
Dialog „Energiewende und Industriepolitik“

Abschlussbericht

HINTERGRUND

Agora
Energiewende



Dialog „Energiewende und Industriepolitik“

IMPRESSUM

HINTERGRUND

Dialog „Energiewende und Industriepolitik“

ERSTELLT IM AUFTRAG VON

Agora Energiewende
Anna-Louisa-Karsch-Straße 2 | 10178 Berlin
T +49 (0)30 700 14 35-000
F +49 (0)30 700 14 35-129
www.agora-energiewende.de
info@agora-energiewende.de

UNTER MITWIRKUNG VON

Dr. Patrick Graichen, Prof. Dr. Barbara Praetorius,
Michael Schäfer (Projektleitung), Dr. Gerd Rosen-
kranz, Stefan Tidow (bis November 2016)

PROJEKTPARTNER

Roland Berger GmbH
Sederanger 1 | 80538 München
T +49 (0)89 92 30-0
www.rolandberger.com

Heiko Ammermann, Ralph Büchele, Dr. Patrick
Andrä, Johannes Pfister, Matthias Hopfmüller

Satz: UKEX GRAPHIC, Ettlingen
Titel: KentaroSakashita/iStock

113/03-H-2017/DE

Veröffentlichung: Mai 2017

TEILNEHMER DES DIALOGS

An dem Dialog beteiligt haben sich Experten
der Unternehmen

BMW AG,
Covestro Deutschland AG,
Deutsche Telekom AG,
ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG,
ENGIE Deutschland GmbH,
Georgsmarienhütte GmbH,
Nordzucker AG,
Siemens AG,
Steinbeis Energie GmbH,
thyssenkrupp AG,
TRIMET Aluminium SE,
Viessmann Werke GmbH & Co. KG,
Wacker Chemie AG sowie
Dr. Frank May (Berater und energiewirtschaftli-
cher Experte) und Dr. Christoph Wolff (European
Climate Foundation).

Die Unternehmen sind explizit nicht Verfasser
dieses Abschlussberichts und des Entwurfs der
Charta für eine Energiewende-Industriepolitik.
Die Verantwortung für diesen Bericht liegt bei
Roland Berger (Auftragnehmer) und Agora
Energiewende (Auftraggeber). Die mit „Unter-
nehmens-Input“ gekennzeichneten Texte sind
von Unternehmen beigesteuert.

Bitte Zitieren als:
Roland Berger (2017): *Abschlussbericht Dialog
Energiewende und Industriepolitik*. Erstellt im Auf-
trag von Agora Energiewende. Berlin, Mai 2017.

www.agora-energiewende.de

Vorwort

Liebe Leserin, lieber Leser,

faktisch ist die Energiewende schon heute beides: ein industriepolitisches und ein klimapolitisches Projekt. Richtig ausgestaltet, transformiert sie den Energiesektor und macht zugleich den Industriestandort Deutschland fit für die Zukunft. Die Leitfrage für die nächste Phase der Energiewende lautet deshalb: Wie muss sie ausgestaltet werden, damit die deutsche Industrie auch bei einem Erneuerbare-Energien-Anteil von 80 Prozent ihre erfolgreiche Position im internationalen Wettbewerb sichern kann? Im Mittelpunkt des Dialogs „Energiewende und Industriepolitik“, den Agora Energiewende mit Roland Berger als Projektpartner initiiert und durchgeführt hat, stand deshalb die Diskussion darüber, wie die Rahmenbedingungen für die Umsetzung der Energiewende kosteneffizient und marktnah so gestaltet werden können, dass die Industrie in Deutschland dauerhaft Investitionssicherheit erhält. Wichtige Themen des Dialogs waren auch die Frage der Anlagenoptimierung im Spannungsfeld zwischen

Effizienz und Flexibilität, die Erschließung zusätzlicher internationaler Märkte und die Herausforderungen für Forschung und Entwicklung.

Dieser Bericht fasst die Ergebnisse des Dialogs zusammen und soll einen Impuls liefern zu der laufenden Diskussion, wie die Chancen der Energiewende für die Industrie maximiert und ihre Risiken minimiert werden können. Mit unserem parallel veröffentlichten Entwurf einer „Charta für eine Energiewende-Industriepolitik“ zeigen wir darüber hinaus auf, wie aus unserer Sicht die Interessen von Klimaschutz und Industrie zusammengebracht werden können. Diesem Abschlussbericht können Sie auch entnehmen, welche dieser Vorschläge unstrittig waren und welche noch kontrovers diskutiert wurden.

Ich wünsche eine spannende Lektüre!
Ihr Patrick Graichen
Direktor Agora Energiewende

Der Charta-Entwurf auf einen Blick:



Inhalt

1. Einleitung	7
2. Eine Welt mit hohen Anteilen von Erneuerbaren Energien an der Energieerzeugung	11
2.1 Die deutsche Industrie: Mehr als nur Verbraucher – Einordnung der Rolle der Industrie in der Energiewende	13
2.2 Hypothesen zur Beschreibung einer Welt mit hohen Anteilen von Erneuerbaren Energien an der Energieerzeugung	16
3. Zukünftige energiewirtschaftliche Herausforderungen und Auswirkungen auf die deutsche Industrie	21
3.1 Risiken der Energiewende aus Sicht von Industrieunternehmen	22
3.2 Auswirkungen auf betroffene Branchen	26
3.3 Ansätze und Vorschläge aus der Industrie zur Minderung der Auswirkungen	28
4. Reaktionen der Industrie auf potenzielle Herausforderungen der Energiewende	35
4.1 Reaktionsmuster auf Herausforderungen der Energiewende	35
4.2 Treiber und Hemmnisse für Produkt- und Prozessinnovationen als Reaktion auf die Herausforderungen der Energiewende	37
4.3 Effizienzsteigerung durch systemische Optimierung	41
4.4 Flexibilität	45
4.5 <i>Flex-Efficiency</i>	45
4.6 Kooperation als Mittel zur Wertschöpfungs- und Prozessoptimierung	50
5. Chancen der deutschen Industrie aufgrund der Energiewende	55
5.1 Wirtschaftliches Potenzial der Energiewende für die deutsche Industrie	56
5.2 Erschließung des internationalen Energiewendemarktes durch die deutsche Industrie	62
6. Strategien für eine erfolgreiche Energiewende – Charta für eine deutsche Energiewende-Industriepolitik	67
7. Resümee	71
8. Anhang	73

1. Einleitung

Deutschland befindet sich in einem tiefgreifenden Umbau seines Energiesystems. Atomausstieg und Dekarbonisierung sind in diesem Prozess die zentralen Ziele, an denen die Politik ihr Handeln in Bezug auf die künftige Energieversorgung orientiert. Unter dem Titel „Energiewende“ hat diese Entwicklung in den vergangenen Jahren sehr dynamisch Fahrt aufgenommen. Der Anteil Erneuerbarer Energien an der Bruttostromerzeugung ist von 6,5 Prozent im Jahr 2000 auf 31,7 Prozent im Jahr 2016 gestiegen (AGEB, 2017).

Die gleichzeitig stattfindende öffentliche Diskussion zeigt, dass Energiepolitik und Klimaschutz in der Mitte der Gesellschaft angekommen sind. Das gilt nicht nur für Deutschland: Weltweit wurden 2015 rund 266 Milliarden US-Dollar in Erneuerbare-Energien-Kraftwerke investiert – während gleichzeitig nur halb so viel für Neubauten von mit fossilen Energien betriebenen Kraftwerken ausgegeben wurde (Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF, 2016). Viele Länder Europas arbeiten am Umbau ihres Energiesystems. Zudem belegt die Übereinkunft bei den globalen Klimaverhandlungen in Paris die weltweiten Ambitionen, in Zukunft verantwortungsvoller mit Energieressourcen umzugehen. 140 Länder, die zusammen 82,5 Prozent der globalen Treibhausgase emittieren, haben das Abkommen ratifiziert (PIK, 2017). Das Pariser Abkommen konnte so am 4. November 2016 in Kraft treten.

Die Energiewende ist weltweit in vollem Gange – technologie-, markt- und politikgetrieben. Um den wirtschaftlichen Erfolg der deutschen Industrie unter den veränderten Rahmenbedingungen der Energiewende nachhaltig sicherzustellen, gilt es, die Investitionsbedingungen politisch zu verbessern und neue Geschäftsmodelle unternehmerisch zu nutzen.

Diese Entwicklungen haben bereits heute erhebliche Auswirkungen auf die deutsche Industrie, und ihr

Einfluss wird sich weiter verstärken. Dabei ergeben sich aus der Energiewende einerseits Chancen, die genutzt werden können und sollten, und andererseits Risiken, die gemanagt und begrenzt werden müssen. Zu Ersteren gehören innovative Geschäftsmodelle und neu entstehende *Profit Pools* genauso wie bisher unerschlossene Märkte. Zudem profitiert die Industrie von Innovationsimpulsen durch Effizienztechnologien: So spielt etwa die deutsche *GreenTech*-Branche inzwischen nicht nur als Wachstums- und Beschäftigungsmotor eine wichtige Rolle, sondern gilt auch als Modernisierungstreiber für den Wandel hin zu einer *Green Economy* (BMUB, 2014).

Zu den Risiken der Energiewende gehört neben steigenden Energiekosten vor allem die Ungewissheit, wie sich die Strompreise und die Versorgungssicherheit zukünftig entwickeln werden. Dies erschwert Unternehmern eine langfristige Planung. Sollten die Energiepreise in Deutschland deutlich über das Niveau der anderen Industrieländer steigen, brächte dies insbesondere für energieintensive Unternehmen Wettbewerbsnachteile und damit die Gefahr von Arbeitsplatzverlusten mit sich. Entscheidungsträger in Politik und Wirtschaft stehen daher vor der Herausforderung, sowohl die ambitionierten Ziele der Energiewende zu erreichen als auch die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie zu erhalten.

Ein viel diskutierter Ansatz dafür ist die Reform der Finanzierungsmechanismen Erneuerbarer Energien. Darüber hinaus gibt es eine Fülle weiterer Möglichkeiten, die nächste Phase der Energiewende kosteneffizienter und nachhaltiger zu gestalten. Ziel sollte sein, langfristig verlässliche Leitlinien und Rahmenbedingungen zu schaffen, die die klimapolitischen Ziele erreichbar machen und auf deren Basis die Unternehmen solide planen können.

Um diese Leitlinien zu entwickeln und die Energiewende zum Erfolg zu führen, braucht es ein gemein-

Der Klimawandel verschärft sich – Klimaschutz bleibt auf der Tagesordnung

2016 war das heißeste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Erstmals stieg die globale Durchschnittstemperatur drei Jahre hintereinander jeweils auf einen neuen Höchstwert. Parallel erhöhte sich die Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre, zu messen ist sogar ein Wachstum des jährlichen Wachstums der Konzentration von Treibhausgasen in der Erdatmosphäre (WMO, 2017). Wie jedes Thema hat die Erderhitzung in der öffentlichen Wahrnehmung Konjunkturen, sie bleibt aber langfristig ein zentrales Thema der internationalen und nationalen Politik.

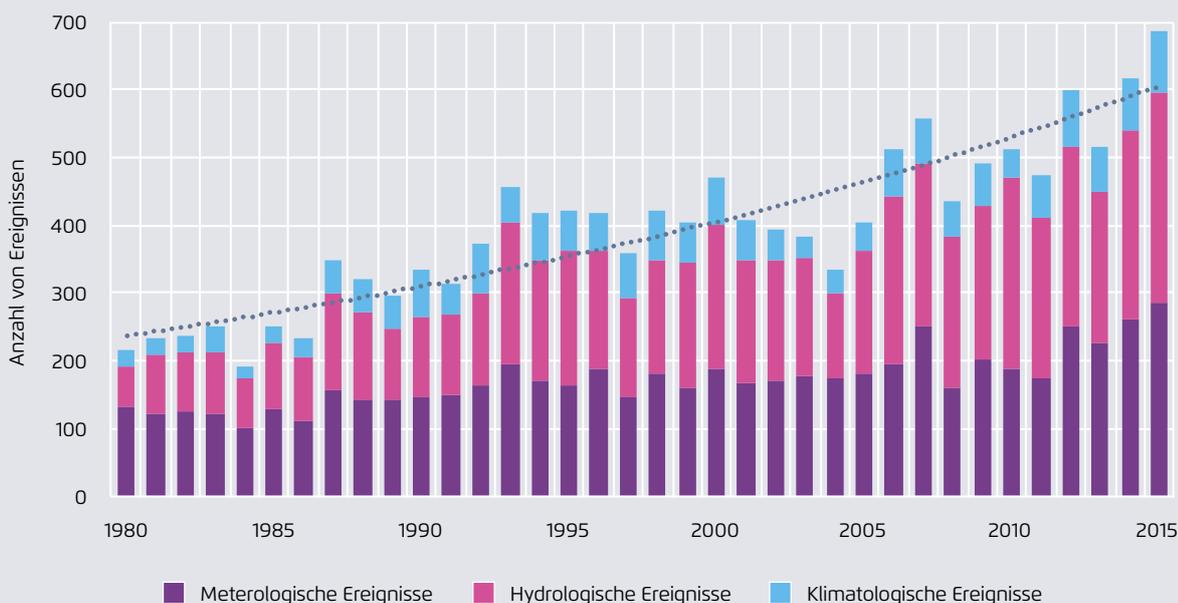
sames Verständnis aller wichtigen Akteure über den richtigen Kurs in der Industrie- und Wirtschaftspolitik. Deshalb hat Agora Energiewende den Dialog „Energiewende und Industriepolitik“ angestoßen und gemeinsam mit Roland Berger durchgeführt: Ziel des Projekts war, die Eckpunkte einer zukünftigen Energiewende-Industriepolitik zu erarbeiten.

Ausgangspunkt dafür war eine Reihe von Dialogveranstaltungen mit rund 20 Industrievertretern.

Von diesen kamen zwei Drittel aus der energieintensiven Wirtschaft, zum Beispiel aus der Stahl- oder der Chemieindustrie, von Zementproduzenten oder Herstellern von Papier oder Zucker. Die übrigen Teilnehmer kamen aus Branchen, die stärker von der Energiewende profitieren oder über neue einschlägige Geschäftsfelder und Produkte einen zusätzlichen Nutzen generieren könnten, zum Beispiel Anbieter von Energieeffizienztechnologien, Automobilhersteller oder Telekommunikationsunternehmen. Auf der

Zahl wetterbedingter Schadensereignisse weltweit

Abbildung 1



Munich RE (2016)

Grundlage von Thesenpapieren sowie Expertenvorträgen diskutierten die Teilnehmer bei den Veranstaltungen intensiv und brachten verschiedene kontroverse Standpunkte ein.

Drei Fragen standen bei den Dialogveranstaltungen jeweils im Mittelpunkt:

1. Wie kann ein Zukunftsszenario aussehen, das einerseits den ambitionierten Zielen der Energiewende und einer anspruchsvollen Reduzierung der Treibhausgase Rechnung trägt und andererseits der Industrie ermöglicht, auch zukünftig international wettbewerbsfähig, innovativ und erfolgreich zu sein?
2. Welche Chancen bietet die Energiewende Unternehmen und welche Effekte ergeben sich für die deutsche Wirtschaft insgesamt (zum Beispiel im Export)?
3. Wie sehen die denkbaren und wünschbaren Rahmenbedingungen aus, um den Übergang in die energiewirtschaftliche Zukunft erfolgreich zu gestalten?

Der vorliegende Abschlussbericht dokumentiert wesentliche Debatten, Ergebnisse und auch Kontroversen des Dialogs „Energiewende und Industriepolitik“. Die Autorenschaft des Berichts liegt allein bei Agora Energiewende und Roland Berger. Zusätzlich haben die Initiatoren des Dialogs ihre eigenen Schlussfolgerungen daraus in einem Entwurf einer *Charta für eine Energiewende-Industriepolitik* zusammengefasst. Diese Charta beschreibt Leitlinien für eine Energiewende-Industriepolitik, die sowohl die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie als auch eine Vorreiterrolle Deutschlands bei der Energiewende erhält und ausbaut. Agora Energiewende und Roland Berger schlagen zudem vor, den Dialog zwischen Industrie und Politik weiter zu intensivieren, mit dem konkreten Ziel eines Zukunftspakts für eine Energiewende-Industriepolitik.

2. Eine Welt mit hohen Anteilen von Erneuerbaren Energien an der Energieerzeugung

Deutschland hat sich durch Beschlüsse von Bundesregierung und Bundestag die folgenden Klimaschutzziele gesetzt:

- Reduktion des Treibhausgasausstoßes um 40 Prozent bis 2020, 55 Prozent bis 2030, 70 Prozent bis 2040 und 80 bis 95 Prozent bis 2050 – jeweils gegenüber 1990;
- Reduktion des Primärenergieverbrauchs um 50 Prozent, des Stromverbrauchs um 25 Prozent und des Energieverbrauchs im Verkehrssektor um 40 Prozent – jeweils bis 2050 gegenüber 1990;
- Deckung des Bruttoendenergieverbrauchs zu 60 Prozent und der Stromerzeugung zu 80 Prozent aus Erneuerbaren Energien bis 2050;
- Anhebung der Sanierungsrate des Gebäudebestands auf 2 Prozent pro Jahr.

Es gibt zahlreiche Studien und Szenarien, die untersuchen, wie die deutschen Klimaschutzziele erreicht werden können. Diese Szenarien liefern quantifizierbare Parameter und zeigen Zusammenhänge auf – etwa zwischen dem Ausbau der Erneuerbaren Energien und der Strompreisentwicklung. Damit bilden sie die Grundlage, auf der wichtige Industrietemen im Rahmen der Energiewende diskutiert werden können.

Im Rahmen des Dialogs „Energiewende und Industriepolitik“ wurden das Zielszenario PZS 2050 (Prognos, EWI, GWS, 2014) und weitere Szenarien genutzt. Alle betrachteten Szenarien kommen zu dem Schluss, dass der Endenergieverbrauch deutlich gesenkt werden muss. Dabei gilt die Energieeffizienz in Gebäuden und Prozessen als Haupttreiber der notwendi-

Vergleich wichtiger Parameter ausgewählter Szenarien für das Jahr 2050

Abbildung 2

	Emissionsziel	Endenergieverbrauch	Strombedarf	Windenergie und PV am Bruttostromverbrauch
Zielszenario PZS 2050	THG*: -80 %	1.485 TWh	424 TWh	68 %
Klimaschutzszenario 2050 (2. Modellierung) KS 80	THG: -80 %	1.508 TWh	574 TWh	75 %
Interaktion EE-Strom, Wärme und Verkehr (Basisszenario 2050)	THG: -83 %	N/A	793 TWh	86 %
Klimaschutzszenario 2050 (2. Modellierung) KS 95	THG: -95 %	1.211 TWh	726 TWh	89 %
SZEN-15 (Szenario SZEN-15 „100“)	THG: -95 %	2.182 TWh	874 TWh	77 %

* Treibhausgas (Vergleichsjahr 1990)

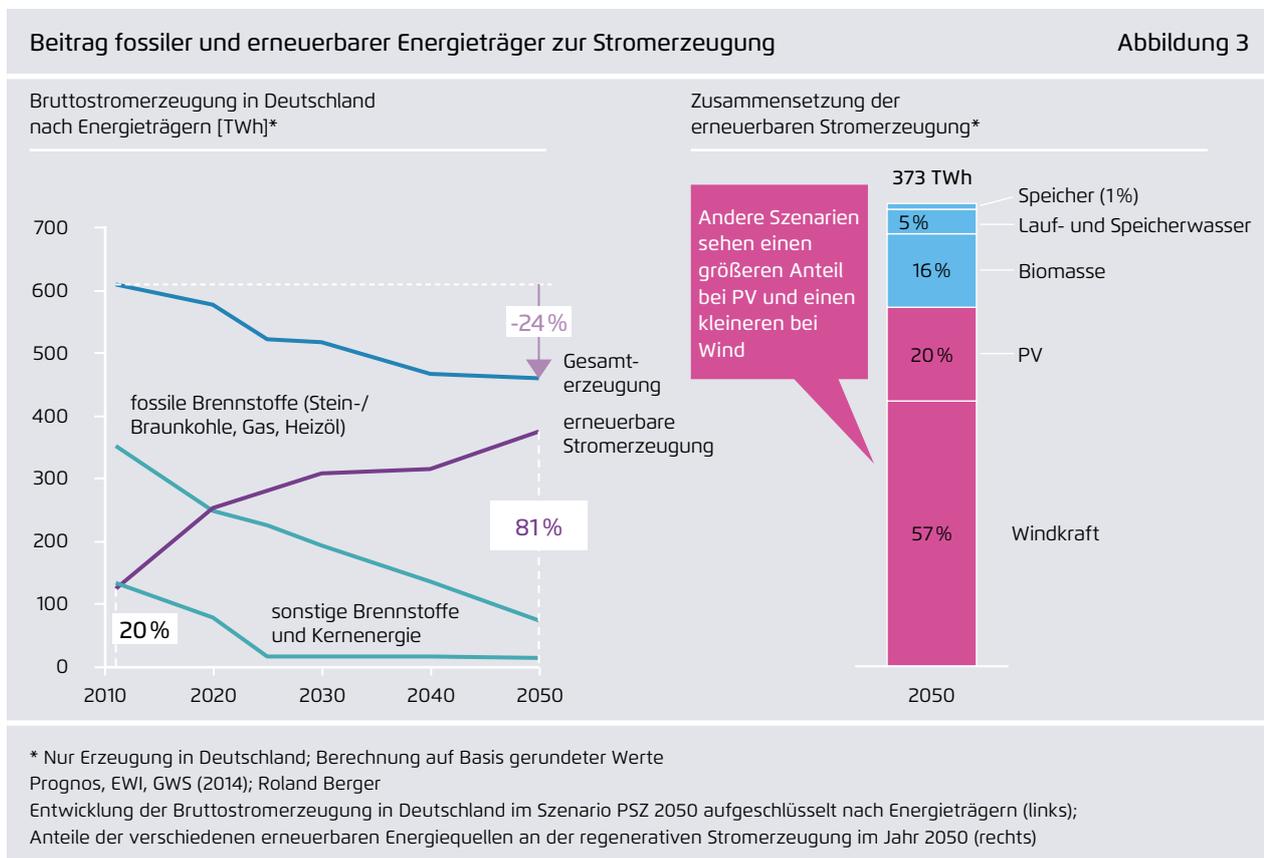
Prognos, EWI, GWS (2014); Öko-Institut, Fraunhofer ISI (2015); Fraunhofer IWES, Fraunhofer IBP, IFEU, SUER (2015); Nitsch (2015)

gen Einsparungen. Zum Zweiten gehen alle Szenarien davon aus, dass die Bedeutung von Strom im Energiemix zunimmt und dieser zur tragenden Säule der Energiewende wird. Drittens besteht Konsens, dass Elektrizität in Zukunft hauptsächlich aus Erneuerbaren Energien (maßgeblich Windkraft und Photovoltaik) erzeugt wird.

Neben der zukünftigen Entwicklung des Endenergieverbrauchs ist ein zentrales Thema der Energiewende, welche Energieträger für welchen Zweck/ Prozess zum Einsatz kommen. Im industriellen Sektor gehen heute rund zwei Drittel des Endenergieverbrauchs auf das Konto der Prozesswärme, die überwiegend aus Primärenergieträgern direkt vor Ort erzeugt wird, zum Beispiel durch die Verbrennung von Erdgas, Kohle oder Öl. Andererseits kommt (unter anderem für mechanische Antriebe) zunehmend Strom zum Einsatz, der entweder dezentral gewon-

nen oder direkt vom Energieversorger bezogen wird. Laut dem PZS 2050 wird sich die Welt der Stromerzeugung bis 2050 allerdings wesentlich verändern (Abbildung 3), mit Folgen für die Industrie.

PSZ 2050: Der Anteil Erneuerbarer Energien steigt von 31,5 Prozent (2015) auf 81 Prozent (2050). An der Gesamtstromerzeugung hat die Windkraft mit 46 Prozent den größten Anteil, gefolgt von Photovoltaik mit 16 Prozent und Biomasse mit 13 Prozent. Fossile Brennstoffe spielen dagegen im Jahr 2050 bei der Stromerzeugung nur noch eine untergeordnete Rolle, ihr Anteil fällt von 58 Prozent (2011) auf 16 Prozent (2050). Wegen der angestrebten Senkung des Kohlendioxidausstoßes wird der Anteil der Kohle an der Gesamtstromerzeugung von heute 43 Prozent auf 6 Prozent reduziert, während Erdgas mit 10 Prozent zum wichtigsten konventionellen Stromlieferanten wird.

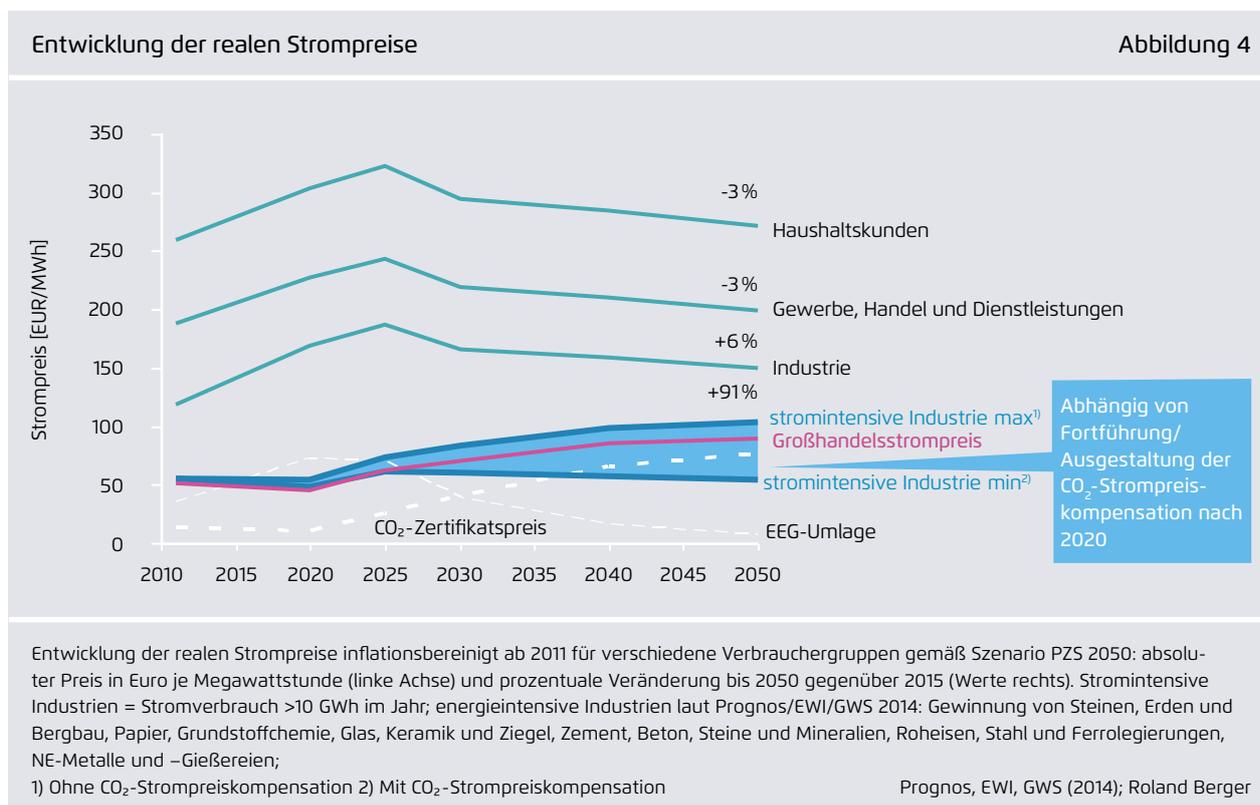


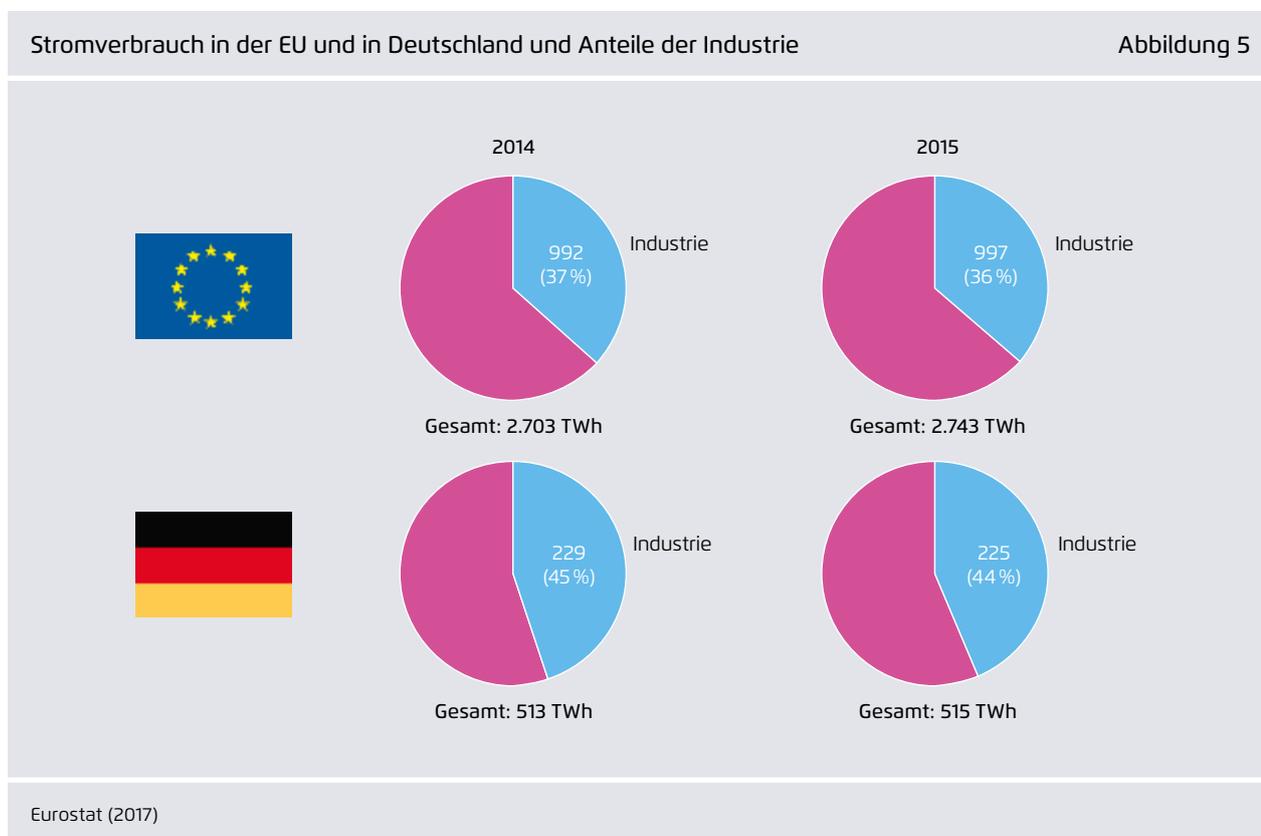
Diese Änderungen in der Stromerzeugung werden sich auch auf die Strompreise auswirken: Für Haushalte, Handel, Gewerbe und die Industrie (ohne stromintensive Branchen) steigen die Preise bis 2025, danach sinken sie wieder. Ausschlaggebend dafür ist die Entwicklung der EEG-Umlage. Der Strompreis für stromintensive Industrien ist dagegen stark abhängig von den Großhandelspreisen, weil Steuern und Abgaben inklusive der EEG-Umlage aufgrund von Ausnahmeregelungen weitgehend entfallen. Daher ist entscheidend, wie diese Ausnahmen und Beihilfen in Zukunft aussehen. Das betrifft insbesondere die Fortführung der CO₂-Strompreiskompensation (DEHSt, 2016; ifeu, 2010). Bleiben die aktuellen Ausnahmen erhalten, könnte der Strompreis für die energieintensiven Unternehmen sogar unter den Großhandelsstrompreis fallen. Allerdings ist nicht sicher, ob diese Beihilfe in der heutigen Form bestehen bleibt. Für die Industrie besteht damit eine zusätzliche Unsicherheit über die zukünftigen Strompreise (blauer Bereich in Abbildung 4).

2.1 Die deutsche Industrie: Mehr als nur Verbraucher – Einordnung der Rolle der Industrie in der Energiewende

Die Industrie ist in Deutschland der größte Stromverbraucher: 2014 betrug ihr Anteil am Strombedarf 45 Prozent. Zum Vergleich: Gewerbe, Handel und Dienstleistungen verbrauchten nur 25 Prozent des Gesamtstroms, ebenso viel wie die privaten Haushalte. Damit weist Deutschland – im Hinblick auf den nominalen Verbrauch – einen überdurchschnittlich hohen industriellen Stromverbrauch auf: In Europa insgesamt lag dieser 2014 nur bei 37 Prozent am Gesamtverbrauch (Abbildung 5).

In diesem Anteil spiegelt sich der überdurchschnittliche Beitrag der Industrie zur volkswirtschaftlichen Wertschöpfung in Deutschland. So hat die Industrie in Deutschland kontinuierlich einen erheblich höheren Anteil an der Bruttowertschöpfung als in den anderen europäischen Ländern: 2014 betrug





er 22,3 Prozent, während er in der gesamten EU bei 15,3 Prozent lag (Destatis, 2015).

Ihr hoher Anteil am Stromverbrauch verschafft der Industrie und besonders den stromintensiven Branchen eine besondere Rolle im Stromsystem. Das deutsche Energiesystem basierte über Jahrzehnte auf großen Grundlastkraftwerken, die insbesondere Abnehmer mit kontinuierlich hohem Bedarf kostengünstig mit Strom versorgen. Die energieintensiven Unternehmen haben ihre Produktionsprozesse daran angepasst, nehmen die frequenzstabile Grundlast ab und nutzen sie für eine ununterbrochene (24/7) Vollauslastung ihrer Anlagen. Damit erreichen sie ein hohes Effizienzniveau, das sie in einen Kostenvorteil ummünzen. Die Vollauslastung und damit das traditionelle Energiesystem waren ein wichtiger Standortvorteil und zentraler Bestandteil des Geschäftsmodells. Ein Beispiel hierfür ist die Glasindustrie: Sie kann am Standort Deutschland nur gewinnbringend wirtschaften, wenn sie ihre Schmelzwannen konti-

nuerlich und störungsfrei mit günstigem Grundlaststrom betreibt.

Neben ihrer Rolle als größter Verbraucher hat die Industrie auch eine Funktion als Energieerzeuger: Vor allem um den hohen Wärmebedarf in einigen Branchen abzudecken, nutzen Unternehmen schon seit Jahrzehnten eigene Erzeugungskapazitäten, sowohl für Wärme als auch für Strom. Beispiel Chemieindustrie: Da die Produktionsprozesse bis zu 50 Prozent der Energie in Form von hochtemperierter Wärme benötigen und eine unterbrechungsfreie Versorgung die Grundlage des Geschäftsmodells einer rund um die Uhr laufenden Produktion darstellt, versorgen sich viele der großen Chemieunternehmen in Deutschland aus eigenen Kohle-, Gas- oder Blockheizkraftwerken. Dadurch fallen sie aus der Rolle des reinen Verbrauchers und könnten in Zukunft über den eigenen Bedarf hinaus vermehrt auch Funktionen eines Energielieferanten wahrnehmen.

Was ist die energieintensive Industrie?

Eine genaue Zuordnung von Branchen und Unternehmen zur Gruppe der energieintensiven Industrie fällt schwer, da es verschiedenste Definitionen dafür gibt. In Deutschland zählen grob die Branchen Baustoffe, Chemie, Glas, Papier, Zucker, Nichteisenmetalle und Stahl zu dieser Kategorie. Man unterscheidet hierbei zwischen prozessspezifisch und produktspezifisch energieintensiven Unternehmen. Je nach Richtlinie und Regelung variiert die Höhe des Energieeinsatzes, ab dem ein Unternehmen der jeweiligen Kategorie zugeordnet wird. Herkömmlicherweise dient der Anteil der Energiebeschaffungskosten an der Bruttowertschöpfung oder am Produktionswert als Maß. Die folgenreichste Unterscheidung ist in der Ausgleichsregelung des § 40 ff. EEG angelegt: Um als energieintensives Unternehmen klassifiziert zu werden und in den Genuss von verringerten EEG-Abgaben zu kommen, muss nachgewiesen werden, dass die Stromkosten mehr als 14 Prozent der Bruttowertschöpfung ausmachen (Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien, 2014).

Mit der Energiewende und dem damit verbundenen Umbau des Energiesystems verändert sich die Rolle der Industrie erheblich. Zwei Faktoren sind hierfür entscheidend:

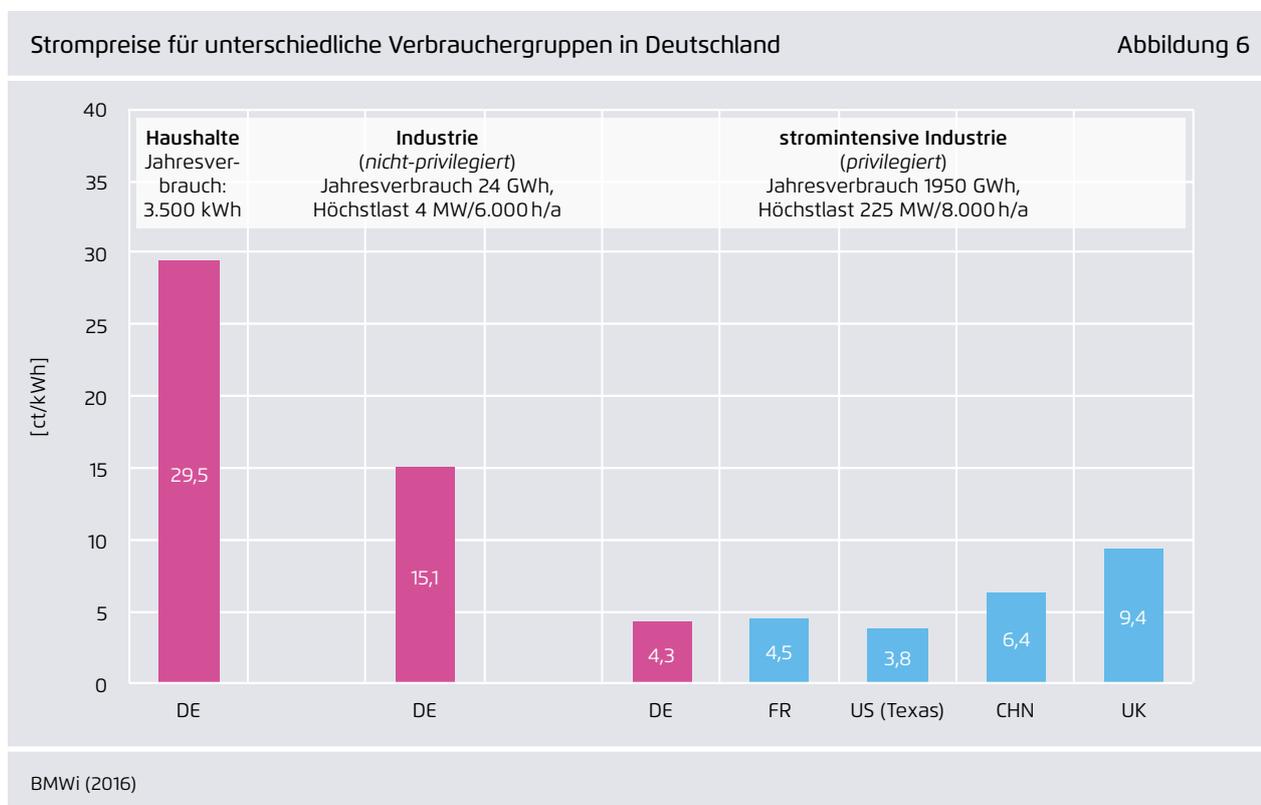
- Volatilität: Mit zunehmendem Anteil der Erneuerbaren Energien aus Wind und Sonne an der Stromerzeugung erhöht sich die Volatilität sowohl der Verfügbarkeit als auch der Preise von Strom. Die Industrie kann durch flexible Abnahme, aber auch durch Einspeisung von eigenerzeugter Energie, zur Stabilisierung des Systems beitragen und gleichzeitig über Preisarbitrage Wettbewerbsvorteile generieren.
- Dezentralität: Durch die Tendenz zu dezentralen Lösungen verschafft die Energiewende Indust-

riestandorten eine Bedeutung nicht nur als lokale Abnehmer, sondern auch als lokale Versorger, sofern sie über eigene Erzeugungs- oder Speicherkapazitäten verfügen (Agora Energiewende, 2017).

Im Zuge der Energiewende gewinnt die Industrie somit durch Erzeugung und Netzeinspeisung von Strom und Wärme sowie durch Vorhalten von Speicherkapazitäten und Regeltechnologie potenziell eine Bedeutung im Energiesystem, die weit über ihre bisherige Rolle als Großverbraucher hinausgeht. Die traditionellen Interdependenzen zwischen Energieerzeugern und den industriellen Verbrauchern verringern sich; und das Prinzip der Grundlast verliert seine Bedeutung in dem Maße, in dem die Anteile der Erneuerbaren Energien zunehmen. Umgekehrt gewinnen die Unternehmen auch im neuen Energiesystem an Relevanz – und zwar als Steuerungselement und Systemstabilisator.

Diese Veränderungen erfordern eine Neuausrichtung des Umgangs der Unternehmen mit der Ressource Energie. Um die neue Rolle optimal wahrnehmen zu können, haben viele Unternehmen noch Anpassungsbedarf. Allerdings ist der regulatorische Rahmen bisher noch lückenhaft oder widersprüchlich. Um die Industrie erfolgreich in die weitere Umsetzung der Energiewende zu integrieren, ist daher ein intensiver Dialog zwischen Politik und Industrie nötig, in dem die gegenseitigen Erwartungen, die möglichen Beiträge der Unternehmen und die hierfür nötigen Rahmenbedingungen diskutiert werden.

Durch die Befreiungen von Steuern, Abgaben und Umlagen werden energieintensive Unternehmen entlastet, damit sie international wettbewerbsfähig sind. Zusätzlich profitieren sie davon, dass die Erneuerbaren Energien den Börsenstrompreis senken. Die Grafik zeigt auch, warum allein die Unsicherheit über die Zukunft der Entlastungsregelungen investitionshemmend wirken kann: Neuinvestitionen in energieintensive Anlagen, die für den internationalen Markt produzieren, könnten sich bei einem künftigen Wegfall von Entlastungen nicht refinanzieren.



2.2 Hypothesen zur Beschreibung einer Welt mit hohen Anteilen von Erneuerbaren Energien an der Energieerzeugung

Der Energiesektor darf langfristig nur noch sehr begrenzt Treibhausgase emittieren, das Energiesystem insgesamt muss effizienter werden und es wird vor allem auf den Erneuerbaren Energien aus Wind und Sonne basieren. Diese Grundrichtung wurde in den für die Bundesregierung erstellten Szenarien 2010 und 2011 dargestellt und zieht sich seitdem durch fast alle Studien. Die Beschlüsse der Klimakonferenz von Paris und die Debatte über die Notwendigkeit einer Sektorenkopplung lassen die Ambitionen der Politik in Bezug auf den Klimaschutz tendenziell weiter steigen.

Dieses Gesamtbild droht in der Diskussion von Szenarien jedoch aus dem Blick zu geraten, da deren Detailgenauigkeit zu kleingliedrigeren Betrachtungen und kritischen Auseinandersetzungen mit ihren

Annahmen einlädt. Das erschwert eine kreative Befassung mit möglichen Lösungen. Daher wurden im Rahmen des Dialogs Hypothesen entwickelt: Sie sind weniger deterministisch als Szenarien, laden zum kritischen Hinterfragen ein und erlauben so eine offenere und zielorientiertere Diskussion.

Die wichtigsten Hypothesen zur Energiewende, wie sie im Dialog „Energiewende und Industriepolitik“ erarbeitet und diskutiert wurden:

Energiekosten

1. Die Börsenstrompreise werden deutlich volatil – es wird viele Stunden mit Strompreisen von null geben, aber auch Stunden mit sehr hohen Preisen. Als Folge werden flexible Stromverbraucher auf Opportunitäten reagieren können.

Kritische Anmerkungen der Teilnehmer in der Diskussion

- Diese Hypothese funktioniert nur unter der Annahme, dass das Strommarktdesign bis 2050 unverändert bleibt. Effizientere Anpassungen der Anreizstrukturen sollten allerdings nicht vernachlässigt werden.
- In einem zukünftigen EU-weiten Energiebinnenmarkt wird es immer Abnehmer geben, daher wird es keine wesentlichen Produktionsüberkapazitäten geben.
- Wer seine Produktion nicht flexibel gestalten kann, muss auch in Zeiten hoher Preise kaufen und damit überdurchschnittliche Energiepreise zahlen.

Investitionskosten und Restrukturierung

2. Die Schlüsseltechnologien der Energiewende sind kapitalkostenintensiv (bei gleichzeitig niedrigen Betriebskosten). Daher gilt: Je höher die Unsicherheit über den Fortgang und die Geschwindigkeit der Energiewende, desto höher die Risikoprämien.
3. Die gegenwärtig unterschiedlichen Abgaben- und Umlagenniveaus in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr führen zu teilweise kontraproduktiven Anreizen. Abgaben und Umlagen sind daher so umzuorganisieren, dass die Integration der Sektoren erleichtert wird.
4. Die dezentrale Erzeugung ergänzt als neues Strukturmerkmal die zentralen Strukturen der Energiemärkte. Digitalisierung und neue IT-Technologien begünstigen dezentrale Lösungen und sind in der Lage, sie zu bündeln, mit der Möglichkeit, aus vielen Kleinanlagen erhebliche Beiträge für das Gesamtsystem zu generieren.

Kritische Anmerkungen der Teilnehmer in der Diskussion

- Das Wechselspiel zwischen Strom- und Wärmesektor hat erheblichen Einfluss auf die Ausgestaltung der Elektrifizierung. Der Wärmesektor darf daher gegenüber dem Stromsektor nicht vernachlässigt werden.
- Die Sektorenkopplung wird einen entscheidenden Beitrag zum Gelingen der Energiewende leisten. Allerdings muss dabei berücksichtigt werden, dass alle hierfür eingesetzten Energiemengen den Bedarf an erneuerbaren Kapazitäten (gegenüber dem Bedarf für die reine Stromwende) zusätzlich erhöhen.

Energieeffizienz

5. Der Wert von Energieeffizienz und -einsparung wird zukünftig besonders hoch sein, wenn wenig Wind- und/oder Sonnenstrom verfügbar sind. Lastmanagement und Energieeffizienz verschmelzen zum Konzept der *Flex-Efficiency* als Designparameter für neue Anlagen und Geräte. Produktions- und Prozessinnovationen werden optimiert auf Effizienz und Flexibilität.
6. Prozess- und anlagenseitig werden vermehrt Investitionen in Energieeffizienz erfolgen. Diese Investitionen werden nicht nur von stromintensiven Unternehmen durchgeführt, sondern zunehmend auch von der weniger stromintensiven Industrie.

Kritische Anmerkungen der Teilnehmer in der Diskussion

- Wenn Strom zu 80 Prozent aus Erneuerbaren Energien erzeugt wird, dann wird Flexibilität wichtiger als Effizienz. Dann muss das Lastmanagement Vorrang vor der Verringerung des Energieverbrauches haben.
- Es gibt kein Konkurrenzverhältnis zwischen Erneuerbaren Energien und Effizienz. Strom, der nicht verbraucht wird, muss nicht produziert werden. Es ist volkswirtschaftlich sinnvoller, in Stromeinsparung zu investieren anstatt parallel in Stromerzeugungskapazitäten und in Anlagenflexibilität.

Wettbewerbsfähigkeit

7. Auch bei mehr als 50 Prozent Anteil der Erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung ist die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie gesichert, solange die gewohnte hohe Systemstabilität gewährleistet bleibt und Ausnahmeregelungen bei Abgaben und Umlagen die Energiekosten verlässlich auf ein verträgliches Niveau begrenzen.
8. Die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie im Allgemeinen hängt auch davon ab, ob und inwieweit über intelligentes Lastmanagement die Zeiten niedriger Börsenstrompreise bei hoher Windenergie- und Photovoltaikeinspeisung ausgenutzt werden können.
9. Im Strommarkt und bei den Systemdienstleistungen sollte ein technologieneutraler Wettbewerb zwischen den verfügbaren Flexibilitätsoptionen angestrebt werden.
10. Neue Geschäftsmodelle werden sich entwickeln, bei denen die exportorientierte deutsche Volkswirtschaft früh präsent sein sollte.

Kritische Anmerkungen der Teilnehmer in der Diskussion

- Die Industrie ist schon jetzt nicht mehr nur reiner Stromverbraucher, sondern übernimmt in einem zunehmend dezentralisierten Stromerzeugungssystem mehr und mehr auch die Rolle als Erzeuger und Regler.

- Es existiert auch ein *Investment-Leakage*: Investitionen werden nur noch dort getätigt, wo das politische Umfeld langfristige Entscheidungen unterstützt beziehungsweise ermöglicht.
- Unterschiedliche Belastungen der Sektoren Strom, Wärme und Verkehr reduzieren im Moment die Marktdynamik zur Entwicklung von Innovationen und Geschäftsmodellen im Bereich der Sektorenkopplung.

Umwelt und Trends

11. Der Klimawandel wird weiter voranschreiten und sowohl in Extremwetterereignissen als auch im Alltag spürbar sein, mit der Folge, dass Klimaschutz dauerhaft ein zentraler Treiber der Energiepolitik bleibt.
12. Die Treibhausgasneutralität wird sich als globaler Megatrend etablieren und einen weltweiten Energiewendemarkt befördern. Lösungen und Know-how des sich entwickelnden neuen Energiesystems, etwa zum Umgang mit hohen Anteilen volatiler Erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung, finden internationale Absatzmärkte.

Kritische Anmerkungen der Teilnehmer in der Diskussion

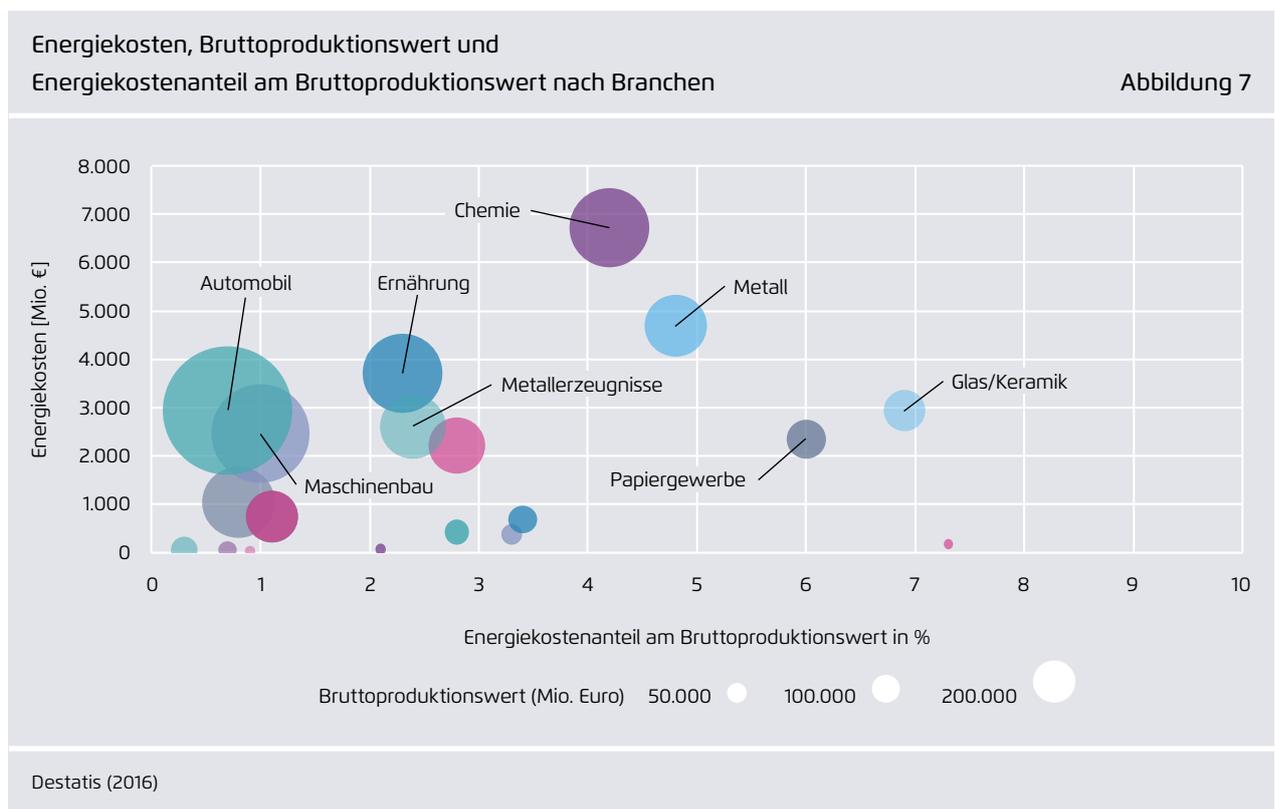
- Die EU wird als Vorreiter akzeptiert, aber wenn der Vorsprung gegenüber anderen Ländern und Regionen zu groß wird, können europäische Unternehmen nicht mehr vom globalen Energiewendemarkt profitieren.

3. Zukünftige energiewirtschaftliche Herausforderungen und Auswirkungen auf die deutsche Industrie

Der Anteil der gesamten Energiekosten am Brutto-
produktionswert lag im verarbeitenden Gewerbe in
den letzten zehn Jahren konstant bei etwa zwei Pro-
zent (Destatis, 2016). Dabei gibt es erhebliche bran-
chenspezifische Unterschiede (siehe Abbildung 7).
Für wichtige Segmente der deutschen Industrie sind
Preis und Qualität der Energieversorgung jedoch von
großer Bedeutung. Besonders betroffen sind die ener-
gieintensiven Branchen: Stehen sie mit ihren Pro-
dukten, zum Beispiel Papier, Stahl oder Aluminium,
im internationalen Wettbewerb, droht der Verlust von
Marktanteilen, wenn sie steigende Energiekosten an
ihre Kunden weitergeben. Vor allem bei stark stan-
dardisierten, vergleichbaren Produkten aber erlaubt
der Weltmarkt praktisch keine Preisanpassung.

Vor diesem Hintergrund ist die Hauptsorge der ener-
gieintensiven Unternehmen daher, dass diese Vor-
aussetzungen entfallen, wenn sich das Energiesystem
durch die zunehmende

Bedeutung der Erneuerbaren Energien verändert. In
den nachfolgenden Abschnitten wird herausgear-
beitet, welche konkreten Risiken die Unternehmen
erkennen und welche Vorschläge bestehen, um die
Risiken zu managen.



3.1 Risiken der Energiewende aus Sicht von Industrieunternehmen

3.3.1 Selbsteinschätzung der Unternehmen

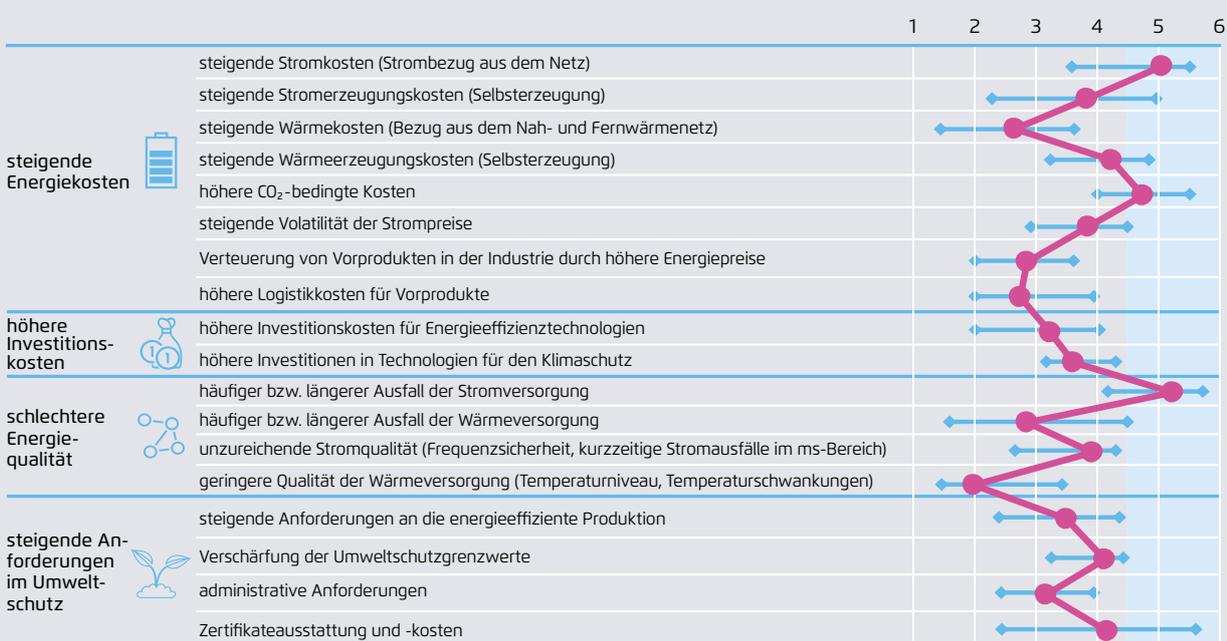
Ein Ziel des Dialogs „Energiewende und Industriepolitik“ war, die Sensitivität der Unternehmen gegenüber möglichen Auswirkungen der Energiewende zu ermitteln. Daher wurden zunächst Einschätzungen der Teilnehmer aus den energieintensiven Branchen eingeholt: Anhand vorgegebener Kriterien aus den Themenfeldern Energiekosten, Investitionskosten, Energiequalität/Versorgungssicherheit und Anforderungen im Umweltschutz stuften diese ihr Unternehmen jeweils auf einer Skala von 1 (gar nicht betroffen – nur Beobachtung der weiteren Entwicklung not-

wendig) bis 6 (existenziell betroffen – teilweises oder vollständiges Ausscheiden aus dem Markt) selbst ein.

Abbildung 8 zeigt das Ergebnis dieser Selbsteinschätzung. Danach würden insbesondere drei Situationen eine starke Anpassung oder sogar eine Änderung des Geschäftsmodells erforderlich machen: häufiger beziehungsweise längerer Ausfall der Stromversorgung, steigende Stromkosten (für Bezug aus dem Netz) und höhere CO₂-bedingte Kosten.

Sensitivität der energieintensiven Industrie für potenzielle Auswirkungen der Energiewende (Selbsteinschätzung der am Dialog beteiligten Unternehmen)

Abbildung 8



- 1 = gar nicht betroffen (nur Beobachtung der weiteren Entwicklung notwendig)
- 2 = wenig betroffen (erste Maßnahmen notwendig, zum Beispiel Kostensenkung)
- 3 = eingeschränkt betroffen (Lösungsstrategie für Teile des Unternehmens notwendig, zum Beispiel umfassende Investitionen)
- 4 = betroffen (Anpassung des Geschäftsmodells erforderlich, zum Beispiel einzelner Geschäftsbereiche oder Produkte)
- 5 = stark betroffen (Änderung des Geschäftsmodells notwendig, zum Beispiel durch Verlagerung der Produktion ins Ausland)
- 6 = existenziell betroffen (teilweises oder vollständiges Ausscheiden aus dem Markt)

Roland Berger, Expertenbefragung (n=15)

Drei kritische Situationen aus Sicht der Unternehmen:

1. Häufiger beziehungsweise längerer Ausfall der Stromversorgung

Die meisten der befragten Experten aus energieintensiven Unternehmen schätzen dieses Kriterium als mögliche existenzielle Gefahr ein. Denn viele Unternehmen erzeugen zwar selbst Strom, beziehen aber auch große Teile ihres Bedarfs aus dem Netz. Ein Abnehmen der Netzqualität mit häufigeren und längeren Stromausfällen würde aus ihrer Sicht die Produktionsprozesse stark beeinflussen, bis hin zu

starken Schäden an verketteten Produktionsanlagen. Wäre eine stabile und effiziente Produktion nicht mehr gewährleistet, könnte es zu einem Ausscheiden aus dem Markt kommen.

Hohe Netzqualität und Versorgungssicherheit in Deutschland gelten als einer der wichtigsten Wettbewerbsvorteile. Unternehmen sowohl aus der Glas- als auch aus der Chemieindustrie nannten explizit die kontinuierliche und gesicherte Stromversorgung als Grund dafür, dass eine wirtschaftliche Produktion am Standort Deutschland überhaupt möglich sei.

Befürchtete Überlastungen im Übertragungsnetz

Abbildung 9



EnBW Transportnetze AG; RWE Transportnetz Strom GmbH; transpower stromübertragungs GmbH; Vattenfall Europe Transmission GmbH (2009); Nitsch (2015)

Wie Abbildung 13 zeigt, ist die Netzqualität in den vergangenen Jahren gestiegen und die Dauer von Versorgungsstörungen hat abgenommen. Erhebliche künftige Risiken sieht aber ein gemeinsames Szenario des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) und des Instituts für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart (vgl. Abbildung 9). Dafür wurde die Versorgungssicherheit im Jahr 2030 simuliert, unter der Annahme, dass der Netzausbau weiterhin schleppend vorangeht und der Atomausstieg sowie der Ausbau der Erneuerbaren Energien wie geplant weitergehen. Ergebnis: Besonders im Süden und Südwesten Deutschlands könnte es zu vermehrten Ausfällen kommen. Auch aus Sicht der befragten Unternehmen setzen die Entwicklungen im Rahmen der Energiewende perspektivisch die Wettbewerbsfähigkeit des Standorts Deutschland aufs Spiel.

Neben dem Risiko für die Versorgungssicherheit nannten sie weitere potenziell produktionsrelevante

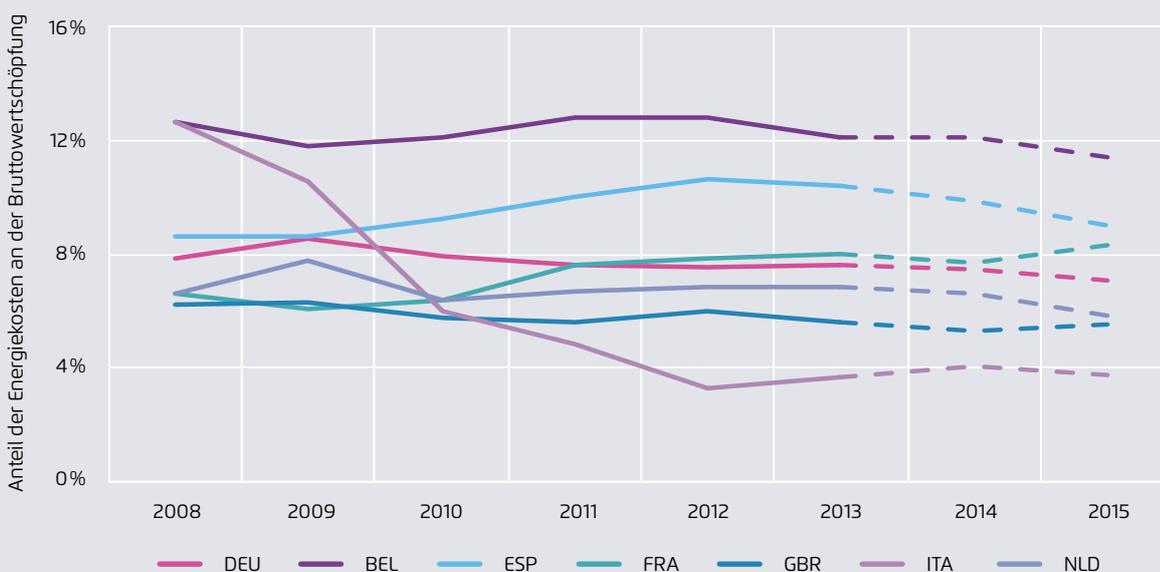
Auswirkungen der Energiewende auf die Stromversorgung. Dazu zählen insbesondere vermehrte kurze Stromausfälle im Millisekundenbereich, sogenannte Netzwischer, deren Abfederung hohe Investitionen in Anlagen nötig mache. Auch könnten vermehrte Eingriffe der Netzbetreiber in die Regelung von Produktionsanlagen Ausfälle verursachen. Zudem sei es nötig, durch eigene Stromspeicher und Puffer für eine unterbrechungsfreie Versorgung zu sorgen, damit potenzielle Stromausfälle nicht zu erheblichen Schäden bei verketteten Produktionsanlagen führen.

2. Steigende Strompreise

Stark betroffen sehen sich energieintensive Unternehmen von steigenden Strompreisen, da sie die damit verbundenen höheren Herstellungskosten ihrer Produkte aufgrund des internationalen Wettbewerbs nur bedingt beziehungsweise bei globalen Märkten überhaupt nicht an die Kunden weitergeben können. Auch in diesem Fall müssten sie daher ihr Geschäftsmodell in einzelnen Geschäftsbereichen

Energiestückkosten im europäischen Vergleich

Abbildung 10



Energiestückkosten setzen die Energiekosten ins Verhältnis zur Bruttowertschöpfung. Der internationale Vergleich dieses Indikators berücksichtigt im Unterschied zum Energiepreisvergleich die Entwicklung der Energiekosten und der Wertschöpfung. Für die Jahre 2014 und 2015 wurden die Daten fortgeschrieben.

Löschel u. a. (2015)

oder in Bezug auf einzelne Produkte anpassen oder aufgeben. Im Extremfall ließen sich Stahl, Aluminium, Papier, Grundchemikalien und andere Rohmaterialien in Deutschland nicht mehr wirtschaftlich produzieren – was wiederum zu erheblichen Kostensteigerungen für Branchen wie Auto, Maschinenbau oder Konsumgüter führen würde, die diese Rohmaterialien dann aus dem Ausland beschaffen müssten.

Dabei geht es nicht primär um den Anteil der Erzeugungskosten in den Strompreisen, denn diese liegen in Deutschland im Mittelfeld, wie Abbildung 10 stellvertretend für eine ganze Reihe von empirischen Untersuchungen zeigt (zum Beispiel BMWi, 2016). Erst wenn die zusätzlichen Preisbestandteile wie Abgaben oder Umlagen hinzugerechnet werden, sind die Strompreise und Stromkosten am oberen Rand der Vergleichsländer. Die vielseitigen Befreiungen von Abgaben und Umlagen sind politisch festgelegt; die Unternehmen fürchten daher die kaum planbaren Änderungen und mögliche Kostensprünge aufgrund von unvorhersehbaren, politisch veranlassten Entscheidungen.

Die Unsicherheit darüber, ob, wann und wie politische Entscheidungen den Industriestrompreis beeinflussen, führt dazu, dass weitreichende Investitionsentscheidungen zurückgestellt werden. Sie begründet somit schon einen Wettbewerbsnachteil, bevor sich die Rahmenbedingungen tatsächlich ändern.

3. Höhere CO₂-bedingte Kosten

Die Bepreisung von CO₂ zur Internalisierung externer Kosten und zur Begrenzung klimaschädlicher Emissionen führt zu Wettbewerbsverzerrungen, solange sie nicht alle Anbieter gleichermaßen erfasst. Würde der CO₂-Preis in Deutschland stärker steigen als an Standorten wichtiger Wettbewerber, so träfe dies besonders solche Unternehmen, die selbst Treibhausgase emittieren – entweder durch eine eigene Energieerzeugung oder durch Produktionsprozesse. Aber auch die Kosten für extern bezogenen Strom oder extern bezogene Wärme erhöhen sich durch steigende CO₂-Preise. Die Unternehmen sehen keine

Möglichkeit, diese Folgen durch Investitionen in neue Prozesse und Technologien abzufedern, insbesondere nicht außerhalb der normalen Investitionszyklen. Resultat wäre auch hier eine Verlagerung der Produktion oder die Anpassung des Geschäftsmodells.

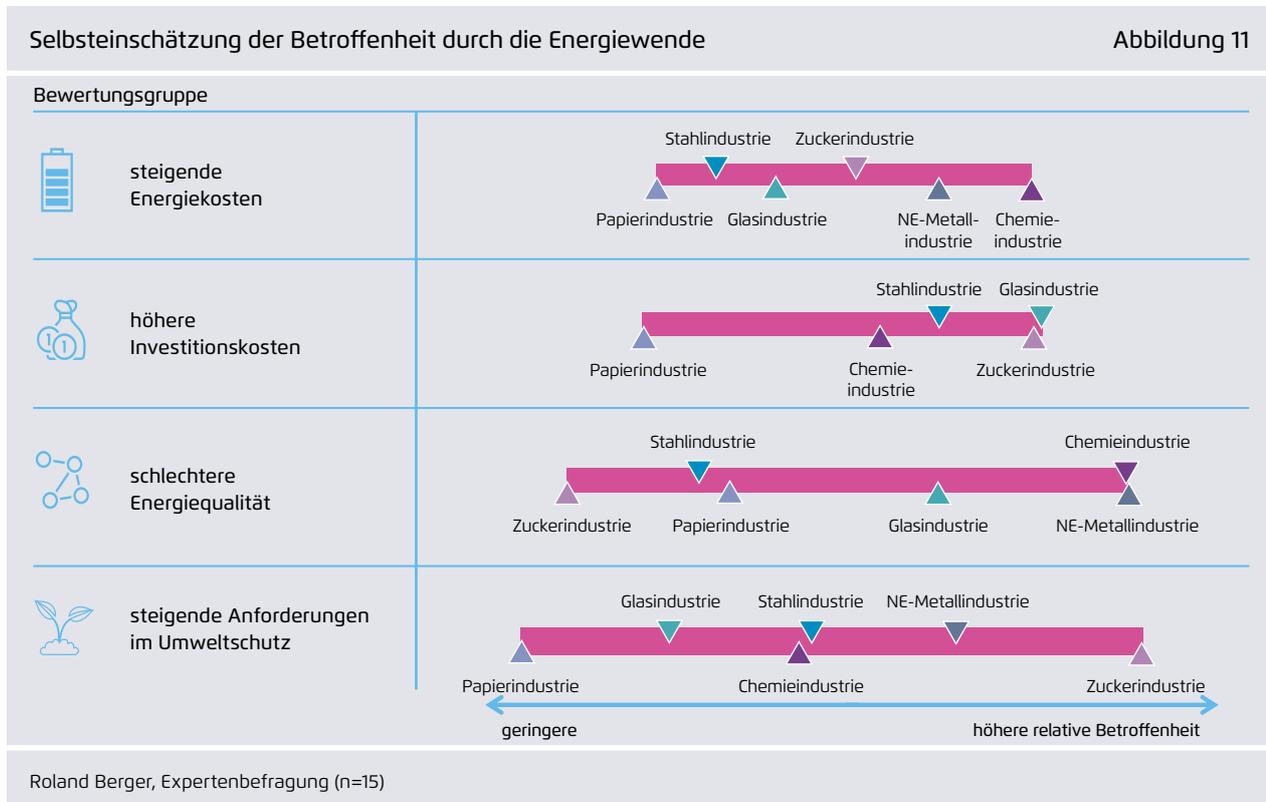
Weitere Anmerkungen zur Selbsteinschätzung der Unternehmen

Prozessenergie (und damit vor allem Wärme) macht knapp 70 Prozent des industriellen Energiebedarfs aus (Prognos, EWI, GWS, 2014). Da die Unternehmen die benötigte Wärme überwiegend selbst erzeugen, sehen sie CO₂-bedingte Kosten hier als eigentliche Einflussgröße und sprechen dem Kriterium „steigende Wärmeerzeugungskosten (Selbsterzeugung)“ eine hohe Bedeutung zu. Auf der anderen Seite sind die Unternehmen von externen Wärmelieferungen weitgehend unabhängig, was sich in der relativ niedrigen Einstufung der Kriterien „steigende Kosten für Wärmeversorgung“ sowie „geringere Qualität der Wärmeversorgung“ niederschlägt.

3.1.2 Differenzierung der Betroffenheit nach Branchen

Die energieintensiven Branchen erscheinen durch den ihnen gemeinsamen hohen Energiebedarf auf den ersten Blick als homogene Gruppe. Betrachtet man jedoch die einzelnen Branchen genauer, zeigt sich eine erhebliche Heterogenität, die sich auch darin spiegelt, wie die Unternehmen ihre eigene Betroffenheit durch die Energiewende einschätzen.

Abbildung 11 zeigt diese Unterschiede: Trotz der hohen Energieintensität aller untersuchten Branchen schätzen diese die Folgen steigender Energiekosten sehr unterschiedlich ein. Am stärksten betroffen sieht sich die Chemiebranche, während Stahl- und Papierhersteller weniger Relevanz sehen. Dabei korrelieren diese Einschätzungen nur bedingt mit dem Anteil der Energiekosten an den Produktionskosten einer Branche. Auch die Preiselastizität, die Margen und die Energiekosten der Rohstoffe beziehungsweise Vorprodukte und deren Volatilität sind von großer Bedeutung.



Höhere Investitionskosten durch die Energiewende sehen Unternehmen mit wärmebasierten Schmelzprozessen (zum Beispiel Glas, Nichteisenmetall, Stahl). Unternehmen der chemischen Industrie oder der Papierindustrie stufen sich selbst als gering oder weniger betroffen von steigendem Investitionsbedarf ein. Denn beide Branchen haben bereits eine hohe Investitionsintensität und in Bezug auf die Energiewende schon zuvor viel investiert, zum Beispiel in die Elektrifizierung und in Filteranlagen.

Eine schlechtere Energiequalität oder geringere Versorgungssicherheit fürchten besonders Branchen, die nur wenig eigenen Strom erzeugen und weniger Gleichstromprozesse betreiben. Auch Branchen, die eine hohe Automatisierung oder verkettete Produktionsprozesse besitzen, wie etwa die Chemieindustrie, sind abhängig von hoher Energiequalität. Umgekehrt sieht sich zum Beispiel die Zuckerbranche mit ihrem großen Anteil an Eigenstromerzeugung kaum von schlechterer Versorgungssicherheit betroffen.

Die größten Unterschiede zeigen sich bei der Einschätzung bezüglich möglicherweise steigender Anforderungen im Umweltschutz. Höchste Relevanz hat dieser Punkt für die Zuckerindustrie, in der sowohl Prozessabgase als auch Emissionen aus der Eigenstromerzeugung aufwendig gefiltert oder gereinigt werden müssen. Ähnliches gilt für die Nichteisenmetallindustrie, die Stahl- und die Chemiebranche. Am anderen Ende der Skala ordnet sich die Papierindustrie ein, die Strom überwiegend aus dem Netz bezieht.

3.2 Auswirkungen auf betroffene Branchen

Die Unternehmen sehen die Energiewende nicht nur als ökonomische Herausforderung, sondern auch als Faktor, der implizit oder explizit technische Ansprüche an Produktionsverfahren stellt. Im Folgenden werden einige Beispiele beschrieben, mit denen die Teilnehmer ihre Selbsteinschätzung, stark oder existenziell betroffen zu sein, unterlegten.

Beispiele für technische und ökonomische Konsequenzen der Energiewende, wie sie von den Befragten genannt wurden:

- **Zu den Auswirkungen steigender Energiekosten:** Energieintensive Unternehmen haben ihre Prozesse in aller Regel bereits über Jahrzehnte optimiert, da Effizienzverbesserungen sich hier relevant kostensenkend auswirken. Daher arbeiten die Unternehmen heute nach eigener Einschätzung an der technisch-physikalischen Effizienzgrenze, weitere und noch dazu marginale Optimierungen seien nur noch unter hohen Investitionen möglich. Da die Sparpotenziale nach Einschätzung der Unternehmen ausgereizt sind, würden steigende Energiepreise folglich voll auf die Produktionskosten und den Fertigungspreis durchschlagen, mit entsprechend negativen Folgen für die Wettbewerbsfähigkeit am Weltmarkt. Argumentiert wurde: Heute sei es möglich, am Standort Deutschland Grundstoffe zu produzieren, weil Ausnahmen bei den Abgabenregelungen den Strompreis für energieintensive Branchen in verträglicher Höhe halten. Sollten die Ausnahmen entfallen und die vollen Abgaben (EEG-Umlage, Netzentgelte etc.) fällig werden, wären in Deutschland produzierte Grundstoffe am Weltmarkt nicht mehr wettbewerbsfähig.
- **Zu den Auswirkungen höherer CO₂-Zertifikatskosten:** Einige Produktionsprozesse führen unabhängig vom direkten Energiebedarf zu unvermeidbaren (prozessbedingten) Treibhausgasemissionen, zum Beispiel in der Aluminiumherstellung. Hier wirken sich erhöhte Preise für CO₂-Zertifikate direkt auf den Produktpreis aus, mit denselben Folgen wie erhöhte Energiekosten. Ein Unternehmensexperte machte deutlich, dass die Einpreisung der CO₂-Zertifikatskosten in den Strompreis (indirekte CO₂-Kosten) mit einem sehr großen Kostenhebel wirken könne (Rechenbeispiel in der Aluminiumindustrie: 14,3 Megawattstunden pro Tonne Aluminium x 0,76 Tonnen CO₂ je Megawattstunde x CO₂-Preis).
- **Zu den Auswirkungen steigender Volatilität der Strompreise:** Eine Flexibilisierung sei bei elektrischen Herstellungsprozessen oft nur schwer möglich. So müssten zum Beispiel Schmelzaggregate in der Glasindustrie durchgehend betrieben werden, um die optimale Lebensdauer zu erreichen und somit die Wirtschaftlichkeit aus Anlagenperspektive sicherzustellen. Zwar könnte eine Kombination von Gas- und Elektroschmelzwannen eine höhere Flexibilisierung des Energieverbrauches ermöglichen und auch in der Elektrostahlindustrie sei trotz der verketteten Prozesse Flexibilisierungspotenzial durch Batch-Fertigungstechniken vorhanden. Doch flexible Kapazitäten bedeuteten insgesamt oft einen höheren absoluten Einsatz von Energie und ein Vorhalten von Überkapazitäten in der Produktion. Auch in der Chemieindustrie müssten Überkapazitäten aufgebaut werden, um Flexibilisierungspotenziale in Betracht zu ziehen, allerdings sei die Frage der Speicherung von Zwischenprodukten nicht gelöst (das gelte auch für die Stahlindustrie).
- **Zu den Auswirkungen verschärfter Umwelt-schutzgrenzwerte:** Um neue Grenzwerte, zum Beispiel für Staubemissionen oder bei der Abwassertemperatur, einzuhalten, müssten zusätzliche Investitionen, etwa für Filter oder Abwasserkühlanlagen, getätigt werden. Diese würden selbst wieder Energie brauchen und so insgesamt die Energieeffizienz der Produktion verschlechtern.
- **Zu den Auswirkungen von häufigeren und längeren Stromausfällen:** Häufigere Stromausfälle würden einen der Standortvorteile Deutschlands, nämlich die traditionell außergewöhnlich hohe Versorgungssicherheit, einschränken. In manchen Branchen würden bereits kleinste Unterbrechungen der Stromversorgung zum sofortigen Stillstand der Maschinen und zu teilweise irreversiblen Schäden an den Anlagen führen, mit entsprechenden finanziellen Konsequenzen. Dazu kämen hohe Produktionsverluste, mehr Ausschussprodukte und eine geringere Produktqualität. In vielen energieintensiven Unternehmen basiere das Geschäftsmodell auf der kontinuierlichen Abnahme von Grundlaststrom (vgl. Einleitung Kapitel 3): Verschlechtere sich die Versorgungs-

sicherheit des bisher sehr beständigen deutschen Stromnetzes, sei dieses Geschäftsmodell bedroht.

3.3 Ansätze und Vorschläge aus der Industrie zur Minderung der Auswirkungen

Einige Segmente der deutschen Industrie, besonders die energieintensiven Unternehmen, spüren bereits heute Auswirkungen der Energiewende. Nach Aussagen von Dialogteilnehmern führen vor allem sogenannte Doppelbelastungen, das heißt hohe Energiekosten bei gleichzeitig herausfordernden Grenzwerten im Umweltbereich, dazu, dass Investitionen verscho-ben oder Erweiterungen der Produktionskapazitäten zurückgestellt werden. Im Extremfall können ganze Produktionsstandorte in Gefahr geraten. Abbildung 12 zeigt, wie derartige negative Wirkungen aus Sicht der Unternehmen abgefedert werden sollten, sortiert nach der Häufigkeit ihrer Nennung in den Interviews.

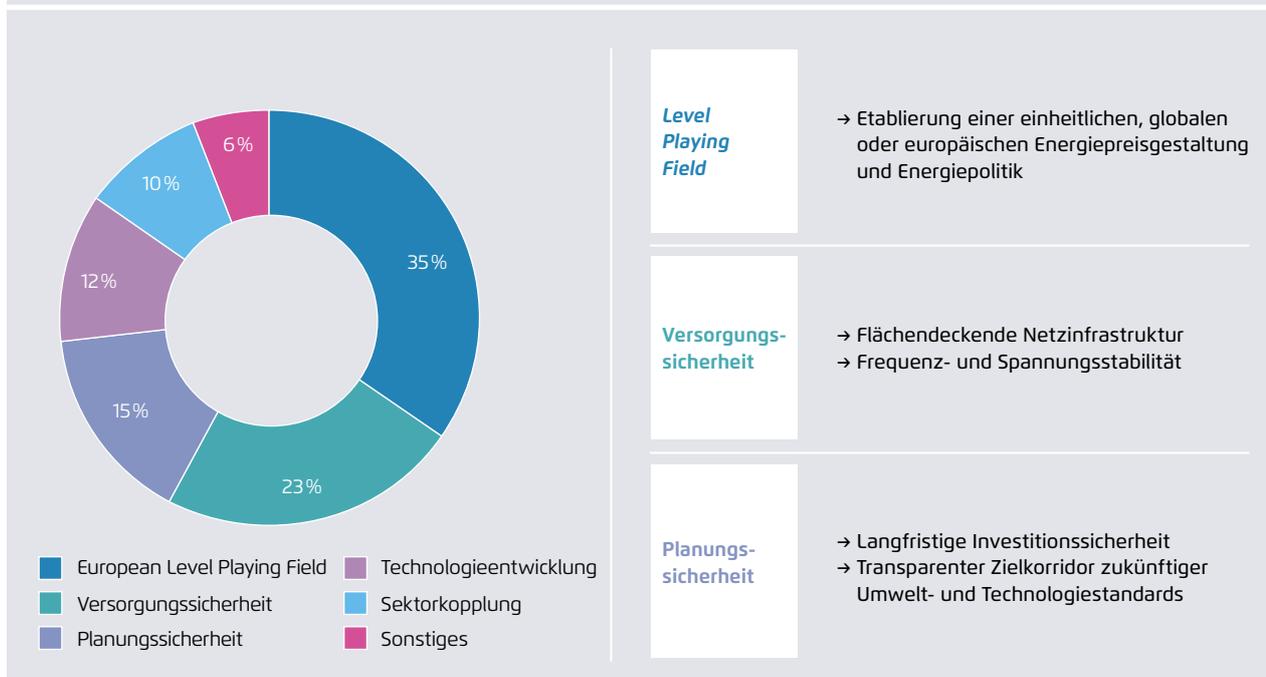
Gleiche Wettbewerbsbedingungen, hier definiert als *Level Playing Field* mit einer europa- beziehungsweise idealerweise weltweit einheitlichen Energiepreisgestaltung und -politik, Versorgungssicherheit sowie Planungssicherheit wurden dabei am häufigsten genannt.

3.3.1 Das Level Playing Field als zentrales energiepolitisches Ziel

Für die weltweite Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie sind nicht die absoluten Energiekosten entscheidend, sondern die relativen. Steigen oder sinken die Energiepreise weltweit synchron, so profitieren diejenigen Unternehmen beziehungsweise Länder, die den höchsten Grad an Energieeffizienz aufweisen, denn ihre Energiekosten steigen relativ gesehen weniger und ihre Wettbewerbsfähigkeit steigt. Im Falle einer weltweit identischen Energieintensität eines typischen Industrieprozesses verändert ein gleichmäßiger globaler Anstieg der Energiepreise die Wettbewerbssituation nicht. Stei-

Wichtige politische Rahmenbedingungen zur Abfederung der Risiken der Energiewende aus Unternehmenssicht

Abbildung 12



Gewichtete Häufigkeit der Nennung durch die befragten Dialogteilnehmer (links); Details zu den drei häufigsten Antworten (rechts)
Roland Berger, Expertenbefragung (n=5)

gen die Energiekosten aber nur in einem Land oder einer Region, führt dies potenziell zu Wettbewerbsnachteilen für die dort ansässigen energieintensiven Industrien, die im internationalen Wettbewerb stehen.

Daher gehört zu den Kernforderungen der interviewten Unternehmen, allen voran von Unternehmen, die durch Massenprodukte und Waren mit geringen Wertschöpfungstiefen einem intensiveren internationalen Wettbewerbsdruck ausgesetzt sind, dass die deutschen Preise für Energie weltweit, insbesondere gegenüber den G20-Staaten, wettbewerbsfähig bleiben müssen.

Der Begriff des *Level Playing Fields* beschreibt den Wunsch nach einer international vergleichbaren Energiepolitik, die im Ergebnis allen Akteuren die gleichen Erfolgchancen im Wettbewerb einräumt. Dies könnte durch einen globalen Emissionsrechtehandel oder eine global einheitliche Besteuerung von CO₂ erreicht werden. Eine solche weltweite Bepreisung des Kohlendioxidausstoßes könnte alle anderen Instrumente der Klimapolitik ersetzen – vorausgesetzt, sie wäre wirksam implementiert und die Menge der Zertifikate beziehungsweise die Höhe der Steuer orientierte sich am international vereinbarten Ziel, die Klimaerwärmung auf 1,5 bis 2,0 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter zu begrenzen. Aus diesem Grund vertreten die interviewten Unternehmen die Vision eines weltweit einheitlichen CO₂-Preises oder CO₂-Zertifikatehandels.

Die kosteneffizienteste Lösung, um die Klimaerwärmung auf höchstens 2 Grad zu begrenzen, ist eine ausreichende und funktionierende weltweite (beziehungsweise G20-weite) Bepreisung von CO₂. Sie würde in dieser Hinsicht ein *Global Level Playing Field* schaffen. Dies muss langfristiges Ziel der Klimaschutzpolitik sein, auch wenn es nur sehr schwer zu erreichen sein wird.

Allerdings ist die internationale Politik von dieser volkswirtschaftlich effizientesten Form des Klimaschutzes weit entfernt, obwohl weltweit Einigkeit

über das 2-Grad-Ziel besteht und es seit der Klimakonferenz in Paris 2016 einen Konsens darüber gibt, dass diese zwei Grad nicht einmal ausreichen. Da der Klimawandel sich verschärft und als Naturphänomen nicht auf die politische Einigung auf globale CO₂-Preise warten kann, muss jedoch heute schon gehandelt werden.

Im Rahmen des Dialogs wurden deshalb folgende konkrete Maßnahmen in Richtung eines zunächst auf Europa begrenzten *Level Playing Fields* vorgeschlagen und zum Teil kontrovers diskutiert:

→ **Durchsetzung der Energiewende auf europäischer**

Ebene: Voraussetzung für eine einheitliche Entwicklung der Energiepreise in Europa wäre, dass auf der europäischen Ebene Einigkeit über die Entwicklung und Ziele der Energiewende herrscht. Die Teilnehmer fordern daher europaweit einheitliche Regelungen; nationale Einzelmaßnahmen sollten zeitlich befristet und die Ausnahme bleiben.

→ **Auf- und Ausbau des europäischen Strommarktes:**

Dazu wurden drei konkrete Ansätze genannt: erstens die Einrichtung einer europäischen Strombörse beziehungsweise die Verbesserung der Effizienz der existierenden Institution (EEX), um die Strompreise auf europäischer Ebene zu vereinheitlichen; zweitens (und als Voraussetzung für den ersten Punkt) der Aufbau eines europäischen Stromnetzes, also ein stärkerer und schnellerer Ausbau der Übertragungskapazitäten und der Grenzkuppelstellen, die sich heute an ihrer Leistungsgrenze bewegen; und drittens ein „EU-Masterplan“ zur EU-weit einheitlichen Regelung der Abgaben, Steuern und Umlagen in den Energiepreisen.

3.3.2 Versorgungssicherheit als deutscher Standortvorteil

Versorgungssicherheit gilt als wichtiger Wettbewerbsvorteil des Standorts Deutschland. Für die Unternehmen bedeutet das in erster Linie, dass die Stromversorgung mit ausreichend Leistung und Flexibilität durchgehend gewährleistet ist, auch im Fall

von Produktions- und Standortanpassungen der Industrie. Außerdem müssen deutsche Unternehmen im Vergleich zu Unternehmen in konkurrierenden Industriestaaten weniger eigene Back-up-Kapazitäten (zum Beispiel Energiespeicher, Notstromaggregate) vorhalten. Abbildung 13 zeigt, dass die Versorgungsstörungen in Deutschland in den letzten zehn Jahren rückläufig sind (von 21,5 auf 12,7 Minuten pro Jahr).

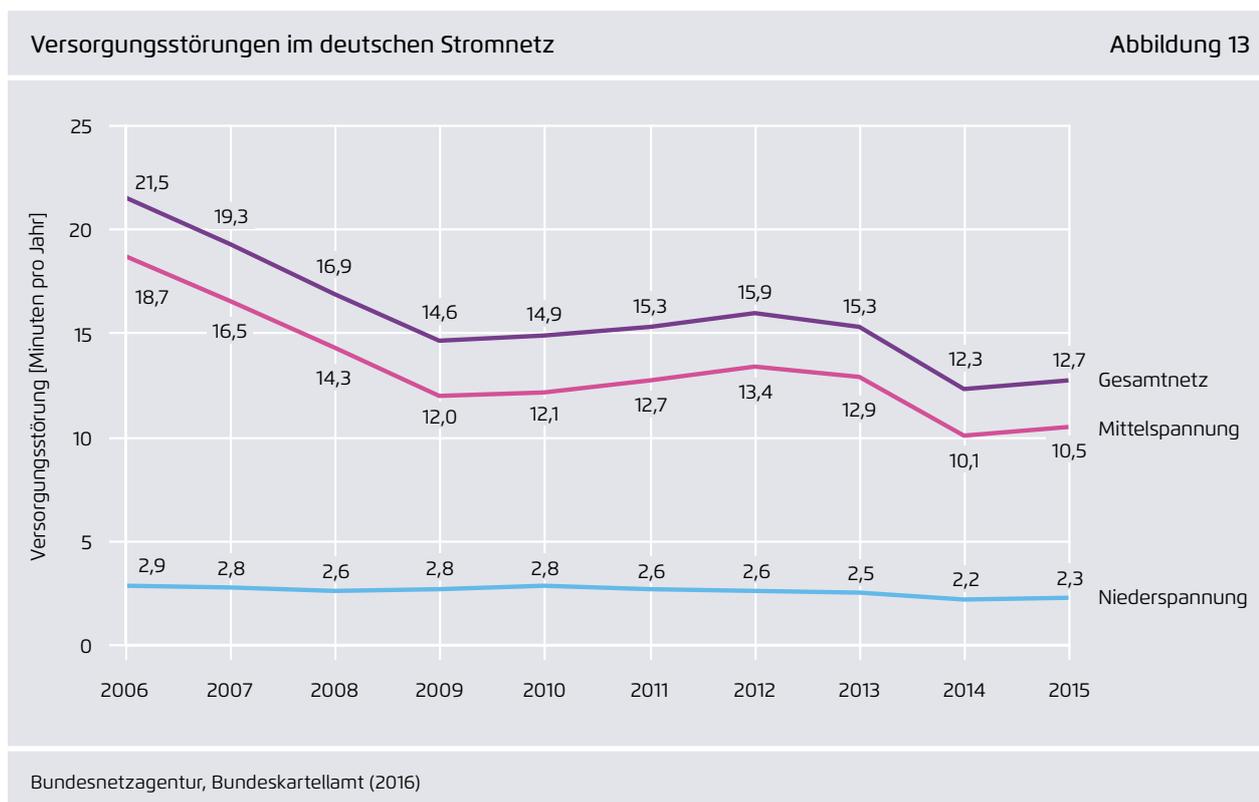
Da eine gleichmäßig hohe Auslastung der Produktion in Deutschland zum Geschäftsmodell vieler energieintensiver Branchen geworden ist, fordern die Unternehmen, dass dieses hohe Niveau der Frequenz- und Spannungssicherheit auch zukünftig erhalten bleibt (auch wenn es perspektivisch technische Lösungen gibt, um mit kurzen Frequenzstörungen, zum Beispiel Netzwischern, besser umgehen zu können).

Die befragten Unternehmen sehen die Versorgungssicherheit zum Teil bereits heute als kritisch an.

Allerdings seien die aktuell auftretenden Probleme meist nicht mit dem Einfluss der Erneuerbaren Energien zu erklären, sondern würden durch eine unzureichende oder nicht funktionierende „klassische“ Infrastruktur verursacht (zum Beispiel durch Brand von Transformationsstationen).

Die künftigen Herausforderungen und zugleich Chancen für eine verlässliche Energieversorgung liegen in den Bereichen Netzausbau, Speicher und Sektorenkopplung. Um diese zu stemmen, müssen die politischen Entscheidungsträger verlässliche regulatorische und finanzielle Signale setzen, damit der Ausbau der Erneuerbaren Energien und die Sektorenkopplung mit dem Tempo des Netzausbaus synchronisiert werden.

Die Forderungen der Unternehmen zu diesem Themenfeld richten sich an die Politik: Sie müsse eine ausreichende Versorgungssicherheit durch geeignete Regelungen und Subventionen unterstützen und



dabei sektorenübergreifend auch die Wärmeversorgung einbeziehen. Im Folgenden einige Vorschläge aus der Diskussion:

- Neben dem **Ausbau der Stromnetze** sollten auch **Wärmenetze und -speicher** auf- und ausgebaut werden, um die Kraft-Wärme-Kopplung in Verbänden zu erleichtern und weitere Unternehmen anbinden zu können.
- Die **Entwicklung und der Bau von Stromspeichern** (zum Beispiel auch von Großspeichern als Netzausbaualternative) sollten forciert werden, um die Volatilität des Stroms aus erneuerbaren Quellen auszugleichen und die Versorgungssicherheit zu gewährleisten.
- Die **Flexibilisierung der Produktion**, um sie dem jeweiligen Energieangebot anpassen zu können, müsse subventioniert werden.
- Die **Sektorenkopplung** sollte forciert werden, so könnten zum Beispiel dezentrale Wasserstoff- oder Methanlösungen die Versorgungssicherheit verbessern.

3.3.3 Langfristige Planbarkeit als Maßnahme zur Abmilderung der Auswirkungen

Planungssicherheit bedeutet für viele Unternehmen vor allem, dass die politisch gesetzten Rahmenbedingungen lange genug stabil sein müssen, um auf ihrer Basis Investitionen mit langen Amortisationszeiten tätigen zu können. Dies ist besonders den energieintensiven Unternehmen wichtig: Sie hätten bereits aus Eigeninteresse alle naheliegenden Effizienzmaßnahmen mit kurzen Amortisationszeiten ergriffen, weitere Investitionen würden sich nun wesentlich langsamer amortisieren. Daher wünschen sich die Unternehmen ein stabiles Umfeld, um zukünftige Effizienzinvestitionen realisieren zu können.

Verunsichert sind die Unternehmen vor allem mit Blick auf die Kontinuität zukünftiger Umweltstandards und auf Entwicklungen, die Einfluss auf die Technologieauswahl haben, insbesondere im Wärmesektor: So erfordert etwa die Entscheidung, ob eine neue Anlage zur Erzeugung von Prozessdampf

für den Betrieb mit Kohle, Gas oder Strom ausgelegt wird, vorab langfristig verlässliche politische Rahmenbedingungen. Aufgrund der enormen Bedeutung von Steuern, Umlagen, Ausnahmen und Beihilfen für die Energiekosten sind gerade die energieintensiven Industrien besonders angewiesen darauf, dass geltende und zukünftige politische Instrumente im Rahmen der Energiewende verlässlich sind und auch längerfristig planbar bleiben.

Die gegenwärtige Praxis, energiewirtschaftliche Förderprinzipien jeweils nach wenigen Jahren zu modifizieren, erschwert die eigentlich gewünschten Anpassungsinvestitionen in der Industrie.

Viele Vorschläge der Unternehmen in diesem Themenfeld adressieren daher verlässliche Rahmenbedingungen, klare und vereinfachte Investitionsmöglichkeiten sowie Finanzierungshilfen, um **Investitionen in die Energiewende** zu erleichtern. Beispiele dafür sind:

- **Investitionssicherheit und -anreize:** Das aktuelle Umfeld, in dem zentrale politische Steuerungsinstrumente wie das EEG oder der europäische Emissionshandel (ETS) in Drei- bis Fünfjahresrhythmen überarbeitet werden, schaffe aufgrund zu hoher Risiken kaum Anreize für Investitionen. Investitionssicherheit brauche längere, wirtschaftlich sinnvolle Zeiträume (zum Beispiel den Amortisierungszeitraum).
- **Strompreisbildung ohne Ausnahmetatbestände mit kurzfristiger Halbwertszeit:** Die Strompreisbildung für stromintensive Unternehmen solle unabhängig von kurzfristig angelegten Ausnahmetatbeständen gestaltet werden, da diese häufig unter politischen Druck gerieten und dadurch kontinuierliche Risiken für Unternehmen darstellen würden.
- **Klares Agenda-Setting:** Planungssicherheit könne über nationales, aber auch internationales Agenda-Setting gestärkt werden. Denkbar wären Absichtserklärungen zur internationalen Angleichung der

Strompreise. Diese Ziele müssten in der Folge Eingang in den nationalen Gesetzgebungsprozess finden, um das Vertrauen der Investoren in festgelegte Pfade der Energiewende zu gewinnen.

- **Expertengruppe für Energieumlagen/-beihilfen:** Um über mehrere Legislaturperioden hinweg Planungssicherheit zu gewährleisten, wurde vorgeschlagen, eine überparteiliche Expertengruppe einzurichten, die die Entwicklung von Abgaben und Umlagen sowie Beihilfen kontinuierlich überwacht (Energiepreismonitoring).

Die Energiewende braucht Innovationen und Investitionen in der Industrie. Um das langfristige 2050-Ziel zu erreichen, ist zudem Grundlagenforschung nötig, genauso wie die Förderung der Entwicklung bereits bekannter, aber noch nicht beziehungsweise nicht im industriellen Maßstab erprobter Optionen.

Andere Vorschläge zielen auf klare, langfristige Regelungen zur **Innovationsförderung**, damit das Potenzial technologischer Innovationen in Industrieprozessen und der Energieerzeugung genutzt werden kann. In der Diskussion wurde dazu von Unternehmensseite unter anderem vorgeschlagen:

- **Technische Beratung durch die Industrie:** Die Industrie müsse bei der Entwicklung (technischer) Richtlinien einbezogen werden. Dies verhindere technische Fehlentwicklungen und -förderungen wie in der Vergangenheit (zum Beispiel *Standalone*-Biogasanlagen mit reiner Verstromung).
- **Schließung von Finanzierungslücken und *Time2Market* verkürzen:** Deutschland brauche ein Förderungsinstrument, um Pilotprojekte zu realisieren. Damit wäre es einfacher möglich, Innovationen technologisch und wirtschaftlich zu erproben und die Zeit zur Marktreife würde verkürzt.
- **Vereinfachung von Förderprogrammen:** Aktuelle Förderprogramme für Energieeffizienzlösungen müssten vereinfacht werden, da diese zu bürokratisch und langsam seien.

Anmerkungen der Dialogteilnehmer zu Kapitel 3

Die Unternehmen setzen bei der Strompreisbildung auf marktwirtschaftliche Prinzipien. Staatliche Subventionen und Regulierungen sehen viele der Dialogteilnehmer kritisch: Sie würden häufig Fehlreize setzen und Investitionen in Bereiche lenken, die keine Zukunftsmärkte seien. Dagegen fehlten für innovative Technologien die Mittel. Statt also Förderungen auf bestimmte Technologien festzulegen, sei es wichtiger, nach kompetitiver Auswertung die effizienteste Lösung zu fördern.

Während sie Erneuerbaren Energien eine zunehmend wichtige Rolle bei der Stromerzeugung zusprechen, halten viele Dialogteilnehmer einen politisch getriebenen nationalen Kohleausstieg für das falsche Signal. Ihr Argument: Auf der ganzen Welt setze die Verstromung von Kohle und damit der Kohlepreis den Benchmark für die Stromerzeugungskosten. Abgesehen von Umlagen, Abgaben und Steuern existiere somit bereits ein globales *Level Playing Field*. Bei einem nationalen Kohleausstieg befürchten die Dialogteilnehmer eine Entkopplung dieser Preise und in der Folge höhere Strompreise durch die vermehrte Nutzung von Gaskraftwerken, zumal die Gaspreise international unterschiedlich seien (zum Beispiel niedrigere Preise in den USA durch Fracking). Zudem verstärke ein erhöhter Gasbedarf geopolitische Abhängigkeiten.

Es besteht Einigkeit darüber, dass eine verstärkte Elektrifizierung jenseits der traditionellen Stromwendungen für die Treibhausgasneutralität langfristig unabdingbar ist (vgl. Kapitel 2). Derzeit seien die Preise für Primärenergie aber erheblich günstiger als für Strom. Um den Primärenergieverbrauch der Industrie zu senken und die Elektrifizierung von Prozessen zu forcieren, seien daher günstigere Strompreise wichtig. Dagegen fördere eine hohe EEG-Umlage eher den Gasverbrauch.

Unternehmens-Input: Nordzucker



Der Nordzucker-Konzern mit Hauptsitz in Braunschweig ist einer der führenden Zuckerhersteller Europas und produziert darüber hinaus Bioethanol sowie Futtermittel aus Zuckerrüben. Europaweit bilden 18 Produktions- und Raffinationsstätten technisch, logistisch und geografisch ein Fundament für den weiteren Erfolgskurs. Etwa 3.200 Mitarbeiter engagieren sich konzernweit für exzellente Produkte und Services.



Verdampfungstrockner
Foto: Nordzucker

Bedeutung der Optimierung des Energieeinsatzes

Die Herstellung von Zucker ist sehr energieintensiv und stellt eine besondere Herausforderung für Mensch und Technik dar. Als Rohstoff für die Zuckerherstellung dient die Zuckerrübe, die vom Frühjahr bis in den Herbst auf den heimischen Feldern wächst. Diese ist durch ihren hohen Wasseranteil – anders als zum Beispiel Getreide – nicht besonders lange lagerfähig. Deshalb wird die Zuckerrübe lediglich von September bis Januar, in der sogenannten Zuckerkampagne, in den Werken verarbeitet. Diese saisonale Produktion hat zur Folge, dass in kurzer Zeit punktuell ein hoher Energieeinsatz nötig ist, um den Zucker aus den Rüben zu gewinnen. Die Optimierung des Energieverbrauchs zur Verbesserung von Umweltauswirkungen und aus wirtschaftlichen Erwägungen hat daher eine zentrale Bedeutung im Unternehmen. Wer seine Produktion nicht flexibel gestalten kann, muss auch in Zeiten hoher Preise kaufen und damit überdurchschnittliche Energiepreise zahlen.

Herausforderung

Minimierung des Energieeinsatzes bei der Trocknung von Rübenschnitzeln

Die bei der Zuckerherstellung anfallenden Rübenschnitzel aus dem Mark der Rüben werden getrocknet und als hochwertiges Futtermittel ganzjährig vermarktet. Die Trocknung der Fasern erfolgt in einer klassischen Drehtrommel mit heißem Gas, welches durch Verbrennung von Brennstoffen hergestellt wurde. Das Abgas dieser Trocknung sowie der darin enthaltene Dampf aus dem Wasser der Schnitzel kann nicht für weitere Prozesse verwendet werden und muss auch mit hohem Aufwand gereinigt werden.

Lösungsansatz/Maßnahmen

Mit der Installation eines Verdampfungstrockners werden die feuchten Rübenschnitzel durch einen Ventilator in einer Wirbelschicht in der Schwebelage gehalten. Beheizt wird der Trockner mit Dampf, der die Feuchtigkeit aus den Schnitzeln austreibt. Der Vorteil besteht darin, dass die bei der Trocknung eingesetzte Energie in anderen Prozessen in der Zuckerfabrik weiter genutzt werden kann. Das ist bei der klassischen Trocknung in der Trommel nicht möglich. Auch werden die Emissionen von Staub und Geruch signifikant vermindert.

Ergebnisse

Das Trocknen mit Dampf anstelle von heißen Gasen reduziert den Energiebedarf einer Zuckerfabrik signifikant, weil rund 90 Prozent der eingesetzten Energie in nachfolgenden Prozessen wiederverwendet werden können. Allerdings ist diese Technik nicht überall einfach umzusetzen. Sie erfordert für eine erhöhte Dampferzeugung mitunter hohe Investitionen nicht nur in den Verdampfungstrockner. Auch muss in die Dampf- und Stromerzeugung in der vorhandenen Kraft-Wärme-Kopplung investiert werden.

4. Reaktionen der Industrie auf potenzielle Herausforderungen der Energiewende

4.1 Reaktionsmuster auf Herausforderungen der Energiewende

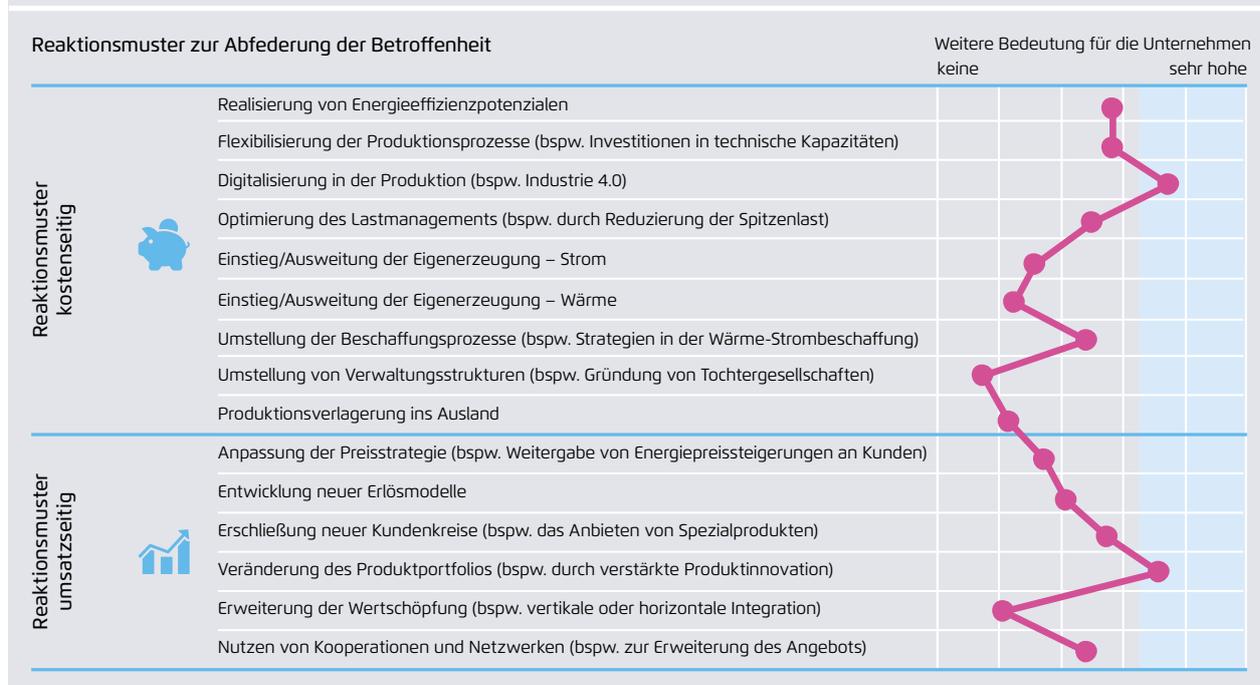
Um die Folgen der in Kapitel 3 beschriebenen Risiken der Energiewende abzufedern, reagieren die Unternehmen mit verschiedenen Maßnahmen, zum Beispiel Produkt- oder Prozessinnovationen. Mithilfe einer Befragung der Dialogteilnehmer wurden wesentliche Reaktionsmuster ermittelt.

Abbildung 14 zeigt diese Reaktionsmuster und ihre Bedeutung für die befragten Unternehmen im Rahmen der weiteren Energiewende. Es fällt auf, dass die Dialogteilnehmer dem Hebel Energieeffizienz nur eine

mittlere Bedeutung beimessen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die energieintensiven Branchen in den vergangenen Jahren bereits viele entsprechende Maßnahmen umgesetzt haben und keine hohe Dynamik in der Weiterentwicklung der Energieeffizienz erwarten. Dennoch ist Energieeffizienz für die Unternehmen weiterhin relevant, wie die von den Unternehmen genannten Beispiele zeigen (siehe unten).

Die höchste Relevanz schreiben die Unternehmen der Digitalisierung zu: Produktionsprozesse im Rahmen der digitalen Transformation neu zu denken, sei der vielversprechendste Hebel, um die Effizienz signifikant weiter zu steigern.

Kostenseitig sind die Unternehmen aktiver als in der Identifizierung neuer Umsatzmöglichkeiten **Abbildung 14**



Selbsteinschätzung der zukünftigen Bedeutung von kostenseitigen und umsatzseitigen Reaktionsmustern für das eigene Unternehmen auf einer Skala von 1 bis 10 (1 keine weitere Bedeutung für das Unternehmen, 10 sehr hohe weitere Bedeutung für das Unternehmen); Durchschnittswerte aller befragten Unternehmen aus verschiedenen Branchen
 Roland Berger, Expertenbefragung (n=8)

Eine Produktionsverlagerung ins Ausland sehen die Befragten nur theoretisch als Lösung, falls deutsche Produktionsstandorte ihre Wettbewerbsfähigkeit einbüßen sollten: Vielmehr verliere man in diesem Fall deutsche Marktanteile an konkurrierende Unternehmen, da für viele Produkte weltweit Überkapazitäten bestünden und die Kunden auf Lieferanten mit bereits bestehenden Produktionsstandorten im Ausland zurückgreifen könnten.

Zur eher geringen Bedeutung des Reaktionsmusters „Eigenerzeugung“ (Strom/Wärme) wurde angemerkt, dass neue Technologien wie Brennstoffzellen aktuell noch nicht industriell wirtschaftliche seien und es an der spezifischen Nachfrage danach fehle. In Bezug auf die Prozesswärme ist aus Sicht der Dialogteilnehmer der Anreiz für einen Technologiewechsel aktuell gering.

Energieeffizienzmaßnahmen sind schon lange Bestandteil der Investitionsplanung von energieintensiven Unternehmen. Im Fokus der weiteren Effizienzsteigerung stehen systemische Optimierungen von Prozessen und Produkten. Hierbei spielt die Digitalisierung eine treibende Rolle, denn sie erleichtert die wirtschaftliche Integration von Energie aus regenerativen Quellen in die Produktionsprozesse.

Wie Abbildung 14 zeigt, betreffen die meisten betrieblichen Reaktionen auf die Energiewende die Kostenseite. Als konkrete Beispiele dafür nannten die befragten Unternehmen unter anderem Forschungsprojekte zur Entwicklung innovativer prozess- und industrieübergreifender Lösungen, um die Optionen der Sektorenkopplung besser zu nutzen (zum Beispiel Einsatz von Abgasen aus der Stahlproduktion als Synthesegase für die Chemieindustrie, Erschließung von CO₂ als notwendigem Rohstoff) oder die Beimischung von Recyclingmaterial aus anderen Unternehmen als Mittel zur Kosten- und Energieeinsparung, etwa in der Aluminiumproduktion (Problem dabei: Recycling werde im Zuge der kreislaufwirtschaftlichen Betrachtung vieler Produkte auch

international immer beliebter, Preise für Altmaterial steigen entsprechend). Weitere Beispiele sind Investitionen in innovative Technologien, um traditionell wärmebasierte Verfahren zu elektrifizieren.

Auf der Umsatzseite zielen die von den Befragten genannten Maßnahmen vor allem darauf, die Kosten der Energiewende über Skaleneffekte im Absatz wettzumachen. Zudem sehen gerade nicht energieintensive Unternehmen auch neue Chancen auf der Umsatzseite. So könnten regulatorische Veränderungen neue Anwendungsfelder für bestehende Produkte schaffen und neue Zielgruppen in den Fokus rücken. Außerdem dienen die Entwicklungen der Energiewende manchen Unternehmen auch als Inspiration für neue Produkt- oder Geschäftsideen. Genannt wurde hier etwa die Vermarktung von überschüssiger Wärme: Da viele Prozesse Abwärme im Temperaturbereich zwischen 50 und 100 Grad Celsius erzeugen, könnte diese bei entsprechender räumlicher Nähe oder vorhandenem Nahwärmenetz an Unternehmen mit spezifischem Bedarf (zum Beispiel Gärtnereien, Fischzuchtbetriebe) oder als Raumwärme an andere Nutzer einschließlich private Haushalte weitergegeben werden. Hinderlich seien hier unter anderem regulatorische Vorgaben wie die steuer- und abgabenrechtliche Behandlung, aber auch nicht ausreichend ausgebaute Nahwärmenetze.

Als weiteres Beispiel für neue Geschäfts- und Produktideen wurde ein Second-Live-Konzept für gebrauchte Elektroautobatterien genannt: Dabei werden Akkus, deren Kapazität für die hohen Ansprüche der E-Mobilität nicht mehr ausreicht, in Packs mit bis zu mehreren Megawattstunden Kapazität zusammengefasst, um als Stromspeicher und -puffer an Produktionsstandorten zu dienen.

Unternehmerische Chancen bieten sich auch durch die Entwicklung innovativer Technologien und Produkte, die im Rahmen der Energiewende zum Einsatz kommen und absehbar einen zuverlässig wachsenden Markt vorfinden sollten. So ist die Energiewende der Hauptumsatztreiber bei Energiemanagementsysteme-

men, Technologien zur Verstromung von Abwärme, Energiespeichern (unter anderem unabhängig skalierbare Großspeicher und Batteriespeicher, thermische Speicher für Windenergie, Power-to-X), Windturbinen oder hocheffizienten Gasturbinen und eröffnet damit auch traditionellen Unternehmen neue Geschäftsfelder (Stahl, Beton, Getriebefertigung etc.).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die befragten Unternehmen den Anspruch an sie akzeptieren, den Klimaschutz als übergreifendes Ziel und Funktionsprinzip in ihr Handeln zu integrieren, und dies mit konkreten Aktivitäten zur Steigerung der Energieeffizienz sowie für den Ausbau und die Integration von Erneuerbaren Energien hinterlegen (zum Beispiel Energieeinsparungen im Betriebsalltag, Prozessinnovationen, Recyclingkonzepte, Produktveränderungen). Nicht zuletzt ermöglicht die frühzeitige Umsetzung dieser Maßnahmen im Rahmen der deutschen Energiewende der Industrie auch nachhaltige Vorteile im internationalen Wettbewerb.

4.2 Treiber und Hemmnisse für Produkt- und Prozessinnovationen als Reaktion auf die Herausforderungen der Energiewende

Die unterschiedlichen Reaktionen der Unternehmen zeigen, dass es keinen Königsweg im Umgang mit der Energiewende gibt. In jedem einzelnen Unternehmen müssen Chancen und Risiken abgewogen und es muss auf dieser Basis über die jeweils passenden Reaktionen entschieden werden. Eine Betrachtung der Treiber und Hemmnisse für Innovationen im Bereich der Energiewende liefert Anhaltspunkte dafür, welches Umfeld den Unternehmen helfen könnte, stärker von der angestoßenen Entwicklung zu profitieren.

Abbildung 15 zeigt vier Themenkomplexe, die nach Ansicht der Dialogteilnehmer sowohl Treiber als auch Hemmnisse für Prozess- und Produktinnovationen sind (dazu komme noch die wirtschaftliche Betrachtung



tung, die bei Investitionen immer eine Rolle spiele, aber nicht der alleinige Auslöser für aktives Suchen nach Produkt- und Prozessinnovationen sei).

Den (internationalen) **Wettbewerb** sehen die Unternehmen als zentralen Treiber für die Entwicklung und Anwendung neuer Effizienztechnologien und Produktinnovationen: Diese sichern das Bestehen der Unternehmen am Markt und erlaubten es unter anderem, veränderte Kundenbedürfnisse zu bedienen. Über Innovationsvorsprünge würden sich insbesondere die energieintensiven Grundstoffindustrien die notwendige Wettbewerbsposition verschaffen, um weiterhin am Standort Deutschland produzieren zu können. Dabei rentierten sich vor allem Investitionen in Produktionsprozesse, die wesentlich weniger Energie verbrauchen; genannt wurden zum Beispiel neue Syntheserouten für organische Verbindungen in der chemischen Industrie.

Der Wettbewerb schafft nach Meinung der Dialogteilnehmer aber auch Hemmnisse für Effizienztechnologien und Innovationen: So sei davon auszugehen, dass die voraussichtlich auch in Zukunft niedrigen Preise für Primärenergie (Öl, Kohle, Gas) dem Anreiz entgegenwirken, in innovative Wärmekonzepte (zum Beispiel Brennstoffzellen) oder in eine stärkere Elektrifizierung zu investieren. Dazu komme, dass kapitalintensive Investitionen in Energiedienstleistungen (zum Beispiel umfangreiches Lastmanagement und Energiespeicher) immer mit der Unsicherheit behaftet seien, ob und wann sie sich rentieren. Grund dafür sei das politische Risiko, dass je nach Regierungskoalition Anreize oder Malusse gesetzt werden können oder wieder entfallen. Diese Legislaturperioden-abhängige Politik sei für die Unternehmen nicht kalkulierbar.

Als unverzichtbare Voraussetzung für Prozess- und Produktinnovationen nennen die Unternehmen neue **technologische Entwicklungen** (sowohl aus der freien Forschung als auch von Anlagenbauern). Nach Ansicht der Dialogteilnehmer müs-

sen diese Entwicklungen ihre Einsatzfähigkeit insbesondere über die technologische Reife belegen. Dazu brauche es Studien, sowie Pilot- und Demonstrationsanlagen zum Test der Anwendungsreife und idealerweise Best-Practice-Beispiele, die belegen, dass der Einsatz aufwendiger Lösungen im existierenden Produktionsprozess technisch möglich und mit abschätzbarem Risiko zu realisieren ist (insbesondere für Vorreiterprojekte).

Als Hemmnis in Bezug auf die Technologie kritisierten die Befragten, dass staatliche Forschung oft zu anwendungsfern sei, wodurch neue Ansätze oft jahrzehntelang in der Grundlagenforschung festgingen. Forschungsprogramme des Bundes seien zu vielfältig und zu breit gestreut, mit der Folge zu langer Entwicklungszeiten.

Ein weiterer wichtiger Treiber für Innovationen ist nach Ansicht der Befragten der **Stellenwert von nachhaltigem Handeln** im Unternehmen, insbesondere in der Geschäftsführung: Dieser könne sich zum Beispiel in Person eines Vorstandsmitglieds manifestieren, das sich intrinsisch motiviert für einen geringeren Energieverbrauch pro produzierter Einheit einsetzt. Auch andere Stakeholder des Unternehmens haben demnach großen Einfluss auf Investitionen in nachhaltige Innovationen: Etwa wenn Gesellschafter hinter einer nachhaltigen Entwicklung stehen und zugunsten entsprechender Investitionen auf Rendite verzichten, längere Amortisationszeiten akzeptieren oder sogar Konzepten zustimmen, die erst in der Zukunft wirtschaftlich betrieben werden können. Dazu komme, dass ein aktives Engagement bei Themen wie Energieeffizienz oder Umweltschutz zunehmend wichtig für die gesellschaftliche Akzeptanz von Unternehmen sei und sich direkt auf die Attraktivität als Arbeitgeber auswirke.

Unternehmen und ihre Eigentümer sind sich bewusst, dass sie Teil einer Gesellschaft sind, in der die Energiewende positiv konnotiert ist. Umweltbewusstes Handeln ist daher fester Bestandteil der Unternehmensleitbilder. Allerdings sollen entsprechende Investitionen in Erneuerbare Energien oder Energieeffizienz auch wirtschaftlich sein, wobei im Einzelfall geringere Renditen oder längere Amortisationszeiten in Kauf genommen werden.

Hemmend beim Thema Stellenwert der Nachhaltigkeit im Unternehmen wirkt nach Meinung der Dialogteilnehmer, dass häufig kein zentrales Energiemanagement existiert. So würden etwa im Mittelstand Produktion und Facility oft noch getrennt betrachtet und ein Wissensaustausch finde nur bedingt statt. Auch würden Unternehmen vorwiegend die Prozesse verbessern, die sie am besten kennen. Zudem spiele die *Life-Cycle-Cost*-Analyse bei der Bewertung von Investitionen teilweise noch eine untergeordnete Rolle, stattdessen werde in den meisten Unternehmen vorrangig nach *Return on Invest* entschieden.

Politische Förderinstrumente und ordnungspolitische Maßnahmen wurden ebenfalls als wichtige Treiber genannt. Sie brächten häufig Reaktionen der Unternehmen in Gang, etwa um Grenzwerte zu erreichen, oder beschleunigten Anpassungen. Fördergelder für Projekte würden es zudem erleichtern, auch zunächst unwirtschaftliche Maßnahmen durchzuführen oder Risikofinanzierungen zu erhalten, selbst wenn der Erfolg eines Projekts nicht garantiert sei.

Allerdings sehen die Befragten auch Hemmnisse durch die politischen Rahmenbedingungen. So sei die Politik oft Bremse für den Fortschritt, etwa durch widersprüchliche Regelungen. Als Beispiele wurden genannt, dass die Änderungen der KWK-Regelung die Eigenerzeugung benachteilige und die Erhebung der vollen EEG-Umlage und der Netzentgelte auf eigenerzeugte Energie den Aufbau sinnvoller wärmebasierter Industriecluster verhindere. Weitere Beispiele bezogen sich auf hohe regulatorische

Anforderungen durch zum Teil veraltete Gesetze oder undurchsichtige Abgaben- und Umlagesysteme (zum Beispiel Netzentgelte für Speichertechnologien und *Power-to-X*). Dadurch werde die Realisierung innovativer Technologien manchmal schon in der Forschungsphase verhindert (historisch zum Beispiel der Transrapid, aktuell zum Beispiel *Carbon Capture and Storage/Utilization*). Es fehle zum Teil ein funktionaler und praktikabler regulatorischer Rahmen.

Zusammenfassend zeigen die Befragungen, dass sich die Unternehmen insbesondere aus wettbewerblichen Gründen proaktiv mit der Energiewende auseinandersetzen. Vor allem das Thema Energieeffizienz ist dadurch zum Kernbestandteil vieler Unternehmensstrategien geworden. Bei Planung und Umsetzung von Innovationsvorhaben stoßen Unternehmen allerdings immer wieder an Grenzen, die durch den Markt oder die Politik gesetzt werden.

Niedrige Kosten für fossile Energieträger wirken genauso hemmend auf energieeffiziente Prozess- und Produktinnovationen wie die Unsicherheit über die Entwicklung politischer Rahmenbedingungen oder unpräzise unternehmensinterne Kennzahlen jenseits des Kerngeschäfts.

Unternehmens-Input: Georgsmarienhütte



Die Georgsmarienhütte GmbH zählt zu den führenden europäischen Anbietern für Stabstahl, Halbzeug, Rohstahl und Blankstahl aus Qualitätsstahl und Edelbaustahl und ist Mitglied der GMH Gruppe. Das Unternehmen betreibt als Elektrostahlwerk mit 100 Prozent Schrotteinsatz de facto einen Recyclingprozess und ermöglicht mit seinem Produktspektrum Mobilität, Handel und Transport weltweit. Die Kunden fertigen aus dem Stahl der Georgsmarienhütte GmbH Kurbelwellen, Pleuel, Nockenwellen, Antriebswellen, Getriebeteile, Fahrwerksteile und vieles mehr. Neben der Automobilindustrie und deren Zulieferern liefert die Georgsmarienhütte Stahl für Ketten, Maschinenbauteile und Hydraulikkomponenten sowie Rohblöcke für Freiformschmieden. Mit einer Jahrestonnage von über 900.000 Tonnen Rohstahl flüssig und spezialisierten Service- und Produktangeboten für die Schmiedeindustrie sowie für den Maschinen- und Anlagenbau ist die Georgsmarienhütte GmbH ein enger Partner der Automotive- und Engineering-Industrie in Europa.

Rolle der Energieversorgung für das Unternehmen



Der Gleichstrom-Elektrolichtbogenofen der Georgsmarienhütte GmbH

In Georgsmarienhütte werden neben dem Gleichstrom-Elektrolichtbogenofen (ELO) auch zwei Drehstrom-Elektrolichtbogenöfen jeweils als sogenannter Pfannenofen (PFO) betrieben. Während der Gleichstrom-Elektrolichtbogenofen das Kernaggregat zum Einschmelzen der Stahl- und Bau-schrotte repräsentiert und die Grundlage für die Elektrostahlherstellung bildet, sind die beiden Pfannenöfen in der Sekundärmetallurgie installiert.

Mit diesen beiden energieintensiven Kernprozessen wird deutlich, dass die Georgsmarienhütte GmbH heute und zukünftig auf eine hohe Energieversorgungssicherheit mit minimalen Ausfallrisiken angewiesen ist. Eine qualitativ hochwertige und stabile Netzversorgung mit zum Beispiel niedrigsten Frequenzschwankungen und geringsten Netzurückwirkungen bei gleichzeitig höchster Verfügbarkeit ist die Basis jedweder Effizienzsteigerung bei der Elektrostahlherstellung.

Herausforderung

Mit fortschreitender Energiewende werden auch die Herausforderungen für die energieintensiven Industrien weiter voranschreiten. Die international sehr unterschiedliche Entwicklung der Energie-, Netz- und CO₂-Kosten zwingt die energieintensiven Industrien am Standort Deutschland, die Energieeffizienz ihrer Prozesse weiter zu verbessern. Denn als Exportnation gilt es, auch im globalen Wettbewerb zu bestehen. Herausforderungen entstehen zum Beispiel durch den CO₂-Emissionshandel mit politischer Verknappung der Emissionsrechte oder den potenziellen Kosten der EEG-Umlagen. Gleichzeitig ist zu erwarten, dass sich die Energieversorgung in der Zukunft – durch eine zeitlich flexible Erzeugerseite aber auch Nachfrageseite – für die energieintensiven Industrien stark verändern wird. Ebenso wird die Wechselwirkung von Großverbrauchern mit dem Stromnetz weiter relevant bleiben.

Lösungsansatz/Maßnahmen

Neben einer Maximierung der internen Recyclingquote für Nebenprodukte der Stahlherstellung wie zum Beispiel Stäube oder Schlacken zielt die Strategie des Stahlwerks der Georgsmarienhütte GmbH zur Begleitung der Energiewende im Wesentlichen auf drei Hauptkomponenten ab:

- (1) Verbesserung der Energieeffizienz in allen Prozessen der Stabstahlherstellung mit der Elektrostahlerzeugung
- (2) Reduzierung des Energiebedarfes allgemein
- (3) Anpassung an die sich verändernden Rahmenbedingungen der Stromnetze

Während sich die Punkte 1 und 2 auf die ständige Verbesserung bestehender Prozesse beziehen, behandelt der Punkt 3 eher eine strategische Ausrichtung beziehungsweise Anpassung der Produktionsmittel/-fahrweisen. Exemplarische Projekte, die in der jüngeren Vergangenheit erfolgreich zur Verbesserung der Energieeffizienz durchgeführt wurden, sind zum Beispiel:

- (1) erweiterte Sensorik zur Optimierung von situationsbedingten Ofenfahrweisen
- (2) automatische Absenkung von Großverbrauchern bei Produktionsstillständen/-störungen
- (3) Abwärmenutzung
- (4) Eingriffe in logistische und Produktionsplanungsprozesse zur Minimierung von Nebenzeiten und damit verbundenen Energieverlusten

Zukünftige Arbeiten befassen sich neben der Optimierung der Produktivität und dadurch der Anlageneffizienz mit der Analyse potenzieller technologischer Lösungsansätze zur flexibleren Nutzung aktueller Stromangebote.

4.3 Effizienzsteigerung durch systemische Optimierung

Betrachtet man nur den einzelnen industriellen Prozess, zeigt sich, dass die Industrie in Deutschland seit den 1990er-Jahren schon erheblich in Energieeffizienz investiert hat (AGEB, 2016; Odyssee-Mure, 2015). Ist ein hohes Effizienzniveau erreicht, werden weitere Investitionen bei konstanten Energiepreisen immer weniger wirtschaftlich. Teilweise stößt die Optimierung einzelner Anlagen oder Produktionsprozesse nach gegenwärtigem Wissensstand an technisch-physikalische Grenzen. So benötigt das Schmelzen von Glas, Stahl oder Aluminium gewisse Mindesttemperaturen und damit eine definierte Energiemenge.

Um die Energieeffizienz der Industrie dennoch weiter zu steigern, muss auch das Gesamtsystem betrachtet werden, von der Energieerzeugung über die Speiche-

rung, die Übertragung und den Energieverbrauch bis hin zum gesamten Produktionsprozess. Indem das Zusammenspiel aller Komponenten optimiert wird (zum Beispiel durch die Steuerung von Pumpen und Antrieben nach Bedarf), sind weitere Verbesserungen möglich, die auch wirtschaftlich sind. Ein solcher, systemischer Ansatz ist auch deshalb sinnvoll, weil mithilfe der Digitalisierung die Vernetzung der Komponenten weiter verstärkt und so die Chance auf effizienten und intelligenten Ausgleich zwischen den Systembestandteilen gesteigert werden kann.

Die Unternehmen nutzen die systemische Optimierung der Energieeffizienz bereits, wie folgende im Rahmen des Dialogs genannte Beispiele zeigen:

→ Quer durch die Branchen werden **Energieeffizienzprogramme** durchgeführt, mit denen unter anderem belegt werden soll, dass die klimapolitischen Ziele der Bundesregierung für 2020 und

später 2050 bereits auf Basis der aktuell verfügbaren Technologien realisierbar sind. In diesem Rahmen bauen Unternehmen auch ihre Selbstversorgung aus und ersetzen dafür fossile Energieträger durch einen Mix aus Erneuerbaren Energien (zum Beispiel Biogas, Biomasse, Solarthermie, Umweltwärme und Photovoltaik).

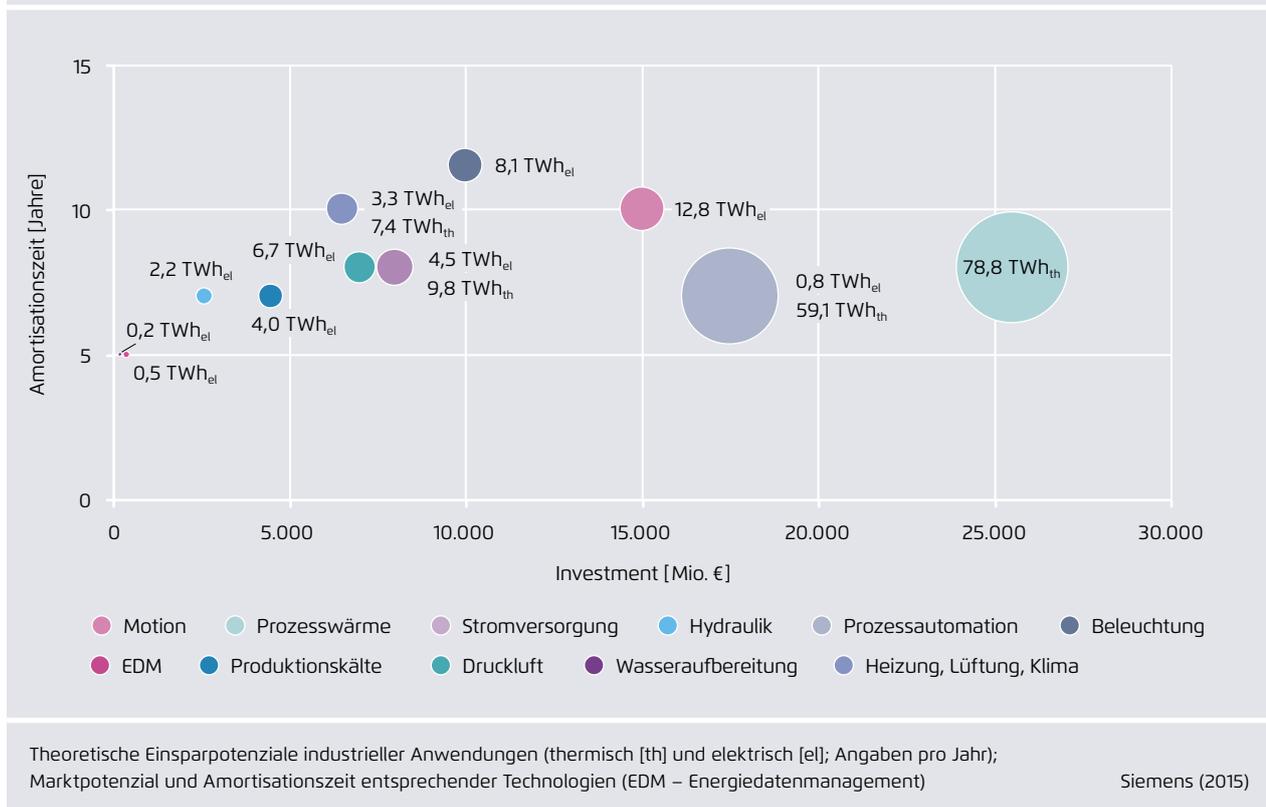
- Unternehmensweite **Energiemanagementsysteme** erfassen Energieströme standortübergreifend und erlauben die Identifikation verfügbarer Energieeffizienzpotenziale auch außerhalb der Produktionsprozesse (zum Beispiel durch Bewegungsmelder zur Steuerung der Beleuchtung). Zusätzlich werden Mitarbeiter für Energieeffizienzthemen sensibilisiert, etwa durch verpflichtende Schulungen.
- Unternehmen setzen auf **kontinuierliche Effizienzsteigerung**, auch in Sekundärprozessen. Dazu werden neue Technologien eingesetzt, sobald diese wirtschaftlich sind (zum Beispiel LED-Strahler für die Hallenbeleuchtung).

Prozesse systemisch zu optimieren, um die Energieeffizienz insgesamt weiter zu steigern, ist für die Energiewende unabdingbar (siehe Hypothesen in Kapitel 2). Das Potenzial weiterer Effizienzsteigerungen in der Industrie wurde kontrovers diskutiert. Auf der einen Seite wurde argumentiert, die wirtschaftlichen Potenziale seien ausgereizt (siehe oben). Auf der anderen Seite wurden wie folgt argumentiert: Der jährliche Energieverbrauch der deutschen Industrie setzt sich zusammen aus 226 Terawattstunden elektrischer und 492 Terawattstunden thermischer Energie. Mit gut 85 Terawattstunden geht ein großer Teil des Stromverbrauchs auf das Konto von Bewegungsenergie (zum Beispiel Antriebe). Allein in diesem Bereich sei eine Einsparung von 15 Prozent möglich. Das entspricht einem Gesamtpotenzial von 12,8 Terawattstunden pro Jahr.

Werden alle Bereiche der Produktionsprozesse betrachtet (siehe Abbildung 16), berechnet Siemens

Energieeffizienzpotenziale in der deutschen Industrie

Abbildung 16



ein theoretisches jährliches Energieeinsparpotenzial von 155 Terawattstunden thermisch und 43 Terawattstunden elektrisch.

Um den Bewusstseinswandel von der prozessfixierten zur systemischen Energieeffizienz zu unterstützen und Anreize zu setzen, sind Anpassungen des regulatorischen Umfelds nötig, ergänzt durch zusätzliche politische Maßnahmen.

Folgende Vorschläge wurden im Rahmen des Dialogprozesses von den Unternehmen genannt:

- **Grenzwerte für CO₂-Emissionen und Energieeffizienz von neu installierten Anlagen:** Im Gebäudesektor zeige sich, dass die novellierte Energieeinsparverordnung (EnEV) mit ihren anspruchsvollen Grenzwerten erfolgreich den Trend zu neuen Technologien (Wärmepumpen, Solarthermie etc.) fördert und einen attraktiven Markt dafür schafft. Analog dazu könnten entsprechende Grenzwerte für Neubau oder Sanierung von Industriestandorten sowie Standardanlagen die Einführung innovativer Technologien in der Industrie vorantreiben, sofern diese nicht bereits von einschlägigen Genehmigungsverfahren vorgegeben sind.
- **Einführung energetischer Abnahmeprotokolle für alle Produktionsanlagen und intensives Monitoring für Forschungsanlagen,** denn viele Hersteller stellen ihre Anlagen noch nicht mit ganzheitlichen und systemisch kompatiblen Energiemanagementsystemen aus.
- Unternehmen bevorzugen Anreize statt Ordnungsrecht. Dennoch wurde von Teilnehmern eine **Umsetzungspflicht für Maßnahmen nach dem Energie-Audit** gefordert. Ebenso solle eine transparente Auswertung von Anlagenverbräuchen auf einem zentralen Onlineportal verpflichtend werden. In der Debatte wurde deshalb eine „intelligente Ordnungspolitik“ zur Marktstrukturierung angemahnt, die produktbezogen formuliert werden müsse und durch Standardsetzungen umfas-

sendere Rollouts neuer Technologien ermöglichen könne. Auch Quotenregelungen für klimaverträgliche Produkte wurden ins Spiel gebracht (beispielsweise die Elektromobilitätsquote in China), da sie Planungssicherheit für die Produktentwicklung schaffen.

- **Anreize für Energieexzellenz** könnten zum Beispiel durch Nachhaltigkeitswettbewerbe gesetzt werden, deren Preisgelder hoch genug sind, um wie nachträgliche Investitionskostenzuschüsse zu wirken. Reputation und Transparenz solcher Initiativen könnten zudem die gesellschaftliche Akzeptanz auch auf regionaler Ebene unterstützen.

Um die Energieeffizienz der Industrie weiter zu steigern, reicht es nicht, allein einzelne Anlagen und Prozesse zu optimieren. Das Gesamtsystem mit allen Verknüpfungen muss in den Fokus rücken.

Unternehmens-Input: ebm-papst



Austauschmotor: Ersatz von Asynchronmotoren (AC-Motoren) durch energiesparende elektronisch kommutierte Motoren (EC-Motoren)

Konventionelle AC-Technik kann eins zu eins durch energiesparende *GreenTech*-EC-Technologie ersetzt werden: Die EC-Technologie bietet einen deutlich höheren Wirkungsgrad von bis zu 90 Prozent und kommt dabei mit weniger Materialeinsatz aus.

Klimaerwärmung und Anstieg der Weltbevölkerung stellen die Gesellschaft vor beachtliche Herausforderungen. So gilt es in erster Linie, den Energieverbrauch zu reduzieren. Dazu kann die Kälte-, Klima- und Gebäudetechnik einen wichtigen Beitrag leisten, indem sie bei Ventilatoren und Gebläsen auf möglichst energiesparende Antriebe setzt.

Wie sich der Einsatz energiesparender Ventilatoren auf Energieverbrauch und CO₂-Emission auswirken kann, verdeutlicht am besten ein Beispiel: Als Antriebe werden in der Kälte-, Klima- und Gebäudetechnik häufig Asynchronmotoren (AC-Motoren) eingesetzt. Für den bewährten AC-Motor der Baugröße 68 beispielsweise, der in vielen Anwendungen eingesetzt wird, ergibt sich dadurch eine beeindruckende Rechnung: Betrachtet man die letzten fünf Jahre, in denen etwa 25 Millionen dieser AC-Motoren als Ventilatorantrieb in Applikationen eingesetzt wurden, ergibt sich bei einer durchschnittlichen Leistungsaufnahme von 150 Watt und einer Einschaltdauer von 75 Prozent ein jährlicher Energiebedarf von knapp 25 Terawattstunden (= 25.000.000.000 Kilowattstunden!). Das ist mehr als doppelt so viel, wie zum Beispiel das AKW Neckarwestheim II mit seinen circa 11,5 Terawattstunden jährlich produziert. Anders gesagt sind für die Versorgung der in den vergangenen fünf Jahren in der Kälte-, Klima- und Gebäudetechnik eingesetzten AC-Motoren mindestens zwei AKWs erforderlich.

Das sollte zukünftig energiesparender gehen und das kann es auch. Durch die Entwicklung einer neuen EC-Motorbaureihe ist ebm-papst Muldingen heute in der Lage, die konventionellen AC-Motoren bei gleicher Mechanik durch hocheffiziente EC-Technik zu ersetzen. Das Prinzip ist das Gleiche wie bei der alten 100-Watt-Glühlampe. Sie lässt sich durch Energiesparlampen austauschen, die in die gleichen Fassungen passen. Allerdings ist es durchaus eine technische Herausforderung, EC-Motoren zu entwickeln, die mechanisch mit den ohnehin schon sehr kompakten AC-Motoren kompatibel sind.

Die EC-Motoren sind Plattformen für viele erfolgreiche Produkte und werden vielfältig beworben. Seit 2013 findet die Integration der Baureihe in Systemanwendungen (Kundenapplikationen) statt. Eine erfolgreiche Marktdurchdringung ist mittlerweile abgeschlossen.

Beim Marktpotenzial spielt die Energy related Products Directive der EU (ErP-Richtlinie) eine wichtige Rolle. Mit der Verabschiedung des Kyoto-Protokolls hat sich die Europäische Union verpflichtet, die CO₂-Emission bis 2020 um mindestens 20 Prozent zu reduzieren. Um dieses Klimaziel zu erreichen, verabschiedete die EU 2005 die Energy using Products Directive (EuP-Richtlinie). 2009 in ErP-Richtlinie umbenannt, werden mit ihrer Hilfe Einsparpotenziale zahlreicher energierelevanter Produkte untersucht und Mindestanforderungen festgeschrieben. Im Juni 2010 wurden verbindliche Grenzwerte für Ventilatoren festgelegt.

Die ebm-papst-Ventilatoren mit *GreenTech*-EC-Technologie übertreffen die gesetzlichen Vorgaben der ErP-Richtlinie für Stufe 1 (bis 2013) und Stufe 2 (ab 2015) bei Weitem. Die Weiterentwicklung der Richtlinie ist bereits in Arbeit.

Beim Umstieg von AC- auf EC-Motoren lässt sich die Leistungsaufnahme im Durchschnitt um etwa 40 Prozent senken. Ausgehend von 25 Millionen Applikationen mit AC-Motoren ergibt sich eine beeindruckende Rechnung: Werden alle 25 Millionen AC-Motoren durch EC-Ausführungen ersetzt und geht man bei der möglichen Energieeinsparung von 40 Prozent als Mittelwert aus, beträgt die jährliche Einsparung knapp zehn Terawattstunden, EC-Ventilatoren in der Kälte-, Klima- und Gebäudetechnik können damit durch ihre Effizienz ein ganzes AKW freistellen. Das ist ein überzeugender Beitrag zur Reduzierung des zukünftigen Energieverbrauchs.



Fotos: ebmpapst

4.4 Flexibilität

Mit steigendem Anteil regenerativer Energien an der Stromerzeugung wächst deren Volatilität im Tages- und Jahresverlauf. Dies hat Folgen für den Preis: So bewegte sich dieser etwa im November 2016 zwischen minus 20 Euro und 100 Euro pro Megawattstunde. Unternehmen, die Lastmanagement nutzen, können hier ein attraktives Geschäftsfeld erschließen (Ecofys, 2016).

Voraussetzung dafür ist, dass Prozesse und Querschnittstechnologien auf Flexibilität optimiert werden. Wie Abbildung 17 zeigt, lohnt sich das nicht nur in Unternehmen der energieintensiven Branchen. Aktuelle Studien, beispielsweise von Siemens, zeigen, dass insgesamt 22 Prozent der installierten genutzten Leistung flexibilisiert werden können.

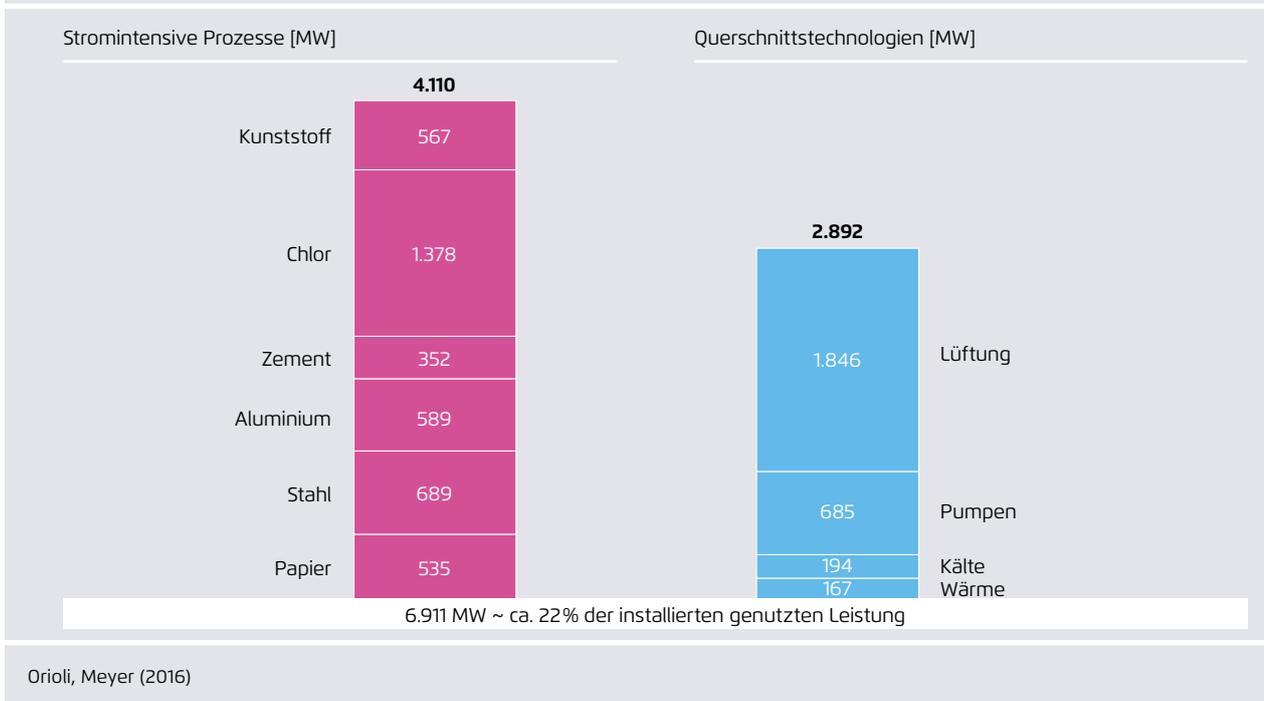
4.5 Flex-Efficiency

Der Flex-Efficiency-Ansatz ergänzt die Zielsetzung der Effizienzsteigerung um die zeitlich variable Abnahme von Strom, um die Volatilität im Stromsystem zu nutzen. Ziel ist, einerseits möglichst wenig Energie zu brauchen (Effizienz) und andererseits den verbleibenden Bedarf möglichst in Zeiten zu verschieben, in denen das Angebot groß und die Preise niedrig sind (Flexibilität). Bei der Entwicklung von neuen Industrieanlagen oder der Optimierung bestehender Prozesse sind daher Flexibilität und Effizienz immer gemeinsam zu denken.

Abbildung 18 stellt die Wechselwirkung von Flexibilität und Effizienz dar. Die beiden durchgezogenen Kurven zeigen mögliche Kombinationen von Effizienz und Flexibilität unter unterschiedlichen Bedingungen. Entlang dieser Kurven können Flexibilität und Effizienz operativ eingestellt werden, begrenzt durch

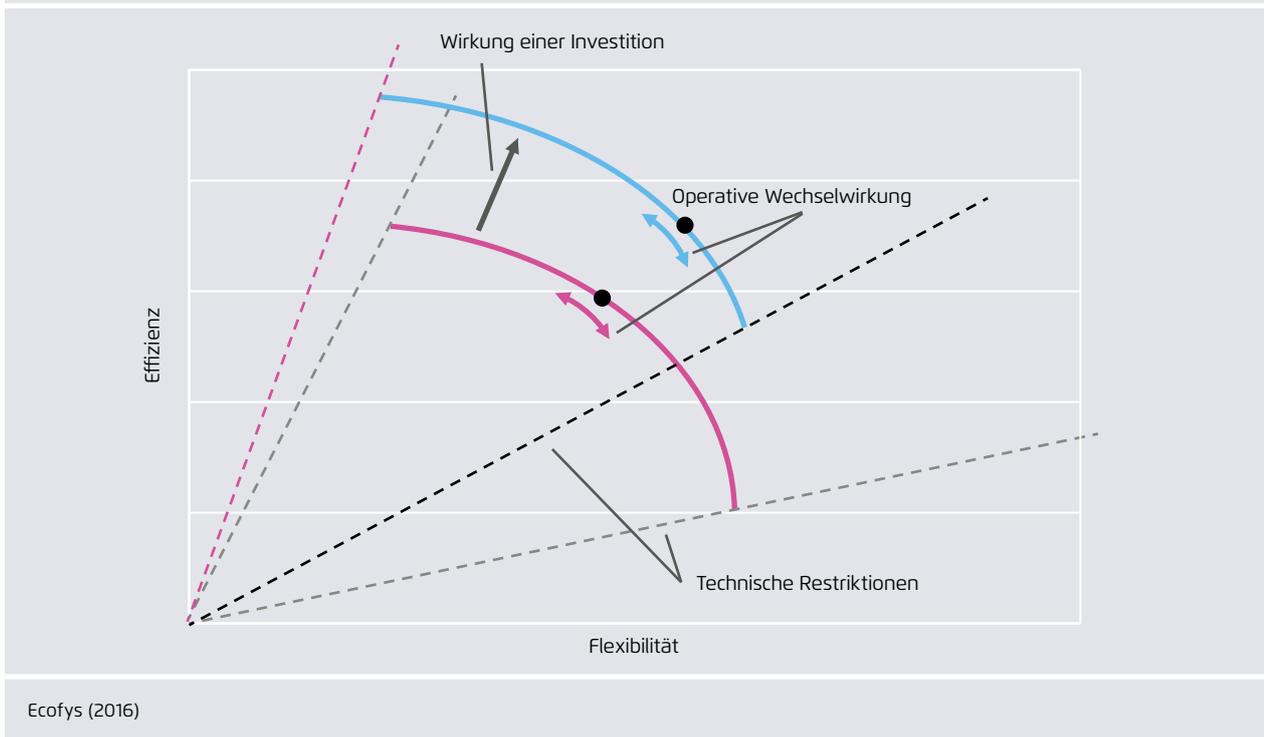
Flexibilisierungspotenzial der deutschen Industrie für stromintensive Prozesse und Querschnittstechnologien (2015)

Abbildung 17



Flex-Efficiency: Schematische Darstellung von operativer und investiver Wechselwirkung

Abbildung 18



technische Restriktionen (gestrichelte Linien). Durch Verschiebung der operativen Kennlinie von rot zu blau – etwa durch eine Investition – kann sowohl die Effizienz als auch die Flexibilität gesteigert werden.

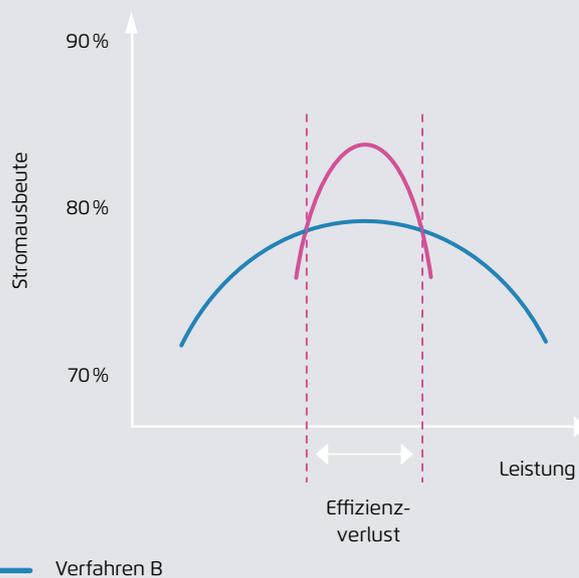
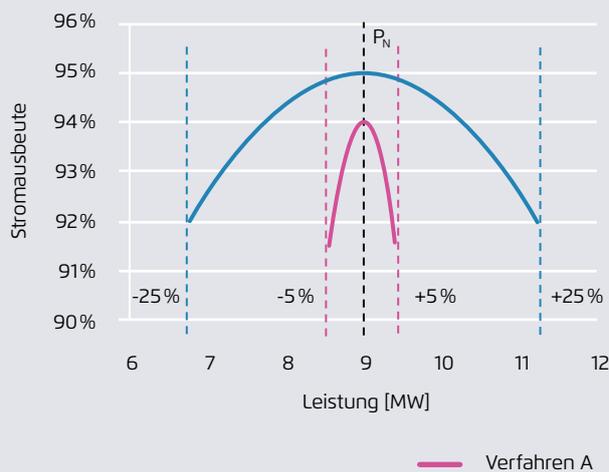
Diese These wurde von den Dialogteilnehmern kontrovers diskutiert, da zahlreiche technische Konstellationen existieren, bei denen durch Optimierung von Effizienz oder Flexibilität die jeweils andere Eigenschaft gemindert wird.

Abbildung 19 zeigt links eine Steigerung der Effizienz und Flexibilität durch eine Investition (siehe auch Unternehmens-Input TRIMET). Dabei wurde die Effizienz von rund 94 auf 95 Prozent erhöht und die Leistungsflexibilität von +/- 5 auf +/- 25 Prozent gesteigert.

Hoher Kostendruck und das Streben nach höherer Wirtschaftlichkeit führen in vielen Betrieben laufend zu weiterer Optimierung der Effizienz von Prozessen, vor allem in der energieintensiven Industrie. Diese sehr energieeffizienten Prozesse, so merken die Teilnehmer des Dialoges an, ließen sich nicht durch weitere Investitionen in die Flexibilität der Anlage auch in der Effizienzdimension steigern. Eine Erweiterung der Flexibilität führe somit in vielen Fällen zu einer Verringerung der energetischen Effizienz und nur zu einer Flexibilitätssteigerung (siehe Abbildung 19 rechts). Im Ergebnis heißt das, dass der zunehmende Flexibilitätsbedarf im künftigen Stromsystem zumindest teilweise zulasten der energetischen Effizienz gehen würde, wenn er über mehr *Flex-Efficiency* in Industrieprozessen gedeckt werden soll. Diskutiert wurde von den Teilnehmern

Zusammenhang zwischen Effizienz und Flexibilisierung

Abbildung 19



linke Grafik: Ecofys (2016)

Gleichzeitige Erhöhung von Effizienz und Flexibilisierung von zwölf Elektrolyseöfen der Aluminiumproduktion durch den Einsatz von Wärmetauschern der TRIMET Aluminium SE (blaue Kurve) gegenüber dem Status quo (rote Kurve).

rechte Grafik: eigene Darstellung

Schematische Darstellung einer häufigen Wechselwirkung von Effizienz und Flexibilisierung beim Anlagenbetrieb oder bei Investitionsalternativen: Oft muss eine höhere Flexibilität mit geringerer Effizienz erkaufte werden, weil bei einer Variation der Last die Prozessauslastung abnimmt oder verlustbehaftete Zwischenspeicher genutzt werden. Die rote Linie zeigt ein auf Effizienz, die blaue ein auf Flexibilität optimiertes Verfahren.

Unternehmens-Input: TRIMET



Die Aluminiumproduktion benötigt viel Energie. Dieser große Bedarf bietet eine Chance für die Energiewende. Das zeigt die TRIMET Aluminium SE mit der „virtuellen Batterie“. Mit diesem Projekt flexibilisiert das Familienunternehmen den Elektrolyseprozess zur Herstellung des Leichtmetalls. Das ermöglicht die Integration von unständig erzeugtem Strom aus Erneuerbaren Energien und erzielt die Wirkung eines riesigen Stromspeichers.

Virtuelle Batterie: TRIMET macht die Aluminiumhütte zum Stromspeicher

Bei der Herstellung von Primäraluminium ist elektrische Energie ein wichtiger Rohstoff. In der sogenannten Schmelzflusselektrolyse wandelt Strom das chemisch besonders stabile Aluminiumoxid in metallisches Aluminium um. Seit seiner Erfindung im Jahr 1886 setzt dieser Prozess eine konstante Energiezufuhr voraus. Temperatur, Ofenspannung und Stromstärke in den Elektrolysezellen müssen 365 Tage im Jahr stabil bleiben. Als kontinuierliche Grundlastabnehmer ermöglichen Aluminiumhütten so bis heute den Betrieb von Grundlastkraftwerken und leisten damit einen wesentlichen Beitrag zur Sicherung einer zuverlässigen Stromversorgung für alle privaten und gewerblichen Stromverbraucher.

Die kontinuierliche Last im Netz trägt darüber hinaus zur Sicherung der Netzstabilität bei. Das gilt auch und insbesondere angesichts des Umbaus der Energieversorgung mit zunehmenden Mengen volatiler Einspeisungen. Denn weil Aluminiumhütten immer am Netz sind, können sie auch jederzeit den Strom aus Wind- und Solarkraftwerken aufnehmen, auch nachts und am Wochenende, wenn der allgemeine Energiebedarf sinkt. Umgekehrt können Aluminiumhütten für kurze Zeit mit ihrer vollen Leistung abgeschaltet werden, um bei unvorhergesehenen Bedarfsspitzen das Stromnetz zu stabilisieren. Die Netzbetreiber haben von dieser Möglichkeit in den vergangenen Jahren ausgiebig Gebrauch gemacht.

Nun geht TRIMET bei der Anpassung an die Energieversorgung der Zukunft noch einen großen Schritt weiter und liefert einen Lösungsbeitrag für die Speicherproblematik. Um aus den schwankenden Erzeugungsmengen regenerativer Energiequellen bedarfsgerechte Strommengen für Haushalt und Industrie zur Verfügung zu stellen, werden Stromspeicherkapazitäten im industriellen Ausmaß benötigt. Ansonsten drohen zukünftig gravierende Versorgungsstörungen bis hin zum Blackout. Der Bau weiterer Pumpspeicher scheitert an gesellschaftlichen Widerständen, andere Techniken sind bis heute zu teuer, im industriellen Maßstab nicht verfügbar oder haben schlechte Wirkungsgrade. Die Flexibilisierung von Industrieprozessen hingegen kann maßgeblich zur Lösung dieses Problems beitragen. Als energieintensives, grundlastorientiertes Produktionsverfahren kann die Aluminiumelektrolyse dabei eine führende Rolle übernehmen. Dies belegt TRIMET mit der Entwicklung der „virtuellen Batterie“.

Das Prinzip des von TRIMET in Kooperation mit der Bergischen Universität Wuppertal entwickelten Verfahrens besteht in der netzgeführten Betriebsweise der Produktionsanlagen. Das heißt, dass der Strombedarf der Anlagen direkt an die gerade verfügbare Strommenge angepasst wird. Dafür werden die Elektrolysezellen so umgebaut, dass deren Leistung mehrere Stunden um 25 Prozent erhöht oder gedrosselt werden kann. So können sie bei laufender Produktion Schwankungen im Stromnetz ausgleichen und die Einspeisung von volatilen Erneuerbaren Energien ins Stromnetz erleichtern. Die Aluminiumhütte übernimmt dadurch die Funktion eines Stromspeichers.

Diese Innovation bedeutet nicht weniger als eine Revolution in der Aluminiumherstellung. Die Elektrolysezellen einer Aluminiumhütte sind für eine bestimmte Stromstärke und Energiezufuhr konstruiert. Ändern sich Stromstärke und Energiezufuhr, ändert sich auch die Wärmebilanz des Ofens. Schon kleine Schwankungen können sich verheerend auf die Produktionsanlage auswirken. Vereinfacht gesagt: Zu wenig zugeführte Energie zerstört die Elektrolysezelle, weil die Schmelze kalt wird und erstarrt. Zu viel Energie dagegen zerstört die Zelle, weil der überhitzte Elektrolyt die Wände der Zelle beschädigt. Um die Leistungsaufnahme zu flexibilisieren, muss der Ofen mit verschiedenen Stromstärken betrieben werden können. Und er muss auf unterschiedlich hohe Wärmeentwicklung einstellbar sein. Übersetzt in eine technische Zielsetzung bedeutet dies: Die stabile Wärmebilanz im Ofen muss gesichert, störenden Magnetfeldeinflüsse auf den Betrieb der Elektrolysezellen müssen kompensiert werden.

Die wichtigsten Komponenten zum Erreichen dieser Ziele sind eigens für die Anlage entwickelte regelbare Wärmetauscher. Ihre Aufgabe ist es, die thermische Energiebilanz im Ofen bei unterschiedlichen Belastungssituationen, die aus einer Veränderung der zugeführten elektrischen Energie resultieren, aufrechtzuerhalten. Sie führen bei erhöhter Energiezufuhr Wärme ab und isolieren den Ofen bei verringerter Wärmezufuhr. Um den Effekt störender Magnetfeldeinflüsse zu verringern, die durch signifikant unterschiedliche Leistungsaufnahmen entstehen, muss zudem das Stromschienensystem der Elektrolysezellen optimiert werden. Nur so ist es möglich, das im Ofen entstehende Magnetfeld ausreichend zu kompensieren. Die „virtuelle Batterie“ der TRIMET bietet Lösungen für diese – im Detail extrem anspruchsvollen – Probleme.

In den kommenden zwei Jahren wird TRIMET das neue Verfahren im industriellen Maßstab testen. Alle 120 Öfen einer Elektrolysehalle am Standort Essen werden dafür nach dem neuen Verfahren umgerüstet. Das Familienunternehmen investiert dafür insgesamt 36 Millionen Euro. Wenn sich die bisherigen Erfahrungen bestätigen, leistet der Grundstoffspezialist einen substanziellen Beitrag zur erfolgreichen Umsetzung der Energiewende. Allein die Kapazität der Testreihe in der Essener Aluminiumhütte mit rund 1.120 Megawattstunden ist vergleichbar mit der eines mittelgroßen Pumpspeicherkraftwerks.

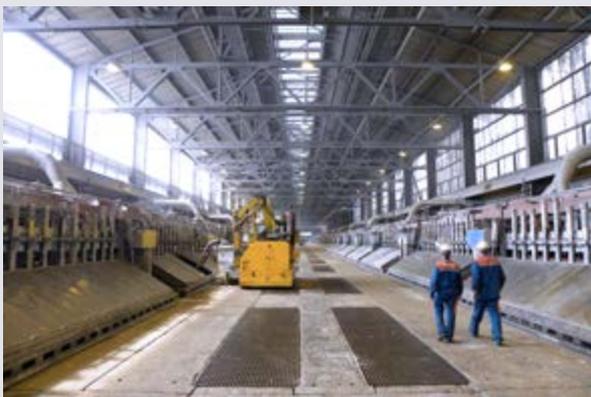


Foto: TRIMET

Bei einem Einsatz der Technologie in allen vier Aluminiumhütten in Deutschland – drei davon werden von TRIMET betrieben – ließe sich die bisherige Pumpspeicherkapazität von 40 Gigawattstunden um ein Drittel erhöhen. Mit einem Wirkungsgrad von 90 bis 95 Prozent ist die „virtuelle Batterie“ zudem deutlich effizienter als Technologien wie Druckluftspeicher oder Power-to-Gas. Außerdem benötigt das System keine neuen Stromtrassen, da die Anlagen bereits in das bestehende Hochspannungsnetz eingebunden sind. Darüber hinaus erlaubt es die „virtuelle Batterie“, bei der Herstellung von Primäraluminium im Rahmen des flexiblen Prozessfensters auf die Stromversorgung

aus fossilen Energiequellen zu verzichten und vollständig CO₂-freien Strom aus erneuerbaren Quellen einzusetzen. Bei einer installierten Kapazität der deutschen Aluminiumhütten von rund 1.000 Megawatt entspräche das einer jährlichen Strommenge von 250 Megawatt bei circa 8.700 Laststunden. 2,18 Terawattstunden Strom aus fossilen Energiequellen könnten durch CO₂-freien Strom ersetzt werden. Das entspräche einer jährlichen CO₂-Einsparung im Umfang von 1,1 bis 1,6 Millionen Tonnen.

deshalb, dass eine *Merit Order* der Flexibilitätsoptionen erstellt werden müsse, bei der alle technischen Möglichkeiten – auch außerhalb von Industrieprozessen – berücksichtigt werden. Einige Expertenteilnehmer vermuteten, dass Flexibilitätspotenziale außerhalb der Industrie insgesamt kostengünstiger seien. Entscheidend seien letztlich die verlässlichen ökonomischen Anreize für die Unternehmen, wenn es um die Abwägung von mehr Energieeffizienz und mehr Flexibilität ginge.

4.6 Kooperation als Mittel zur Wertschöpfungs- und Prozessoptimierung

Im Dialog nannten die Unternehmen Akteure, die sie in Bezug auf Innovationen im Bereich der Energieeffizienz für wichtig halten. Abbildung 20 zeigt diese, zugeordnet zu den verschiedenen Phasen der Entstehung von Innovationen. Für die Problemerkennungsphase, in der auch Zusammenhänge analysiert und beschrieben werden, sind demnach Akteure aus dem Bereich

Umwelt- und Klimaschutz von Bedeutung (zum Beispiel Intergovernmental Panel on Climate Change, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, NABU, Greenpeace). Nach Ansicht der Dialogteilnehmer liefern sie zum einen – auch durch öffentlichkeitswirksame Aufklärung – den Anstoß für intensivere Forschung und Entwicklung von Technologien, zum anderen treiben sie deren Marktdurchdringung voran.

In der Forschungsphase verweisen die Unternehmen unter anderem auf anwendungsnahe Forschungseinrichtungen und Hochschulinstitute (zum Beispiel Fraunhofer-Institute, KIT etc.) und heben deren Beitrag im Bereich der Anwendungsprüfung hervor (belegt durch die Vielzahl an Forschungsk Kooperationen). Prozess- und Produktinnovationen auf ihre Machbarkeit zu prüfen sei ebenso wie die theoretische Wirtschaftlichkeitsprüfung entscheidend, um die Verwendung in der Produktion beurteilen zu können. Auch Marktstudien von Forschungsinstituten zu energiewenderelevanten Produkten spielen nach Meinung der Dialog-



teilnehmer eine wichtige Rolle, denn die fachliche und technische Perspektive auf einen zukünftigen Markt untermauert nicht nur die Anstrengungen der Unternehmen, sondern erleichtert es auch, diese Themen unternehmensintern zu platzieren.

Für die **Entwicklung** neuer Technologien nannten vor allem Teilnehmer aus energieintensiven Branchen auch kleine Unternehmen als wichtige Akteure: Diese seien oft bereit, hohe wirtschaftliche Risiken auf sich zu nehmen, um disruptive Innovationen zu entwickeln. Im Erfolgsfall werde das Produkt zügig von großen Anlagenherstellern übernommen oder das Unternehmen aufgekauft.

Klimaschutzorganisationen, Hochschulen, anwendungsorientierte Forschungsinstitute und kleine, innovative Unternehmen genießen bei großen Unternehmen Ansehen als Impulsgeber für Innovationen.

Dass Kooperationen mit verschiedenen Stakeholdern für die Industrie bereits ein wichtiger Faktor im Umgang mit der Energiewende sind, wurde anhand von Praxisbeispielen deutlich, die von den Dialogteilnehmern genannt wurden:

- **Unterstützung von Start-ups** durch Venturecapital oder Sachleistungen (zum Beispiel Bereitstellen von Bürofläche): Dadurch fördern Unternehmen die Entwicklung neuartiger Lösungen, ohne eigene personelle Ressourcen zu binden. Außerdem bringen die innovativen Lösungen der Start-ups neue Impulse für die eingefahrenen Strukturen der Förderer.
- Branchenübergreifende **Joint Ventures zur Erforschung von Technologien** (zum Beispiel für die Sektorenkopplung zwischen Elektromobilität und Haushalten) bringen das nötige Wissen aus verschiedenen Branchen zusammen (zum Beispiel Know-how zu Elektromobilität mit Know-how zu Elektroinstallation und Ladeinfrastruktur in den Haushalten) und erhöhen so die systemische Kompetenz der beteiligten Unternehmen. Dadurch kön-

nen neue Systemlösungen entwickelt und marktfähig gemacht werden.

- Auf eine verstärkte unternehmensinterne Kooperation zielen spezielle **geschäftsbereichsübergreifende Forschungsabteilungen** ab, in denen Projekte gemeinsam angestoßen und durchgeführt werden.

Nach Meinung der befragten Unternehmen sollte die Zusammenarbeit über institutionelle und Sektorengrenzen hinweg weiter ausgebaut werden, um das dadurch entstehende Innovationspotenzial besser zu nutzen. Um die Zusammenarbeit zu unterstützen, wurden in der Diskussion unter anderem folgende Vorschläge gemacht, deren Umsetzbarkeit geprüft werden sollte:

- Die öffentliche **Förderung von Start-ups und von Kooperationen zwischen Industrie und Start-ups** könnte Innovationsprozesse in den Unternehmen stärken und neue Innovationsimpulse setzen. Dazu wäre auch eine Vereinfachung relevanter Verwaltungsvorschriften nötig sowie ein besseres Verständnis der Verwaltung für die Geschäftskonzepte von Start-ups.
- **Förderung von Energie-Einkaufsgenossenschaften** aus kleinen, mittleren und großen Unternehmen: Diese würden die Realisierung von Skaleneffekten im langfristigen Energieeinkauf auch für kleinere Energieeinkäufer ermöglichen und Investitionen in Energieeffizienz verstärken. Hindernisse bestünden beim Kartellrecht, dem Kontrollverlust der Unternehmen und der Weitergabe sensibler Daten der beteiligten Unternehmen.
- **Staatliche Förderung für den Ausbau des Wärmenetzes sowie Einführung eines Katastersystems zur Erfassung der verfügbaren Abwärme** an allen Industriestandorten, um Wärmeverbünde aus Unternehmen und somit eine effiziente Wärmenutzung zu ermöglichen. Voraussetzung seien ein staatlich beauftragter Wärmenetzbetreiber, der die Versorgung sicherstellt, und idealerweise die Etablierung einer Wärmeinfrastruktur in der Fläche.

Unternehmens-Input: Viessmann und BMW



Digital Energy Solutions GmbH & Co. KG bietet als Joint Venture von BMW und Viessmann Energiedienstleistungen an. Ihr Geschäftsmodell beruht auf dem Ansatz der Sektorenkopplung und IT-basierter Bewirtschaftung der Flexibilität aus Erneuerbaren Energien. Somit leistet Digital Energy Solutions einen wesentlichen Beitrag zur Energiewende in Deutschland.

Digital Energy Solutions: Echte Energietransparenz statt Excel-Listen

Digital Energy Solutions sieht vor allem einen Bedarf bei kleinen und mittleren Gewerbe- und Industriebetrieben, die bisher kein eigenes Energiemanagement haben oder bei denen die Projektierung und Bewirtschaftung von Eigenerzeugern, Ladeinfrastruktur oder Wärmepumpen nicht zu den Kernkompetenzen gehören. So unterstützt Digital Energy Solutions etwa den Inhaber eines Autohauses mit sieben Filialen dabei, unnötige Kosten zu vermeiden, die Eigenproduktion von Strom zu stärken und seinen Betrieb nachhaltiger zu gestalten.

Die neue Filiale eines Autohauses wird zur „Green Factory“

Das Autohaus mit mehreren Filialen verkauft jedes Jahr rund 3.000 Autos. Weil dem Gründer und Besitzer des Unternehmens mit mehr als 100 Mitarbeitern Nachhaltigkeit ein Anliegen ist, legte er beim Betrieb des Geschäfts schon seit einigen Jahren Wert darauf, in allen Niederlassungen ein Bewusstsein für den Umgang mit Energie zu verankern und Energie zu sparen: In den Werkstätten weisen Energieampeln die Mechaniker auf Phasen mit besonders hohem Verbrauch hin, optimierte Belüftung und eine Anlage zur Wasseraufbereitung senken den Energieverbrauch zusätzlich. Zur Beleuchtung werden durchweg LED-Lampen verwendet und die Außenbeleuchtung wird nachts gedimmt. Der derzeit entstehende Neubau einer Filiale ist als „Green Factory“ geplant. Beispielsweise werden dort die Fenster nicht zu öffnen sein, stattdessen sorgt ein ausgeklügeltes Belüftungskonzept für ein angenehmes Klima bei geringem Energieverbrauch. Trotz all dieser Maßnahmen wollte der Autohausbesitzer noch mehr und hat sich daher entschieden, Digital Energy Solutions mit weiterführenden Umsetzungen zu beauftragen.

Energie-Transparenz rund um die Uhr

Im Gegensatz zu anderen Kunden, die bei Digital Energy Solutions auch die Projektierung von Anlagen beauftragen, ist der Inhaber des Autohauses bereits in einer seiner Filialen in die Eigenerzeugung von Energie mit einer Photovoltaikanlage und deren Kombination mit Wärmepumpe eingestiegen. Zudem ließ er jeweils am Hausanschluss seiner Niederlassungen den Stromverbrauch erheben. Allerdings erhielten seine Energiebeauftragten die Daten in Excel-Dokumenten per E-Mail und das Auslesen zu bestimmten Zeitpunkten lieferte stets nur punktuelle Auskünfte über den Verbrauch der einzelnen Filialen. Dieses Manko konnte schnell behoben werden, mittlerweile sind die Messpunkte mit dem Energy Monitor von Digital Energy Solutions verbunden. Dessen Software verschafft dem Kunden detaillierte Echtzeiteinblicke in sein Energiesystem. Künftig soll es auch eingesetzt werden, um zur Optimierung in die Energiesysteme von Kunden einzugreifen. Dafür wird, wenn vom Kunden gewünscht, direkt auf Steuerungstechnik etwa von Heizungen oder Anlagen zur Energieerzeugung und -speicherung zugegriffen.

Live-Daten legen Auffälligkeiten offen

Im ersten Schritt speist Digital Energy Solutions bereits gesammelte historische Daten in das Transparenztool ein. Dadurch erhält der Besitzer des Autohauses einen Überblick, zu welchen Zeiten Lastspitzen auftreten oder der Energieverbrauch auffällig hoch ist. An einigen Phasen mit hohem Energieverbrauch lässt sich durch den typischen Betrieb eines Autohauses mit festen Werkstattzeiten wenig ändern. Wenn hingegen außerhalb der Geschäftszeiten hoher Strombedarf auffällt, ist das für den Inhaber ein Indiz, dass sich Geld und Energie sparen lassen. Eventuell haben Werkstattmitarbeiter dann vergessen, vor dem Gang ins Wochenende eine Maschine abzuschalten oder womöglich laufen aus Gewohnheit bestimmte Maschinen dauerhaft, obwohl sie sich vor Feiertagen oder Wochenenden auch abschalten ließen. Über das lückenlose Monitoring mit dem Energy Monitor wird der Inhaber außerdem ohne Verzögerung per Nachricht auf sein Smartphone informiert. Durch die Dokumentation der Energieströme rund um die Uhr und die aktuellen Mitteilungen lässt sich erkennen, ob bestimmte Ereignisse häufiger auftreten – und es sich beispielsweise lohnen würde, in eine Abschaltautomatik für die Innenbeleuchtung zu investieren.

IT-basiertes Monitoring ergänzt um kompetente persönliche Beratung

Neben der automatisierten Erfassung der Energieströme mit dem Transparenztool gehört zum Angebot von Digital Energy Solutions für den Autohausbesitzer auch eine eingehende persönliche Beratung. Insgesamt ließen sich so im Rahmen einer gesamtheitlichen Analyse Einsparpotenziale von circa 10.000 Euro pro Jahr und pro Filiale identifizieren. Die Einsparpotenziale ergaben sich unter anderem durch die Optimierung der Grundlast oder Heizungsregelung, aber auch durch individuelle Maßnahmen wie die Hebung von Kopplungspotenzialen der in einer Filiale installierten Photovoltaikanlage mit der dortigen Wärmepumpe. Auch bei der Optimierung seiner Stromlieferverträge unterstützt ihn der Energieexperte. Für die sieben Filialen existieren derzeit fünf verschiedene Verträge mit drei verschiedenen Stromanbietern – durch eine IT-basierte Bewertung gekoppelt mit Beratung wird dem Autohausbesitzer die Einschätzung erleichtert, ob er bereits die bestmöglichen Konditionen in Anspruch nimmt oder sich der Tarif optimieren ließe.

Optional: Ladesäulen für Elektrofahrzeuge

Gemeinsam mit dem Kundenbetreuer von Digital Energy Solutions hat der Inhaber des Autohauses auch schon nächste Schritte geplant und denkt über die Installation vernetzter Ladestationen in Kombination mit einer Batterie für die Elektroautos von Kunden und Interessenten auf dem Gelände seiner Filialen nach. Gemeinsam mit dem Kundenbetreuer einen Fahrplan aufzusetzen, wie sich das Energiemanagement schrittweise ausbauen und optimieren lässt, ist ein wesentlicher Bestandteil des Angebots von Digital Energy Solutions. Der Kunde kann nach der ersten Analyse mit einfach umzusetzenden Maßnahmen beginnen, sich nach und nach mit dem Thema vertraut machen und die Energieoptimierung über längere Zeit ausbauen – immer mit Rücksicht auf die Anforderungen seines Betriebs und immer begleitet von fachkundiger Beratung.

5. Chancen der deutschen Industrie aufgrund der Energiewende

Im vorangegangenen Kapitel standen Produkt- und Prozessinnovationen der Industrie im Fokus, die mittelbar oder unmittelbar mit dem Fortschreiten der Energiewende in Verbindung stehen. Im Folgenden wird daher der Frage nachgegangen, welche kommerziellen Möglichkeiten sich aus der Energiewende für die deutsche Industrie ergeben. Außerdem wird erörtert, ob und wie die Industrie Produkte und Lösungen, die sie im Zuge der Energiewende entwickelt, ins Ausland exportieren kann. Eine Diskussion von Risiken ist bewusst nicht Bestandteil dieser Betrachtung, obwohl diese natürlich oft untrennbar mit den Chancen verbunden sind.

Zunächst wurden die Unternehmen um eine Einschätzung der Chancen gebeten, die sich für ihre Branche aus der Energiewende ergeben.

Das Ergebnis zeigt, dass die verschiedenen Branchen ihre Chancen aus der Energiewende deutlich unterschiedlich bewerten: Vertreter aus der Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnikbranche gehen davon aus, dass ihre Unternehmen sehr stark von der Energiewende profitieren können. Sie begründen dies mit

guten Exportchancen etwa für effiziente Lüftungstechnik, aber auch der hohen internationalen Nachfrage nach Heiztechnik für Wohngebäude.

Auch die chemische Industrie sieht durch die Energiewende Chancen und neue Marktsegmente entstehen: Solarzellen, Windräder, Elektrofahrzeuge, Häuserdämmungen, neue Batterietechnologien – überall würden moderne Materialien benötigt, die von der chemischen Industrie produziert werden.

Am anderen Ende der Skala schätzt die Zuckerindustrie ihre Möglichkeit, von der Energiewende zu profitieren, als sehr gering ein: Weitere Effizienzsteigerungen seien zwar möglich und Elektrifizierungspotenziale vorhanden, allerdings sei der Endkunde nicht ausreichend für eine CO₂-arme Produktion sensibilisiert und honoriere entsprechende Zusatzinvestitionen nicht.

Chancen erwachsen dabei zum einen aus Märkten, die im Rahmen der Energiewende wachsen oder neu entstehen, zum anderen aus Wettbewerbsvorteilen, die entstehen, weil die Unternehmen Prozesse

Bewertung der Chancen nach ausgewählten befragten Branchen

Abbildung 21



Roland Berger, Expertenbefragung (n=9)

und Technologien zur Energiekostenreduktion oder Effizienzsteigerung nutzen. Diese beiden Aspekte werden in der Folge anhand von im Dialog genannten Beispielen erläutert.

5.1 Wirtschaftliches Potenzial der Energiewende für die deutsche Industrie

5.1.1 Chancen durch neue Märkte

Im Jahr 2015 wurden weltweit 266 Milliarden US-Dollar in Erneuerbare Energien (ohne große Wasserkraftwerke) investiert – mehr als doppelt so viel wie in Kohle- und Gaskraftwerke (130 Milliarden Dollar) (Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF, 2016). Schon diese beiden Zahlen zeigen: Die Energiewende schafft neue Märkte und damit auch neue Chancen für Unternehmen. Um diese zu erfassen, analysierten die Dialogteilnehmer, inwiefern ihre Unternehmen in Zukunft von bestimmten Entwicklungen der Energiewende kommerziell profitieren können. Abbildung 22 zeigt unterschiedliche, nicht ausschließlich pro-

duktbezogene Märkte der Energiewende, die von den Unternehmen angeführt wurden.

Markt für Anlagen zur regenerativen Stromerzeugung

Die Energiewende schafft einen Weltmarkt für Anlagen zur Stromerzeugung aus regenerativen Quellen. Dazu gehören zum Beispiel Onshore- und Offshore-Windparks oder Photovoltaikanlagen im industriellen und privaten Bereich.

Vor allem die Windkraft spielt für die deutsche Industrie eine wesentliche Rolle. Sie wird im Vergleich zu konventionellen Kraftwerken zunehmend wettbewerbsfähiger und passt in ihrer Anlagenkomplexität sehr gut zum Angebot deutscher Unternehmen: Zum Bau der technologisch anspruchsvollen Anlagen werden Produkte aus vielen Branchen benötigt, unter anderem Spezialstahl, Beton, Kunststoffe, Kupfer, Aluminium, Lacke, Farben, Öle, Fette etc. Hier können gerade energieintensive Branchen



profitieren. Außerdem profitieren speziell Maschinen- und Anlagenbauer von der Nachfrage nach ihren Produkten, zum Beispiel nach Lüftungs- und Klimasystemen zum Enteisen von Rotorblättern oder zur Kühlung der Generatoren.

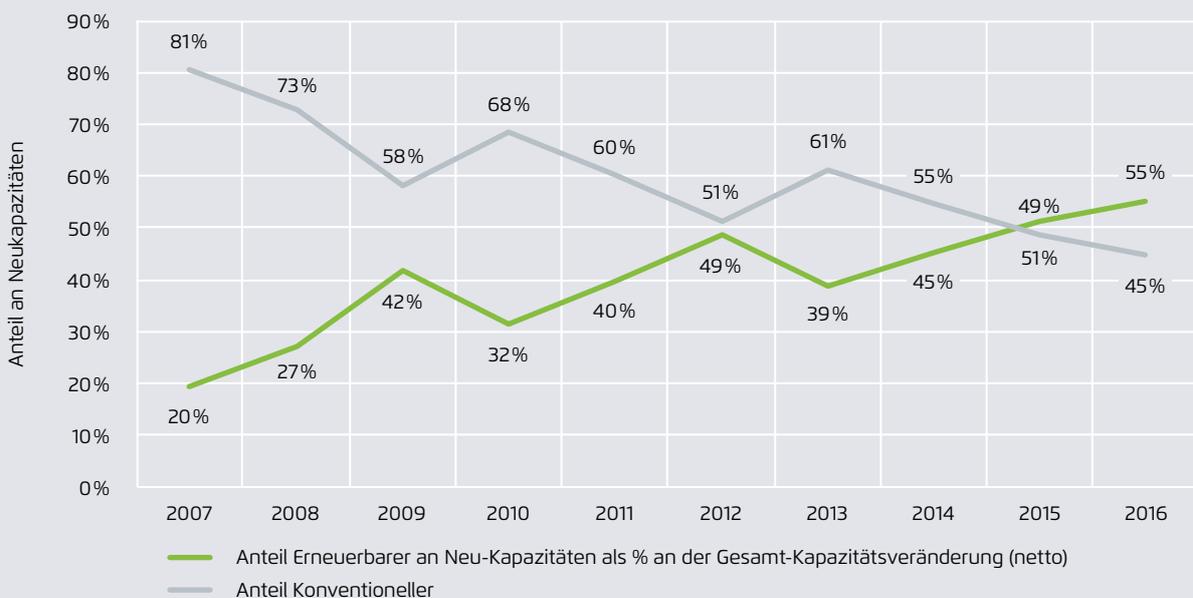
Markt für Flexibilitätsoptionen

Die naturbedingten Schwankungen in der regenerativen Energieerzeugung und damit einhergehende volatile Strompreise schaffen einen Markt für Flexibilitätsoptionen. Dazu gehören einerseits Produkte und Dienstleistungen, die die Netzstabilität unterstützen (Stabilität auf Erzeugerseite), zum Beispiel der Ausbau der Netze oder die Entwicklung beziehungsweise der Bau von Batteriespeichern. Andererseits braucht es auch Lösungen, die mehr Flexibilität auf der Nachfrageseite herstellen, zum Beispiel, indem sie Produktionsprozesse flexibler gestalten oder überschüssigen Strom nutzen, um Energieträger für andere Sektoren (Verkehr, Wärme) herzustellen (Power-to-X-Technologien).

Bedarf für Flexibilitätslösungen gibt es nicht nur in Deutschland: Auch viele andere Länder bauen komplexe Energiesysteme auf, vor allem, wenn die Zahl industrieller Fertigungsunternehmen steigt, die hohe Ansprüche an die Stromversorgung (Qualität und Quantität) haben. Je nach den vorhandenen Voraussetzungen werden beim Auf- und Ausbau der Energieversorgung fossil basierte Übergangstechnologien übersprungen (sogenanntes *Leapfrogging*: Auslassen einer Technologiephase). In Zukunft wird in einigen Regionen der Erde nur noch in Ausnahmefällen in klassische konventionelle Kraftwerke investiert und im Regelfall gleich ein regenerativ basiertes Energiesystem aufgebaut. Dies erfordert spezielle Technologien zur Steuerung und Stabilisierung; daher sind Speicher und andere Flexibilisierungstechnologien von Anfang an tragende Elemente.

Anteile am globalen Kapazitätszubau

Abbildung 23



Investitionen in Erneuerbare Energien (ohne Wasserkraft) im Vergleich zu Neuinvestitionen in fossil und nuklear betriebene Kraftwerke

Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF (2016), Agora Energiewende

Die Stromkosten spiegeln die Flexibilisierungsanforderungen eines von Photovoltaik und Windkraft geprägten Stromsystems nicht wider: Wenn Strom an der Börse zu sehr geringen Preisen gehandelt wird, muss dies auch bei den Verbrauchern ankommen. Um die Nutzung von erneuerbarem Strom in den Sektoren Verkehr und Wärme zu befördern, muss die unterschiedliche Belastung von Strom-, Wärme- und Verkehrssektor mit Steuern, Abgaben, Entgelten und Umlagen beseitigt werden.

Davon profitieren auch energieintensive Branchen, darunter Produzenten von Stahl, Aluminium und anderen Metallen, deren Produkte für den Ausbau von Stromnetzen, für Großenergiespeicher und flexiblere Produktionstechniken genauso benötigt werden wie Produkte der chemischen Industrie, zum Beispiel Elektrolyte und Membranen. Die Elektrotechnikbranche sowie die Branche der Informations- und Kommunikationstechnik profitieren vom Bedarf an Steuerungsmodulen, Wechselrichtern, Trafostationen und anderen Komponenten. Heizungs- und Klimatechnikhersteller können neue Produkte anbieten, zum Beispiel intelligente Wärmepumpen, die ihren Strombedarf flexibel an das aktuelle Angebot anpassen. Automobilherstellern bietet sich die Chance, mit Traktionsbatterien nach ihrem Einsatz in Elektroautos ein weiteres Geschäftsfeld im Bereich stationärer Energiespeicher für Unternehmen oder private Haushalte zu erschließen (Second-Life-Konzept). Für Unternehmen der Lebensmittelindustrie eröffnet sich ebenfalls eine neue kommerzielle Chance, indem sie aus Abfallprodukten Biogas erzeugen und damit Kraftwerke zur Deckung von Nachfragespitzen betreiben.

Markt für Effizienz- und Querschnittstechnologien

Um die globalen Klimaschutzziele zu erreichen, ist ein effizienter Umgang mit Energie unverzichtbar. Dadurch entsteht ein globaler Markt für Effizienz- und Querschnittstechnologien (effiziente Pumpsysteme, Heizsysteme, Antriebssysteme, Mess-, Steuer- und Regeltechnik etc.).

Die deutschen Unternehmen besitzen bei diesen technologisch anspruchsvollen Produkten hohe Marktanteile (circa 15 Prozent) und profitieren von dem energiewendebedingt weiter wachsenden Weltmarkt. So können Hersteller von Heiztechnik zum Beispiel mit effizienten Anlagen punkten, die mit unterschiedlicher Gasqualität zurechtkommen. Auch andere Branchen profitieren: Der Maschinen- und Anlagenbau ist gefragt, um effizientere Produktionsverfahren zu entwickeln, etwa moderne Hochofentechnologie oder Anlagen zur Abscheidung von CO₂ aus Abgasen; dieses kann die Chemieindustrie weiterverarbeiten und als Vorprodukt für die Kohlenstoffchemie nutzen; die Elektrotechnik profitiert von der Nachfrage nach neuen Antrieben, Frequenzumrichtern usw. Gleichzeitig erhöht sich auch der Bedarf an Grundstoffen wie Stahl, Aluminium oder Spezialchemikalien, die Hocheffizienztechnologien häufig erst ermöglichen.

Markt für energetische Gebäudesanierungen

Energetische Gebäudesanierungen sind weltweit ein zentraler Baustein der Klimaschutzbemühungen, denn durch den hohen Energiebedarf für Heizung und Kühlung von Altbauten ergibt sich ein großes Einsparpotenzial. Hinzu kommt, dass die energetische Sanierung des Gebäudealtbestandes weltweit nur langsam vorankommt und das Tempo trotz bereits formulierter Ambitionen bisher kaum gesteigert werden konnte. Aktuelle politische Entwicklungen wie das Pariser Abkommen und das Winterpaket der Europäischen Kommission 2016 zielen darauf ab, die Sanierungsquoten nachhaltig zu steigern.

Daher wird voraussichtlich die Nachfrage nach umweltverträglichen Lösungen für energieeffiziente Gebäude steigen. Da es in Deutschland bereits viel Erfahrung mit energetischen Sanierungen gibt, sind einschlägige deutsche Produkte weltweit gefragt. Davon profitieren zum Beispiel die Chemieindustrie (Dämmstoffe, neue Werkstoffe etc.), Hersteller von innovativen Baustoffen und Komponenten (Fenster, Isolationsglas, Heizungs- und Lüftungstechnik etc.) und die Baubranche insgesamt.

Markt für intelligente Energiesysteme

Ein Energiesystem auf Basis volatiler erneuerbarer Quellen erfordert eine aufwendigere Steuerung als ein konventionelles System auf Basis fossil betriebener (Grundlast-)Kraftwerke. Um das schwankende Angebot und die Nachfrage optimal aufeinander abzustimmen, müssen die einzelnen Akteure entlang der Wertschöpfungskette stärker miteinander kommunizieren – und zwar möglichst in Echtzeit. Durch die Energiewende gewinnen daher digitale Lösungen und intelligente Steuerungssysteme erheblich an Bedeutung, der entsprechende Markt wächst kräftig.

Smarte Systeme, die den Stromverbrauch in privaten, öffentlichen oder industriell genutzten Gebäuden optimieren und gegebenenfalls mit eigenen Stromerzeugern (zum Beispiel Photovoltaikanlagen) koordinieren, werden genauso benötigt wie Anwendungen im industriellen Maßstab sowie Großrechenzentren, die Energieströme in Regionen oder Ländern steuern und optimieren. Die dadurch mögliche Transparenz über den Energieverbrauch ist gleichzeitig ein maßgeblicher Anstoß zur Optimierung.

Davon profitieren IT- und Telekommunikationsanbieter, die die technische Infrastruktur für solche Systeme liefern, neue Lösungen für intelligente dezentrale Systeme entwickeln und die nötige Hard- und Software für Plattformlösungen, Datenverwaltung und -verarbeitung sowie komplexe Kommunikationssysteme im Portfolio haben. In Kooperation mit Energieerzeugern können daraus auch neue Geschäftsmodelle entstehen (zum Beispiel individuell zugeschnittene Energiemanagementlösungen für die Industrie).

5.1.2 Chancen durch unternehmensinterne Vorteile

Neben diesen Märkten schafft die Energiewende auch interne Chancen für die Industrie: Indem die Unternehmen sich frühzeitig den Herausforderungen und Risiken stellen, lernen sie, welche Maßnahmen und Prozessveränderungen geeignet sind, um die Energiewende zu ihrem Vorteil zu nutzen. Das

verschafft ihnen Wissensvorsprünge im Umgang mit dem Transformationsprozess des Energiesystems, der in den nächsten Jahren weltweit stattfinden wird. Damit erarbeiten sich die Unternehmen bereits heute einen zukünftigen Wettbewerbsvorteil und setzen auf eine lange Tradition des effizienten Umgangs mit Ressourcen auf.

Gleichzeitig könnten Erfahrungen im Umgang mit neuen Produktionsprozessen und Energieeffizienz auf neue Werke übertragen werden, egal wo diese errichtet werden. In diesem Zusammenhang betonten die Dialogteilnehmer, dass hohe Umweltschutzanforderungen und Qualitätsansprüche nicht standortabhängig seien, zumal die Unternehmen davon ausgehen, dass die Regularien für Klima- und Umweltschutz weltweit immer strikter werden. Somit sei es sinnvoll, bei langen Investitionszyklen (zum Beispiel mehr als 30 Jahre beim Neubau von Produktionsstandorten) schon jetzt in die modernste Technologie zu investieren. Das steigere die Wettbewerbsfähigkeit ihrer Werke im Ausland im Vergleich zu den Anbietern vor Ort und zusätzlich würden damit auch konzernübergreifende Umweltziele erreicht, die allein durch Optimierung der alten Standorte kaum wirtschaftlich darstellbar wären.

Im Dialog nannten Teilnehmer aber auch Beispiele für die Optimierung bestehender Produktionsstandorte: Dazu gehörte etwa die Integration sämtlicher Anlagen- und Gebäudeleittechnik eines Standorts in ein Energiemanagementsystem mit digitaler Messung und transparenter Darstellung der Verbräuche. Dies habe sich als kostensenkend bewährt und werde jetzt weltweit auch an anderen Standorten umgesetzt. Ein anderes Beispiel betrifft die durch die Energiewende an deutschen Standorten erforderliche Umstellung auf effiziente Produktionstechnik. Diese habe ebenfalls die Kosten optimiert, weshalb die gesammelten Erfahrungen nun auf internationale Standorte übertragen werden, um auch dort Wettbewerbsvorteile zu nutzen.

Unternehmens-Input: Siemens AG



Siemens ist ein führender internationaler Technologiekonzern, der entlang der Wertschöpfungskette der Elektrifizierung aufgestellt ist. Der Tätigkeitsbereich umfasst sowohl die Erzeugung, Umwandlung und Verteilung von Energie als auch ihre Anwendung in Infrastrukturlösungen, Automatisierung, medizinischer Bildgebung und Labordiagnostik. Bei Siemens sind rund 351.000 Mitarbeiter in mehr als 200 Ländern beschäftigt (Stand: September 2016).

Siemens begrüßt das im Dezember 2015 verabschiedete Pariser Klimaschutzabkommen und sieht dieses auch als Verpflichtung, einen aktiven Beitrag zur Dekarbonisierung der Weltwirtschaft zu leisten. Die Siemens AG hat dabei zwei wesentliche Handlungsfelder definiert:

- Um das Energiesystem CO₂-arm zu gestalten, will Siemens den Anteil der Erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung erhöhen und diejenigen Verbrauchssektoren elektrifizieren, die derzeit noch fossile Brennstoffe zur Deckung ihres Energiebedarfs nutzen.
- Durch die Verbesserung der Energieeffizienz von Produkten will Siemens den Energiebedarf weiter reduzieren.

In beiden Feldern steht eine Vielzahl an Technologien zur Verfügung, die nicht nur zur Reduktion von CO₂-Emissionen beitragen, sondern auch wirtschaftlich attraktiv sind. Mithilfe dieser Technologien will Siemens die Treibhausgasemissionen entlang der gesamten Wertschöpfungskette senken – in der Lieferkette, in den eigenen Betrieben und bei seinen Kunden. Den größten Beitrag zur Eindämmung des Klimawandels leistet Siemens mit seinen Innovationen und Produkten. Technologien aus dem Bereich der Energieeffizienz und der Erneuerbaren Energien sind im Siemens-Umweltportfolio gebündelt. Nach den Berechnungen von Siemens hat ihr Einsatz auf Kundenseite im Geschäftsjahr 2016 weltweit rund 521 Millionen Tonnen CO₂ eingespart. Dies entspricht etwa 60 Prozent des jährlichen CO₂-Ausstoßes Deutschlands.

Die Herausforderung: ein CO₂-neutrales Unternehmen schaffen

Siemens betreibt global 285 wesentliche Fertigungsstätten und unterhält Verwaltungs- und Vertriebsgebäude in fast jedem Land der Erde – eine Herausforderung für ambitionierten Klimaschutz. Mehr als die Hälfte des Energiebedarfs und der CO₂-Emissionen entfällt auf die Stromversorgung. Wärme wird zur Gebäudeheizung und für Produktionsprozesse benötigt und bereits überwiegend emissionsarm aus Gas erzeugt. An verschiedenen Standorten werden bereits Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen betrieben. Alle Siemens-Standorte verfügen über ein Umweltmanagementsystem.

Mit dem Programm „CO₂-neutrales Siemens“ hat sich der Konzern das ambitionierte Ziel gesetzt, bis 2030 zum CO₂-neutralen Unternehmen zu werden: Bereits bis 2020 sollen die CO₂-Emissionen aus den Werken, Büros sowie der Fahrzeugflotte gegenüber 2014 um die Hälfte reduziert werden. Bei der Umsetzung setzt Siemens auf vier wesentliche Hebel:

- Vorantreiben des Energieeffizienzprogramms
- Nutzung dezentraler Energiesysteme
- Reduktion der Fahrzeugflottenemissionen
- Einkauf von „grüner“ Energie

Das Siemens Energieeffizienzprogramm (EEP) – Klimaschutz lohnt sich

Basierend auf den Erfolgen früherer Energieeffizienzprojekte wird Siemens bis 2020 rund 100 Millionen Euro in die Energieeffizienz von Produktionsstandorten investieren. Die Maßnahmen erstrecken sich auf Gebäude und Produktionsanlagen und werden zu einem großen Teil durch Technologien aus dem Siemens-Portfolio wie Gebäudetechnik-Lösungen oder effiziente Antriebstechnik realisiert. Durch die Umsetzung der Maßnahmen sollen jährliche Kosteneinsparungen von rund 20 Millionen Euro realisiert werden.

Dezentrale Energiesysteme (DES) – Stromerzeugung an eigenen Standorten

Dem Wandel des Energiesystems hin zu dezentralen Lösungen trägt Siemens verstärkt auch an eigenen Standorten Rechnung. Bei Pilotprojekten, unter anderem beim neuen Siemens Campus in Erlangen, setzt Siemens innovative Technologien zur dezentralen Energieversorgung ein. Beispiele sind Kraft-Wärme-Kopplung, Photovoltaik, Energiespeicherung sowie Energiemanagementsysteme.



Die neue Siemens-Konzernzentrale in München ist LEED-Platin-zertifiziert. Foto: Siemens

Firmenfahrzeuge – innovative Mobilitätsmodelle

Um die CO₂-Emissionen des Fahrzeugparks zu reduzieren, hat Siemens Anreize und Vorgaben für die Beschaffung von emissionsarmen Firmenfahrzeugen geschaffen. Ein globaler Rollout ist vorgesehen. Auch mit Elektromobilität und innovativen, flexiblen Mobilitätspaketen will Siemens zur Reduktion von CO₂-Emissionen beitragen.

Stromeinkauf – mit Ökostrom in die Zukunft

Der Stromverbrauch verursacht den größten Teil der CO₂-Emissionen bei Siemens. Daher ist der Bezug von „grünem“ Strom ein wesentlicher Hebel zur Verringerung der CO₂ Emissionen.

Das Programm „CO₂-neutrales Siemens“ in der Umsetzung

Bereits knapp zwei Jahre nach Programmstart konnte Siemens seine CO₂-Emissionen um 20 Prozent auf 1,7 Millionen Tonnen jährlich reduzieren. Die Hälfte aller Standorte in Deutschland sowie alle in Großbritannien wurden 2016 bereits mit Ökostrom versorgt. Insgesamt gingen 22 Energieeffizienzprojekte in sieben Ländern an den Start mit einem Volumen von 32 Millionen Euro, vier Projekte sind bereits abgeschlossen (Stand: September 2016).

Werk Mohelnice, Tschechische Republik: Das Werk für Elektromotoren in Mohelnice hat neben weiteren Maßnahmen LED-Beleuchtung und Wärmerückgewinnung eingeführt. Das Werk spart dadurch jährlich 300.000 Euro an Energiekosten und 4.000 Tonnen CO₂. Dank der stark gesunkenen Energiekosten amortisieren sich die Maßnahmen in weniger als fünf Jahren.

Werk Frankfurt, Deutschland: Im Werk für Schaltanlagen in Frankfurt am Main wurde LED-Beleuchtung installiert, Wärmerückgewinnung eingeführt und das bestehende Blockheizkraftwerk erweitert. Durch diese Maßnahmen werden jährlich rund 400.000 Euro Energiekosten eingespart, die Investitionskosten amortisieren sich innerhalb von fünf Jahren. Der CO₂-Ausstoß wurde um 1.000 Tonnen gesenkt.

Getrieben durch die Energiewende und die Perspektive, dass diese politisch weiter forciert wird, suchten Unternehmen aktiv und intensiv nach Effizienzpotenzialen. Wie verschiedene Beispiele aus den Dialogveranstaltungen zeigen, liegen diese aber häufig gerade nicht in den Produktionsprozessen oder Kernkompetenzen der Unternehmen: So ergab etwa die Analyse sämtlicher Stromverbräuche im Werk eines Teilnehmers, dass die Ladestationen für Gabelstapler der drittgrößte Verbraucher waren. Erst durch diese Erkenntnis konnte das Lademanagement optimiert und damit erheblich Strom gespart werden.

In Deutschland entwickelte hocheffiziente Produktionsverfahren bewirken Einsparungen nicht nur in den heimischen Werken der Unternehmen. Sie lösen an allen Produktionsstandorten Kosteneffekte aus und führen so zu Wettbewerbsvorteilen im In- und Ausland.

Ein Dialogteilnehmer aus der Automobilindustrie berichtete von der Einführung von CO₂-Bilanzen entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Damit ließen sich einerseits weitere Effizienzpotenziale vom Rohstoff bis zum Recycling finden und andererseits die für Energiethemen zunehmend sensibilisierten Kunden transparent informieren. Bisher seien vor allem Firmenkunden mit Flotten an diesen Informationen interessiert, auch weil sie damit in ihrer eigenen Nachhaltigkeitsberichterstattung punkten könnten. Als Folge eines steigenden ökologischen Interesses der Gesellschaft könnte in Zukunft auch aus dem Privatkundenbereich der Druck steigen, solche Daten transparent offenzulegen.

5.2 Erschließung des internationalen Energiewendemarktes durch die deutsche Industrie

Die beschriebenen Chancen der Energiewende gelten auch für den Export. Denn die Transformation zu einem neuen nachhaltigeren Energiesystem ist längst zu einem weltweiten Phänomen geworden. Immer mehr Länder stoßen ähnliche Entwicklungen an.

Insbesondere europäische Staaten und China haben eigene Transformationsagenden im Energiesektor beschlossen.

Darüber hinaus weisen viele Regionen und Länder besondere Charakteristika auf, die sie für die technischen Entwicklungen und neue Geschäftsmodelle im Rahmen der Energiewende empfänglich machen. Dazu gehören die USA, wo eine veraltete Netzinfrastruktur sowie die in manchen Bundesstaaten strikte Umweltgesetzgebung für eine wachsende Nachfrage nach dezentralen Lösungen und Energieeffizienz sorgen. Die zunehmende Nutzung von Gas als Energieträger kann zudem Auslöser möglicher Erneuerungen von Brennkesseln im Wärmesektor werden. Auch China, wo die in den Metropolen extreme Luftverschmutzung die nationalen Ambitionen stärkt, hochenergieeffiziente Lösungen und eine Verkehrswende zu schaffen, wird zu einem immer wichtigeren Zielmarkt für deutsche Technologie (zum Beispiel Heiztechnik). Dies umso mehr, als China auf internationalen Klimakonferenzen verkündet, sich zum weitweiten Vorbild für Klima- und Umweltschutz entwickeln zu wollen.

Der globale Energiemarkt wird Jahr für Jahr mehr zu einem Energiewendemarkt. Die Kostendegression von Windkraft-, Solar- und Speichertechnologien haben global einen Boom in diesen Technologien ausgelöst. Eine Vorreiterrolle Deutschlands in industriellen Wachstumsfeldern, wie effiziente Produktionstechniken, alternative Antriebstechnologien, Energiespeicher, Werk- und Dämmstoffe, intelligente Integrations- und Systemdienstleistungen, geht Hand in Hand mit Chancen in der Vermarktung solcher Technologien und Dienstleistungen im Ausland.

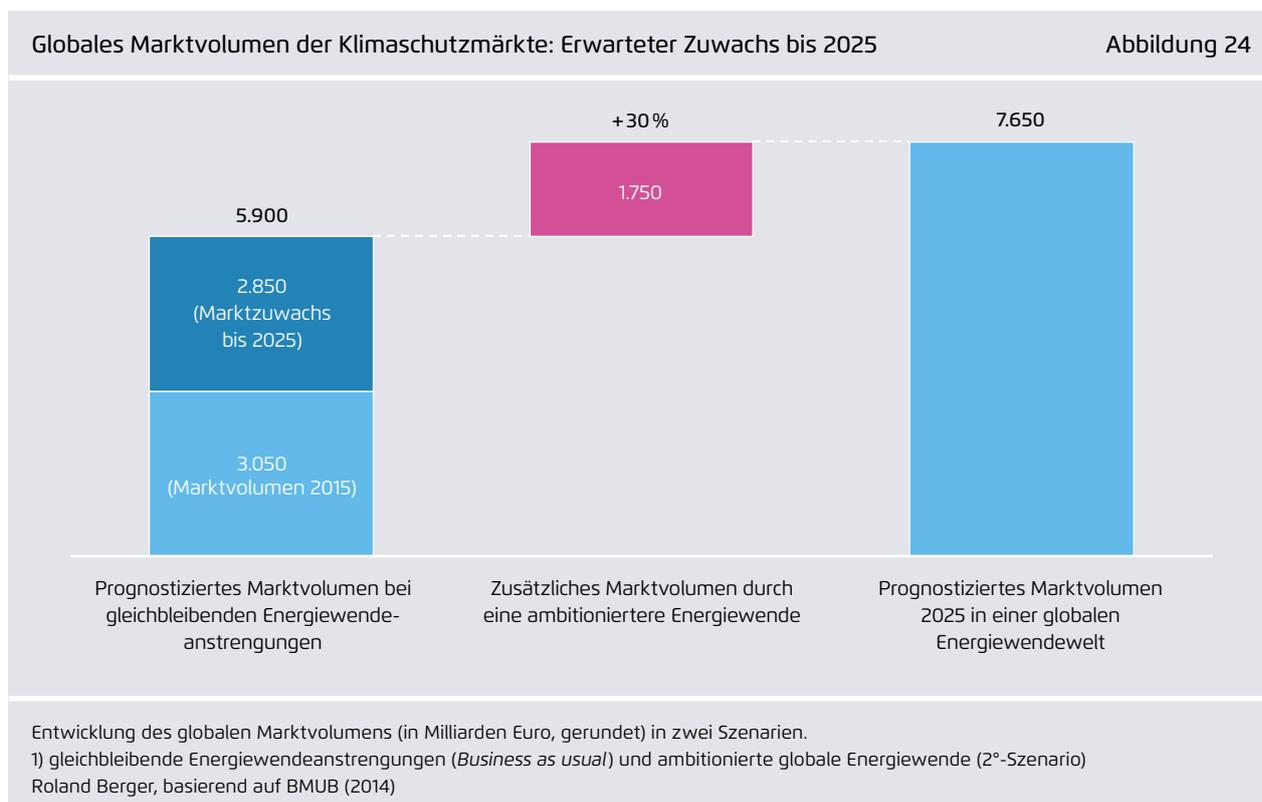
Große Chancen bieten auch Länder, in denen Politik und Wirtschaft gerade erst die Gestaltung des Energiesystems definieren, zum Beispiel Myanmar oder Thailand. Generell sind Schwellenländer chancenreiche Märkte, weil sie die Möglichkeit zum *Leapfrogging* bieten (vgl. Kap. 5.1.1), also zum Beispiel

ohne den Umweg über ein zentralisiertes konventionelles Energienetz direkt dezentrale Energie(teil)systeme zu errichten. Das bietet Marktchancen insbesondere für Hersteller von Anlagen zur regenerativen Energieerzeugung.

Weltweit beläuft sich das Volumen der sechs Klimaschutzleitmärkte (umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie, Energieeffizienz, Rohstoff- und Materialeffizienz, nachhaltige Mobilität, Kreislaufwirtschaft und nachhaltige Wasserwirtschaft) derzeit auf circa 3.000 Milliarden Euro (2015), wobei die Leitmärkte Energieeffizienz (790 Milliarden Euro) und umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie (650 Milliarden Euro) den größten Anteil aufweisen. Bis 2025 wird das Marktvolumen – bei gleichbleibenden Ambitionen in der Energiewende (*Business-as-usual*-Szenario) – laut Prognosen jährlich um rund sechs Prozent weiter wachsen (BMUB, 2014).

Abbildung 24 zeigt die zukünftige Entwicklung der Klimaschutzmärkte bis 2025. Ausgehend von den genannten Marktvolumen im Jahr 2015 wird prognostiziert, dass die globalen Klimaschutzleitmärkte bis 2025 auf 5.900 Milliarden Euro wachsen, wenn die Entwicklung wie bisher weitergeht (*Business-as-usual*-Szenario). Grundlage für diese Berechnung sind die aktuell völkerrechtlich verbindlich verankerten Klimaschutzverpflichtungen aller Länder weltweit. Neu hinzu kommen die Ansprüche, die das Pariser Abkommen mit dem Zwei-Grad-Ziel etabliert hat. Wird dieses Ziel weltweit umgesetzt, müssen bis 2025 weitere 1.750 Milliarden Euro in den Klimaschutz investiert werden. Insgesamt entsteht so ein globales Marktvolumen von 7.650 Milliarden Euro für das Jahr 2025.

Allein im *Business-as-usual*-Szenario zeigen die klimarelevanten Leitmärkte also einen erheblichen Zuwachs an Volumen. In Abbildung 25 ist das globale Marktvolumen nach entscheidenden Klimaschutz-

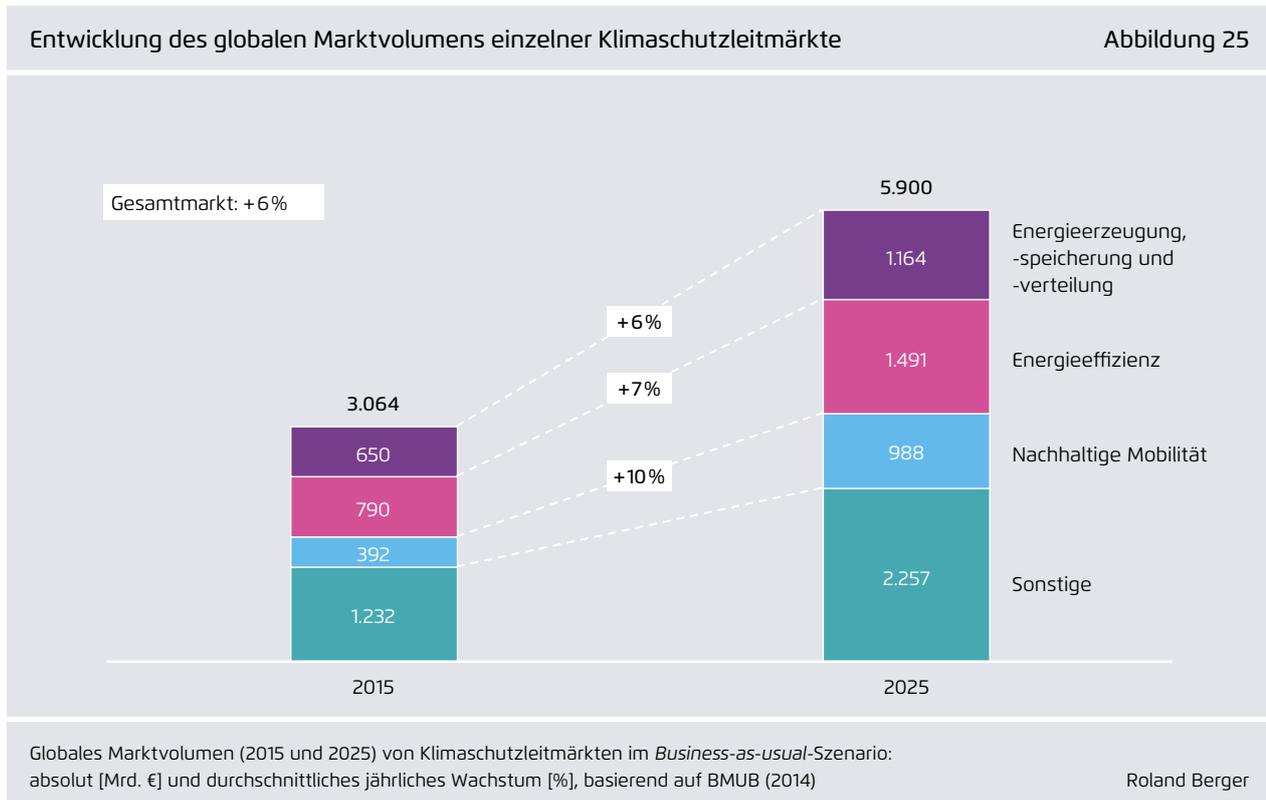


leitmärkten unterteilt. Dabei wird deutlich, dass gerade die nachhaltige Mobilität weltweit zunehmen wird. Auch das Wachstum der Märkte für Energieeffizienz sowie nachhaltige Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie sind überdurchschnittlich hoch.

Viele Unternehmen haben diese globalen Marktchancen erkannt. Um sie erfolgreich zu nutzen, braucht es ein entsprechendes Umfeld. Es liegt somit auch in der Verantwortung der Politik, die regulatorischen Weichen so zu stellen, dass innovationswillige deutsche Unternehmen nicht nur in Deutschland die Ziele der Energiewende erfolgreich umsetzen, sondern auch die daraus entstehenden Exportchancen nutzen können.

Ausgehend von den potenziellen internen und externen Chancen sowie den genannten internationalen Marktpotenzialen erarbeiteten die Dialogteilnehmer Vorschläge für Rahmenbedingungen, die einer solchen Entwicklung förderlich wären:

Internationale Werbung: Im Ausland sollte verstärkt über die Chancen der Energiewende informiert werden, um Interesse für Technologien, Produkte, Geschäftsmodelle und Regularien des deutschen Systems zu wecken. Politisch unterstützte und als deutsch „gebrandete“ Plattformen in internationalen Märkten, wie sie von den deutschen Auslandshandelskammern (AHK), den Industrie- und Handelskammern (IHK) oder der Exportinitiative Energieeffizienz organisiert würden, seien sehr hilfreich, um das Interesse und Verständnis von potenziellen Abnehmern zu fördern, vor allem im KMU-Bereich. Zudem würden sie sehr gut als Vertriebsplattform funktionieren und sollten daher ausgebaut werden. Darüber hinaus sei grundsätzlich eine positive Konnotation der Energiewende in der Außen- und Handelspolitik nötig: Politik, Verbände und Unternehmen seien gemeinsam verantwortlich, die Gesamtentwicklung in einem positiven Licht darzustellen und Fehlentwicklungen kritisch zu reflektieren. Das Konzept EUREM der IHK (Ausbildung zum zertifi-



zierten „European EnergyManager“) sei erfolgreich und geeignet, gleichzeitig die Errungenschaften der Energiewende vorzustellen und konkret die Nachfrage nach Lösungen anzuregen. Der Aufbau von Fördersystemen zur Finanzierung von Energiewendeprojekten im Ausland müsse unterstützt werden, um neue Absatzmärkte für deutsche Technik anzukurbeln.

Exportförderung: Die Kreditbürgschaften für Exportvorhaben und zur Absicherung von unvorhergesehenen Risiken sollten ausgeweitet werden. Zollbefreiungen für förderungswerte Güter (zum Beispiel unter dem Environmental Goods Agreement der WTO, EGA) könnten die Wirtschaftlichkeit der Produkte erhöhen und den Absatz entsprechend steigern. Auch Programme zur Finanzierung von Energiewendeprojekten im Ausland sollten ausgeweitet werden (zum Beispiel KfW-Unterstützung für Heizungserneuerung).

Im Zusammenhang mit der Exportförderung sei auch der Abbau von Handelsbarrieren wichtig. Dazu sei eine intelligente Handelspolitik nötig, die nicht nur auf Freihandel setze, sondern vielseitig auf komplexe Handelsbeziehungen eingehe. Teilnehmer führten im Dialog auch an, dass auch wettbewerbsverzerrende klimaschädliche Importe von der Politik adressiert werden müssten, vorgeschlagen wurde auch, dazu ein *Border Tax Adjustment* einzuführen.

Capacity Building: Die Einführung KfW-ähnlicher Institutionen in anderen Ländern sollte unterstützt werden, um Maßnahmen der nationalen Regierungen im Bereich der Energiewende zu stärken. Auch der Export von erfolgreich in Deutschland angewendeten Instrumenten müsse angestrebt werden (zum Beispiel Energieeinsparverordnung, EnEV).

Zusätzlich könnte die öffentliche Hand das Capacity Building durch eine Vorreiterrolle unterstützen: zum einen indem neue Produkte (zum Beispiel klimafreundlicher Zement, recycelte Kunststoffe) gezielt nachgefragt und öffentliche Ausschreibungen unter

Berücksichtigung von Klimaaspekten gestaltet werden. In einem zweiten Schritt könnten hohe Standards gesetzt werden und so könnte durch Ordnungsrecht oder eine Quotenregelung der Absatzmarkt vergrößert werden.

International sind vor allem Produkte für dezentrale Energiesysteme (von der Erzeugung bis zur Marktintegration) gefragt. Der Trend geht dahin, statt einzelner Komponenten komplette systemische Lösungen anzubieten. Der technische und wirtschaftliche Erfolg neuer Technologien und Geschäftsmodelle in Deutschland ist eine wichtige Grundlage, um Exportchancen zu realisieren.

6. Strategien für eine erfolgreiche Energiewende – Charta für eine deutsche Energiewende-Industriepolitik

Im Rahmen der Energiewende wird mit der Energieversorgung einer der Grundpfeiler der deutschen Wirtschaft innerhalb weniger Jahrzehnte komplett umgestellt – weg von Kohle, Kernenergie, Öl und Erdgas hin zu Erneuerbaren Energien. Wie gezeigt ergeben sich daraus sowohl Risiken als auch Chancen. Um die Stärke des Industriestandorts Deutschland zu erhalten und nach Möglichkeit weiter auszubauen, gilt es, jetzt schon Antworten auf die Fragen zu finden, die sich infolge des auch weltweit stattfindenden Umbaus der Energiesysteme stellen werden. Zu diesen Fragen gehören: Wie integrieren wir zentrale und dezentrale Strom- und Wärmeerzeugung zu einem smarten, robusten und vor allem treibhausgasneutralen Energiesystem? Welche neuen Technologien und Geschäftsmodelle helfen dabei? Welche Rolle spielen Digitalisierung, höhere Effizienz und mehr Flexibilität?

Zur Bewältigung dieser Herausforderungen nutzt die deutsche Industrie ihre traditionellen Stärken: Innovationskraft, Qualität, Technologieführerschaft und herausragendes Prozess-Know-how. Voraussetzung dafür sind verlässliche Leitlinien in der Energiepolitik, die integraler Bestandteil zukünftiger Industriepolitik sein müssen.

Die Sicherung des Industriestandorts einerseits sowie Energiewende und Klimaschutz andererseits werden allerdings in der öffentlichen Debatte oft als Gegensätze diskutiert. Typische Positionen dabei sind etwa die folgenden: „Industrie lehnt kosten-trächtigen Ausbau der Erneuerbaren ab“ auf der einen Seite und „Erneuerbare-Energien-Verbände beklagen Ausnahmeregelungen für die Industrie“ auf der anderen

Diese überholte Konfrontationsstellung zu überwinden und stattdessen verlässliche energiepoliti-

sche Rahmenbedingungen zu entwickeln und so zur Umsetzung der nationalen Klimaschutzziele beizutragen, war das Ziel des Dialogs „Energiewende und Industriepolitik“.

Deshalb wurden die Beiträge der Unternehmen in den Dialogveranstaltungen mit den Erfordernissen der nationalen und internationalen Klimaschutzziele abgeglichen. Darauf aufbauend haben Agora Energiewende und Roland Berger ihre eigenen Schlussfolgerungen in einem Entwurf für eine *Charta für eine deutsche Energiewende-Industriepolitik* zusammengefasst. Dieser wurde abschließend erneut mit den Dialogteilnehmern erörtert und kritisch reflektiert (siehe Kasten).

Politik und Industrie sollten sich auf eine Charta für eine Energiewende-Industriepolitik verständigen. Agora Energiewende und Roland Berger legen hierzu eine Entwurfsskizze vor, die unter anderem den Vorschlag für einen Zukunftspakt enthält.

Damit konnte die notwendige Diskussion aber nur begonnen werden. Der Entwurf der Charta mit dem darin enthaltenen Vorschlag für einen Zukunftspakt ist deshalb nicht als Abschlussdokument zu verstehen, sondern skizziert lediglich, was das Ergebnis eines institutionalisierten Dialogs und eines Zukunftspakts zwischen Politik und Industrie über eine Energiewende-Industriepolitik sein könnte. Die vollständige Entwurfsskizze für die vorgeschlagene Charta ist im Anhang dieser Publikation enthalten und kann unter www.agora-energiewende.de heruntergeladen werden.

Die zentrale Aussage lautet: Deutschland braucht einen Zukunftspakt für eine Energiewende-Indus-

triebpolitik, der Klimaschutz, Energiewende, Wirtschafts- und Industriepolitik gemeinsam erfasst und zusammenführt. Denn bisher werden Energiewende und Klimapolitik auf der einen Seite sowie Wirtschafts- und Industriepolitik auf der anderen Seite zu oft als Gegensätze diskutiert. Das Ergebnis ist ein sich verfestigendes Misstrauen gegenüber den Akteuren der jeweils anderen Seite. Diese Situation ist nicht zukunftsfähig, sondern sie lähmt – sowohl die Politik als auch die Industrie.

Diese Lähmung kann der Zukunftspakt überwinden: Die Politik muss glaubhaft langfristige Planungssi-

cherheit schaffen, damit die Unternehmen dringend benötigte Zukunftsinvestitionen für das Gelingen der Energiewende tätigen können. Die Industrie wiederum muss sich unmissverständlich zum Klimaschutzabkommen von Paris und seinen Zielen bekennen und zusagen, dessen Umsetzung in Deutschland zu unterstützen, insbesondere die nationalen Klimaziele, die Bundesregierung und Bundestag zur Zielerreichung für die Jahre 2030, 2040 und 2050 beschlossen haben.

Agora Energiewende und Roland Berger schlagen vor, die Diskussion über eine Energiewende-Indus-

Charta für eine Energiewende-Industriepolitik – Der Entwurf im Überblick:

Präambel:

Die Energiewende ist zugleich Chance und Risiko für den Industriestandort Deutschland

Artikel 1: Die Chancen nutzen, die Risiken minimieren: Mit einem Zukunftspakt für eine Energiewende-Industriepolitik dauerhaft verlässliche Wettbewerbs- und Investitionsbedingungen schaffen

Artikel 2: Kern des Zukunftspakts: Die Klimaziele gemeinsam erreichen, eine international konkurrenzfähige Energieversorgung in Deutschland dauerhaft sichern

- Politik garantiert verlässliche Investitionsbedingungen und wettbewerbsfähige Energiekosten
- Industrie unterstützt das Pariser Klimaschutzabkommen und die Umsetzung der nationalen Klimaziele
- Politik, Industrie und andere Stakeholder überarbeiten 2018 den *Klimaschutzplan 2050* grundlegend, sodass er einerseits die Klimaschutzziele erreicht und andererseits die Interessen der Industrie angemessen berücksichtigt

Artikel 3: International konkurrenzfähige Energiekosten für die deutsche Industrie sichern

- Schaffung eines Mechanismus zur dynamischen Anpassung der Energiekosten für die im internationalen Wettbewerb stehende energieintensive Industrie
- Sobald die Energiekosten in Deutschland über den vereinbarten Benchmark steigen, erfolgt eine Anpassung der Abgaben, Umlagen oder Ausnahmeregelungen.

Artikel 4: Die Energiewende an Kosteneffizienz und Marktnähe ausrichten

- Schaffung eines Wettbewerbs zwischen den Flexibilitätsoptionen durch Regulierung
- Stärkung marktwirtschaftlicher Instrumente

Artikel 5: Das System von Steuern, Abgaben und Umlagen auf Energie grundlegend überarbeiten

- Beseitigung widersprüchlicher Anreize zugunsten eines transparenten und einfacheren Regulierungsrahmens
- Entlastung des Stromsystems durch partielle Umstellung der Finanzierung Erneuerbarer Energien

Artikel 6: Industrieprozesse und Produktionsanlagen auf Effizienz und Flexibilität optimieren

- Anreize und Förderprogramme so gestalten, dass die Wirtschaft in ihrer ganzen Breite die Energieeffizienz verbessert
- Schaffung eines verlässlichen Rahmens zum frühzeitigen Aufbau von Flexibilitätsoptionen

Artikel 7: Mit Energiewende-Industriepolitik gezielt Exportmärkte erschließen

- Abbau von Handelsbarrieren bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung des nötigen *Carbon-Leakage*-Schutzes
- aktive Bündelung und weitere Stärkung von Initiativen zur Förderung des Exports durch die Bundesregierung

Artikel 8: Forschung und Innovationen für die Treibhausgasneutralität zielgerichtet fördern

- Der Schwerpunkt der angewandten Forschungsförderung sollte auf Systemanwendungen liegen, zudem sollten neue Geschäftsmodelle und Initiativen gefördert werden, die der beschleunigten Nutzung der Digitalisierung dienen.
- Förderung der Grundlagenforschung und Entwicklung bereits bekannter, aber noch nicht beziehungsweise nicht im industriellen Maßstab erprobter Optionen (*Power-to-X*, CCU)

Conclusio:

Mit einer Energiewende-Industriepolitik den Industriestandort Deutschland gemeinsam nachhaltig stärken

triebpolitik fortzusetzen und dafür nach der Bundestagswahl einen institutionalisierten Rahmen zu schaffen. Innerhalb dieses Rahmens soll die vorgeschlagene *Charta für eine Energiewende-Industriepolitik* zwischen Industrieunternehmen und ihren Verbänden, der Bundesregierung, wichtigen Oppositionsparteien sowie gesellschaftlichen Institutionen verhandelt werden. So können gemeinsam die Rahmenbedingungen des energiewirtschaftlichen Wandels erarbeitet werden, die langfristig, also über Legislaturperioden hinweg, gelten müssen und den nötigen Strukturwandel im Sinne eines geplanten, schrittweisen Übergangs gestalten.

Der Dialog „Energiewende und Industriepolitik“ zeigt, dass es möglich ist, mit der Zeit eine gemeinsame Gesprächsbasis zu schaffen, die sich stetig verbreitert, auch wenn zu einzelnen Aspekten Differenzen bestehen bleiben.

Reflexion der Charta im Dialog „Energiewende und Industriepolitik“

Zu vielen Aspekten des Charta-Entwurfs bestand unter den Unternehmensexperten sofort Einigkeit. Allerdings kristallisierten sich in der Diskussion auch einige kritische Punkte heraus. Diese wurden im Überarbeitungsprozess aufgegriffen und zum Teil in die Charta aufgenommen.

Intensiv wurde über die **nationalen Klimaziele** diskutiert. Viele Unternehmen sehen internationale Vereinbarungen als die Basis für die nationale Klimapolitik. Obwohl Deutschland durchaus Vorbild sein könne, dürften Ambitionen im Klimaschutz, die über internationale Abkommen hinausgehen, nicht die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit im internationalen Vergleich belasten. Argumentiert wurde auch: Die nationalen Klimaziele seien einerseits nicht weitgehend genug, ermöglichten aber auf der anderen Seite den international agierenden Unternehmen nicht ausreichend, die Klimaziele an Standorten außerhalb Deutschlands zu erreichen, obwohl dies oft kosteneffizienter sei. In diesem Spannungsfeld zwischen nationalen Klimaschutzbestrebungen und internationalem Wettbewerb müsse ein Weg gefunden werden, auch damit die deutsche Vorreiterrolle andere Länder mitziehe und nicht abschrecke. Die für die Charta gefundenen Formulierungen zu den nationalen Klimazielen wurden bis zuletzt intensiv diskutiert und werden von vielen Teilnehmern nicht mitgetragen.

Umstritten war auch das Thema **Energieeffizienz**: Vor allem energieintensive Unternehmen betonten, dass sie ihre Prozesse stets und ohne äußeren Anreiz optimieren, um Kosten zu sparen. Sie sehen deshalb darüber hinaus kaum noch Potenzial, weitergehende politische Vorgaben zu erfüllen. Vertreter dieser Unternehmen verweisen auf Verbraucher und kleinere Unternehmen, die noch viel Einsparpotenzial hätten und in Summe deutlich zur Steigerung der Energieeffizienz beitragen könnten. Widerspruch kommt dagegen von Anlagenbauern und Systemanbietern, die weitere erhebliche Effizienzpotenziale sehen, auch und gerade bei energieintensiven Industrien, unter anderem in Sekundärprozessen sowie durch die Digitalisierung, die Prozesse stärker vernetzen und kompliziertere Betriebsmodi unterstützen könnte.

Auch das Verhältnis von **Flexibilität und Effizienz** als zwei Optimierungsdimensionen desselben Systems wurde kontrovers diskutiert: Beides zu optimieren sei nicht möglich, vielmehr ginge Flexibilitätssteigerung regelmäßig zulasten der Effizienz und umgekehrt. Auf der anderen Seite wurde argumentiert, dass trotz der unbestrittenen Konkurrenz von Effizienz und Flexibilität bestehende Prozesse teilweise durchaus gleichzeitig flexibler und effizienter werden könnten. Weitgehende Einigkeit bestand dagegen darin, dass es gilt, das optimale Verhältnis von Effizienz und Flexibilität zu finden. Argumentiert wurde, dass dies insbesondere für mit erheblichen Investitionen verbundene neue Prozesse und Produktionsanlagen deutlich schneller umgesetzt werden könne, wenn der wirtschaftliche Nutzen der Flexibilisierung besser abschätzbar wäre.

Ähnlich differenziert verlief die Diskussion bei den Themen **Technologieoffenheit** und **marktwirtschaftliche Prinzipien**: Einige Unternehmen lehnen Anreizprogramme zugunsten bestimmter Technologien generell ab, da sie zu Fehlentwicklungen führen könnten. Sie fordern stattdessen, den Markt über die wirtschaftlich günstigste Lösung entscheiden zu lassen. Andere Teilnehmer halten Förderprogramme trotz des Risikos von Fehlanreizen für essenziell: Sie sicherten die Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig, indem sie den strukturellen Wandel frühzeitig unterstützen und Technologien einen Vorsprung verschaffen, auch wenn diese ohne öffentliche Unterstützung noch nicht wirtschaftlich wären.

7. Resümee

Der Dialog „Energiewende und Industriepolitik“ hat als Diskussionsplattform die Dimensionen des historischen Projekts Energiewende für die deutsche Industrie selbst zum Thema gemacht. Das war neu und führte dazu, dass der sonst übliche, hinlänglich bekannte Schlagabtausch zwischen unterschiedlichen Interessengruppen weitgehend vermieden werden konnte: Die Unternehmen sind, wie die gesamte Gesellschaft, von den Auswirkungen der Energiewende betroffen. Große Anstrengungen, Flexibilität, Kreativität und Zukunftsoffenheit sind nötig, um die letztlich nicht von der Politik, sondern durch die Realität des Klimawandels gesetzten Ziele zu erreichen. Anders ausgedrückt: Gefragt sind im Kern genau die Eigenschaften, die den herausragenden Erfolg der deutschen Industrie in Vergangenheit und Gegenwart ermöglicht haben. Die Unternehmen agieren und reagieren auf die Energiewende so, dass sie ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit sichern und womöglich ausbauen. Dafür erwarten sie Klarheit von der Politik.

Die Energiewende kann mittel- und langfristig zu einer Win-win-Situation für deutsche Unternehmen und den Klimaschutz werden. Drei zentrale Ergebnisse des Dialogs führen zu dieser Erkenntnis:

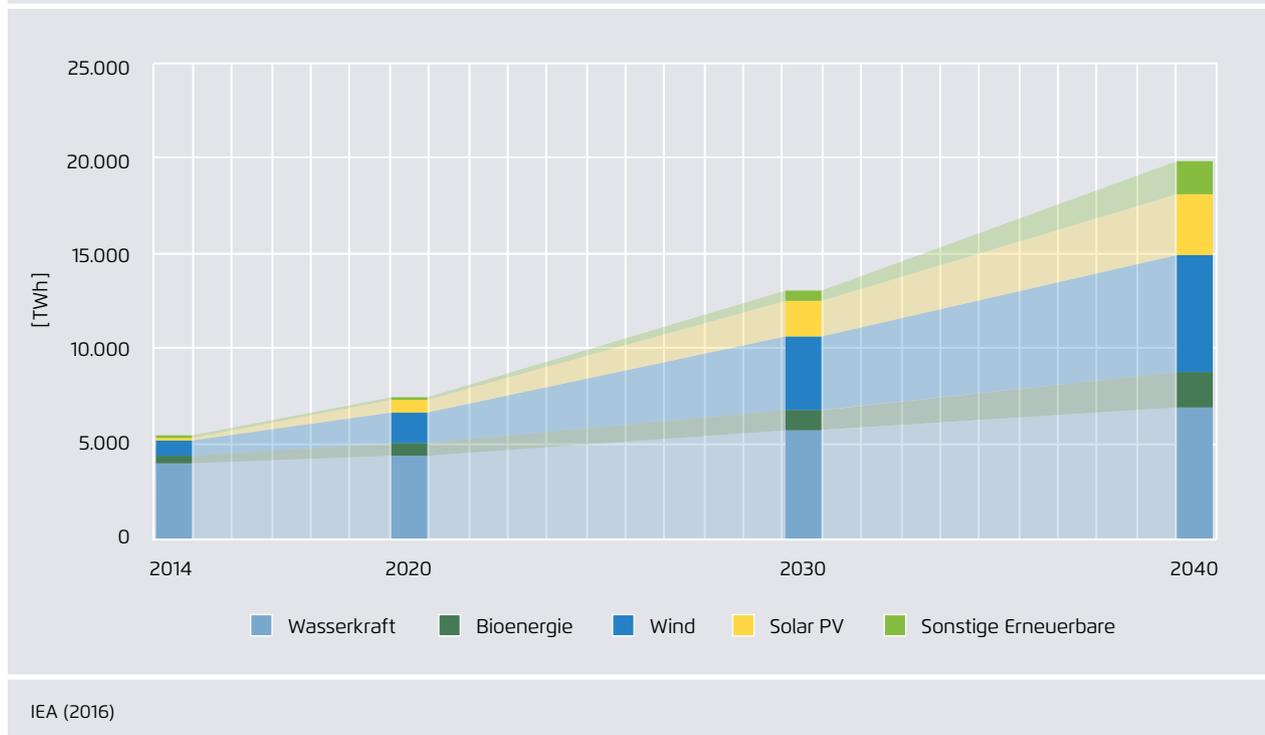
Erstens: Es ist unbestritten, dass das bisher weltweit Erreichte noch nicht ausreicht, um wie angestrebt bis 2050 globale Treibhausgasneutralität zu erreichen. Es muss also mehr getan werden und die Energiewende ist dafür das Instrument. Wenn die in der Diskussion mit den Dialogteilnehmern aufgezeigten Chancen der Energiewende ergriffen werden sowie jetzt und in Zukunft konsequent gehandelt wird, sind die Klimaziele erreichbar. Der Dialog ist Beleg dafür, dass ein komplexes Projekt wie die Energiewende trotz kontroverser Überzeugungen im Detail gemeinsam gedacht und bewältigt werden kann.

Zweitens: Die Industrie ist nicht allein betroffen, denn sowohl der Klimawandel und seine Folgen als auch die Endlichkeit der fossilen Energieträger betreffen auch den Bürger als Endkunden, den Verkehrssektor und die Landwirtschaft. Die Energiewende ist damit ein gesamtgesellschaftliches Projekt und jeder muss und wird seinen Beitrag dazu leisten. Gerade weil die Anstrengungen noch verstärkt werden müssen, braucht Deutschland eine Verständigung aller Stakeholder. Als Basis dafür kann der im Rahmen des Dialogs entstandene Entwurf einer *Charta für eine deutsche Energiewende-Industriepolitik* dienen. Als Ergebnis der Diskussion wünschenswert wäre eine von allen getragene Einigung auf einen Fahrplan und konkrete Regeln, nach denen die Energiewende weiter gestaltet werden soll. Diese – langfristige und für alle Beteiligten verbindliche – Festlegung ist genauso unumgänglich wie die Energiewende, denn nur sie schafft Planungssicherheit. Diese wiederum ist die Voraussetzung dafür, dass Unternehmen aktiver werden und Investitionen tätigen, statt wie heute wegen regulatorischer Unsicherheiten teilweise im Status quo zu verharren.

Drittens muss Deutschland die Möglichkeiten, die sich aus der Energiewende ergeben, intensiver und gezielter nutzen, um die wirtschaftliche Stärke der deutschen Unternehmen im internationalen Wettbewerb nachhaltig zu fördern. Die Energiewende wirkt schon jetzt als Innovationstreiber. Sie eröffnet für die exportorientierten deutschen Unternehmen große Chancen, zumal sie in immer mehr Regionen der Erde die Agenden bestimmt. In der Folge entstehen Schlüsselmärkte für das 21. Jahrhundert, die absehbar rasant wachsen. Dazu kommt: Mit dem zunehmenden Einsatz Erneuerbarer Energien, die laufend günstiger werden, sinken die Preise für Energie (vor allem für Strom und Wärme) und werden schon mittelfristig niedriger sein als es bei konventionellen Kraftwerken möglich wäre.

Weltweiter Ausbau der Erneuerbaren Energien im 450ppm-Szenario

Abbildung 26



Das Gelingen der Energiewende liegt im ureigenen Interesse der deutschen Unternehmen. Allerdings wird sich der Erfolg nicht automatisch einstellen. Vielmehr muss die Industrie aktiv werden und das Projekt auch über die Anstrengungen in den Unternehmen hinaus mitgestalten. Dazu gehört, sich aktiv in die öffentliche Diskussion einzubringen, in Partnerschaft mit der Politik Ideen zu entwickeln und die Energiewende weiter zu beschleunigen.

Keine Option ist es dagegen, internationale Vereinbarungen infrage zu stellen oder auf neue zu warten. Die Energiewende ist kein deutsches oder europäisches Phänomen mehr, sondern sie kommt weltweit in Gang. Gerade deshalb bietet sie viele Chancen für die deutsche Industrie. Wichtig ist, jetzt zu handeln und kluge politische, aber auch kluge unternehmerische Entscheidungen zu treffen, um den Transformationsprozess positiv voranzutreiben und seine Chancen zu nutzen.

8. Anhang

In diesem Kapitel werden die Struktur und der Verlauf des Dialoges dargestellt und die Auswahl der Teilnehmer beschrieben. Anschließend wird ein Einblick in die semistrukturierte Befragung der Dialogteilnehmer gegeben, die vor jedem Dialog zur Erstellung eines Thesenpapiers erfolgte.

Struktur und Verlauf des Dialoges

Die nachfolgend beschriebenen fünf Dialogveranstaltungen bilden die inhaltlichen Schwerpunktthemen des gesamten Dialogprozesses ab:

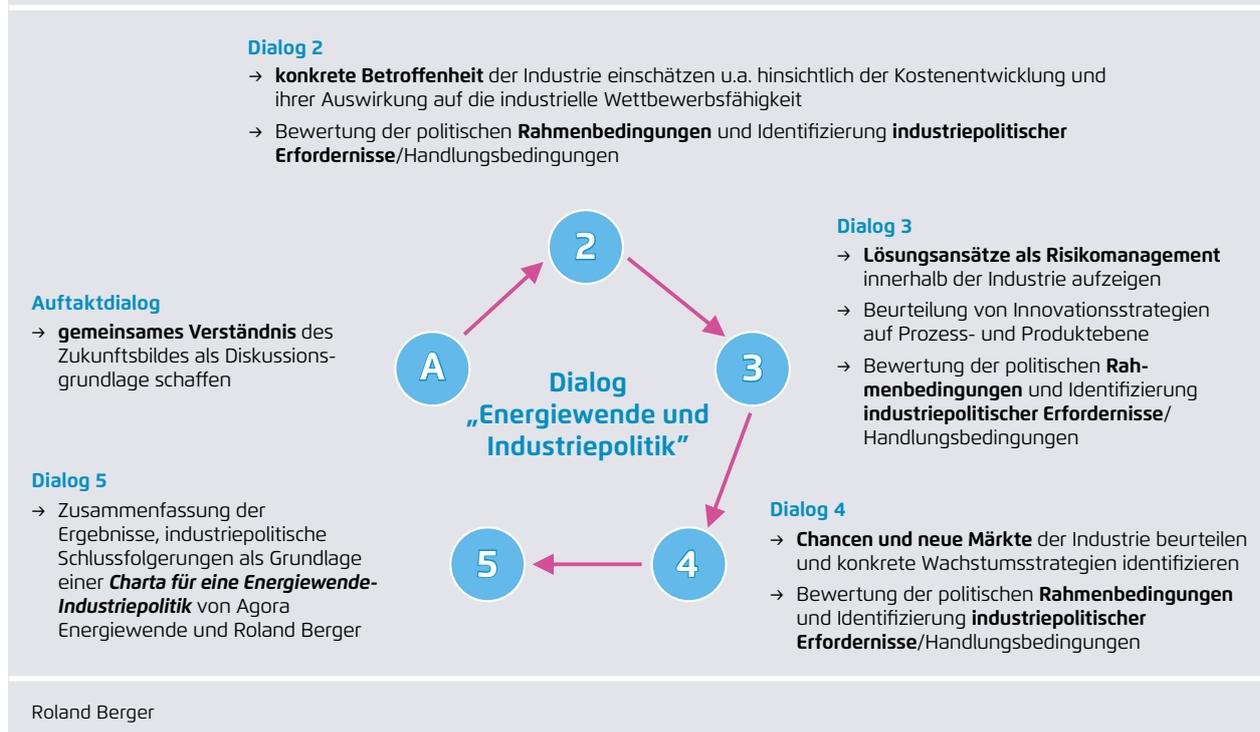
- **Auftaktdialog:** Herausforderungen für die deutsche Industrie in einer Welt mit hohen Anteilen Erneuerbarer Energien (EE)
 - Der erste Dialog griff überblicksartig die generell zu adressierenden Themen auf. Ziel war jeweils eine erste Diskussion der auf den nächsten Dia-

logen zu vertiefenden Themen und mit den Teilnehmern zu entscheiden, welche Themenfelder ergänzt werden müssen.

- **Dialog 2:** Energiekosten/Versorgungssicherheit in einer Welt mit hohen EE-Anteilen
 - Im zweiten Dialog erfolgte die Analyse der Themenblöcke Betroffenheit, Rahmenbedingungen und notwendige Entwicklungen auf regulatorischer Ebene im Verlauf der Energiewende.
- **Dialog 3:** Notwendige Prozess- und Produktinnovationen für eine Welt mit hohen EE-Anteilen
 - Ziel des dritten Dialoges war es herauszufinden, wie Unternehmen Energieverbräuche reduzieren, Lastmanagement einführen und den Einsatz von EE steigern beziehungsweise effizienter gestalten können. Letztlich wurde der Frage nachgegan-

Verlauf des Dialogprozesses

Abbildung 27



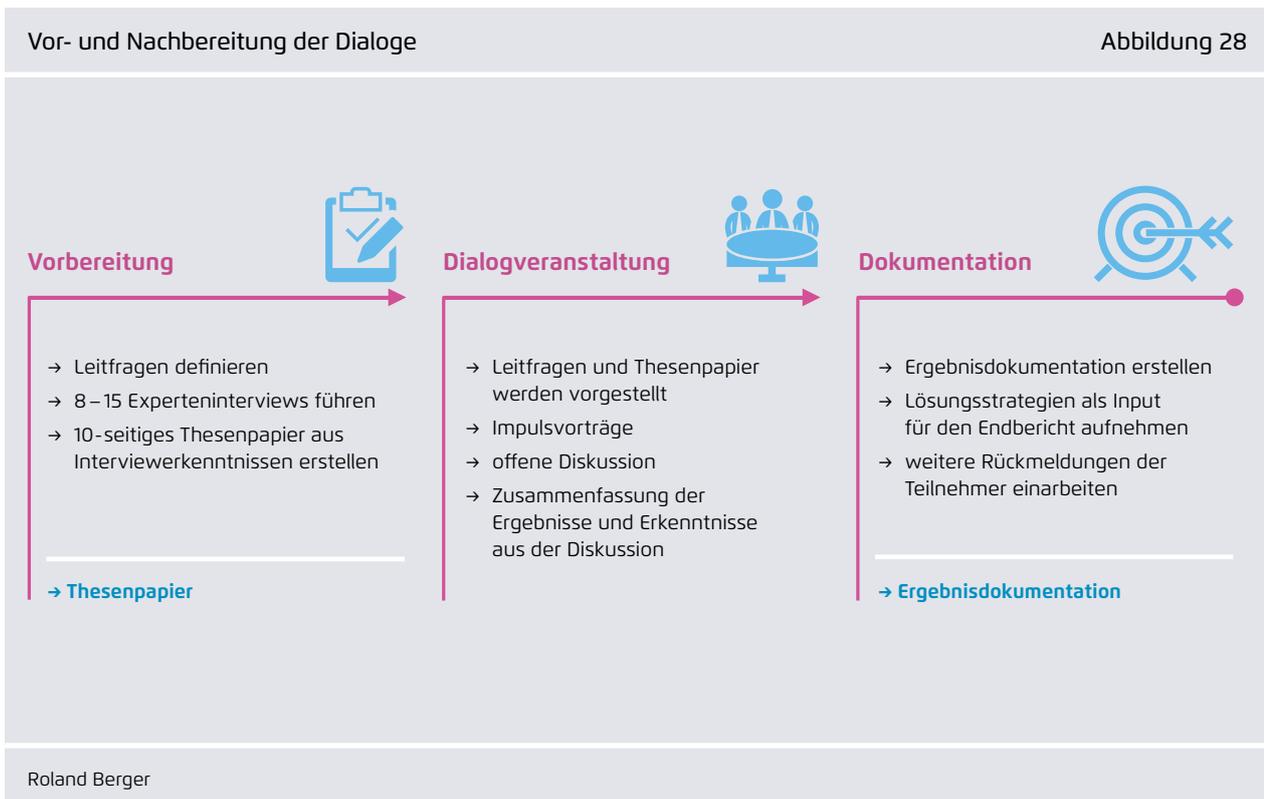
gen, wie unter anderem durch den Abbau regulatorischer Hemmnisse entsprechende Anreize geschaffen werden können, um Prozess- und Produktinnovationen weiter zu beschleunigen.

- **Dialog 4:** Mögliche Chancen für die deutsche Industrie in einer Welt mit hohen EE-Anteilen
- Beim Blick auf die Chancen der Energiewende für deutsche Unternehmen stand vor allem die Entwicklung konkreter Märkte im Vordergrund. Zudem wurde debattiert, welche notwendigen Bedingungen von Unternehmen und von staatlicher Seite geschaffen werden müssen und wie Wettbewerbsvorteile der deutschen Industrie bestmöglich in die jeweiligen Strategien eingebaut werden können, um die Chancen der Energiewende für deutsche Unternehmen zu steigern.

- **Dialog 5:** Strategien für eine erfolgreiche Energiewende
- Die inhaltliche Diskussion und die Wichtung der in den einzelnen Dialogen erarbeiteten Kernthesen/-thesen dienten als Grundlage für den fünften Dialog. In der letzten Veranstaltung wurde ein erster Entwurf der *Charta für eine Energiewende-Industriepolitik* intensiv und kontrovers besprochen. Ziel war es, die Kernthesen mit konkreten Handlungsempfehlungen für Wirtschaft und Politik zu untermauern und die Einzelthesen im Kontext einer Gesamtstrategie für Unternehmen und Politik zu betrachten.

Ablauf der Projektarbeit entlang des Dialoges

Begleitend zu den Dialogveranstaltungen fanden eine intensive Vor- und Nachbereitung statt. Abbildung 28 gibt einen Einblick in den Arbeitsablauf, der den jeweiligen Rahmen für die Dialogveranstaltungen definierte.



In der Vorbereitung insbesondere der zweiten, dritten und vierten Dialogveranstaltung wurden Experteninterviews mit ausgewählten Teilnehmern des Dialogprozesses geführt. Diese basierten jeweils auf ausgearbeiteten semistrukturierten Fragebögen (für einen Einblick siehe Anhang „Einblick in Expertenbefragung“), die die Kernthemen der bevorstehenden Dialoge zum Gegenstand hatten und in diesem Kontext veranschaulichende Beispiele aus dem Firmenalltag sammelten. Die Ergebnisse der Befragungen wurden in ein Thesenpapier übertragen und als Diskussionsgrundlage vorab verschickt.

Die Thesenpapiere wurden jeweils zu Beginn der Dialogveranstaltung präsentiert und intensiv diskutiert sowie mit Anmerkungen versehen. Zusätzliche Impulsvorträge aus dem Teilnehmerkreis zeigten in der Regel Umsetzungsbeispiele aus den Unternehmen. Die anschließende offene Diskussion ermöglichte den Teilnehmern, sich nochmal von der Struktur des Thesenpapiers und der Veranstaltungsagenda zu lösen, um die individuelle Sichtweise des jeweiligen Unternehmens im Rahmen der Leitfragen des Dialogs einbringen zu können.

In der Nachbereitungsphase wurden die Kommentare der Unternehmen in die Gesamtdokumentation aufgenommen und gegebenenfalls Änderungen an den Thesenpapieren vorgenommen. In der kommentierten Form bilden die Thesenpapiere den Ausgangspunkt für den Abschlussbericht.

Teilnehmer des Dialoges

Um den Dialog erfolgreich durchführen zu können, wurden sowohl Unternehmen aus Branchen gewonnen, für die die Risiken der Energiewende im Vordergrund stehen, als auch Unternehmen, in deren Branchen die Chancen der Energiewende überwiegen. Dabei wurde darauf geachtet, dass verschiedene Unternehmensgrößen vertreten sind: angefangen von kleinen mittelständigen Betrieben bis zu Konzernen.

Zunächst wurden Branchen definiert, die eine spezielle Interessenlage hinsichtlich der Energiewende

aufweisen. Sowohl die Unternehmen, die aufgrund ihres hohen Energieanteils an der Bruttowertschöpfung als energieintensive gelten (Gruppe 1), als auch diejenigen, die gezielt Lösungen im Rahmen des Umbaus des Energiesystems vermarkten und damit die Energiewende aktiv zur Umsatzsteigerung nutzen (Gruppe 2), sollten vertreten sein. Daraus ergaben sich zwei Branchencluster:

Gruppe 1	Gruppe 2
→ Stahl	→ Anlagenbau
→ Nichteisenmetalle	→ Telekommunikation
→ Chemie	→ Klimatechnik
→ Papier	→ Energiedienstleistung
→ Zucker	→ Automobil
→ Baustoffe (insb. Zement)	
→ Glas	

Letztendlich konnten aus Gruppe 1 folgende Unternehmen für den Dialogprozess gewonnen werden: Das zweite Branchencluster umfasst die Wirtschaft, die von der Energiewende über neue und traditi-

Unternehmen	Branche
Covestro AG	Chemie
LANXESS Deutschland GmbH	Chemie
Wacker Chemie AG	Chemie
Georgsmarienhütte GmbH	Stahl
thyssenkrupp AG	Stahl
TRIMET Aluminium SE	Nichteisenmetalle
Nordzucker	Zucker
Steinbeis Energie GmbH	Papier

onelle Geschäftsfelder oder Produkte direkt profitiert, beziehungsweise einen zusätzlichen Nutzen generieren kann. Das sind insbesondere die Technologieanbieter und Dienstleister in den relevanten Leitmärkten der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. Hierzu zählen Unternehmen aus den Märkten der nachhaltigen Energieerzeugung, -verteilung und -speicherung, ebenso wie aus der nachhaltigen Mobilität und der Energieeffizienz. Je nach Umsatzanteil und Leistungsangebot ergeben sich für diese Unternehmen mehr oder weniger starke Impulse durch die Energiewende.

Gleichzeitig werden aber auch Industrien berücksichtigt, für die die Energiewende zwar eine Herausforderung darstellt, die Konsequenzen aber noch nicht eindeutig sind. Beispielhaft kann die Automobilindustrie genannt werden. Einerseits ist das Geschäft mit dem Verbrennungsmotor durch das Ziel der Treibhausgasneutralität gefährdet, andererseits ergeben sich durch die Elektromobilität und die Sektorenkopplung völlig neue Absatzmärkte und Geschäftsmodelle. Vertreter aus folgenden Unternehmen nahmen an dem Dialog teil:

Unternehmen	Branche
Siemens AG	Anlagenbau
BMW AG	Automobil
Engie Deutschland GmbH	Energiedienstleistung
Viessmann Werke GmbH & Co. KG	Wärmetechnik
ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG	Klimatechnik
Deutsche Telekom AG	Telekommunikation
Nordzucker	Zucker
Steinbeis Energie GmbH	Papier

Einblick in Expertenbefragungen

Die Expertenbefragungen im Vorfeld der jeweiligen Dialogveranstaltung dienten als Grundlage für die Erstellung der Thesenpapiere. Es wurde darauf geachtet, dass die Mischung der Interviewpartner eine differenzierte Perspektive auf das Dialogthema sicherstellte. Dabei verteilte sich die Teilnahme an den Interviewrunden wie folgt:

Dialog 2	Dialog 3	Dialog 4
Vollerhebung mit allen verfügbaren Teilnehmern (15 Interviews)	Expertenauswahl für Interviews (8 Interviews)	Expertenauswahl für Interviews (8 Interviews)

Unter methodischen Gesichtspunkten handelte es sich um einen semistrukturierten Fragebogen, der Fragen mit standardisierten Antwortmöglichkeiten und offene Fragen umfasste.

Die Struktur der Befragungen orientierte sich entlang dreier Kernaspekte des Dialogs:

1. Aktuelle Vorortung des Unternehmens hinsichtlich des Dialogthemas: Zu Beginn des Interviews wurde jeweils versucht, gemeinsam mit den Unternehmen die aktuelle Situation hinsichtlich der Problemstellung beziehungsweise der genauen Herausforderungen für das Unternehmen im Kontext des jeweiligen Dialogthemas zu identifizieren. Dazu wurde sich einer quantitativer Einschätzungen mittels skalierenden Fragen bedient.

Beispielhafte Fragestellung:

Zunächst möchten wir auf wichtige Anpassungsprozesse als Reaktion auf die Herausforderungen der Energiewende in Ihrem Unternehmen eingehen. Dies hilft uns zu verstehen, welche Reaktionsmuster im Hinblick auf die Betroffenheit und Auswirkungen der Energiewende für Ihr Unternehmen als erfolgsversprechend gelten. Bitte geben

Sie im Folgenden an, wie sehr die Reaktionsmuster für Ihr Unternehmen mittelfristig von Bedeutung sind. Werden diese in Ihrem Unternehmen intensiv diskutiert oder bereits mit konkreten Maßnahmen hinterlegt?

Den Unternehmen wurde zur Einschätzung der skalierten Fragestellung (siehe Abbildung 14) eine ausführliche Legende zur Verfügung gestellt:

2. Konkrete Beispiele: Nach der Erkenntnis hinsichtlich der aktuellen Situation der Unternehmen wurde nach veranschaulichenden Beispielen auf Firmenebene gefragt. Alle Unternehmen sollten Mittel und Wege angeben, wie sie mit den Herausforderungen der Energiewende bereits heute umgehen. Diese Ausführungen wurden anhand von konkreten Beispielen dokumentiert.

Beispielhafte Fragestellung:

„Sie haben uns einen Überblick über die Reaktionsmuster Ihres Unternehmens gegeben. Dieser Abschnitt soll die konkrete Ausgestaltung der für Sie wichtigsten Reaktionsmuster verdeutlichen. Bitte nennen Sie uns daher detaillierte Beispiele für Ihre Anpassungsstrategien. Welche ganz konkreten Maßnahmen als Reaktion auf die Verände-

rungen im Rahmen der Energiewende werden in Ihrem Unternehmen durchgeführt? Was könnten Beispiele für Reaktionen Ihres Unternehmens in absehbarer Zeit sein?“

3. Politische Rahmenbedingungen: Nach der Verortung von Herausforderungen und dem Beschreiben von erfolgreichen Lösungen auf Unternehmensebene galt es schließlich die Rolle der Politik in diesem Prozess zu bestimmen. Dafür wurde zum Abschluss jeder Befragung reflektiert, welche Maßnahmen die Politik ergreifen könnte (oder bereits erfolgreich ergriffen hat), um die bestehenden Lösungsansätze zu fördern, oder auch um neue Lösungsansätze zu ermöglichen.

Beispielhafte Fragestellung:

„Ausgehend von Ihren genannten zukünftigen Nachfragemärkten für Ihre Branche wollen wir von Ihnen mehr über notwendige politische Rahmenbedingungen erfahren. Welche politischen Rahmenbedingungen bräuchte Ihr Unternehmen, um weitere Chancen und/oder Märkte im Rahmen der Energiewende zu nutzen oder zu erschließen?“

Legende für die Bewertung der Bedeutung der Reaktionsmuster für Ihr Unternehmen		
Wert	Bedeutung	Erklärung
1	keine	wird mittelfristig nicht in Betracht gezogen
2	sehr geringe	wird diskutiert, ist aber weit von einer konkreten Ausgestaltung entfernt
3	geringe	ist mit einer Strategie hinterlegt, aber keine Vorbereitung der konkreten Ausgestaltung existiert
4	mittlere	ist mit Planung der konkreten Ausgestaltung hinterlegt, aber Umsetzung ist noch nicht definiert
5	hohe	erste Schritte der konkreten Ausgestaltung für die Umsetzung sind definiert
6	sehr hohe	konkreten Ausgestaltung ist vollständig definiert, Umsetzung schon teilweise erfolgt

Literaturverzeichnis

- AGEB (2016). *Ausgewählte Effizienzindikatoren zur Energiebilanz Deutschland*. Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen.
- AGEB (2017). *Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern*. Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen.
- Agora Energiewende (2017). *Energiewende und Dezentralität*.
- Bundesnetzagentur; Bundeskartellamt (2016). *Monitoringbericht 2015*. Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen.
- BMUB (2014). *GreenTech made in Germany 4.0*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.
- BMWi (2016). *Monitoring-Bericht Energiewende*.
- DEHSt (2016). *Beihilfen für indirekte CO₂-Kosten des Emissionshandels (Strompreiskompensation) in Deutschland für die Jahre 2013 und 2014*. Deutsche Emissionshandelsstelle im Umweltbundesamt.
- Destatis (2015). *Pressemitteilung Nr. 124 vom 08.04.2015: Anteil der Industrie am BIP seit 20 Jahren nahezu konstant*. Statistisches Bundesamt.
- Destatis (2016). *Kostenstruktur der Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes*. Statistisches Bundesamt.
- Ecofys (2016): *Flex-Efficiency. Ein Konzept zur Integration von Effizienz und Flexibilität bei industriellen Verbrauchern*. Studie im Auftrag von Agora Energiewende.
- EnBW Transportnetze AG; RWE Transportnetz Strom GmbH; transpower stromübertragungs GmbH; Vattenfall Europe Transmission GmbH. (2009). *Übersicht über die voraussichtliche Entwicklung der installierten Kraftwerksleistung und der Leistungsflüsse in den Netzgebieten der deutschen Übertragungsnetzbetreiber (Regionenmodell „Stromtransport 2013“)*.
- Eurostat (2016). *Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energiequellen*. Abgerufen 20. März 2017, von ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&plugin=1&language=de&pcode=tsdcc330
- Eurostat (2017). *Stromverbrauch der Industrie, des Verkehrswesens und der privaten Haushalte/Dienstleistungen (GWH)*. Abgerufen 29. März 2017, von ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=de&pcode=ten00094&plugin=1
- Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF (2016). *Global Trends in Renewable Energy Investment 2016*. www.fs-unep-centre.org
- Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF (2017). *Global Trends in Renewable Energy Investment 2017*. www.fs-unep-centre.org
- Gerhardt, N. (2015). *Interaktion EE-Strom, Wärme und Verkehr*. Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik.
- Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien 2014 (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG 2014).
- IEA (2016). *World Energy Outlook 2016*. International Energy Agency.
- ifeu (2010). *Kompensation von CO₂-Emissionen*. Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH.
- Löschel u. a. (2015). *Stellungnahme zum vierten Monitoring-Bericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2014*. Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“.
- Munich RE (2016). *Topics Geo 2015*.

Nitsch, J. (2015). *Aktuelle Szenarien der deutschen Energieversorgung unter Berücksichtigung der Eckdaten des Jahres 2014*. Bundesverband Erneuerbare Energien e. V.

Odyssee-Mure (2015). *Energieeffizienz - Profil: Deutschland*.

Öko-Institut, Fraunhofer ISI (2015). *Klimaschutzszenario 2050*.

Orioli, V.; Meyer, J. (2016, Oktober). *Potentiale für industrielles Lastmanagement*. Berlin.

PIK (2017). *Paris-Reality-Check: Entry into force*. Potsdam Institute for Climate Impact Research.

Prognos; EWI; GWS (2014). *Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose*. Prognos AG; EWI – Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln; Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS).

Siemens (2015). *Energieeffizienzpotenziale im europäischen Industriesektor*. Autoren der Siemens AG: Katja Barzantny, Maximilian Haverkamp, Edwin König, Jörg Meyer, Udo Niehage, Victoria Orioli und Andreas Trautmann. In: Weltenergierat – Deutschland e. V. (Hrsg.): *Energie für Deutschland 2015*.

WMO (2017). *WMO Statement on the State of the Global Climate in 2016*. World Meteorological Organization.

Publikationen von Agora Energiewende

AUF DEUTSCH

Neue Preismodelle für Energie

Grundlagen einer Reform der Entgelte, Steuern, Abgaben und Umlagen auf Strom und fossile Energieträger

Eigenversorgung aus Solaranlagen

Das Potenzial für Photovoltaik-Speicher-Systeme in Ein- und Zweifamilienhäusern, Landwirtschaft sowie im Lebensmittelhandel

Elf Eckpunkte für einen Kohlekonsens

Konzept zur schrittweisen Dekarbonisierung des deutschen Stromsektors
(Lang- und Kurzfassung)

Energiewende und Dezentralität

Zu den Grundlagen einer politisierten Debatte

Erneuerbare vs. fossile Stromsysteme: ein Kostenvergleich

Stromwelten 2050 – Analyse von Erneuerbaren, kohle- und gasbasierten Elektrizitätssystemen

Der Klimaschutzbeitrag der Stromsektors bis 2040

Entwicklungspfade für die deutschen Kohlekraftwerke und deren wirtschaftliche Auswirkungen

Die Energiewende im Stromsektor: Stand der Dinge 2016

Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2017

Wie hoch ist der Stromverbrauch in der Energiewende?

Energiepolitische Zielszenarien 2050 - Rückwirkungen auf den Ausbaubedarf von Windenergie und Photovoltaik

Ein Kraftwerkspark im Einklang mit den Klimazielen

Handlungslücke, Maßnahmen und Verteilungseffekte bis 2020

Transparenzdefizite der Netzregulierung

Bestandsaufnahme und Handlungsoptionen

Die Entwicklung der EEG-Kosten bis 2035

Wie der Erneuerbaren-Ausbau entlang der langfristigen Ziele der Energiewende wirkt

Smart-Market-Design in deutschen Verteilnetzen

Entwicklung und Bewertung von Smart Markets und Ableitung einer Regulatory Roadmap

Netzentgelte in Deutschland

Herausforderungen und Handlungsoptionen

Publikationen von Agora Energiewende

Stromspeicher in der Energiewende

Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz

Power-to-Heat zur Integration von ansonsten abgeregeltem Strom aus Erneuerbaren Energien

Handlungsvorschläge basierend auf einer Analyse von Potenzialen und energiewirtschaftlichen Effekten

Wärmewende 2030

Schlüsseltechnologien zur Erreichung der mittel und langfristigen Klimaschutzziele im Gebäudesektor

12 Thesen zur Energiewende

Ein Diskussionsbeitrag zu den wichtigsten Herausforderungen im Strommarkt, (Lang- und Kurzfassung)

AUF ENGLISCH

FAQ EEG – Energiewende: What do the new laws mean?

Ten questions and answers about EEG 2017, the Electricity Market Act, and the Digitisation Act

Reducing the cost of financing renewables in Europe

A proposal for an EU Renewable Energy Cost Reduction Facility ("RES-CRF")

Refining Short-Term Electricity Markets to Enhance Flexibility

Stocktaking as well as Options for Reform in the Pentilateral Energy Forum Region

Energy Transition in the Power Sector in Europe: State of Affairs in 2016

Review on the Developments in 2016 and Outlook on 2017

A Pragmatic Power Market Design for Europe's Energy Transition

The Power Market Pentagon

Eleven Principles for a Consensus on Coal

Concept for a stepwise decarbonisation of the German power sector (Short Version)

The Integration Costs of Wind and Solar Power

An Overview of the Debate of the Effects of Adding Wind and Solar Photovoltaics into Power Systems

Alle Publikationen finden Sie auf unserer Internetseite: www.agora-energiewende.de

Wie gelingt uns die Energiewende?

Welche konkreten Gesetze, Vorgaben und Maßnahmen sind notwendig, um die Energiewende zum Erfolg zu führen? Agora Energiewende will helfen, den Boden zu bereiten, damit Deutschland in den kommenden Jahren die Weichen richtig stellt. Wir verstehen uns als Denk- und Politiklabor, in dessen Mittelpunkt der Dialog mit den relevanten energiepolitischen Akteuren steht.



Agora Energiewende

Anna-Louisa-Karsch-Straße 2 | 10178 Berlin

T +49 (0)30 700 14 35-000

F +49 (0)30 700 14 35-129

www.agora-energiewende.de

info@agora-energiewende.de

