWL und Krefeld / Duisburg lassen sich einige relevante **strukturelle Unterschiede** feststellen. Als räumliche Einheit ist OWL eine Region mit den Charakteristika einer „Regiopole“. Demgegenüber werden in Krefeld / Duisburg zwei Großstädte der Metropolregion Rhein-Ruhr betrachtet. Treibende Faktoren im Sinne regionaler Identitäten und räumlich abgrenzbarem *Wir-Gefühl* sind dort demnach nicht in gleicher Weise evident.

Die Hauptunterschiede lassen sich wie folgt zusammenfassen und nehmen außerdem Rückbezug zu den Ergebnissen aus Kapitel 4.2:

Relevante Unterscheidungsmerkmale ergeben sich aus den betrachteten Branchen. Im Falle der **Stahl- und Chemiebranche** handelt es sich um energieintensive Industrien, welche in Anbetracht der Kooperationsstrategie (Nutzung von Stoffströmen) forschungspraktische, technische, wirtschaftliche, (genehmigungs-) rechtliche und auf Akzeptanz bezogene Aspekte vordergründig zu beachten haben. Beim Carbon2Chem®-Modellprojekt sind diese in besonderem Maße relevant. Für eine marktfähige Umsetzung in der Zukunft wäre ein weitreichender **Um- und Ausbau von Infrastrukturen und Produktionsanlagen** erforderlich. Wichtige Voraussetzungen bilden sich hier in einer langfristigen **rechtlich-politischen Planungssicherheit** und **verlässlichen Wirtschaftlichkeitsanalysen** ab. In OWL sind entsprechend geringere Hürden für eine branchenübergreifende Zusammenarbeit auszumachen: Digitalisierung und Energieeffizienz fungieren hier als breit anwendbare Querschnittstechnologien.

**Tabelle 7: Unterscheidungsmerkmale zwischen den Untersuchungsräumen OWL und Krefeld / Duisburg**

	OWL	Krefeld / Duisburg
<b>Untersuchungsraum</b>	Region („Regiopole“)	Großstädte in der Metropolregion Rhein-Ruhr
<b>Kooperationsart</b>	Regional getriebene Kooperationen (Kulmination im Spitzencluster „it's OWL“)	Industriell getriebene Kooperationsprozesse (z. B. CleanTechNRW)
		Als F&E-Projekte verfolgte Kooperationen (z. B. Carbon2Chem®)
<b>Kooperationsstrategie</b>	Digitalisierung / Industrie 4.0 als Querschnittstechnologie	Kooperationen durch die branchenübergreifende Nutzung von Gasen, Reststoffen und Abwärme (z. B. CO <sub>2</sub> )
	Kooperationen entlang der Wertschöpfungskette	Kooperationen entlang der Wertschöpfungskette
<b>Prägende Branchen</b>	Maschinenbau, Automatisierungs- und Elektrotechnik, Lebensmittel- und Möbelindustrie	Chemie / Stahl (als energieintensive Branchen)
<b>Unternehmensstruktur</b>	KMU neben einzelnen größeren Unternehmen	Große Unternehmen (börsennotiert)

Die **Rolle der politischen Ebenen** (kommunale sowie Landes-, Bundes- und EU-Ebene) ist in OWL unterschiedlich stark – je nach (Förder-) Projekt oder involviertem Akteur bzw. Institution. In der Entwicklung von marktfähigen Innovationen zwischen der Stahl- und Chemiebranche fungiert die europäische Gesetzgebung als primäre Orientierungs- und Einflussebene; Kommunalpolitik spielt hier kaum eine Rolle.

### TREIBER UND BARRIEREN

Die aufgezeigten Unterschiede zwischen den Untersuchungsräumen können in ihrer Ausprägung hemmend oder förderlich für branchenübergreifende Kooperationen sein. Insbesondere mit den europäischen gesetzlichen Rahmenbedingungen und Reglementierungen (wie z. B. die Klima- und Energieziele der EU, Beschlüsse zur EEG-Umlage usw.) wird ein hohes Maß an hemmender Planungs- und Investitionsunsicherheit seitens der Stahl- und Chemieindustrie verknüpft.

Die **Metropolregion Rhein-Ruhr** wird ausdrücklich als förderlich für den Aufbau von Kooperationen bewertet, da eine gute Infrastruktur besteht und kurze (Transport-) Wege sowie vielfältige Netzwerke und Initiativen zwischen Industrien und Wissenschaft vorhanden sind. Neben den logistischen Treibern werden auch die **Branchen an sich als besonders geeignet für Kooperationen** bewertet; Kooperationen gibt es hier bereits viele (von Wertschöpfungsketten über Forschungsprojekte, wie z. B. zu biologischer Synthese). Mit Blick auf den Standort Krefeld / Duisburg werden die Vorteile der Metropolregion jedoch in der Hinsicht relativiert, dass die Trennung der Standorte durch den Rhein den Ausbau einer geeigneten Infrastruktur (wie Pipelines usw.) und genehmigungsrechtliche Verfahrensschritte erschwert.

Förderlich für industriell getriebene Kooperationen sind demgegenüber **branchenübergreifende Austauschplattformen und Clusteraktivitäten** (wie CleanTechNRW). Ein vertrauensvoller Austausch fördert eine offene Ideen- und Innovationsentwicklung. Eine große Menge an gesetzlichen Reglementierungen und Auflagen, bürokratischen Hürden, Datenschutzbestimmungen und Geheimhaltungsvereinbarungen sowie unternehmerische Konkurrenz

erschweren wiederum branchenübergreifende Kooperationsbemühungen.

### EMPFEHLUNGEN AN KREFELD / DUISBURG

Neben den aufgezeigten Unterschieden können folgende **inhaltliche Schnittstellen und Übertragungsmöglichkeiten von OWL auf Krefeld / Duisburg** in Form von Empfehlungen erarbeitet werden:

- **Gemeinsame Schnittstellen, Zukunftspotentiale und Chancen erkennen:** Hierzu zählt die Identifizierung zentraler Zukunftsthemen wie z. B. die Verknüpfung von Digitalisierung und Energiewende. Ein gemeinsamer „Schmerz“, d. h. ein übergreifend als dringlich wahrgenommenes Problem (z. B. Fachkräftemangel in OWL) kann zur kooperativen Lösungsfindung zwischen Unternehmen einer Region beitragen und Win-Win-Situationen schaffen. Auf diese Weise können Barrieren in Treiber, also Probleme in Lösungen umgewandelt werden.
- **Aufbau von Vertrauen:** Kooperationen sollten zunächst in Bereichen, die wenige Risiken bergen, nicht von Wettbewerb zwischen den beteiligten Branchen berührt sind und keine Preisgabe von Unternehmensinterna erfordern, ansetzen.
- **Planung und Durchführung von ersten Projekten / Maßnahmen / Innovationen:** Die Realisierung erster gemeinsamer Projekte kann initiiierend für weitere Kooperationen wirken. Diese Start-Projekte sollten einen geringen Ressourceneinsatz (finanziell, human) mit sich bringen und die Chance bieten, rasch erste Erfolge zu erzielen, die die Motivation bei allen Beteiligten hochhalten bzw. steigern.
- **Akquiseunterstützung:** Insbesondere KMU mit begrenzten finanziellen und personellen Ressourcen sollte Unterstützung bei der Antragsstellung von Drittmittel finanzierten Förder- und Forschungsprojekten angeboten werden. Für diesen Zweck erscheint es sinnvoll, Kooperationen mit Hochschulen, IHKs und Wirtschaftsförderungen zu etablieren.
- **Bürokratische Hürden abbauen:** Dies ist insbesondere wichtig, um Unternehmen die Durchführung auch kleinerer Kooperationsformen (z. B. im Vergleich zu Carbon2Chem®) zu

erleichtern.

- **Austauschplattformen im Sinne von Open Innovation stärken:** Austauschforen (wie z. B. CleanTechNRW) sind von hoher Bedeutung für den Vertrauensaufbau zwischen Unternehmen und den beteiligten Personen und der Entwicklung gemeinsamer Ideen für Kooperationsansätze. Um die Erarbeitung innovativer Ideen nicht zu begrenzen, ist es wichtig, derartige Plattformen technologieoffen anzulegen.
- **Austausch zwischen Politik und Industrie erhöhen:** Dies ist von hoher Bedeutung um die politischen Rahmenbedingungen für branchenübergreifende Kooperationen praxisnah und bedarfsgerecht zu gestalten und Unternehmen den Zugriff auf geeignete Fördertöpfe zu erleichtern.

# 5 FAZIT – SCHLUSS- FOLGERUNGEN FÜR EINEN ZUKUNFTSFÄHIGEN INDUSTRIESTANDORT NORDRHEIN-WESTFALEN IM ZEICHEN DER ENERGIEWENDE

Der Industriestandort Nordrhein-Westfalen ist gegenwärtig aus vielerlei Gründen einem starken Veränderungsdruck und Strukturwandel ausgesetzt. Hierzu zählen beispielsweise der starke internationale Wettbewerb und der damit verbundene Kostensenkungsdruck in einigen Branchen der energieintensiven Industrie oder auch die Digitalisierung von industriellen Produktionsprozessen. Die Energiewende und der damit verbundene Ausbau erneuerbarer Energien ist ein weiterer wichtiger Treiber dieses Strukturwandels, der in dieser Studie tiefergehend betrachtet wurde. Neben der Analyse ökonomischer Effekte durch den Ausbau erneuerbarer Energien wurden im Rahmen des Forschungsprojektes übergeordnete Untersuchungen zu Erfolgsfaktoren von Transformationsprozessen durchgeführt und hieraus Handlungsempfehlungen zur Gestaltung und Unterstützung der Transformation des Industriestandortes NRW im Rahmen der Energiewende entwickelt.

## ÖKONOMISCHE EFFEKTE DER ENERGIEWENDE IN NRW

- Im Rahmen einer Input-Output-Analyse wurde ermittelt, dass der Ausbau erneuerbarer Energien (EE) **insgesamt einen positiven Wertschöpfungseffekt für Nordrhein-Westfalen hat**, der v. a. durch Beiträge zur Herstellung von EE-Anlagen begründet ist. Dennoch profitiert NRW nicht so stark vom Ausbau der Erneuerbaren wie viele andere Bundesländer. Aufgrund seiner Rolle als traditionelles Industrieland mit weitgehend auf fossilen Brennstoffen basierten Energieerzeugungsstrukturen ist NRW von negativen (kontraktiven) Wertschöpfungseffekten im Rahmen eines Ausbaus von erneuerbaren Energien besonders stark betroffen, wie z.B durch den Wegfall von Investitionen in konventionelle Erzeugungsstrukturen. Dieser strukturelle Effekt ist kurzfristig nicht umkehrbar. Im Gegenzug sollten aber positive Wertschöpfungschancen durch die Herstellung und den Betrieb von EE-Anlagen politisch gestärkt werden. Das heißt Instrumente zum Kompetenzaufbau für den Bau von EE-Anlagen gezielt einzusetzen und den Ausbau der erneuerbaren Energien in NRW selbst zu fördern.
- Mit Blick auf einzelne Branchen wird deutlich, dass in der Summe aus Herstellung und Betrieb von EE-Anlagen in keinem Wirtschaftszweig negative Wertschöpfungseffekte zu verzeichnen sind. Mit Blick auf die Herstellung von EE-Anlagen profitieren insbesondere das verarbeitende Gewerbe und dort vor allem Unternehmen in den Branchen Metallverarbeitung, Elektroindustrie und Maschinenbau. Beim Betrieb der EE-Anlagen weisen hingegen nur zwei der 35 untersuchten Wirtschaftszweige – nämlich die Landwirtschaft und die Elektroindustrie – positive Wertschöpfungseffekte auf. Diese profitieren vor allem durch die Bereitstellung von Biomasse bzw. von Ersatzteilen.
- Für NRW zentrale energieintensive Industriebranchen wie die Stahl- und Chemieindustrie profitieren deutlich bzw. moderat von der Herstellung der EE-Anlagen, haben jedoch eher negative Effekte beim Betrieb der Anlagen zu verzeichnen.
- Aufgrund ihrer hohen ökonomischen Bedeutung wurden die Branchen Stahl, Chemie und Maschinenbau bei einer Analyse der **regionalen Ver-**

**teilung** der (positiven) Wertschöpfungseffekte vertiefend betrachtet. Diese regionale Verteilung ist für die einzelnen Branchen **überaus unterschiedlich**. Während die positiven Effekte für den Maschinen- / Anlagenbau regional weit gestreut sind, konzentrieren sie sich für die Chemieindustrie vorrangig auf die Standorte großer Chemie-parks und im Falle der Stahlindustrie auf das östliche und südöstliche Ruhrgebiet bzw. das angrenzende Bergische Land. Demnach sind für eine verstärkte Ausrichtung der Branchen auf „grüne“ Zukunftsmärkte wie erneuerbare Energien spezifische Politikansätze erforderlich, die von regional stark konzentrierten Instrumenten für wenige Unternehmen (Stahlindustrie), Instrumente für Verbundstandorte und deren Verknüpfung (Chemie) bis zu Förderansätzen für eine regional breit gefächerte und heterogene Branchenstruktur (Maschinen- / Anlagenbau) reichen. Für die Auswahl geeigneter politischer Instrumente sind profunde Kenntnisse über den Verlauf industrieller Transformationsprozesse erforderlich.

- Eine zentrale Herausforderung der Energiewende ist die verstärkte **Flexibilisierung** des Energieverbrauchs und der im Übergang zu einer weitgehend erneuerbaren Stromproduktion verbleibenden fossilen Kraftwerke. Eine Realoptionen-Analyse zu Flexibilisierung von Braunkohlekraftwerken zeigt, dass die technische Realisierung der hier betrachteten Flexibilisierungsoptionen teilweise mit hohen Reinvestitionskosten einhergeht. Daher hat der aktuelle Subventionsrahmen für die Braunkohleförderung und -nutzung einen entscheidenden Einfluss darauf, ob – und wenn ja welche – Maßnahmen zur Flexibilisierung von Braunkohlekraftwerken ökonomisch darstellbar sind.

## ERFOLGSFAKTOREN FÜR TRANSFORMATIONSPROZESSE

In unserem Projekt wurden auf regionaler und auf Unternehmensebene beispielhaft industrielle Transformationsprozesse untersucht, die zeigen, welche Faktoren und Instrumente für deren Gelingen von zentraler Bedeutung sind. Sie bieten Anknüpfungspunkte, die für die Gestaltung des Transformationsprozesses im Zuge der Energiewende in NRW von Nutzen sein können – nicht nur für den Ausbau der

erneuerbaren Energien, sondern auch für die anderen Herausforderungen der Energiewende, wie die energetische Optimierung der Produktionsstrukturen und die Reduktion der Treibhausgasintensität mithilfe innovativer Prozesse und Produkte. Ein besonderes Augenmerk wurde auf die Rolle regionaler Kooperationen zur Steigerung der regionalen Resilienz gegenüber Veränderungen und der Innovationsfähigkeit von Regionen insgesamt gelegt.

Aus den empirischen Erhebungen und Analysen von historischen Transformationsprozessen in Unternehmen und Regionen lassen sich eine Reihe von **Erfolgsfaktoren für industrielle Transformationsprozesse** identifizieren, die in eine Systematik verschiedener Phasen und Dimensionen eingeordnet werden können. Hierfür wurden die Regionen Bitterfeld-Wolfen (großer Chemiepark, der nach der Wiedervereinigung eine Transformation durchlaufen hat), Kalundborg (dänische Vorreiterregion für Industrie-Symbiose) und Ostwestfalen-Lippe (Spitzencluster für Intelligente Technische Systeme mit umfassenden branchenübergreifenden Kooperationen) betrachtet. Untersuchte Beispiele für Unternehmen sind Evonik und die Stadtwerke Aachen. Auf Basis dieser Fallstudien lassen sich folgende Phasen industrieller Transformationsprozesse ableiten: 1) Initiierung / Nische, 2) Verstetigung / Diffusion und 3) Ausbau sowie die Dimensionen politisch, Protagonisten (Akteure), sozio-kulturell, strukturell und ökonomisch.

- **Initiierung / Nische:** Für viele Transformationsprozesse gibt es ein, mehr oder weniger gut bestimmbares, Initial. Dies kann sowohl ein externes (Zusammenbruch der DDR führt zu Strukturwandel in Bitterfeld) oder auch ein interne Ereignis sein (Akteure in Kalundborg beschließen erste firmenübergreifende Kooperation). Auf regionaler Ebene sind hierbei sozio-kulturelle Aspekte wie beispielsweise gute und vertrauensvolle Kontakte zwischen Entscheidungsträgern von Unternehmen von hoher Bedeutung. Hinzu kommt ein gemeinsames Interesse von Unternehmen, das deren ökonomische Ziele unterstützt und nicht zu Konkurrenzen zwischen den Unternehmen führt. Innerhalb von Unternehmen leiten sich Impulse für Transformationsprozesse aus Veränderungen der ökonomischen Rahmenbedingungen sowie aus

dem entschlossenen Vorantreiben von Innovationen durch einflussreiche Einzelpersonen im Unternehmen ab. Die genannten Impulse können zu ersten Projekten und Institutionen führen, welche es ermöglichen, die Kooperation innerhalb einer Region oder den Innovationsprozess in einem Unternehmen weiter voranzutreiben. Diese neuen Ansätze werden häufig in Nischen getestet und weiter entwickelt.

- **Verstetigung / Diffusion:** In dieser Phase etablieren sich die zuvor geschaffenen institutionellen Strukturen und themenbezogenen Aktivitäten durch einen verstetigten und stabilen Austausch zwischen den bislang eingebundenen Akteuren innerhalb einer Region oder eines Unternehmens. Der Fokus liegt dabei nach wie vor auf einem klar eingegrenzten Themenfeld und Akteursspektrum. Zentrale Voraussetzung für den Schritt von der Nischen- / Initiierungsphase zur Verstetigung ist sowohl in Regionen als auch Unternehmen, dass die beteiligten Akteure in einer Vertiefung regionaler Kooperationen bzw. unternehmensinterner Innovationsaktivitäten einen konkreten langfristigen Nutzen erkennen. Überdies kann die Einwerbung externer finanzieller Mittel einen wichtigen Beitrag dazu leisten, das Commitment der Akteure zu erhöhen.
- **Ausbau:** Hier erfolgt sowohl akteursseitig als auch thematisch eine Ausweitung der Innovations- und Kooperationsaktivitäten. Innerhalb einer Region kann dies bedeuten, dass Netzwerke zu weiteren Themenfeldern aufgebaut werden, die zusätzliche Akteure einbinden. Innerhalb eines Unternehmens können Innovationsprozesse auf weitere Markt- oder Handlungsfelder und damit verbundene institutionelle Einheiten des Unternehmens ausgedehnt werden. Wichtiges Charakteristikum dieser Phase ist jedoch auch, dass sich vielfältige Einzelaktivitäten zu einer Gesamtstrategie integrieren, die mit einem professionellen institutionellen Rahmen hinterlegt ist, der das regionale Netzwerk bzw. die unternehmensinternen Innovationsprozesse professionell steuert und im Hinblick auf zukünftige Herausforderungen weiterentwickelt.

Im Laufe der beschriebenen Phasen sind Transformationsprozesse nicht auf Veränderungen in einer Dimension (etwa technologisch oder ökonomisch)

beschränkt. Häufig gibt es eine Dimension, in der die Veränderungen als dominant angesehen werden (in der Energiewende etwa der technologische Übergang von einem nuklear-fossilen Energiesystem hin zu einem Erneuerbaren). Dennoch umfassen Transformationsprozesse auch tiefgreifende Veränderungen in anderen Dimensionen (etwa neue Institutionen und Geschäftsmodelle in der Energiewende oder auch ein sozio-kultureller Wandel im Rahmen des Strukturwandels im Ruhrgebiet). Vor diesem Hintergrund wurden Erfolgsfaktoren für Transformationen in den Dimensionen politisch, Protagonisten (Akteure), sozio-kulturell, strukturell und ökonomisch analysiert und hieraus die unten stehenden Handlungsempfehlungen abgeleitet.

## GESTALTUNG VON TRANSFORMATIONSPROZESSEN

Die Analysen in unserem Projekt zeigen, dass für die Transformation von Industriestrukturen branchenübergreifende Kooperationen ein großes, bisher aber wenig ausgeschöpftes Potential bieten. Aus diesem Grund wollen wir uns an dieser Stelle auf Empfehlungen zur Förderung derartiger Kooperationen konzentrieren und uns dabei auf die zuvor aufgeführten Erfolgsfaktoren beziehen:

- Für die Initiierung branchenübergreifender Kooperationen erscheint es zunächst sinnvoll zu analysieren, welche konkreten gemeinsamen Interessen der einzubindenden Firmen und regionalen Institutionen bestehen und sorgfältig zu ermitteln, welche Personen innerhalb dieser Firmen bzw. Institutionen bereit und in der Lage sein könnten, Kooperationsmöglichkeiten über Unternehmens- und Branchengrenzen hinaus auszuloten und zu entwickeln.
- Als Einstieg in die Kooperation empfiehlt es sich, zunächst auf Themen zu fokussieren, die im vorwettbewerblichen Bereich angesiedelt sind und einen langfristig-strategischen Fokus aufweisen. Alternativ könnte die Zusammenarbeit zu Beginn auch gezielt Synergien zwischen den Unternehmen erschließen, die einen kurzfristigen konkreten Nutzen generieren, wie z. B. gemeinsame Schulungen oder Ausbildungsmodule für Personal zu bestimmten Themen.
- Um ein vertrauensvolles Klima zwischen den Akteuren zu schaffen, das den Grundstein für eine längerfristige und stetige Zusammenarbeit legt, ist ein in der Region verankerter, bei den Teilnehmern übergreifend akzeptierter Moderator von hoher Wichtigkeit. Ihm kommt die Rolle und Aufgabe zu, bei Interessenkonflikten zu vermitteln, ein kooperatives Klima zwischen den Akteuren aufzubauen und konkrete Kooperationsziele und -vorhaben mit den Teilnehmern herauszuarbeiten, so dass schnell ein konkreter Nutzen der Kooperation für die Akteure erkennbar wird.
- Während die Initiierungs- / Nischenphase vor allem durch das Engagement und das Eigeninteresse der beteiligten Akteure getragen wird, bedarf es für eine Verstetigung der Kooperationsaktivitäten finanzieller Fördermittel, die sowohl die Etablierung institutioneller Strukturen für die branchenübergreifende Kooperation unterstützt als auch die Realisierung von Projektideen ermöglicht.
- Dabei sollten Förderprogramme langfristig angelegt sein, um eine kontinuierliche Zusammenarbeit zu ermöglichen und bürokratische Barrieren zur Erstellung von Förderanträgen für die Unternehmen abgebaut werden.
- Neben glaubwürdiger Moderationsexpertise bedarf die Verstetigungsphase auch einer zunehmend professionellen Managementkompetenz, die das Netzwerk zusammenhält, die Akteure bindet und diese auf ein klares gemeinsames Ziel ausrichtet.
- Branchenübergreifende und cross-industrielle Kooperationen haben ein großes Potential, um nicht nur inkrementelle sondern auch radikale Innovationen hervor zu bringen. Sie sind daher nicht nur ökonomisch, sondern auch vor dem Hintergrund notwendiger Emissionsreduktionen interessant. Allerdings sind sie auch mit einer Reihe spezifischer Barrieren konfrontiert, die auf die unterschiedlichen Wissenshintergründe, disziplinäre Sprachen und Institutionen und Prozesse zurückzuführen sind. Um hier Innovationen zu befördern, können regionale Netzwerke besonders hilfreich sein, die Hemmschwelle für Kooperationen herab zu setzen. Regional verankerte und damit auch schnell erreichbare wissenschaftliche Institutionen spielen häufig eine Schlüsselrolle in diesen Netzwerken.

- Für den Sprung von der Verstetigungs- & Diffusionsphase zur Ausbauphase lässt sich nur schwer ein klares Instrument identifizieren. Zentrale Voraussetzung ist vielmehr, dass in den vorherigen Phasen eine starke Kooperationskultur zwischen den beteiligten Akteuren entstanden ist, diese einen klaren Nutzen für sich in der Kooperation erkennen und bereit sind, die Kooperation langfristig weiterzuverfolgen, zu professionalisieren und auf andere Akteure und Themenfelder auszuweiten.
- Für eine Ausweitung der Aktivitäten von Netzwerken ist externe Unterstützung von hoher Bedeutung. Einerseits durch gezielte finanzielle Fördermittel höherer Entscheidungsebenen, wie z. B. die Spitzencluster-Förderung von OWL durch das BMBF. Andererseits durch intermediäre Institutionen, wie z. B. die Effizienz-Agentur NRW, welche die Unternehmen mit Prozesswissen unterstützt, z. B. der Identifizierung geeigneter Förderprogramme und der Erarbeitung entsprechender Anträge.

## LITERATURVERZEICHNIS

- Augenstein, K. (2015): E-Mobility as a Sustainable System Innovation: Insights from a Captured Niche. Wuppertal.
- BMWi (2015): Ein Strommarkt für die Energiewende, Ergebnispapier des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (Weißbuch). Berlin.
- Eckey, H.-F.; Kosfeld, R., Turck, M. (2006): Abgrenzung deutscher Arbeitsmarktregionen. Raumforsch Raumordn 64: 299–309.
- Ecofys (2014): Flexibility options in electricity systems. Berlin.
- EU-Kommission (2011): Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO<sub>2</sub>-armen Wirtschaft bis 2050. Brüssel.
- Fünfschilling, L.; Truffer, B. (2014): The Structuration of Socio-Technical Regimes—Conceptual Foundations from Institutional Theory. Research Policy 43 (4): 772–791.
- Gähns, S.; Aretz, A.; Flaute, M.; Oberst, C.A.; Großmann, A.; Lutz, C.; Bargende, D.; Hirschl, B.; Madlener, R. (2016): Prosumer-Haushalte: Handlungsempfehlungen für eine sozial-ökologische und systemdienliche Förderpolitik. Aachen / Berlin / Osnabrück. Abrufbar unter: [http://www.prosumer-haushalte.de/data/prohaus/user\\_upload/Prosumer-Haushalte\\_Handlungsempfehlungen\\_final.pdf](http://www.prosumer-haushalte.de/data/prohaus/user_upload/Prosumer-Haushalte_Handlungsempfehlungen_final.pdf)
- Geels, F. W. (2002): Technological Transitions as Evolutionary Reconfiguration Processes: a Multi-Level Perspective and a Case-study. Research Policy, 31 (8–9): 1257–1274.
- Geels, F. W.; Schot, J. (2007): Typology of Sociotechnical Transition Pathways. Research Policy 36 (3): 399–417.
- Gillingham, K.; Harding, M.; Rapson, D. (2012): Split incentives in residential energy consumption. The Energy Journal 34, 37–62.
- Glensk B., Madlener R. (2016a): Evaluating the Enhanced Flexibility of Lignite-Fired Power Plants: A Real Options Analysis, FCN Working Paper No. 10 / 2016, RWTH Aachen. August 2016.
- Glensk B., Madlener R. (2016b): Flexibility Options for Lignite-Fired Power Plants: A Real Options Analysis, in Operations Research Proceedings 2016. Selected Papers of the International Annual Conference of the German Operations Research Society (GOR), Helmut-Schmidt-University, Hamburg. 30. August – 2. September 2016 (in Druck).
- Harmsen-van Hout, M. J. W.; Ghosh, G. S.; Madlener, R. (2013): The impact of green framing on consumers' valuations of energy-saving measures. FCN Working Paper No. 7 / 2013, Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior, RWTH Aachen University. April. Abrufbar unter: <http://ssrn.com/abstract=2388712>
- IHK (2014): Industriestandort NRW. Ergebnisse einer Unternehmensbefragung zur Wettbewerbsfähigkeit und zur Investitionstätigkeit 2014. Düsseldorf.
- IHK (2015): Energiewende-Barometer NRW – 2015. Ergebnisse einer Unternehmensbefragung. Düsseldorf.
- Jacobsen, N. B. (2008): Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark: A Quantative Assessment of Economic and Environmental Aspekts. Journal of Industrial Ecology 10, 1–2 (8. Februar): 239–255.
- Kalundborg Symbiosis (2016): Symbiosis evolution. Kalundborg Symbiosis wasn't invented, but has developed organically over the course of five decades. Abrufbar unter: <http://www.symbiosis.dk/en/evolution>. Letzter Zugriff am 19. Juni 2017.
- Kobiela, G., Vallentin, D. (2016): Wertschöpfungsketten in NRW im Kontext der Energiewende. Eine Metaanalyse bezüglich Stahl, polymeren Werkstoffen und dem Anlagenbau in der erneuerbaren Energiewirtschaft. Wuppertal.
- Kropp, P.; Schwengler, B. (2011): Abgrenzung von Arbeitsmarktregionen – ein Methodenvorschlag. Raumordnung und Raumforschung 69 (1), 45–62.
- Küchler S., Meyer B. (2010): Billiger Strom aus Atom und Kohle? Staatliche Förderungen 1970–2008. Green Budget Germany, Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft, Berlin.
- Lindenberger, D., Kümmel, R. (2011): Energy and the state of nations. Energy 36, 6010–6018.
- Lüschen A., Madlener R. (2013): Economics of Biomass Co-Firing in New Hard-Coal Power Plants in Germany. Biomass and Bioenergy 57 (Oktober): 33–47.
- Menges, R.; Traub, S. (2009): An experimental study on the gap between willingness to pay and willingness to donate for green electricity. FinanzArchiv / Public Finance Analysis, 65, 335–357.

MPI CEC (Max-Planck-Institut für chemische Energiekonversion), Agentur Zukunft – Büro für Nachhaltigkeitsfragen (2016): Carbon2Chem® startet in die Praxis. Solarify-Newsletter, 29. Oktober 2016. Abrufbar unter: <https://www.solarify.eu/2016/10/29/093-carbon-2chem-startet-in-die-praxis/2/>. Letzter Zugriff am 19. Juni 2017.

Oberst, C. A. (2011): A methodology approach to delineate functional economic market areas: With an iterative three-step clustering procedure. CAWM discussion paper 55, 1–50.

Oberst, C. A., Madlener, R. (2015): Prosumer preferences regarding the adoption of micro-generation technologies: Empirical evidence for German homeowners. FCN Working Paper No. 22 / 2014 (Revised 13. Oct. 2015). Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior, RWTH Aachen University. <https://ssrn.com/abstract=2670035>

Rogers, E. M. (1995): Diffusion of Innovations (4. Auflage). New York.

Rotmans, J., Kemp, R., Asselt, M. van, Geels, F. W., Verbong, G., Molendijk, K., Notten, P. (2001): Transitions & Transition Management: the Case for a Low Emission Energy Supply. ICIS (International Centre for Integrative Studies). Working Paper. Maastricht.

Rotmans, J.; Loorbach, D. (2010): Towards a Better Understanding of Transitions and their Governance: A Systemic and Reflexive Approach. In: J. Grin, J. Rotmans, J. Schot (Hrsg.): Transitions to Sustainable Development: New Directions in the Study of Long-term Transformative Change. New York.

Sandmeier, P., Jamali, N., Kobe, C., Enkel, E., Gassmann, O., Meier, M. (2004): Towards a Structured and Integrative Front-End of Product Innovation. Lissabon.

Schneidewind, U. (2013): Transformative Literacy: Gesellschaftliche Veränderungsprozesse verstehen und gestalten. Gaia 22 (2): 82–86.

Schwarz, E. J. (1994): Unternehmensnetzwerke im Recycling-Bereich. Wiesbaden.

Wirtschaftsvereinigung Stahl (2013): Klimaschutz mit Stahl. Politische Positionen und Beitrag der Stahlindustrie in Deutschland. Düsseldorf.

WSP, Parsons Brinckerhoff (2015): Industrial Decarbonisation & Energy Efficiency Roadmaps to 2050. Iron and Steel.

## IMPRESSUM

### **Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie**

Döppersberg 19  
42103 Wuppertal

### **Koordination / Kontakt**

Dr. Daniel Vallentin  
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie  
Forschungsgruppe „Zukünftige Energie- und  
Mobilitätsstrukturen“  
daniel.vallentin@wupperinst.org  
www.wupperinst.org

### **Projektkontext**

Die Veröffentlichung ist ein zusammenfassender  
Endbericht des Forschungsprojekts „Transformations-  
prozesse für nachhaltige und wettbewerbsfähige Wirt-  
schafts- und Industriestrukturen in NRW im Kontext  
der Energiewende“ im Rahmen des Virtuellen Instituts  
„Transformation – Energiewende NRW“.

**Das Projekt wurde gefördert durch die Stiftung  
Mercator.**

### **Virtuelles Institut**

#### **„Transformation – Energiewende NRW“**

Das Virtuelle Institut wird unterstützt vom Ministerium  
für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-  
Westfalen sowie dem Cluster EnergieForschung.NRW  
durch Mittel der Europäischen Union.

### **Web**

www.vi-transformation.de

### **Gestaltung**

Nikola Berger; www.nikobe.net

### **Abbildungsnachweis**

Alle eigene Darstellung / eigene Berechnung, außer  
Abbildung 12: basierend auf IHK 2014, IHK 2015,  
Ecofys 2014; Abbildung 19: basierend auf Schwarz  
1994.

### **Umschlagbild**

Thorsten Obermeier (links), Shutterstock / Industry-  
AndTravel (rechts).

Fotos von Unsplash: Alice Wu (Seite 5), Anna Jime-  
nez Calaf (Seite 7), Jason Blackeye (Seite 29), Shane  
Rounce (Seite 53), Chester Alvarez (Seite 73).

### **Druck**

dieUmweltDruckerei GmbH, Hannover

### **Zitierweise**

Virtuelles Institut „Transformation – Energiewende  
NRW“ (2017): Die Transformation des Industrie-  
standortes Nordrhein-Westfalen im Zeichen der  
Energiewende. Herausforderungen – Erfolgsfaktoren  
– Gestaltungsmöglichkeiten. Wuppertal / Berlin.

