



Die Sektorenkopplung – Voraussetzung für das Gelingen der Energiewende?

Schriftenreihe des Kuratoriums
Band 10

Impressum:

Forum für Zukunftsenergien e. V.
Reinhardtstraße 3
10117 Berlin

Telefon: +49 (0)30 / 72 61 59 98 0
Fax: +49 (0)30 / 72 61 59 98 9
E-Mail: info@zukunftsenergien.de
Internet: www.zukunftsenergien.de

Layout:

Gregor J. Weber
Forum für Zukunftsenergien e. V.

Berlin, März 2017

Mit Unterstützung von:

The logo for e-on, featuring the lowercase letters 'e-on' in a bold, italicized, sans-serif font. The 'e' is significantly larger than the 'on'.

Inhalt

Vorwort	8
<i>Dr. Tessen von Heydebreck,</i> Kuratoriumsvorsitzender, Forum für Zukunftsenergien e. V.	
Sektorkopplung – Symphonie der Systeme statt Solokonzert.	12
<i>Sven Becker,</i> Sprecher der Geschäftsführung, Trianel GmbH	
Die all-elektrische Vision – Fata Morgana der ‚Energiewende‘?	24
<i>Prof. Dr. Marc Oliver Bettzüge,</i> Direktor und Vorsitzender der Geschäftsleitung, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln	
Sektor(en)kopplung in der Energiewende – pragmatischer Beitrag oder Patentrezept?	40
<i>Frank Bsirske,</i> Vorsitzender, Vereinte Dienstleistungsgewerkschaft e. V.	
Im Auge des Sturms – Wie Resilienz neue Chancen bietet	54
<i>Dr. Frank Büchner,</i> Leiter Energy Management Division Siemens Deutschland, Siemens AG	
Strom, Wärme, Verkehr und Industrie sinnvoll koppeln	62
<i>Garrelt Duin,</i> Minister für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk des Landes Nordrhein-Westfalen	
Die eierlegende Wollmilchsau: Wie können wir technologieoffene Rahmenbedingungen für den Energiemarkt bis 2030 entwickeln? – Erste Überlegungen	68
<i>Andreas Feicht,</i> Vizepräsident, VKU Verband kommunaler Unternehmen e. V.	
„Power-to-X“: Chancen und Risiken der Sektorenkopplung für den Energiesektor (Ergebnisse einer Expertenbefragung)	74
<i>Dr. Volker Flegel,</i> Geschäftsführer, Celron GmbH	

Sektorkopplung – eine Idee auf dem Weg in die Realität	86
<i>Dr. Uwe Franke,</i> Präsident, Weltenergierat – Deutschland e. V.	
<i>Natascha Paladini,</i> Senior Managerin	
 Sektorkopplung aus wohnungswirtschaftlicher Sicht	 98
<i>Axel Gedaschko,</i> Präsident, GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e. V.	
 Potenziale der Sektorkopplung nutzen, um die Kosten der Energiewende zu reduzieren	 104
<i>Albrecht Gerber,</i> Minister für Wirtschaft und Energie, Brandenburg	
 Die Sektorenkopplung – Zusammenwachsen von Strom, Wärme und Verkehr für ein Gelingen der Energiewende	 112
<i>Gunnar Groebler,</i> Vorsitzender der Geschäftsführung, Vattenfall Europe Windkraft GmbH	
 Die Energiewende braucht integrierte Ansätze	 122
<i>Dr. Stefan Hartung,</i> Mitglied der Geschäftsführung, Robert Bosch GmbH	
 Ein Reguliererblick auf die Sektorkopplung	 130
<i>Jochen Homann,</i> Präsident, Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen	
 Sektorenkopplung – Energiewende neu denken	 142
<i>Prof. Dr. Gerald Linke,</i> Vorsitzender des Vorstandes, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.	
 Vor einer neuen Welle der Elektrifizierung? Anmerkungen zur Sektorenkopplung	 150
<i>Dr. Ingo Luge,</i> Vorsitzender der Geschäftsführung, E.ON Deutschland, E.ON SE	

Sektorkopplung – Chance für Wettbewerb und Augenmaß	156
<i>Dr. Helmar Rendez,</i>	
Vorsitzender des Vorstandes, Lausitz Energie Bergbau AG & Lausitz Energie Kraftwerke AG	
 Sektorkopplung – Sinnvolle Expansion des Stromsystems oder Subventionsspirale?	 162
<i>Joachim Rumstadt,</i>	
Vorsitzender der Geschäftsführung, STEAG GmbH	
 Gedanken eines energie-intensiven Unternehmens zur Sektorenkopplung	 174
<i>Dr. Klaus Schäfer,</i>	
Mitglied des Vorstandes, Covestro AG	
<i>Dr. Christoph Sievering,</i>	
Leiter Energiestrategie und Energiepolitik	
 Die Sektorkopplung als Chance für eine effiziente Energiewende	 180
<i>Dr. Rolf Martin Schmitz,</i>	
Vorsitzender des Vorstandes, RWE AG	
 Erfolge der „Stromwende“ für alle Sektoren nutzbar machen....	 188
<i>Boris Schucht,</i>	
Vorsitzender der Geschäftsführung, 50Hertz Transmission GmbH	
 Sektorkopplung in Deutschland – durch die Kundenbrille betrachtet	 194
<i>Stijn van Els,</i>	
Vorsitzender der Geschäftsführung, Deutsche Shell Holding GmbH	
 Sektoren übergreifende Energiewende – Gewerkschaftliche Überlegungen	 206
<i>Michael Vassiliadis,</i>	
Vorsitzender des Vorstandes, Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie - IG BCE	
 Elektrifizierung des Endenergieverbrauchs – Motivation und Herausforderungen	 214
<i>Prof. Dr. Ulrich Wagner,</i>	
Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, Technische Universität München	
<i>Dr.-Ing. Serafin von Roon,</i>	
Geschäftsführer, Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH	

Wege zur Sektorkopplung rasch beschreiten	224
<i>Stefan Wenzel,</i> Minister für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Niedersachsen	
Die Deutsche Bahn als Frontrunner im Bereich Sektorkopplung.	236
<i>Dr. Hans-Jürgen Witschke,</i> Vorsitzender der Geschäftsführung, DB Energie GmbH <i>René Müller,</i> Arbeitsgebietsleiter Regulierungsmanagement	
Die Sektorkopplung – Retter der Energiewende oder Irrweg? ...	244
<i>Prof. Dr. Franz-Josef Wodopia,</i> Geschäftsführer, Verein der Kohlenimporteure e. V.	
Sektorkopplung – Baustein für Klimaschutz und technologischen Fortschritt	252
<i>Alf Henryk Wulf,</i> Vorsitzender des Vorstandes, GE Power AG	



Dr. Tessen von Heydebreck

Vorsitzender des Kuratoriums, Forum für Zukunftsenergien e. V.

Dr. Tessen von Heydebreck (geb. 1945) startete nach seinem Studium der Rechtswissenschaften 1974 in Freiburg und Göttingen als Trainee in den Filialen Hamburg und Bremen der Deutsche Bank AG. Nach Einsätzen in der Börsenabteilung und im Vorstandssekretariat in der Zentrale Düsseldorf der Deutschen Bank übernahm er in den Jahren 1981 bis 1993 in Emden, Bremen und Hamburg jeweils die Leitung der Filialen der Deutsche Bank AG. Von 1994 bis 2007 war er dann Mitglied des Konzernvorstandes und seit 2007 bis 2012 Vorsitzender des Vorstandes der Deutsche Bank Stiftung. Im Januar 2013 hat er nach 10jähriger Mitgliedschaft im Kuratorium der Deutsche Stiftung Denkmalschutz den Vorsitz übernommen.

Daneben ist Dr. von Heydebreck Mitglied des Aufsichtsrates der Deutschen Postbank AG und der Vattenfall Europe AG sowie Mitglied des Stiftungsrates der Dussmann Stiftung & Co. KGaA.

Vorwort

Dr. Tessen von Heydebreck

Sehr geehrte Damen und Herren,

vor Ihnen liegt der 10. Band der Schriftenreihe des Kuratoriums des Forum für Zukunftsenergien als überzeugender Beweis dafür, dass sich diese Schriftenreihe seit dem Beschluss des damaligen Vorstandes unter dem Vorsitz von Dr. Brinker im Jahr 2007 erfolgreich etablieren konnte. Dahinter verbarg sich damals wie heute die Absicht, die Kompetenz und Breite des im Forum für Zukunftsenergien versammelten Sachverständigen abzubilden und als sichtbaren Ausweis wahrnehmbar zu machen. Dieses Ziel veranlasst die Mitglieder des Kuratoriums Jahr für Jahr, sich in diesem Sinne zu engagieren trotz des beträchtlichen Aufwandes, mit dem die Erarbeitung der einzelnen Beiträge in den jeweiligen Häusern verknüpft ist. Dafür danke ich an dieser Stelle den Mitgliedern des Kuratoriums sehr herzlich. Mein ausdrücklicher Dank richtet sich auch an unseren Kurator Dr. Luge /E.ON für seine finanzielle Unterstützung der Produktion dieses 10. Bandes.

Besonders erwähnen möchte ich unseren Kurator Dr. Rolf Linkohr, dem wir die Anregung verdanken, das dem einzelnen Band zugrundeliegende Thema gleichzeitig zum Gegenstand der Beratungen bei der jährlich stattfindenden Sitzung des Kuratoriums und des jeweils anschließenden Energieforum zu bestimmen. Diesen Ansatz haben wir im Lauf der Zeit dahingehend erweitert, das ausgewählte Thema auch in den Mittelpunkt der Aktivitäten des Forum für Zukunftsenergien im betreffenden Arbeitsjahr zu stellen, um es in den einzelnen Arbeitsformaten unter dem jeweiligen spezifischen Blickwinkel zu beleuchten.

Dr. Linkohr gehörte unserem Kuratorium von 2005 bis 2017 an, er zählte zu den persönlichen Mitgliedern des Forum für Zukunftsenergien und setzte sich stets engagiert für die Belange des Forum für Zukunftsenergien ein. Seine Diskussionsbeiträge in den Kuratoriumssitzungen wurden allseits geschätzt. Durch seinen Witz und Charme war er zudem sehr beliebt. Leider ist er im Januar d. J. verstorben. Wir werden ihm ein ehrendes Andenken bewahren.

Für den 10. Band der Schriftenreihe haben wir das Thema „Die Sektorenkopplung – Voraussetzung für das Gelingen der Energiewende?“ gewählt. Dabei gilt es die Frage zu beantworten, inwieweit über eine Elektrifizierung der Verbrauchssektoren „Wärme“ und „Verkehr“ mittels Strom aus Erneuerbaren Energien ein Ausweg gefunden werden kann aus der derzeitigen misslichen Lage, dass immer mehr Strom aus Erneuerbaren Energien produziert wird, für den es den kontinuierlichen Bedarf nicht gibt, bei jährlich steigenden Kosten und ohne das Erreichen der angestrebten Reduktion von CO₂-Emissionen.

Beim Nachdenken über diesen Ansatz taucht sogleich eine Reihe weiterer Fragen auf. Sie lauten: „Was bedeutet diese Umstellung für die verschiedenen Wertschöpfungsketten unserer Volkswirtschaft und wollen wir diese zur Disposition stellen? Wieviel ist uns dabei die Versorgungssicherheit wert? Welche Konsequenzen im Einzelnen ergeben sich aus solch einer Umstellung für unser gesamtes Energieversorgungssystem? Reicht unsere Vorstellungskraft überhaupt aus, ein solch neues System zu entwerfen und wird die Politik die Kraft haben, es zu realisieren und zu steuern? Absehbar ist, dass ein derartiges Vorgehen technisch sehr anspruchsvoll sein und Milliardeninvestitionen erfordern wird. Können wir heute bereits abschätzen, dass wir auf die richtigen Techniken setzen und diese Allokation der wirtschaftlichen Mittel angesichts aller übrigen gesellschaftlichen Herausforderungen richtig ist?“

Ich wünsche Ihnen bei der Lektüre viel Freude und interessante Erkenntnisse.

Berlin, im März 2017

Dr. Tessen von Heydebreck
Kuratoriumsvorsitzender



Sven Becker
Sprecher der Geschäftsführung, Trianel GmbH

Sven Becker ist Sprecher der Geschäftsführung der Trianel GmbH seit 2005. Darüber hinaus hält er unterschiedliche Organfunktionen in den Tochter- und Beteiligungsgesellschaften der Trianel-Gruppe.

Zuvor arbeitete er ab 2002 bei Statkraft Markets GmbH, von 2003 bis Ende 2004 als Geschäftsführer.

Von 1998 bis Ende 2001 war er für Enron Europe Ltd. in unterschiedlichen vertrieblichen und Handelsfunktionen im London, Oslo und zuletzt Frankfurt tätig. Seinen Einstieg in die Energiewirtschaft fand Herr Becker 1993 bei der Ruhrgas AG.

Herr Becker studierte Volkswirtschaft in Kiel und Dublin und hält einen MBA von der University of Chicago. Seit 2009 lehrt er als Gastdozent an der RWTH Aachen „Energiehandel & Risikomanagement“ und ist seit 2016 Vizepräsident des Energiewirtschaftliches Instituts an der Universität zu Köln.

Herr Becker ist Mitglied in zahlreichen energiewirtschaftlichen und politischen Gremien, u.a. im Vorstand des VKU und BDEW.

Sektorkopplung – Symphonie der Systeme statt Solokonzert

Sven Becker

Energieeffizienz und Null-Emissionen-Ziel als Level Playing Field

Mit dem Diskussionspapier zum „Grünbuch Energieeffizienz“ und dem Impulspapier „Strom 2030“ hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie den Auftakt für die Weiterentwicklung der energiepolitischen Rahmenbedingungen bis 2050 gesetzt. Darin verschiebt die Politik den Schwerpunkt der energiepolitischen Diskussion in Richtung Energieeffizienz und betont die gesamtwirtschaftlichen Ziele der Energiewende.

Neben der Energieeffizienz setzt die Energiepolitik auf die zunehmende Kopplung der drei Sektoren Elektrizität, Wärmeversorgung und Verkehr, um Synergieeffekte insbesondere bei der Integration der erneuerbaren Energien voranzutreiben. Mit diesem Ansatz wird ein ganzheitliches wirtschaftliches Gesamtsystem angestrebt, in dem die Sektoren wie in einer Symphonie zusammen agieren, mit dem Ziel einer nachhaltigen Versorgungssicherheit. Mit der Sektorkopplung sollen durch eine zunehmende Elektrifizierung die Solokonzerte der heute noch stark brennstofforientierten Sektoren miteinander verbunden werden. Mit der zunehmenden Bedeutung der erneuerbaren Energien im Wechselspiel mit den konventionellen Energien ist die Energiewirtschaft mit einem Concerto grosso zu vergleichen. Sowie im Concerto grosso eine kleine, solistisch behandelte Gruppe von Instrumenten einer größeren gegenüber stehen, stehen heute solistisch agierende Sektoren oder auch zentrale Erzeugungsanlagen der zunehmend komplexeren großen Gruppe von dezentralen Erzeugungseinheiten gegenüber. Aus dem Zusammenspiel der kleinen zu großen Gruppe entwickelten sich durch die Zunahme von immer mehr Instrumenten im 18. Jahrhundert die Symphonie und damit die dominierende Rolle der Orchestermusik ohne Solisten. Durch Zusammenspiel von erneuerbaren Energien und der Einbindung durch eine intelligente Sektorkopplung wird am Ende ein ähnliches Orchesterspiel der energieabhängigen Wirtschaft entstehen, für das eine Harmonie gefunden werden muss. Schrittmacher dieser Entwicklung ist der Klimaschutz, die erste Geige spielen die erneuerbaren Energien.

Entscheidende Treiber der aktuell aufgenommenen energiepolitischen Diskussion im „Grünbuch Energieeffizienz“ und im Impulspapier „Strom 2030“ sind dabei der Klimaschutz und die Erreichung der völkerrechtlich verbindlichen Vorgaben des Pariser Klimaabkommens. Mit Inkrafttreten des Klimaabkommens am 4. November 2016 haben sich die Vereinten Nationen das ehrgeizige Ziel gesetzt, die globale Erderwärmung auf deutlich unter zwei Grad Celsius zu beschränken. Das Ziel ist damit klar, aber die Ausgestaltung bleibt noch vage. Denn die 195 Regierungen haben sich auf ein System freiwilliger nationaler Klimaschutzzusagen geeinigt, die weite Handlungsspielräume zulassen, ohne konkret zu werden.

Zum Ende der Weltklimakonferenz in Marrakesch im November 2016 haben 48 Länder, die besonders unter dem Klimawandel leiden, bekannt gegeben, so schnell wie möglich ihre heimische Energieerzeugung auf erneuerbare Energien umzustellen. Zudem appellierten die 196 Teilnehmerstaaten mit Beschlüssen wie der „Marrakech Action Proclamation“ an sich selbst, die im Vorjahr in Paris beschlossene Übereinkunft umzusetzen. So sollen sie Pläne vorlegen, die sicherstellen, dass die Erdtemperatur in diesem Jahrhundert um nicht mehr als 1,5 oder 2 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter steigt. Diese Pläne sollen ab 2023 alle fünf Jahre verschärft werden.

Das Null-Emissionen-Ziel

Wenn auch etwas versteckt¹, formuliert das Pariser Klimaabkommen ein deutlich klareres Ziel, das einen sehr bestimmten Handlungsrahmen vorgibt: Das Erreichen von Null-Emissionen in der zweiten Jahrhunderthälfte. Bis zur Mitte des Jahrhunderts sind es noch 35 Jahre. Bis dahin sind Staaten, Städte, Branchen und jeder Einzelne von uns aufgerufen, Gewohnheiten und Handeln so umzustellen, dass keine Treibhausgas-Emissionen mehr entstehen. Da aber volkswirtschaftliche Entscheidungen wie Infrastrukturfragen oder auch persönliche Entscheidungen wie der Kauf eines Autos oder einer Heizung langfristig, d.h. über zehn, zwanzig oder auch dreißig Jahre angelegt sind, stellt sich heute schon die Frage, inwieweit von fossilen Brennstoffen abhängige Investitionen noch mit Blick auf eine langfristige Zukunft getätigt werden können. Die Energiewirtschaft mit ihren traditionell langfristigen Investitionszyklen von zwanzig bis dreißig Jahren steht damit schon jetzt vor der Frage, wie das Null-Emissionen-Ziel erreicht und die damit verbundenen Strukturbrüche aufgefangen werden können. Schon heute müssen Investitionsentscheidungen in Infrastrukturen vor dem Hintergrund des Null-Emissionen-Ziels getroffen werden, um „stranded investments“ zu vermeiden.

Das Null-Emissionen-Ziel kann für die Energiewirtschaft aber auch zum Ausgangspunkt für einen neuen Innovationswettbewerb werden. Das Null-Emissionen-Ziel wird nicht nur technisch und infrastrukturell neue Lösungen brauchen, sondern kann auch einen Wettbewerb anregen, wer das Ziel am schnellsten erreichen kann.

Die soziale und volkswirtschaftliche Dimension einer Null-Emissionen-Gesellschaft ist derzeit noch nicht abzusehen. Aber die zähen Verhandlungen um das Klimaschutzkonzept der Bundesregierung und das Ringen um einen finalen Kabinettsbeschluss noch vor dem Klimagipfel in Marrakesch Mitte November 2016 verdeutlichen, wie schwer eine Umsetzung des Null-Emissionen-Ziels ohne Wohlfahrtsverluste sein wird.

Klimaschutzplan 2050

Mit dem Klimaschutzplan 2050 beschreibt das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit den Weg einer weitgehenden Dekar-

bonisierung in Deutschland bis zur Mitte des Jahrhunderts. Es formuliert Leitbilder über alle Sektoren hinweg und setzt Meilensteine, um die weitgehende Treibhausgasneutralität schrittweise zu erreichen. Der CO₂-Ausstoß soll bis 2020 um 40 Prozent verglichen mit 1990 verringert werden, bis 2030 um 55 Prozent und bis 2040 um 70 Prozent. Zur Mitte des Jahrhunderts zielt die Bundesregierung auf eine Reduktion auf mindestens 80 Prozent. Viele Wissenschaftler halten es sogar für nötig, den deutschen Treibhausgasausstoß um 95 Prozent zu verringern.² Dies setzt einen tiefgreifenden Strukturwandel im Energiebereich und anderen Wirtschaftssektoren voraus.

Energieversorger sind in besonderer Weise von diesen Plänen betroffen. Direkt durch die konkreten Eingriffe in die konventionelle Erzeugung und indirekt durch die absehbare Elektrifizierung der Sektoren Wärmemarkt und Verkehr. Für die Energiewirtschaft wird bereits bis 2050 eine vollständige Dekarbonisierung angestrebt. Bis 2030 sollen über 60 Prozent CO₂ gegenüber dem Referenzjahr 1990 vermieden werden.³ Zur Vermeidung von Lock-in-Effekten sah eine Vorfassung der Kabinettsvorlage vom 11. November 2016 noch einen sofortigen Investitionsstopp in neue Kohlekraftwerke und Tagebauerweiterungen vor, dieser ist aber in den Verhandlungen gestrichen worden, so dass keine Festlegungen für einen Braunkohleausstieg im Klimaschutzplan verankert sind. Auch wenn die Braunkohle-Industrie strukturell am stärksten von den Plänen betroffen ist, wird sie – gemessen an ihren Emissionen – noch geschont, auch wenn es klimapolitisch absurd erscheint.

Durch den Aufbau von Regionalfonds für die Braunkohlereviere sollen Strukturbrüche vermieden werden: Dazu soll ab 2018 unter der Leitung des Bundeswirtschaftsministeriums eine Kommission aus Vertretern der Länder, Kommunen, Gewerkschaften und betroffener Unternehmen und Branchen sowie regionaler Akteure einberufen werden, um den Kohleausstieg vorzubereiten. Darüber hinaus sollen die Erneuerbaren weiter ausgebaut werden, die bestehenden Potenziale der Kraftwärmekopplung gehoben und die Stromnetze nach den Bedürfnissen der Erneuerbaren ausgebaut werden. Als Übergangstechnologien werden CO₂-arme Erdgaskraftwerke und die bestehenden modernsten Kohlekraftwerke angesehen. Es wird mit dem Klimaschutzplan ein Wettbewerb der Flexibilitätsoptionen angestrebt, um weiterhin niedrige Stromversorgungskosten zu gewährleisten und Innovationsanreize zu setzen.

Der Klimaschutzplan bekennt sich eindeutig zum EU-Emissionshandel als zentrales europäisches Klimaschutzinstrument und betont, dass nationale Klimaschutzmaßnahmen der klimapolitischen Wirkung auf europäischer Ebene Rechnung tragen müssen. Einen nationalen Mindestpreis für CO₂-Zertifikate sieht der Plan allerdings nicht vor. Auf die Verrechnung von CO₂-Zertifikaten innerhalb der Sektoren bleibt der Klimaschutzplan Antworten schuldig.

Weiter fordert der Klimaschutzplan eine Beteiligung aller Sektoren an der Finanzierung des EE-Ausbaus, um die Wettbewerbsfähigkeit von Stromanwendungen im Wärme- und Verkehrsmarkt zu verbessern. Bestehende, hoheitlich veranlasste Energiepreisbestandteile in Form von Abgaben, Umlagen und Steuern sollen mit Blick auf ihre Anreiz- und Lenkungswirkung überprüft werden. An diesem Punkt stellt sich die Frage, inwieweit der Vertrauensschutz gewährleistet werden kann. Durch eine stärkere Forschungsförderung

für EE-Technologien, Netze, Speicher, Sektorkopplung (u.a. Power-to-Gas und Power-to-Liquid) und Energieeffizienz soll der Innovationswettbewerb zur Erreichung des Null-Emissionen-Ziels weiter angereizt werden.

Die Interessen der Energiewirtschaft werden durch den Klimaschutzplan aber nicht nur direkt, sondern auch durch die Ziele in den anderen Bereichen berührt. Im Gebäudebereich soll die Wärmeversorgung bis 2050 weitgehend dekarbonisiert sein, insbesondere durch Elektrifizierung. Ähnlich wie in der Energiewirtschaft wird der Gebäudebereich durch lange Investitionszyklen und insbesondere durch eine lange Lebensdauer von Gebäuden geprägt, darum wird hier bereits 2030 als Wendepunkt genannt. Als Maßnahmen sind deutlich mehr und schnellere Investitionen in die energetische Optimierung des Gebäudebestands und ein schneller Wechsel zu Wärmenetzen der 4. Generation (Niedertemperaturwärmenetzen) mit einem hohen EE-Anteil vorgesehen. Der Energieträger Gas als Übergangstechnologie wird auch im Gebäudebereich betont und der Einsatz hocheffizienter Brennwertkessel in der Übergangszeit empfohlen. Allerdings soll es bereits ab 2020 keine Förderungen für fossile Heizsysteme mehr geben, sondern eine gezielte Förderung von Heizsystemen auf EE-Basis. Ein konkretes Enddatum für die Nutzung fossiler Energien im Wärmemarkt sieht der Klimaschutzplan nicht vor. Allerdings liegt es in der Logik einer fast vollständigen Dekarbonisierung bis zur Mitte des Jahrhunderts, dass die Nutzung fossiler Energien endet.

Im Mobilitätsbereich setzt der Klimaschutzplan auf eine stärkere Nutzung von Strom und damit langfristig auf die Elektromobilität. Bis 2050 soll das deutsche Verkehrssystem nahezu unabhängig von fossilen Kraftstoffen sein. Neben Strom sollen dabei auch Biokraftstoffe insbesondere im Schwerlast- und Flugverkehr zum Einsatz kommen. Da das Biomassepotential ebenfalls begrenzt ist, räumt der Klimaschutzplan auch der energieintensiven Umwandlung von EE-Strom in Wasserstoff zur Nutzung in Brennstoffzellen eine Rolle auf dem Weg zum Null-Emissionen-Ziel ein.

Mit dem Klimaschutzplan kommen auf die Energiewirtschaft also der schrittweise Ausstieg aus der Kohleverstromung sowie entscheidende Änderungen bei der Finanzierung des Ausbaus der Netze und Erneuerbaren zu. Der zunehmende Strombedarf durch die Elektrifizierung des Wärme- und Verkehrsberichts soll insbesondere durch Energieeinsparungsmaßnahmen kompensiert sowie mit neuen Technologien flankiert werden.

Der Dreiklang der Dekarbonisierung

Das Regime des Null-Emissionen-Ziels wird bereits in der Eröffnung der energiepolitischen Debatte durch das Impulspapier „Strom 2030“ und das „Grünbuch Energieeffizienz“ deutlich. Der Dreiklang für die Umsetzung der Dekarbonisierung lautet:

- Efficiency First
- Direkte Nutzung von erneuerbaren Energien
- EE-Strom für Restbedarf über Sektorkopplung.

Aus dieser Hierarchie ergibt sich eine neue energiepolitische Ausrichtung, die im Diskussionspapier „Grünbuch Energieeffizienz“ klar formuliert wird: Energieeffizienz first.

Energieeffizienz soll zum Innovationstreiber werden, um die Klimaziele bis 2050 zu erreichen. Die Sektorkopplung soll aus dem Dornröschenschlaf geweckt werden. Allerdings nicht mit dem Ziel einer Elektrifizierung um der Elektrifizierung willen, sondern unter der Prämisse der Energieeffizienz, um das Jahrhundertziel einer Null-Emissionen-Wirtschaft zu ermöglichen. Damit hebt die Politik die Sektorkopplung in eine neue Dimension und ergänzt das energiepolitische Dreieck aus Wirtschaftlichkeit, Umweltverträglichkeit und Versorgungssicherheit um einen weiteren Zielkonflikt. Die Sektorkopplung soll den Einsatz von erneuerbaren Energien in allen Sektoren vorantreiben und damit eine weitreichende Elektrifizierung des Wärme- und Verkehrsbereichs vorantreiben. Gleichzeitig soll der Bruttostromverbrauch bis 2050 um 25 Prozent abgesenkt werden.⁴ Sektorkopplung sollte nicht verstanden werden als simple „Elektrifizierung“ aller energieabhängigen Lebensbereiche, sondern es sollen intelligente Wege gefunden werden, den jeweils energieeffizientesten Pfad zu gehen. Energieeffiziente Technologien sowie Möglichkeiten die volatile – nicht nachfrageoptimierte – Erzeugung aus erneuerbaren Energien so flexibel und damit so effizient wie möglich einzusetzen, werden zu Schlüsseltechnologien im Wettlauf um das Null-Emissionen-Ziel.

Zielkonflikt: Sektorkopplung und Senkung des Bruttostromverbrauchs

Auch wenn der Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch in den letzten zehn Jahren auf etwa 13,5 Prozent angestiegen ist, ist der Primärenergieverbrauch insgesamt nur um etwa 7,5 Prozent gesunken.⁵ Auch die Prognosen der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen für das Jahr 2016 machen deutlich, dass der deutsche Energieverbrauch weitgehend stabil bei rund 455 Mio. Tonnen Steinkohleeinheiten bleibt.⁶ In den Prognosen über die künftige Entwicklung des Stromverbrauchs werden unterschiedliche Bewertungen der beiden gegensätzlichen Trends deutlich. Einerseits bewirken Effizienzsteigerungen Einspareffekte, andererseits kommt es durch neue Verbraucher zu einer erhöhten Stromnachfrage.⁷

Bereits 2014 hat das Umweltbundesamt die Studie „Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahre 2050“⁸ vorgelegt, die den möglichen Stromverbrauch in einer vollständig treibhausgasneutralen Energieversorgung inklusive Wärme und Kraftstoffe modelliert. Strom ist hier der Hauptenergieträger und dient auch zur Produktion von chemischen Rohstoffen. Power-to-x-Technologien werden wichtige Funktionen als wesentliche Säule der Energieversorgung unterstellt, so dass die Studie bis 2050 einen Stromverbrauch von fast 3.000 TWh prognostiziert und damit eine Verfünffachung des heutigen Verbrauchs. Allein mit der Kraft von Sonne und Wind sowie unter den heutigen regulatorischen Voraussetzungen für Speicher und Netze ist ein solches Szenario nur schwer vollstellbar. Auch wäre der nötige Flächenverbrauch für Wind- und PV-Anlagen umweltpolitisch kaum vertretbar.

Auch wenn das vom Bundesumweltamt dargestellte Szenario weit von anderen Szenarien abweicht, ist nach dem heutigen Stand der Technik und Wissenschaft davon auszugehen, dass die Sektorkopplung einen erhöhten Stromverbrauch nach sich ziehen wird, der nicht ganz durch Energieeffizienzmaßnahmen kompensiert werden kann.

Die Sektorkopplung wird also einen weiteren Ausbau der Erneuerbaren nötig machen und erhöht damit den weiteren Flexibilitätsbedarf, um die zeitlich schwankende Verfügbarkeit der regenerativen Stromerzeugung mit dem jeweiligen Bedarf in Einklang zu bringen. Sektorkopplung unter der Prämisse der Verwendung von erneuerbaren Energien erhöht aber nicht nur den Flexibilitätsbedarf im Gesamtsystem, sondern ermöglicht auch neue Flexibilitätsoptionen durch die neuen technischen Möglichkeiten der Stromumwandlung in Brennstoffe wie Wasserstoff oder Methan. Hier müssen auch volkswirtschaftlich nachhaltig, bereits bestehende Infrastrukturen wie das Gasnetz oder Speicheroptionen langfristig in die Betrachtungen einbezogen werden. Das deutsche Gasnetz stellt mit einer Gesamtlänge von 510.000 Kilometern und angeschlossenen Speichern eine hervorragende und bereits aufgebaute Infrastruktur dar, um mittel- bis langfristig erforderliche Funktionen saisonaler Speicherung CO₂-freier Energie zu übernehmen. Die rechnerische Speichereichweite liegt im Stromsystem derzeit bei 0,6 Stunden, im Gassystem bei 2.000 Stunden.⁹

Flexibilitäts- und Effizienzoptionen

Die volkswirtschaftliche sinnvolle Nutzung bereits bestehender Flexibilitäts- und Effizienzoptionen sollte insbesondere mit Blick auf die Zwischenziele und mit Blick auf vermeidbare Strukturbrüche weiterentwickelt werden. Der steigende Flexibilitätsbedarf durch die Erneuerbaren wird derzeit noch nicht umfänglich durch die bestehenden Flexibilitätsoptionen genutzt und ist aus regulatorischen Gründen nicht ausreichend im Sinne der Energieeffizienz erschlossen.

Der Stromimport bei positiver und der Stromexport bei negativer Residuallast wird heute schon genutzt, wenn auch nicht immer im Sinne unserer europäischen Nachbarn und eines europäischen Binnenmarktes. Das Stromnetz in Deutschland, aber auch in Europa stellt derzeit zu wenige Übertragungskapazitäten zur Verfügung, um die Potenziale überregionaler Ausgleichseffekte vollständig auszuschöpfen. Neben den Flexibilitätspotenzialen des Stromnetzes ergeben sich mittelfristig weitere Optionen durch den stärker bedarfsorientierten Betrieb von regelbaren Stromerzeugungsanlagen, wie hocheffizienten Kraftwerken, insbesondere in der Kraftwärmekopplung. Erst am Anfang stehen wir bei der Ausschöpfung der Möglichkeiten eines intelligenten Lastmanagements und der sinnvollen Zu- und Abschaltung elektrischer Wärmeerzeuger wie Wärmepumpen oder Power-to-Heat-Anlagen sowie bei der Einbindung von industriellen Lastspitzen. Die Nutzung bereits bestehender Energiespeicher ist technisch nach wie vor eine Option, scheitert aber derzeit an regulatorischen Unzulänglichkeiten.

Die derzeit häufigste und – unter den gegebenen Bedingungen des unzureichenden Netzausbaus – kostengünstigste Flexibilitätsoption ist die Abregelung von regenerativen Erzeugungsanlagen im Rahmen des sogenannten Einspeisemanagements. Dauerhaft ist diese zunehmende Verschwendung von Energie allerdings keine sinnvolle Option und politisch ist sie kaum noch allzu lange durchhaltbar. Sinnvoller ist die Nutzung dieser Strommengen zur Substitution von fossilen Energieträgern in anderen Sektoren.

Kurzfristig mag die Sektorkopplung bspw. via Power-to-Gas teurer sein als die Abregelung von EE-Anlagen. Langfristig ist sie unvermeidbar und – mit Blick auf das Null-Emissionsziel 2050 – unverzichtbar. Die mit der Sektorkopplung einhergehende Elektrifizierung und Verschiebung auf eine zunehmende Nutzung von Strom in den Sektoren ist noch kein Klimaschutz. Sektorkopplung darf genauso wenig zum Selbstzweck werden wie der Ausbau der erneuerbaren Energien. Das langfristige Ziel sind Null-Emissionen. Wichtig ist dabei das Timing. Eine vollständige Elektrifizierung der Sektoren Wärme und Verkehr zum heutigen Zeitpunkt würde lediglich dazu führen, den Einsatz von Benzin, Diesel und Gas durch den Einsatz von Braunkohle, Steinkohle und Gas in der Stromerzeugung zu ersetzen. Das würde schlimmstenfalls sogar zeitweise zu einer Erhöhung der Treibhausgasemissionen führen. Um die Klimaziele zu erreichen, muss die Sektorkopplung mit dem Zubau erneuerbarer Energien kurz-, mittel- und langfristig abgestimmt werden. Kurzfristig ist es deshalb sinnvoll, die derzeit nicht übertragbare Leistung von EE-Anlagen zur Erprobung und Verbesserung von Sektorkopplungsanlagen zu verwenden, damit langfristig kostengünstige Technologien zur Verfügung stehen.

Sektorkopplung als Baustein der weiteren Systemintegration

Mit der Sektorkopplung wachsen Energieverbraucher und Energieerzeuger aus allen Sektoren zu einem ganzheitlichen System zusammen, das gemeinschaftlich Versorgungssicherheit effizient gewährleistet. Die Energiewirtschaft wird nicht mehr nur Energie zur Verfügung stellen, sondern ist viel stärker als in der Vergangenheit gefordert, die technischen Herausforderungen der Synchronisation von Erzeugung und Verbrauch flexibel und effizient zu managen. Die technische Transformation von konventioneller zu regenerativer Energie wird begleitet von einer Bewusstseins-Transformation vom Erzeuger zum Manager eines energiewirtschaftlichen Gesamtsystems, in dem der Verbraucher als aktives und nicht mehr als passives Teil des Systems mit eingebunden werden muss. Das neue System wird dezentral, volatil und agiler sein.

Dabei wird es technisch und wirtschaftlich nur mit intelligenten Steuerungstechniken zu beherrschen sein, die die zunehmende Komplexität abbilden können. Sowie die Sektorkopplung eine zusätzliche Flexibilitätsoptionen schaffen wird, wird sie auch die Digitalisierung der Energiewirtschaft weiter vorantreiben, um die nötigen Schnittstellen und Informationen sektorübergreifend verarbeiten und steuern zu können. Diese Transformation spiegelt dabei die derzeitige gesamtwirtschaftliche und gesamtgesellschaftliche Entwicklung auf dem Weg zu einer vierten industriellen Revolution wieder¹⁰. Ein wesentli-

ches Kennzeichen der vierten industriellen Revolution ist dabei nicht nur die Notwendigkeiten neuer Formen der Zusammenarbeit und der Einsatz digitaler Technologien, sondern auch die Disruption. Das Null-Emissionen-Ziel wird nicht die Energiewirtschaft als solche in Frage stellen, aber in jedem Fall die konventionelle Energiezeugung regulatorisch entwerten.

Aus der Verschiebung der Prioritäten vom reinen Ausbau der Erneuerbaren hin zur Energieeffizienz über alle Sektoren hinweg, ergeben sich für Energieversorger auf den ersten Blick keine Wachstumsmärkte, sondern eher Staginations- bzw. Rezessionsmärkte. „Energieeffizienz first“ heißt, dass Energieversorger mittelfristig geringere Mengen unseres Stroms und Gases sowie andere Brennstoffe verkaufen werden. Langfristig wird die Sektorkopplung den Stromverbrauch (aus erneuerbaren Energien) erhöhen. Die neue klimapolitische Ausrichtung der Energiepolitik eröffnet kurz- bis mittelfristig also keine bekannten Wachstumsmärkte, langfristig aber spannende Wachstumsschancen über alle Sektoren hinweg.

Die Wachstumsschancen ergeben sich dabei zum einem aus dem Wettbewerb um die Flexibilitätsoptionen, aber auch aus dem Thema Energieeffizienz und Energiedienstleistungen. Es geht um einen Wettbewerb um die besten Ideen, um Energieeffizienz und Flexibilität in allen Sektoren zu erreichen. Der Wettbewerb muss dabei getrieben werden durch Technologieoffenheit und das Ringen um die wirtschaftlichste Lösung zur Erreichung von CO₂-Reduktion. Dies lässt sich aber nur erreichen, wenn CO₂-Emissionen in allen Bereichen mit den gleichen Kosten belastet werden.

Sektorkopplung ist ein Zusammenspiel von Dekarbonisierung, Digitalisierung und Flexibilisierung

Denn auch wenn die Elektrifizierung nicht um ihrer selbst willen stattfindet und es effizienter sein kann, chemische Prozesse auf der Basis von klassischen Energieträgern darzustellen, werden die globalen Klimaziele eine stärkere Elektrifizierung nach sich ziehen, um den Lebensstandard weltweit zu erhöhen bzw. zu erhalten. Denn auch globale Megatrends wie die Digitalisierung sind ohne eine flächendeckende und sichere Stromversorgung nicht zu denken. Ohne Strom können auch digitale Prozesse nicht in Gang gesetzt werden.¹¹

Der Rhythmus der Energieversorgung wird immer mehr durch die Volatilität der Erneuerbaren bestimmt, die Melodie ergibt sich aus dem Zusammenspiel der Flexibilitäten aus allen Sektoren und für die Harmonie sorgt die Digitalisierung. Denn die Digitalisierung wird die Sektoren verbinden, Energieeffizienzpotenziale erkennbar und steuerbar machen. Aus diesem neuen Zusammenspiel der Kräfte werden neue Geschäftsmodelle entstehen. Diejenigen, die sich schon frühzeitig mit den Veränderungen in der Branche beschäftigen und auf das Energiedienstleistungsgeschäft vorbereiten, werden bei den zukünftigen Konzerten in der ersten Reihe sitzen.

Fußnoten

- ¹ Vgl.: Geden, Oliver: Pariser Klimaabkommen: Früher oder später müssen alle auf Null, 04. 11.2016 <http://www.zeit.de/wirtschaft/2016-11/pariser-klimaabkommen-ziele-emissionen-globale-erwaermung-klimaschutz>
- ² Vgl.: Modell Deutschland: 95 Prozent weniger CO₂ bis 20150. WWF-Studie von Öko-Institut und Prognos AG fordert Weichenstellungen für die Zukunft. Basel, Berlin 2009 <https://www.oeko.de/forschung-beratung/themen/energie-und-klima/modell-deutschland-95-prozent-weniger-CO2-bis-2050/>
- ³ Bei den Sektorzielen für Energie und Industrie hat sich die Bundesregierung nun auf aus ihrer Sicht vertretbare Korridore der CO₂-Reduzierung geeinigt. Diese sind im Vergleich zu früheren Entwürfen weiter abgeschwächt worden. So soll die Energiewirtschaft ihre Emissionen bis 2030 um 61 bis 62 % auf 175 bis 183 Mio. t pro Jahr absenken. Frühere Entwürfe des Klimaschutzplans hatten einen Zielkorridor von 170 bis 180 Mio. t oder 61 bis 64 % angepeilt.
- ⁴ Vgl.: Guminski, Andrej; von Roon, Serafin: Dekarbonisierung des deutschen Energiesystems durch sinkenden oder steigenden Stromverbrauch? In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 66. Jg. (2016) Heft 10, S. 28 ff.
- ⁵ Vgl.: Energiedaten, Gesamtausgabe, BMWI, Stand Mai 2016
- ⁶ Vgl.: Pressemitteilung der AG Energiebilanzen (AGEB) vom 3.11.2016
- ⁷ Vgl.: Agentur für Erneuerbare Energien: Forschungsradar Energiewende. Metaanalyse. Flexibilität durch Kopplung von Strom, Wärme & Verkehr, April 2016
- ⁸ Vgl.: Bundesumweltamt 2015: Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050 <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/treibhausgasneutrales-deutschland-im-jahr-2050-0>
- ⁹ Vgl.: Linke, Gerald: Sektorkopplung – Energiewende neu denken. In: energe messenger, 30.09.2016
- ¹⁰ „Die fundamentale und globale Natur dieser (vierten industriellen) Revolution bedeutet, dass sie sich auf alle Länder, Volkswirtschaften, Sektoren und Menschen auswirken und ihrerseits von diesen beeinflusst werden. Daher kommt es entscheidend darauf an, dass wir Aufmerksamkeit und Energie in die Zusammenarbeit verschiedener Stakeholder investieren, über wissenschaftliche, soziale, politische, nationale und Sektorengrenzen hinweg“. Vgl.: Schwab, Werner: Die vierte industrielle Revolution, München 2016, S. 14
- ¹¹ Die Bedeutung der Digitalisierung als Stromverbraucher verdeutlicht beispielsweise der stetig wachsende Stromverbrauch von Google. Nach Google-Angaben lag der Stromverbrauch 2010 bei knapp 2,3 Millionen Megawattstunden Strom. (<https://www.welt.de/wirtschaft/webwelt/article13593448/Google-legt-erstmal-seinen-Stromverbrauch-offen.html>). Bereits vier Jahre später hat sich der Stromverbrauch von Google fast verdoppelt auf 4.402.836 Megawattstunden Strom. Das entspricht in etwa dem Verbrauch von mehr als 1,4 Millionen deutschen Privathaushalten, also dem Verbrauch der nach Einwohnerzahlen drittgrößten deutschen

Stadt München. Aus einer Studie von Greenpeace aus dem Jahr 2014 geht hervor: „Wäre das Internet ein Land, so hätte es weltweit den sechsgroßten Stromverbrauch“. (<http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/greenpeace-studie-ein-gruenes-internet-ist-moeglich/9714034.html>) Ein Großteil des Energieverbrauchs dürfte auf Googles Datenzentren entfallen. Auch wenn die schon jetzt vergleichsweise energieeffizient arbeiten und zunehmend durch erneuerbare Energiequellen versorgt werden, sieht der Konzern nach wie vor Verbesserungspotenzial in diesem Bereich.



Prof. Dr. Marc Oliver Bettzüge
Direktor und Vorsitzender der Geschäftsleitung,
Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln

Prof. Dr. Marc Oliver Bettzüge ist seit 2007 Professor für VWL an der Universität zu Köln sowie geschäftsführender Direktor des Energiewirtschaftlichen Instituts an der Universität zu Köln (EWI). Neben seinen Leitungsaufgaben befasst sich Prof. Bettzüge mit institutionellen und wirtschaftswissenschaftlichen Grundsatzfragen der Energiewirtschaft und der Energiepolitik.

Von 2011 bis 2013 war Prof. Bettzüge Mitglied in der Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität“ des Deutschen Bundestages. Zudem wirkt er in einem breiten Spektrum von Gremien und Beiräten mit.

Nach dem Studium der Mathematik und VWL an den Universitäten von Bonn, Cambridge und Berkeley promovierte Prof. Bettzüge im Fach Volkswirtschaftslehre mit einer Arbeit über „Financial Innovation from a General Equilibrium Perspective“. Anschließend arbeitete er als Wissenschaftler an den Universitäten Bonn und Zürich und als Managementberater bei international renommierten Beratungsunternehmen. Vor seiner Berufung an die Universität zu Köln war Prof. Bettzüge Partner und Geschäftsführer der Strategieberatung „The Boston Consulting Group“.

Die all-elektrische Vision – Fata Morgana der ‚Energiewende‘?

Prof. Dr. Marc Oliver Bettzüge¹

Die Elektrifizierung des Wärme- und Verkehrssektors – landläufig etwas irreführend als „Sektorenkopplung“ bezeichnet - soll die Energieeffizienz beim Endenergieverbrauch erhöhen und die direkte Nutzung von Strom aus erneuerbaren Quellen (EE) ermöglichen. Die all-elektrische Vision eines vollständigen Umstiegs auf rein elektrische Anwendungen wie batteriebetriebene Fahrzeuge oder Wärmepumpen ist allerdings in der Umsetzung mit größeren Herausforderungen verbunden als öffentlich bislang diskutiert. Insbesondere der ausgelöste Bedarf an Netzausbau sowie gesicherter Leistung sowie die Veränderungen im Kapitalstock in den Verbrauchssektoren wären enorm. Eine Alternative zur vollständigen Elektrifizierung ist die Nutzung paralleler, bereits umfangreich vorhandener Gas- und Wärme-Infrastruktur – kurz- und mittelfristig auf Basis natürlichen Erdgases, langfristig auf Basis von Wasserstoff oder synthetischem Methan. Solche künstlich hergestellten Brennstoffe könnten auch importiert werden, statt, wie in reinen Elektrifizierungsszenarien, Strom. Umgekehrt könnte der Wärmesektor problemlos große Mengen temporärer Überschüsse von EE-Strom aufnehmen, und damit Netzausbau und EE-Abregelung vermeiden. Voraussetzung für einen optimalen Elektrifizierungspfad ist mithin ein offener, technologieneutraler Entdeckungsprozess für Anwendungstechnologien und Transportinfrastruktur. Hierfür wird insbesondere eine umfassende Umgestaltung der Entgeltsystematik im Stromsektor benötigt.

1. Ausgangspunkt

Es ist erklärtes Ziel der Bundesregierung, die Treibhausgasemissionen in Deutschland von derzeit knapp über 900 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten bis 2020 auf höchstens 750 Millionen Tonnen, bis 2030 auf höchstens 562 Millionen Tonnen und bis 2050 auf höchstens 250 Millionen Tonnen zu senken. Dieses Ziel ist außerordentlich anspruchsvoll; verglichen mit der zurückliegenden Dekade müsste sich die Minderungsgeschwindigkeit mehr als verdreifachen.² Auf Ebene der Primärenergieträger stellt die Verschiebung von fossilen zu sogenannten erneuerbare Energieträgern (EE), vor allem Wind- und solare Einstrahlung, das Kernelement der deutschen Minderungsstrategie dar. Andere treibhausgasarme Primärenergieträger, wie etwa Uran oder fossile Brennstoffe mit CCS (*carbon capture and storage*) werden derzeit nicht als Teil des zukünftigen deutschen Energiemix in Betracht gezogen. Hieraus folgt die Vorstellung, bis zum Jahr 2050 mindestens die Hälfte des deutschen Primärenergieverbrauchs und mehr als 80% der deutschen Stromversorgung aus EE zu decken (Energiekonzept der Bundesregierung 2010).

Für das Jahr 2014 lassen sich 762 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente auf energiebedingte Treibhausgasemissionen zurückführen, der Rest entstand durch nicht-energetische Prozesse in der Landwirtschaft, in der Industrie und durch Müll.³ Rund 40 Prozent der energiebedingten Treibhausgasemissionen ergaben sich dabei aus thermischen Prozessen zur Erzeugung von Strom und werden mithin durch die angestrebte Verschiebung im Strommix potenziell adressiert.⁴ Zwischen dem Jahr 2005 und dem Jahr 2014 haben sich die strombedingten Treibhausgasemissionen in Deutschland allerdings nur geringfügig vermindert (rund minus 5 Prozent),⁵ weil zwei Drittel des Aufwuchses an EE-Strom (plus 99 TWh) durch den Rückgang nuklear erzeugten Stroms (minus 66 TWh) kompensiert worden sind, und gleichzeitig die Nachfrage nur geringfügig (um rund 3 Prozent) gesunken ist.⁶ Bei verbleibenden fast 100 TWh aus Kernenergie (2014) und anhaltend stabiler Nachfrage wird die geplante weitere Steigerung der EE-Kapazitäten auch in den kommenden Jahren zunächst die wegfallende Kernenergie ersetzen müssen. Eine dominante Rolle treibhausgasarmer Energieträger im Strommix (2005: 36 Prozent, 2014: 41 Prozent, davon 15 Prozentpunkte aus Kernenergie) ist daher – wenn überhaupt – erst in der fernerer Zukunft vorstellbar.⁷

Die verbleibenden 60 Prozent der energiebedingten Emissionen in Deutschland entfielen im Jahr 2014 auf Verbrennungsvorgänge, welche unmittelbar für thermische Zwecke (Wärme für Gebäude und Industrie) oder zur Bereitstellung mechanischer Endenergie genutzt wurden (Verkehr, Industrie).⁸ Eine Minderung von energiebedingten Treibhausgasemissionen auch in diesen derzeit nicht über Strom gedeckten Endenergieverbrauchssektoren ist also Voraussetzung für das Erreichen der ehrgeizigen Klimaziele.

Besondere politische Aufmerksamkeit erhalten dabei die Sektoren der Heizungsanlagen und des Verkehrs. Erstere sind derzeit für energiebedingte Treibhausgasemissionen in Höhe von 124 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten (2014) verantwortlich. Zwischen 2005 und 2014 haben sich die entsprechenden Emissionen um 22 Prozent vermindert, und damit deutlich stärker als die deutschen Gesamtemissionen (minus 9 Prozent). Hintergrund sind vor allem Effizienzgewinne beim Ersatz alter fossiler Heizungen durch moderne Brennwertsysteme. Im Verkehrssektor sind im Jahr 2014 Emissionen in Höhe von 161 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten angefallen – und damit die gleiche Menge wie im Jahr 2005.⁹

2. Die all-elektrische Vision

Vor diesem Hintergrund stellt die vermehrte Nutzung elektrischer Energie in den Verbrauchssektoren Wärme und Verkehr aus mindestens drei Gründen einen wichtigen Bestandteil der meisten derzeit diskutierten Zielszenarien dar, einschließlich derjenigen, die dem Energiekonzept der Bundesregierung von 2010 zugrunde gelegt wurden.¹⁰

Erstens sollen mit Photovoltaik und Wind zwei Technologien zur tragenden Säule der deutschen Energieversorgung werden, welche EE als elektrische Energie zur Verfügung stellen.¹¹ Strombasierte Lösungen für Wärme und Verkehr würden diese erneuerbare Energie daher ohne weitere Umwandlungsverluste (bis auf Transportverluste) nutzen können. Zudem könnten die Verkehrs- und Wärmesektoren, so der Grundgedanke, Speichermöglichkeiten für die erheblichen temporären EE-Überschüsse bieten, welche sich durch die hohen Gleichzeitigkeitsfaktoren bei den dargebotsabhängigen Wind- und Solarkraftwerken im Jahresverlauf zwangsläufig ergeben würden, vor allem in Form von Batterien und thermischen Speichern.¹²

Zweitens zeichnen sich elektrische Motoren sowie Wärmepumpen durch eine nominell höhere technische Energieeffizienz im Vergleich zu fossil gefeuerten Maschinen aus. So können Elektromotoren Umwandlungswirkungsgrade von über 90% erzielen und Wärmepumpen können eine weitere Wärmequelle, wie zum Beispiel die Außenluft oder das Erdreich, nutzbar machen und so rechnerische Umwandlungswirkungsgrade von weit über 200% erzielen, wenn der Strom aus erneuerbaren Energiequellen stammt. Mittels einer umfassenden Elektrifizierung der Verkehrs- und Wärmesektoren könnten also, technisch gedacht, erhebliche Fortschritte auf dem Weg zur angestrebten Verbesserung des Verhältnisses von Endenergieverbrauch und Primärenergieeinsatz gemacht werden.

Drittens können Batterien in elektrischen Fahrzeugen oder thermische Wärmespeicher auf niedrige bis negative Strompreise reagieren, die in Folge des Ausbaus von erneuerbaren Erzeugern temporär entstehen. Umgekehrt entstehen durch Batterien oder (stromgeführte) Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung auch angebotsseitig zusätzliche, flexible Kapazitäten, welche dem Strommarkt Leistung in wind- oder sonnenarmen Stunden zur Verfügung zu stellen können. Sprich: durch Elektrifizierung der Verbrauchssektoren wächst potenziell nicht nur die Nachfrage sondern auch das Angebot im Stromsektor.

Die derart abgeleitete Zielrichtung der zunehmenden Nutzung von elektrischen Umwandlungsanlagen in möglichst allen Verbrauchssektoren wird neuerdings häufig unter dem Schlagwort der „Sektorenkopplung“ diskutiert. Diese Formulierung erscheint allerdings unpassend, denn sie vermischt verschiedene Ebenen der Energiebilanz: Sekundärenergieträger (Strom) und Endenergieverbrauch (Verkehr, Wärme). „Elektrifizierung“ von Wärme und Verkehr wäre demgegenüber eine treffendere Bezeichnung für die Option, Treibhausgasminderung in den Wärme- und Verbrauchssektoren durch stärkere Nutzung von EE-erzeugtem Strom zu realisieren.

Irreführend ist darüber hinaus auch die vielfach abgeleitete Überlegung, dass möglichst nur noch *rein elektrische* Anwendungen in den Wärme- und Verkehrssektoren zum Einsatz kommen sollten beziehungsweise dürften, vor allem Wärmepumpen und batteriegetriebene Fahrzeuge. Eine solche Festlegung grenzt den möglichen Lösungsraum in erheblicher Weise ein und lässt wesentliche Herausforderungen für die Realisierung einer all-elektrischen Welt außer Acht.

3. Primärenergieangebot in einer all-elektrischen Welt

Die all-elektrische Vision unterstellt eine (fast) vollständige Energieversorgung Deutschlands auf Basis dargebotsabhängiger erneuerbarer Energiequellen, vor allem Sonne und Wind. Angesichts der vergleichsweise geringen EE-Flächenpotenziale im dicht besiedelten, nicht besonders wind- und sonnenreichen Deutschland kommt möglichen Importen von EE-Strom aus den europäischen Nachbarländern in diesen Überlegungen eine besondere Bedeutung zu.¹³

Selbst unter Berücksichtigung von Stromimporten muss in Zielszenarien der errechnete Primärenergieverbrauch innerhalb Deutschlands gegenüber heute deutlich sinken. Damit dieses reduzierte Primärenergieangebot den Bedarf der Volkswirtschaft auch im Jahr 2050 noch deckt müssen sich – bei Annahme geringen, aber stetigen Wachstums¹⁴ – erhebliche Sprünge bei der Energieproduktivität in den Szenarien niederschlagen, landläufig als Erhöhung der Energieeffizienz bezeichnet. Fortschritte in der erforderlichen Größenordnung sind zwar Teil des Zielkanons der Bundesregierung, derzeit allerdings nicht zu beobachten.

Somit ergeben sich weitere kritische Fragen an eine auf EE und All-Elektrifizierung beruhende Energiestrategie: Will Deutschland die Abhängigkeit von Stromimporten aus dem Ausland akzeptieren, die aufgrund der Unterschiede bei der Speicherbarkeit ganz anderen Charakter hätte als die Abhängigkeit von Importen von Brennstoffen mit hoher Energiedichte? Welchen Grad der Elektrizitätswirtschaftlichen Vernetzung werden unsere Nachbarländer zulassen, sprich: in welchem Umfang werden sich Stromimporte überhaupt ausdehnen lassen? Und was soll geschehen, wenn die Fortschritte bei der Energieproduktivität auf Dauer so weit hinter den ehrgeizigen Zielen zurückbleiben wie bisher, die deutschen EE-Flächenpotenziale erschöpft sind, der Stromimport jedoch nicht weiter ausgedehnt werden kann?

Hinzu kommt eine weitere Überlegung: Aus Sicht des Stromsektors stellen zusätzliche elektrische Anwendungen in bislang direkt mit thermischen Prozessen versorgten Endverbrauchssektoren zunächst einmal eine zusätzliche Nachfrage nach elektrischer Leistung und Arbeit dar. Mithin ergibt sich die Notwendigkeit eines *zusätzlichen* Angebots von Leistung und Arbeit im Stromsektor. Auf der Leistungsseite muss davon ausgegangen werden, dass aufgrund der Charakteristika von Wind und Sonne diese Leistung fast vollständig durch thermische Kraftwerke bereitgestellt werden muss.

Und wo kommt die *zusätzliche* Arbeit her? Solange der Strommix noch nicht zu 100% aus EE gedeckt wird, was, wie oben dargelegt, ein weit in der Zukunft liegender Fall zu sein scheint, würde jede zusätzliche EE-Kapazität zunächst nur der nicht-fossilen Deckung eines *bereits bestehenden* Strombedarfs dienen. Sprich: Die marginale Deckung eines *zusätzlichen* Strombedarfs würde aus thermischer Erzeugung stammen. Dann aber stellt sich die Frage, ob die Ketten Gas-Strom-Netz-Wärme beziehungsweise Gas-Strom-mechanische Energie wirklich besser sind als die direkte Umwandlung von Gas am Ort des Verbrauchs.

Eine Sonderrolle nehmen hierbei mögliche EE-Abschaltungen ein. Wenn es zu solchen EE-Abschaltungen kommt, würde die Nutzung dieses von bestehenden Stromanwendungen nicht genutzten Stroms in zusätzlichen, bislang direkt fossil bedienten Anwendungen zu einer Minderung von Treibhausgasemissionen führen. Aufgrund der hohen Gleichzeitigkeitsfaktoren von Wind beziehungsweise Sonne in Deutschland muss allerdings davon ausgegangen werden, dass derartige Situationen nur in bestimmten Zeitperioden eines Jahres auftreten werden. Damit sind sie aber für die Verwendung grundlastausgerichteter Stromanwendungen wie der Elektromobilität oder der elektrischen Wärmeversorgung ungeeignet. Eher könnten sie thermische oder elektrochemische Prozesse temporär entlasten, beispielsweise über Heizstäbe oder in Anlagen der Elektrokatalyse.

4. Raum und Zeit in der all-elektrischen Welt

Eine all-elektrische Welt, welche vor allem auf EE als Primärenergieträger beruht, müsste eine komplexe zeitliche und räumliche Koordination von Stromerzeugung und –verbrauch bewältigen.

Die wachsende Bedeutung der zeitlichen Koordination ergibt sich aus der Dargebotsabhängigkeit von Wind- und Solarkraftwerken, Stunden mit hoher Einspeiseleistung stehen Stunden mit geringer bis keiner Einspeisung gegenüber, gleichzeitig fällt Nachfrage auch in Stunden mit geringem Windaufkommen oder geringer Sonneneinstrahlung an. Zu der zeitlichen Problematik kommt die räumliche hinzu: Wind- und Solaranlagen sind räumlich verteilt; und ihre Verteilung weicht von der Verteilung der Nachfrage ab, wie insbesondere der Vergleich der Profile der (lokalen) Einspeisung und möglicher (lokaler) Energieverbräuche in hoher zeitlicher Auflösung zeigt.¹⁵

Im Ergebnis muss also davon ausgegangen werden, dass wachsende, dezentrale PV-Kapazitäten die Notwendigkeit, räumliche und zeitliche Differenzen zu überbrücken, eher vergrößern als vermindern.

Anders als vielfach angenommen, würde eine verstärkte Nutzung rein elektrischer Anwendungen bei Verkehr und Wärme diese zunehmenden zeitlichen und räumlichen Differenzen weiter vergrößern. Besonders private Haushalte, die immerhin ungefähr die Hälfte des deutschen Wärmemarktes ausmachen,¹⁶ haben je nach Tageszeit und Jahreszeit unterschiedliche Lastprofile für Strom und Wärme. Hinzu kommt, dass diese Profile weder im Tagesgang, noch im Jahresgang mit den Einspeiseprofilen von erneuerbaren Energien übereinstimmen. Während Haushalte meist morgens und abends hohe Bedarfswerte für Strom und Wärme zeigen, erreicht die Solarstromerzeugung aus PV-Anlagen mittags ihren Peak. Ähnliche Zusammenhänge lassen sich über das Jahresprofil feststellen. Saisonal wird Wärme primär im Winter benötigt, während Solarenergie das größte Potential im Sommer aufweist. Analysen zeigen zudem, dass bei integrierter Betrachtung auf Ebene eines Gebäudes, Solarthermie deutlich werthaltiger ist als PV; die begrenzte Dachfläche somit zunächst zur direkten Wärmeerzeugung und erst in zweiter Linie zur Stromerzeugung genutzt werden sollte.

Auch die verstärkte Nutzung von Elektromobilität würde den räumlichen und zeitlichen Koordinationsbedarf erhöhen, selbst wenn der Haushalt über eine PV-Anlage zur Selbstversorgung verfügt. Denn zu den bereits erwähnten saisonalen und diurnalen Ungleichzeitigkeiten kommt hier noch die Problematik des Fahrprofils, beispielsweise, wenn das Fahrzeug tagsüber genutzt wird und nur nachts am Haus aufgeladen kann. Zudem könnten sich durch mögliche Schnellladeeinrichtungen zeitlich wie räumlich völlig neuartige Leistungsspitzen ergeben - man stelle sich beispielsweise die Ladesituation an Rastplätzen an den Autobahnen an einem Ferienwochenende vor.

Insgesamt ergibt sich daher aus einer Energiestrategie, welche auf dargebotsabhängige EE als Primärenergieträger sowie auf vollständige Elektrifizierung aller Verbrauchssektoren setzt, ein erheblicher, bislang überhaupt nicht greifbarer Bedarf an räumlichen und zeitlichen Ausgleichsmaßnahmen. Physikalisch könnte dieser Ausgleich in gewissem Umfang durch dezentrale Strom- und Wärmespeicher herbeigeführt werden, aber darüber hinaus sicherlich auch ein entsprechend dimensioniertes Stromnetz erfordern, wenn Abschaltungen von EE-Anlagen vermieden werden sollen.

5. Herausforderung Infrastruktur

Wären die Kapazitäten im Stromnetz unbeschränkt, so könnte die lokale räumliche und zeitliche Diskrepanz über größere Regionen aggregiert und wegen der Diversifikationseffekte erheblich reduziert, wenngleich nicht vollständig eliminiert werden. Der verbleibende Ausgleichsbedarf kann durch flexible Kraftwerke mit gesicherter Leistung, durch Demand Side Management (zusätzliche Kurzfristanwendungen wie Heizdrähte in existierenden Wärmeprozessen und EE-Abschaltungen) oder durch Speicher ausgeglichen werden. Ein zeitlich hoch aufgelöster Stromgroßhandel mit einem überregional einheitlichen Preis könnte diesen Ausgleich auf effiziente Art und Weise herbeiführen. Schon auf dieser Stufe wird deutlich, dass es für gesicherte positive Leistung keine überzeugende Lösung gibt, wenn thermische Prozesse völlig aus dem Lösungsraum ausgeschlossen werden. Saisonale elektrische Speicher mit hinreichendem Energievolumen und einer akzeptablen Kostenstruktur sind derzeit jedenfalls nicht in Sicht.

Tatsächlich jedoch sind die Netzkapazitäten nicht unbeschränkt; Netzausbau verursacht Kosten. Daher müssen neben den zeitlichen auch die räumlichen Differenzen in den Blick genommen werden. Und diese sind, verglichen mit dem Status Quo, auf den das aktuelle Stromnetz ausgelegt ist, enorm. So müssten bei flächendeckender Nutzung von Wärmepumpen die Anschlussleistungen an Millionen von Abnahmepunkte signifikant erhöht werden - und zwar auch bei hohen (bilanziellen) Selbstversorgungsgraden mit PV, da im Winter die PV-Leistung saisonal bedingt gering ist und die Wärmepumpe auch bei Nacht oder an grauen Tagen arbeiten muss, um das Gebäude zu erwärmen. Gleichzeitigkeit könnte zwar durch die Installation eines thermischen Speichers in gewissem Umfang entzerrt werden, dennoch würde aufgrund der saisonalen und diurnalen Ungleichzeitigkeiten eine substantielle Erwei-

terung des Stromanschlusses notwendig werden. Zudem würde die Frage aufgeworfen, mit welcher gesicherten Leistung mögliche Spitzen in der Wärmeversorgung (in kalten Wintern) abgedeckt werden könnten. Ein Elektroauto würde darüber hinaus eine zusätzliche Anschlussleistung erfordern, welche ebenfalls nicht durch lokale PV-Leistung ersetzt werden kann.

Ein Teil des Zusatzbedarfs an Anschlussleistung könnte gegebenenfalls durch einen lokalen Strom-Speicher in Verbindung mit einer PV-Anlage zur Selbstversorgung, beispielsweise einer Batterie, vermieden werden – allerdings nur dann, wenn die Batterie (und die vorgeschaltete PV-Anlage!) so groß ist, dass sie auch längere graue Kälteperioden überbrücken kann. Es ist nicht absehbar, dass die technologische Entwicklung von PV und Batterien die hierfür benötigten Fortschritte macht, ganz abgesehen von der Frage der n-1-Redundanz für solche dezentralen Systeme.

Im Resultat würde die vollständige Umstellung aller Haushalte auf reine Stromversorgung zu einem erheblichen, räumlich extrem verteilten Wachstum von Anschlussleistung führen. Hinzu käme ein weiterer Zusatzbedarf an dezentraler Anschlussleistung für neue Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Unternehmen sowie im öffentlichen Raum. So benötigt beispielsweise ein einzelner Super Charger von Tesla bereits eine Leistung von rund 120kW, um ein Elektroauto in der gewünscht kurzen Zeit zu laden.

Insgesamt müsste also das Stromnetz flächendeckend um dezentrale Anschlussleistungen und die entsprechenden Netzverstärkungen ausgebaut werden, damit die zeitlichen und räumlichen Differenzen in einer all-elektrischen, EE-basierten Energiewelt ausgeglichen werden können. Diese neuen Netzanschlussleistungen müssten jederzeit redundant versorgt werden können, woraus insgesamt exorbitante, bislang nur ansatzweise quantifizierte Ausbaubedarfe für das Netz (sowie für die gesicherte elektrische Leistung) entstünden. Alle bisher ermittelten Werte¹⁷ jedenfalls müssten als Untergrenzen angesehen werden, insbesondere im Bereich der Verteilnetze. Zudem muss die gesicherte Leistung räumlich und zeitlich zu den Last- und Einspeiseprofilen sowie den etwaig verbliebenen Netzengpässen passen.

Die in Zielszenarien regelmäßig implizit getroffen Annahme, dass das elektrische Netz im jeweils für die Darstellung der Zielszenarien notwendigen Maße ausgebaut wird,¹⁸ ist mithin ein klassisches Beispiel für eine optimistische Planvereinfachung, die bei ihrer Umsetzung auf erhebliche Herausforderungen stößt und noch stoßen wird.

6. Anpassung Kapitalstock

Zur Herausforderung einer rein auf Elektrizität basierenden Energieversorgung im Bereich der Infrastruktur treten die erheblichen Aufwendungen zur Anpassung des Kapitalstocks in den Verbrauchssektoren, also vor allem Elektrofahrzeuge und Wärmepumpen. Wie wenig die meisten privaten Haushalte bereit sind, eine funktionstüchtige Heizungsanlage auszutauschen, spiegelt sich in einer aktuell relativ geringen Sanierungsrate von Heizungsanlagen wider. Zudem zeigt sich in den letzten Jahren ein deutlicher Trend, vermehrt

Erdgas als Energieträger für Heizungsanlagen, insbesondere mit Brennwerttechnologie, einzusetzen. Diese beiden Entwicklungen lassen sich unter anderem mit den trotz Subventionen ungefähr vielmal so hohen Anschaffungskosten einer Wärmepumpe im Vergleich zu einem modernen Gasbrennwertkessel begründen.¹⁹ Hieraus ergibt sich unmittelbar die Herausforderung der Sozialverträglichkeit.

Durch die Notwendigkeit der Neuinstallation in Eigenheimen wie auch in Mietshäusern stellt sich die Frage, wie diese hohen Anfangsinvestitionen in Eigenheimen finanziert werden sollen und inwiefern mögliche steigende Mietpreise noch von den Mietern getragen werden können. Analoge Überlegungen gelten für die Umstellung auf Kraftfahrzeuge mit elektrischem Antrieb, auch wenn typische Lebensdauern hier geringer sind als bei Heizungsanlagen. Die aktuelle Diskussion um die extreme Verfehlung der Ziele im Bereich der E-Mobilität und um die Ausgestaltung (und Refinanzierung) der Anreizstrukturen geben beredete Auskunft über die politischen Herausforderungen für die rasche Umwälzung eines Kapitalstocks, der sich im Besitz von vielen Millionen Bundes- (und Wahl-) Bürgern befindet.

Auch diese Kosten müssten berücksichtigt werden, bevor man sich bezüglich des oben beschriebenen Trade-off einseitig auf eine all-elektrische Vision und den umfassenden Ausbau des Stromnetzes (mit gleichzeitiger Abschreibung anderer Bestandsinfrastrukturen) fixiert – zumal da diese Kosten sich zu den ohnehin auflaufenden, steigenden Kosten des Ausbaus erneuerbaren Energien in Deutschland (einschließlich der Netzausbaukosten) addieren.

Hinzu kommt, dass bestimmte Teile der Wärme- und Verkehrssektoren nur mit sehr großem Aufwand komplett elektrifiziert werden können. Hierzu zählen insbesondere der Schwerlastverkehr, die Luftfahrt oder bestimmte industrielle Wärmeprozesse. Wenn für diese Teilsektoren ohnehin andere Lösungen als die direkte Elektrifizierung gefunden werden müssen, könnten diese dann auch in anderen Teilsektoren Anwendung finden. Selbst bei hohen Reduktionen bei den Treibhausgasemissionen gäbe es also potenziell wettbewerbsfähige Substitute für die derzeit vielfach favorisierten rein elektrischen Lösungen – und auf dem Weg dahin ohnehin.

7. Mögliche Alternative: Parallele Infrastrukturen zum Stromnetz

Statt sich einseitig auf das Stromnetz als langfristig alleinige Energie-Infrastruktur zu fokussieren, könnten weitere (Sekundär-) Energieträger dauerhaft berücksichtigt werden. Insbesondere Gas- und (Nah- wie Fern-) Wärmenetze sowie perspektivisch gegebenenfalls Wasserstoffnetze würden dabei als weitere Infrastrukturoptionen in den Blick genommen, deren Nutzung den Energieträger Strom sowohl im Zeitverlauf als auch in einer angestrebten, treibhausgasfreien Zielstruktur in sinnvoller Weise ergänzen kann.

Denn obzwar es richtig ist, dass der Großteil erneuerbar geernteter Energie unmittelbar als elektrische Energie anfallen wird (vor allem Wind und PV), so folgt aus ihrer alleinigen Nutzung nicht zwingend, dass das Stromnetz langfristig die alleinige sinnvolle Infrastruktur darstellt. Denn treibhausgasarmer

Strom, beispielsweise aus EE, kann in flüssige oder gasförmige Energieträger umgewandelt werden,²⁰ die ihrerseits dann als Sekundärenergieträger genutzt werden könnten. Bei dieser Umwandlung entstehen naturgemäß Umwandlungsverluste. Ob diese Verluste allerdings in einer realistischen, die zeitlichen und räumlichen Aspekte berücksichtigenden Gesamtschau tatsächlich so groß sind, dass ein all-elektrisches Szenario zwingend vorteilhaft ist, muss angesichts der immensen oben beschriebenen Umsetzungs Herausforderungen²¹ als mindestens zweifelhaft erachtet werden. Weitere Forschung an Energiemarktszenarien mit geeigneter Detailtiefe, welche also insbesondere die Infrastruktur-Alternativen explizit berücksichtigen, erscheint dringend erforderlich. Das Energiewirtschaftliche Institut an der Universität zu Köln sieht hierin einen wichtigen Schwerpunkt seiner Tätigkeit in den kommenden Monaten und hat hierfür bereits neue, hochaufgelöste und sehr leistungsfähige Modelllandschaften entwickelt.

In der Tat gibt es vielfältige Vorteile einer langfristigen Nutzung paralleler Gas- und Wärmenetze. So würde ein Großteil des Bedarfs an neuer Strominfrastruktur zur Wärmeversorgung entfallen. Die Umwandlung von Strom in andere Energieträger hätte nämlich den Vorteil, dass die bisherige Infrastruktur und damit auch das Transport- und Verteilnetz des Erdgases genutzt werden können. Dieses Netz ist auf die Belastungen der Wärmeversorgung sowie deren regionale Anforderungen und die deutschlandweite Verteilung von Gas ausgelegt. Die direkte Nutzung der elektrischen Energie im Wärme- und Verkehrssektor würde die Anforderungen, die zurzeit von mehreren Transportsystemen erfüllt werden, auf ein Transportsystem konzentrieren. Peak-Nachfragen, wie sie sich zum Beispiel in privaten Haushalten an besonders kalten Winterabenden ergeben, an denen sowohl Wärme als auch Strom nachgefragt werden, könnten nicht mehr über zwei Verteilnetze (Gasnetz und Stromnetz) versorgt werden, sondern würden sich in einem Netz überlagern. Das bisherige elektrische Transport- und Verteilnetz ist für solche zusätzlichen Spitzenbelastungen nicht ausgelegt.

Ferner könnte die Beibehaltung thermischer Wärmeprozesse eine wichtige Senke für temporäre EE-Überschüsse darstellen, vor allem lokal, und damit Netzausbaubedarf weiter vermindern. Hinzu tritt eine einfache Möglichkeit für gesicherte Leistung im Stromsektor und damit eine erhebliche Reduktion des elektrischen Speicherbedarfs. Die Umwandlung von elektrischer Energie in Wasserstoff oder andere Gasformen würde die Nutzung der enormen Speicherkapazitäten der Erdgasinfrastruktur ermöglichen.²² Auch stellt die Einspeisung von Biogas in Erdgasnetz ein wichtiges Potenzial für die Nutzung erneuerbarer Energieträger dar.

Ein weiterer Vorteil würde sich aus der Bereitstellung gesicherter Stromleistung in dezentralen KWK-Anlagen mit hohen Effizienzgraden aufgrund der lokalen Nutzung der Wärme ergeben. Insbesondere Fern- und Nahwärmesysteme könnten diese beiden Rollen ohne größeren technischen Aufwand übernehmen. Eine weitere Reduktion des Ausbaubedarfs im Stromnetz wäre die Folge, und eine erhöhte Resilienz durch höhere lokale Redundanz könnte zusätzliche Vorteile bieten. Hierbei sollte auch die Widerstandsfähigkeit gegen extreme Ereignisse wie lange Kälteperioden berücksichtigt werden. Die ange-

spannte Lage im Winter 2016/2017 in Frankreich zeigt, wie verletzlich eine auf Elektrizität beruhende Wärmeversorgung ist, wenn gesicherte Leistung knapp ist. Zu achten wäre dabei auf die Nutzung entsprechender Flexibilität bei der KWK mit möglichst geringen Wärmemindestlasten. All dies würde erreicht, ohne wesentlich gegenläufige Ausbaunotwendigkeiten der bestehenden Gas- und Wärmenetze.

Darüber hinaus erscheint eine vollständige Elektrifizierung aller Verkehrssektoren technisch außerordentlich herausfordernd. Drastische Treibhausgasvermeidung im Verkehr wird also nach jetziger Einschätzung ohnehin den – schrittweise gestaltbaren - Übergang zu treibhausgasneutralen synthetische Energieträger erfordern. Für diese wäre eine entsprechende Infrastruktur folglich ohnehin erforderlich. Bei der Nutzung dieser Infrastruktur auch für Wärme und gesicherte Stromleistung, ergeben sich offensichtliche Synergieeffekte.

Auch im Bereich des Kapitalstocks in den Verbrauchssektoren wären die Anpassungen deutlich geringer und technisch einfacher zu realisieren als bei einer vollständigen Elektrifizierung. Der sofortige Austausch von Anlagen wird nicht notwendig, wenn Strom in Gas umgewandelt wird, da die meisten Heizungsanlagen auch mit leicht variierenden Gaszusammensetzungen arbeiten können.

Schließlich folgt aus all dem, dass durch Berücksichtigung alternativer Infrastrukturen zum Strom der Transformationspfad der Energieversorgung kontinuierlich und ohne kritische Brüche organisiert werden kann. Denn letztlich werden zusätzliche Optionen für die Integration von dargebotsabhängigen EE eröffnet, die zu den rein elektrischen Integrationsoptionen hinzutreten und damit Gesamtsystem mehr Anpassungsmöglichkeiten bieten. Dies gilt übrigens auch für den Import von sauberer Primärenergie: neben die nicht unproblematische Überlegung, EE-Strom aus dem Ausland zu importieren, tritt die Perspektive, mit EE-Strom erzeugte synthetische Brennstoffe aus solchen Regionen zu importieren, die deutlich bessere Bedingungen für die EE-Nutzung bieten. Auch hier könnte, zumindest in Teilen, auf bestehende Infrastruktur zurückgegriffen werden.

8. Schlussfolgerungen

Im Bemühen um eine effiziente Senkung der Treibhausgasemissionen kann die Elektrifizierung weiterer Verbrauchsbereiche sinnvolle Beiträge leisten, doch sie sollte zu möglichst geringen volkswirtschaftlichen Kosten realisiert werden. Das Schlagwort der „Sektorenkopplung“ sollte daher verstanden werden als die Frage nach der optimalen Art, dem optimalen Umfang und der optimalen Geschwindigkeit der Elektrifizierung weiterer Verbrauchssektoren. Dabei sind die Rückwirkungen alternativer Endanwendungen auf den Stromsektor zu berücksichtigen, und zwar in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung. Gerade in der mangelnden Auflösung, sprich: im zu hohen Aggregationsgrad, liegt eine wesentliche Schwäche bisheriger Elektrifizierungsszenarien.

Die größten Herausforderungen der vollständigen Elektrifizierung der Wärme- und Verkehrssektoren umfassen die Gleichzeitigkeit und -örtlich-

keit von Nachfrage und Bereitstellungsprofilen - insbesondere bezüglich der Bereitstellung gesicherter Leistung und leistungsfähiger, hinreichend engpassfreier elektrischer Netze. Gleichzeitig würden bestehende Infrastrukturen (Gasnetze, Raffinerien, Tankstellen, Logistikketten) obsolet, was im Sinne von Opportunitätskosten Berücksichtigung bei derartigen Überlegungen finden müsste. Das Beispiel Frankreich zeigt, mit welchen Risiken eine umfassende Elektrifizierung des Wärmesektors selbst auf Basis von Kernenergie einhergehen kann, und warum der Verkehrssektor dennoch weitgehend fossil dominiert geblieben ist. Eine Elektrifizierungsstrategie auf Basis dargebotsabhängiger EE erscheint noch schwieriger, da zusätzlich noch die Probleme der räumlichen Verteilung sowie der gesicherten Leistung gelöst werden müssen.

Hinzu treten Fragen des Primärenergieaufkommens, da Stromimporte ihrer Natur nach unter Umständen nicht so einfach skaliert werden können wie Importe von flüssigen, gasförmigen oder festen Energieträgern. Auch die sozialverträgliche Finanzierung rascher und umfassender Anpassungen im Kapitalstock stellt eine große Herausforderung auf dem Weg in eine all-elektrische Welt dar.

Es wird also deutlich, dass es bei der Frage nach dem Umfang der „Elektrifizierung“ von Verbrauchssektoren im Kern um eine Infrastrukturentscheidung geht, nämlich um die Frage des optimalen Mix von Sekundärenergieträgern. Zum jetzigen Zeitpunkt ist offen, in welchem Verhältnis die vielfältigen Vorteile paralleler Infrastruktur zu dem Nachteil der Umwandlungsverluste bei der Herstellung synthetischer Brennstoffe langfristig, sprich bei geringen verbleibenden Treibhausemissionen, stehen werden. Eine dementsprechende Festlegung ist allerdings zum jetzigen Zeitpunkt überhaupt nicht erforderlich. Der EE-Anteil in Deutschland liegt erst bei rund einem Siebentel des Primärenergieverbrauchs und erst bei knapp einem Drittel der Bruttostromerzeugung. Vor diesem Hintergrund gibt es in den Wärme- und Verkehrssektoren noch erhebliche Treibhausgasreduzierungspotenziale, welche ohne Rückgriff auf rein elektrische Anwendungstechnologien auskommen.

Vor diesem Hintergrund sollte die Energiepolitik die Rahmenbedingungen sektorenübergreifend so gestalten, dass ein optimaler Minderungspfad in einem technologieoffenen Entdeckungsprozess gefunden wird, einschließlich einer möglichst unvoreingenommenen Wahl der Infrastruktur für den Transport sekundärer Energieträger. Die Ausdehnung des Emissionshandels auf alle Sektoren könnte beispielsweise dazu führen, dass CO₂ dort eingespart wird, wo die kostengünstigste Minderung möglich ist.

Auch die derzeitige Gestaltung der Endverbraucherpreise für Strom stellt ein wichtiges Hemmnis für eine kostenoptimale Treibhausgasreduzierung dar. Elektrische Energie ist in Deutschland aufgrund staatlich induzierter Entgelte, Steuern und Umlagen außerordentlich teuer, was der Idee einer raschen Elektrifizierung weiterer Verbrauchssektoren fundamental entgegensteht. Zudem sind die staatlich verursachten Belastungen auch noch zeit- und (weitgehend) ortsinvariant; daher werden schon die bereits bestehenden Flexibilitätsoptionen weder umfassend noch effizient genutzt geschweige denn Investitionen in zusätzliche Flexibilität geeignet angereizt. Denn heute gilt bereits, dass eine geeignete Elektrifizierung des Wärmesektors, beispielsweise über

Heizstäbe, eine wichtige Rolle bei der effizienten Integration des EE-Stroms spielen könnte.

Eine durchgreifende Reform der Entgeltsystematik für Strom sollte daher mit hoher Priorität angegangen werden. Zu einer solchen durchgreifenden Reform würde auch eine verursachungsgerechte Bepreisung der Infrastrukturkosten im Stromnetz gehören. Insbesondere müsste die Netzentgelte deutlich von arbeitsbezogenen Anteilen auf leistungsbezogene Anteile verschoben werden, und letztere müssten in einen sachlichen Zusammenhang zu den netzseitigen Folgen dezentraler Investitionsentscheidungen gebracht werden. Das hieße beispielsweise auch, Erzeuger, Speicherbetreiber oder Besitzer von E-Mobilitätsladesäulen angemessen an den erforderlichen Netzausbaukosten zu beteiligen.

Grundsätzliche Überlegungen legen nahe, dass der freiwillige Verzicht auf bestehende Infrastrukturen den Lösungsraum in erheblichem Maße einschränkt und sich daher vermutlich als ineffizient herausstellen würde. Kurz- und mittelfristig ist die Nutzung der parallelen Infrastrukturen von Gas, Wärme und Mineralöl ohnehin erforderlich und kann eine graduelle Verminderung von Treibhausgasemissionen sinnvoll unterstützen. Und langfristig könnte es sich erweisen, dass sich Power-to-Gas und Power-to-Liquid-Lösungen trotz der damit verbundenen Umwandlungsverluste einer all-elektrischen Lösung als überlegen erweisen werden – sei es wegen der zeitlich-räumlichen Koordinationsprobleme im Stromnetz, sei es wegen der Komplexität einer vollständigen Elektrifizierung aller Transportsysteme, sei es wegen der Notwendigkeit höhere Energiemengen in Deutschland bereitstellen zu müssen als in sogenannten Zielszenarien gedacht. In all diesen Fällen könnten sehr ehrgeizige Treibhausgasminderungsziele daher schon in wenigen Dekaden die Notwendigkeit erfordern, von Öl und Gas auf synthetische Brennstoffe (statt auf Strom) umzustellen. Dafür würde dann eine funktionierende, zum Strom parallele Infrastruktur benötigt. Umso ärgerlicher wäre es, wenn die heute vorhandenen Gas- und Wärmenetze bis dahin obsolet geworden und zurückgebaut worden wären, weil eine einseitige, nicht hinreichend mit konkretisierten Planszenarien unterlegte Politik ohne Not rein elektrische Anwendungen in den Verkehrs- und Wärmesektoren priorisiert hat.

Fußnoten:

- ¹ Cordelia Frings, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Energiewirtschaftlichen Institut an der Universität zu Köln (EWI), hat die Erstellung dieses Manuskripts redaktionell unterstützt. Ihr gilt der besondere Dank des Autors.
- ² Vgl. [UBA 2016].
- ³ [BMWi 2016].
- ⁴ Vgl. [UBA20162]
- ⁵ Vgl. [UBA20163].
- ⁶ Vgl. [AGEB2016].
- ⁷ Die Referenzprognose für die Bundesregierung aus dem Jahr 2014 schätzt den Anteil der EE auch für das Jahr 2030 nur auf 47 Prozent der Bruttostromerzeugung in Deutschland. Im Trendszenario ergeben sich hierfür Werte von 53 Prozent für 2040 und 63 Prozent für 2050, bei einem unterstellten leichten Rückgang der Bruttostromerzeugung. Vgl. [ewi/Prognos/gws2014].
- ⁸ Vgl. [UBA20162].
- ⁹ Vgl. [BMWi2016].
- ¹⁰ Vgl. z.B. [ewi/gws/prognos2010], [ISE2013] oder [UBA2010].
- ¹¹ Zur möglicherweise wichtigen Rolle der Solarthermie siehe unten.
- ¹² Strenggenommen kann elektrische Energie nicht gespeichert werden. Sie kann in andere Energieformen umgewandelt und anschließend rückverstromt werden, z.B. via Elektrochemie (Batterien) oder Lageenergie (Pumpspeicher). Thermische Speicher können elektrische Energie aufnehmen, aber in der Regel nicht abgeben.
- ¹³ Vgl. z.B. [ewi/gws/prognos2010].
- ¹⁴ Beispielsweise enthalten die Zielszenarien aus dem Jahr 2010 ein Wirtschaftswachstum von knapp unter 1 Prozent.
- ¹⁵ Windenergie muss auf großen, schwach besiedelten Flächen geerntet und dann in dichter besiedelten Verbrauchszentren transportiert werden. Wiginton et al. zeigen in [Wiginton2010], dass die dort analysierte Region zu etwa 30% über PV-Strom von auf Dächern installierten Anlagen versorgt werden könnte, den restlichen Strombedarf mithin aus anderen Quellen decken müsste.
- ¹⁶ Berechnung auf Basis von [AGEB2013].
- ¹⁷ Nach der dena Verteilnetzstudie [DENA2012] sollen 135.000 -193.000km Netzneubau und 21.000-24.500km Netzbau bis 2030 notwendig sein. Die dena-Netzstudie II [DENA2010] ermittelt ca. 3.600km neue Trassen allein bis 2020. Der Netzentwicklungsplan [BNetzA2015] spricht für 2015 bis 2024 von Maßnahmen, welche ca. 6.000km an Neubau, Netzverstärkung und Umstellung beinhalten.
- ¹⁸ So z.B. in [ewi/gws/prognos2010], [ISE2013] oder [UBA2010]
- ¹⁹ Ein weiterer wichtiger Faktor sind die Kosten für die Energieträger im Vergleich, s. unten.
- ²⁰ Z.B. durch Power-To-Gas-Umwandlung (PtG) aus Windstrom für den Wärmesektor oder durch Erzeugung von Wasserstoff für den Kraftverkehr. Die Entwicklungsperspektiven von PtG in Verkehrssektoren werden in [DLR2014] beleuchtet.

- ²¹ Deutschland verfügte in 2015 über Speicherkapazität von 24 Mrd. m³ Erdgas, s. [BMWI20162], entsprechend rund 240TWh Energie bei einem angenommenen Heizwert von 10kWh/m³. Zum Vergleich: Das Speicherarbeitsvermögen im Stromsektor wird von [ZFES2012] mit 38 GWh angegeben.
- ²² Etwa 2,4 GW/°C werden in Frankreich bei sinkenden Außentemperaturen zusätzlich benötigt.

Quellen:

[AGEB2013] AGEB AG Energiebilanzen e.V.: Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in den Jahren 2011 und 2012 mit Zeitreihen von 2008 bis 2012, Berlin, 11.2013

[AGEB2016] AGEB AG Energiebilanzen e.V.: Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern (1990 bis 2015), Stand 19.10.2016

[BMWI2016] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Energiedaten, Tabelle 10, Stand 27.07.2016

[BMWI20162] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Versorgungssicherheit für Erdgas, Monitoring-Bericht nach § 51 EnWG, Stand: Juli 2016

[BNetzA2015] Bundesnetzagentur: Bedarfsermittlung 2024: Bestätigung Netzentwicklungsplan Strom (Zieljahr 2024), Bonn, 09.2015

[DENA2010] Deutsche Energie-Agentur GmbH: dena-Netzstudie II: Integration erneuerbarer Energie in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015-2020 mit Ausblick auf 2025, Berlin, 11.2010

[DENA2012] Deutsche Energie-Agentur GmbH: dena-Verteilnetzstudie, Ausbau- und Innovationsbedarf der Stromverteilnetze in Deutschland bis 2030, Berlin, 11.12.2012

[DLR2014] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.: Power-to-Gas (PtG) im Verkehr: Aktueller Stand und Entwicklungsperspektiven, 19.05.2014

[ewi/gws/prognos2010] ewi/gws/prognos: Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung, Basel/Köln/Osnabrück, 27.08.2010

[ewi/gws/prognos2014] ewi/gws/prognos: Entwicklung der Energiemärkte – Energierferenzprognose, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Basel/Köln/Osnabrück, Juni 2014

[ISE2013] Fraunhofer ISE: Energiesystem Deutschland 2050: Sektor- und Energieträgerübergreifende, modellbasierte, ganzheitliche Untersuchung zur langfristigen Reduktion energiebedingter CO₂-Emissionen durch Energieeffizienz und des Einsatz Erneuerbarer Energien, Freiburg, 11.2013

[UBA2010] Umweltbundesamt: 2050: 100%: Energieziel 2050, Dessau-Roßlau, Juli 2010

[UBA2016] Umweltbundesamt: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland, Stand 28.01.2016

[UBA20162] Umweltbundesamt: Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 bis 2015, Dessau-Roßlau, Juni 2016

[Wiginton2010] Wiginton/Nguyen/Pearce: Quantifying Rooftop Solar Photovoltaic Potential for Regional Energy Policy, published in Computers, Environment and Urban Systems 34, pp.345-357, 2010

[ZFES2012] Zentrum für Energieforschung Stuttgart; Stromspeicherpotenziale für Deutschland, 07.2012



Frank Bsirske
Vorsitzender, Vereinte Dienstleistungsgewerkschaft e. V.

Frank Bsirske wurde 1952 in Helmstedt geboren. Nach dem Abitur studierte er Politikwissenschaft. Das Berufsleben begann er 1978 als Bildungssekretär bei den Falken in Hannover. 1987 wurde er Fraktionsmitarbeiter bei der Grünen Alternativen Bürgerliste im Stadtrat. 1989 ging Bsirske als Gewerkschaftssekretär in die Kreisverwaltung der ÖTV, wo er 1990 zum stellvertretenden Geschäftsführer aufstieg. 1991 wurde er zum stellvertretenden Vorsitzenden für Niedersachsen gewählt. 1997 wechselte Bsirske als Personal- und Organisationsdezernent zur Stadt Hannover.

Frank Bsirske wurde 2000 zum Vorsitzenden der ÖTV gewählt, die unter seiner Führung 2001 in der Vereinten Dienstleistungsgewerkschaft (ver.di) aufging. Bsirske ist Arbeitnehmervertreter im Aufsichtsrat des Energiekonzerns RWE, der Postbank AG und der Deutschen Bank AG, der IBM Central Holding sowie Mitglied im Verwaltungsrat der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW).

Sektor(en)kopplung in der Energiewende – pragmatischer Beitrag oder Patentrezept?

Frank Bsirske

Die Energiewende, umfassend verstanden als Umstellung der Energieerzeugung von nuklearen und fossilen Brennstoffen auf erneuerbare Energien, hat bisher allein im Stromsektor Tritt gefasst. Der Anteil der neuen regenerativen Energien, reichlich gefördert durch die gesetzliche Einspeisevergütung, ist seit der Jahrhundertwende von knapp vier auf mittlerweile mehr als 30 Prozent an der Bruttostromerzeugung gewachsen – und liegt damit im Zielkorridor der Bundesregierung, die plant, den Umstieg auf erneuerbare Energien bis 2050 abgeschlossen zu haben. Anders ist die Situation bei den anderen wichtigen Emittentengruppen, namentlich im Wärme- und Verkehrsbereich. Seit Jahren dümpelt der Anteil der erneuerbaren Energien im Wärmebereich bei bescheidenen 12 bis 13 Prozent, und im Verkehr sind es sogar nur marginale fünf Prozent. In Konkurrenz zu Gas- und Ölheizungen sind Biomasse-, Solarwärme- und Erdwärmesysteme, kaum gefördert, nur schwer in die Wirtschaftlichkeit zu bringen. Und im Individual-, und Straßengüterverkehr bleibt als direkter Ersatz für fossile Treibstoffe eigentlich nur Biogas – hier mangelt es schlicht an der notwendigen Kapazität.

Entsprechend wurde lange Zeit der Begriff „Energiewende“ mit „Stromwende“ gleich gesetzt. Und stimmt es nicht: Steht die Begleitung des Atomausstiegs im Mittelpunkt der energiepolitischen Diskussion, so ist diese Definition doch ausreichend. Im Wärmebereich dagegen, wo fossile Brennstoffe immer dominierten, genügte es dafür zu sorgen, Stromheizungen kontinuierlich zu ersetzen und im Übrigen – bislang eher halbherzig – die Energieeffizienz zu steigern. Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) immerhin hat insbesondere in Ballungszentren eine Schlüsselfunktion besetzen können, als Scharnier zwischen atomkraftfreier Stromerzeugung und hocheffizienter Wärmeproduktion in Fernwärmesystemen. Doch die leidvollen Debatten um eine geeignete Förderung, die bis heute andauern und derzeit in den EU-Auflagen zur Ausschreibungspflicht ihren traurigen Höhepunkt erreichen, haben einen systematischen Ausbau eher behindert.

Seit die Atomkraftdebatte jedenfalls in Deutschland entschieden ist, steht aber der Klimaschutz im Mittelpunkt der Debatte – und hier, beim Ziel der Dekarbonisierung, müssen Wärme und Verkehr zwangsläufig in den Fokus geraten. Denn obwohl die vorherrschende Kohleverstromung mit hohen spezifischen Emissionen behaftet ist, macht Strom nur rund 40 Prozent der gesamten Emissionen aus. Wärme und Verkehr, dazu Landwirtschaft, zusammen dagegen sind für mehr als 60 Prozent des deutschen Klimagas-Ausstoßes verantwortlich.

Ohne Wärme- und Verkehrswende können die Klimaziele, die sich Deutschland gesetzt hat, nicht erreicht werden, selbst wenn der hundertprozentige Einsatz der Erneuerbaren bis 2050 im Stromsektor erreicht sein wird. Effizienzsteigerung hat große Potenziale, reicht aber allein ebenfalls nicht aus, zumal namentlich im Verkehr geringere spezifische Schadstoff-Emissionen

bekanntlich real nur schwer zu erreichen sind. Doch wie die Wärme- und Verkehrswende voran bringen, verstanden als Ersatz fossiler durch –immer weniger- erneuerbare Energieträger?

Heizen und fahren mit Strom?

Die Idee liegt nahe, das Erfolgsmodell Stromwende zu übertragen: Wenn die erneuerbaren Energien im Strombereich weiter expandieren, warum dann nicht auch in Zukunft zunehmend mit regenerativ erzeugtem Strom heizen und fahren? Die Bundesregierung hat sich, so scheint es, diese Idee zu eigenen gemacht. Spätestens seit der Veröffentlichung des „Klimaschutzplans 2050“ und des „Grünbuchs Energieeffizienz“ mehren sich die Anzeichen, dass Bundeswirtschaftsminister Sigmar Gabriel tatsächlich auf die Elektrifizierung des Wärme- und Verkehrssektors zu setzen scheint, um den Anteil der erneuerbaren Energien in diesen Sektoren zu erhöhen.

Es wäre doch zu schön. Gelänge die Elektrifizierung mittels Expansion der erneuerbaren Energien, hätte man endlich eine erfolgversprechende Strategie der Dekarbonisierung für Wärme und Verkehr. Da war auch ein neuer Begriff geboren: die Sektor(en)kopplung. Schon glauben drei Viertel der Teilnehmer, die in der jüngsten Delphi-Studie zum Thema befragt wurden, dass eine derartige leuchtende Zukunft bereits um das Jahr 2040 herum Realität werden kann.

Manche scheinen von der „All electricity society“ geradezu geblendet. So beispielsweise der Berliner Ökonom Volker Quaschnig. Er konstatiert zutreffend: „Die Potenziale für Biomasse, Geothermie und Solarthermie sind in Deutschland begrenzt.“ Um dann unversehens zu schlussfolgern: „Darum muss der wesentliche Anteil der künftigen Energieversorgung durch Strom aus Windkraft und Photovoltaikanlagen gedeckt werden.“ Quaschnig macht folgende Rechnung auf: „Bei gleichbleibenden Verhaltens- und Konsummustern steigt dadurch der Stromverbrauch von derzeit rund 600 Terawattstunden (TWh) auf gut 1300 TWh an.“ Ambitionierte Effizienzmaßnahmen schon vorausgesetzt. Daher müsse man schnell mit der Umsetzung beginnen, und das gehe nur mit Zwang: „Der motorisierte Straßenverkehr muss fast vollständig elektrifiziert werden. Gegen 2025 müssen dafür die Produktion von Fahrzeugen mit Benzin- und Dieselmotoren eingestellt und für den Güterverkehr wichtige Fernstraßen mit Oberleitungen versehen werden. Im Wärmebereich dürfen ab dem Jahr 2020 keine neuen Gas- oder Ölheizungen sowie KWK-Anlagen installiert werden. Aus Effizienzgründen wird künftig der überwiegende Anteil der Raumwärme durch Wärmepumpen gedeckt.“

Die Gewerkschaft ver.di, das ist bekannt, hat durchaus prinzipiell nichts gegen striktes Ordnungsrecht. Doch seien Fragen erlaubt. Zunächst: Ist derartige Verbotspolitik realistisch? Ich glaube nein. Und wenn ja, sind die einzelnen Verbote auch zielführend? Sind die expandierenden erneuerbaren Stromquellen, also im Wesentlichen Wind- und Solarenergie, wirklich dazu geeignet, im erforderlichen Zeitraum, also bereits bis in die zwanziger und dreißiger Jahre hinein, spätestens aber bis 2050, neben dem Strom- auch noch den Wärme- und Verkehrsbedarf abzudecken.

Zweifel sind angebracht, denn: Ganz so bruchlos wird die Weiterführung des Trends im Strombereich nicht ablaufen. Schon heute zeigen sich Probleme. Sie sind zureichend bekannt und hinreichend diskutiert: Die expandierenden erneuerbaren Energien, die jetzt die Wirtschaftlichkeitsschwelle erreicht haben, sind im Wesentlichen volatile Energien, wetterabhängig und damit nicht planbar. Soll die auch von ver.di gewünschte hundertprozentige Vollversorgung allein im Strombereich gelingen, muss das Problem der Versorgungssicherheit bei „dunkler Flaute“ verlässlich gelöst werden. Und umgekehrt stellt sich das Problem zunehmender Abregelung insbesondere von überschüssiger Windenergie in den Windregionen. Die Ideen sind da: Notwendig wäre ein Dreiklang von der Bereitstellung verlässlicher Reservekapazitäten durch Setzung eines dezentralen Leistungspreises (vorrangig ausgeführt durch stromgeführte hocheffiziente KWK, die zunehmend auch erneuerbar gespeist wird und damit fossiles Erdgas als Energieträger ersetzt), Netzausbau (bei gegebener geografischer Struktur in Deutschland vorrangig von Nord nach Süd) und Speichern (Kurzzeit-Batterien, dazu Option auf den Langfristspeicher power-to-gas, auch um zunehmend verlässliche erneuerbare Reservekapazitäten zu haben).

Temporäre Stromüberschüsse zum Heizen nutzen

Heute, in der Notsituation fehlender Netze und Speicher, wird überschüssiger Strom aus erneuerbaren Energien, der zeitweilig anfällt und örtlich nicht verbraucht werden kann, regional genutzt, um Fernwärmesysteme zu bedienen. Das ist soweit vernünftig. Denn obwohl der Wirkungsgrad des eingesetzten Stroms zum Heizen sehr niedrig ist, ist dies jedenfalls die bessere Alternative als das einfache Abregeln. In windreichen Regionen, wo sonst nur Abregelung bleibt, wenn der Wind weht und die Netze voll sind, hat sich power-to-heat bewährt, also der Einsatz gleichsam großer Tauchsieder in Fernwärmesystemen, wohlgermerkt als Notlösung eingesetzt, bis Netze und Langzeitspeicher ausreichend zur Verfügung stehen. Auch elektrische Wärmepumpen, die erneuerbare geothermische Energie für die Raumheizung nutzbar machen, können hier eine wichtige Rolle spielen, sofern kein Wärmenetz vorhanden ist.

Unbestritten wird es auch in Zukunft bei weiterer Marktdurchdringung volatiler Wind- und Solarsysteme zunehmende saisonale Stromüberschüsse geben, auch solche, die nur im Wärme- und vielleicht auch im Verkehrsreich abzusetzen sind. Als weitere Option für die Zukunft steht auch power-to-gas zur Verfügung, also die Umwandlung des überschüssigen Strom in elektrolytisch erzeugtes Gas und dessen Nutzung in KWK-Anlagen zur Strom- und Wärmeproduktion. Doch sind auch hier, bei der Elektrolyse, die Umwandlungsverluste groß.

So gesehen ist eine Kopplung von Strom und Wärme bzw. Verkehr auch im derzeitigen Energiesystem bereits immer mitgedacht – als plausible Lösung, um insbesondere temporäre Überschüsse volatiler Stromerzeugung sinnvoll zu verwenden oder zu speichern.

So verstandene Sektor(en)kopplung ist also bereits heute gang und gäbe – und sie ist vernünftig und ausbaufähig im weiteren Verlauf der Energiewende. Richtschnur der Förderung sollte die Effizienz entlang der Umwandlungskette sein:

- Zunächst ist Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) zu nennen, als klassische, hocheffiziente Kopplung von Strom- und Wärmeproduktion, verbunden mit Wärmenetzen – derartige Kopplung ist deutlich effizienter als die getrennte Erzeugung von Strom und Wärme selbst in modernen Systemen. Zudem nimmt insbesondere die öffentliche KWK eine wichtige Rolle bei der Systemstabilisierung ein. Stromgeführt und mit Wärmespeichern ausgestattet trägt sie dazu bei, dass auch bei dunkler Flaute Versorgungssicherheit erhalten bleibt. Es muss also im Sinne von Sektorkopplung alles getan werden, dass insbesondere die öffentliche KWK weiter ausgebaut werden kann, mindestens die Ausbauziele erreicht werden, die das Gesetz zum Ausbau der KWK von 2016 nennt.
- Elektrische Wärmepumpen mit regenerativer Erdwärmennutzung werden als Heizsystem angeboten, und ihre Rolle am Markt als Alternative zu Öl- oder Gasheizung wird in dem Maße zunehmen, wie es gelingt, ihre Effizienz und Zuverlässigkeit zu steigern.
- Und schließlich im Verkehr: Da ist elektrischer Schienenverkehr nun weiß Gott nichts neues, wie jeder weiß, der mit Regionalbahn oder Straßenbahn zur Arbeit fährt. Gelingt es, zunehmend Transportkapazitäten von der Straße auf die Schiene zu verlagern, gewinnt zunehmend auch die Sektorkopplung an Bedeutung.

So gesehen herrscht – so hoffe ich – Konsens: KWK mit Wärmenetzen, Wärmepumpen und dezentrale KWK dort, wo keine Wärmenetze zur Verfügung stehen, und Ausbau des öffentlichen Schienenverkehrs wären unbestrittene Erfolgsstories im weiteren Verlauf der Energiewende, um die Klimaziele zu erreichen. Sie sollten kontinuierlich und verlässlich gefördert werden. Sektorkopplung im Sinne der Bundesregierung und einer zunehmenden Anzahl von energetischen Zukunftsszenarien geht darüber hinaus: Sie meint den systematischen Ausbau der volatilen erneuerbaren Energien Wind und Photovoltaik weit über den Strombedarf hinaus, um überschüssigen erneuerbaren Strom gezielt zu Wärme- und Verkehrszwecken zu erzeugen. Damit soll zugleich eine Lösung für das Problem gefunden werden, dass mit zunehmender Einspeisung der wetterabhängigen Energien die Zahl der Tage, an denen die Erzeugung den Verbrauch bundesweit überschreitet, deutlich zunehmen wird. So verstandene Sektorkopplung heißt dann, quasi aus der Not, Hemmnisse für den weiteren Ausbau der volatilen erneuerbaren Energien im Strombereich abbauen zu müssen, eine Tugend zu machen: die Lösung der Klimaprobleme im Wärme- und Verkehrsbereich.

Aus der Not eine Tugend machen?

Gelingt der Trick, aus der Not eine Tugend zu machen? Ist die aus der Not der Probleme mit der Integration der volatilen Erneuerbaren in die Stromsysteme geborene Sektorkopplung in der Lage, als Modell zu taugen für die Lösung der Zukunftsprobleme im Wärme- und Verkehrsbereich?

Direkter Stromeinsatz im Wärmesektor, das war bisher tabu – weil extrem ineffizient und überdies mit dem Stigma Kernenergie und Kohle versehen. Erinnerung sei an den „allelektrischen Haushalt“ der sechziger Jahre, geboren aus der Not, Atomstrom-Überkapazitäten zu vermarkten. Das ist grandios gescheitert. Und natürlich hat sich an den Fakten nichts geändert: Heizen oder Fahren mit Atom- oder Braunkohlestrom ist extrem ineffizient und würde die Ziele der Energiewende konterkarieren. Ist jetzt Anlass gegeben für einen „Paradigmenwechsel“, weil zunehmend Strom aus „sauberen“ erneuerbaren Energien in die Netze strömt?

Wohlverstanden ein merkwürdiger „Paradigmenwechsel“. Auch in der Größenordnung: Nicht nur das eingangs zitierte Extrem-Szenario zeigt, dass eine derartige Strategie einen massiven Ausbau der Wind und Solaranlagen weit über den aktuellen Strombedarf hinaus voraussetzt – bei einer annähernden Verdoppelung der Stromproduktion gegenüber heute setzt dies bereits eine deutlich über dem derzeitigen Trend liegende Effizienzsteigerung auf Verbraucherseite voraus. Auch das weniger apodiktische Szenario des Kasseler Fraunhofer-Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik kommt zu ähnlichen Ergebnissen. Der Wärmebereich wird danach nach gelungener Sektorkopplung im Jahr 2050 direkt rund 220 Terawattstunden (TWh) erneuerbaren Strom jährlich verbrauchen. 130 TWh jährlich würde der Verkehrssektor abnehmen, dazu kämen noch einmal 30 TWh für power-to-gas-Anlagen, um Überschussstrom bei erneuerbarer Überproduktion sinnvoll speichern und verwenden zu können.

Mindestens eine Verdoppelung der Stromproduktion ist für eine derart umfassend verstandene gelungene Sektorkopplung erforderlich – soweit herrscht Klarheit. Ganz gleich, wie realistisch das ist, ist eines klar: Wir wären allenfalls am Beginn einer derartigen Entwicklung. Die stolze Zahl von einem derzeitigen Anteil von rund einem Drittel regenerativer Stromerzeugung würde bei einer angestrebten Verdoppelung der Gesamterzeugung natürlich viel an Glanz verlieren: Gemessen am Ziel wären wir in diesem Fall erst bei einem bescheidenen Anteil von rund 15 Prozent. Das heißt, der Zubau von Wind und Solaranlagen müsste sofort noch einmal ganz gewaltig gesteigert werden – eine realistische Vision?

Immerhin unterscheiden sich die Sektorkopplungs-Szenarien in ihrer Ausgestaltung ganz erheblich. Der Stuttgarter Energiewissenschaftler Joachim Nitsch rückt in einer Kurzstudie für den Bundesverband Erneuerbare Energien im Februar 2016 die drängende Frage, wie die deutlich zunehmenden Schwankungen in der Stromproduktion unter Kontrolle gebracht werden könnten, in den Mittelpunkt seines Sektorkopplungs-Szenarios. Auch in seinem „Klimaszenario 2050“, das also die Klimaziele erreichen soll, verdoppelt sich der Stromverbrauch bis 2050 annähernd von heute 597 auf 1119 TWh –

dann zu fast hundert Prozent aus erneuerbaren Energien. Der größte Anteil des Zuwachses wird bei ihm aber zur Wasserstoffproduktion (power-to-gas) benötigt – der zunehmend als Speicher eingesetzt wird für den temporären Überschussstrom. Das mittels Elektrolyse gewonnene speicherbare „erneuerbare“ Gas, eingespeist in die vorhandenen Gasverteilungssysteme, steht dann in KWK-Anlagen zur Strom- und Wärmeproduktion bereit, verlässlich, wenn es benötigt wird. So gewonnenes Gas wäre dann Ausgangsbasis für die hocheffiziente Technologie der KWK. Das überzeugt auf den ersten Blick. Die Probleme auf den zweiten Blick: Die Verwirklichung eines derartigen Szenarios hätte den Aufbau einer flächendeckenden power-to-gas Infrastruktur zur Voraussetzung – das wäre technisch möglich, wie die vorhandenen Elektrolyse-Pilotanlagen zeigen, ist aber derzeit noch rund um den Faktor vier zu teuer. Und die Umwandlungsverluste bei der Elektrolyse sind nach wie vor sehr hoch.

So oder so. Unbeantwortet bleibt die Frage, wer die Kapazitäten für die Wärme- und Verkehrswende bauen soll, und vor allem, wo. Knapp 26.000 Windräder drehen sich heute schon in Deutschland – und zwar vornehmlich auf windreichen Flächen in dünn besiedelten Gegenden. Im Jahr 2015 lieferten sie 88 TWh Strom. Im Fraunhofer Energiemix-Szenario für das Jahr 2050 steht der Wind (on- und offshore) für rund 300 TWh. Das bedeutet mehr als dreimal soviel Windmühlen als heute. Doch der Platz wird knapp, der Widerstand wächst. Bei der Sonnenenergie sieht es kaum besser aus. Auch wenn es gelingen sollte, einen Teil der Kapazitäten offshore oder in den europäischen Nachbarstaaten zu nutzen, ist eines klar: Billiger wird es auch dort nicht, und schnell geht es erst recht nicht. Und solange die Speicher so sind, wie sie sind, wäre immer noch nicht sicher, dass für Heizung und Verkehr immer Strom zur Verfügung steht. Wenn es richtig kalt ist zum Beispiel, oder wenn das Auto abends um sechs Uhr abends aufgeladen werden muss.

Und nicht zuletzt: Windräder und Photovoltaikanlagen gibt es nicht zum ökologischen Nulltarif. Gewiss ist richtig, dass derartige Anlagen die bei der Herstellung benötigte Energie in wenigen Monaten wieder herein geholt haben – doch sind die Engpässe nicht weg zu diskutieren. Windanlagen ebenso wie Batterien verbrauchen knappe Rohstoffe, beispielsweise seltene Erden. So gesehen, sind erneuerbare Energien also auch nur begrenzt heimische Energien, und von gleichsam unendlicher Verfügbarkeit kann keine Rede sein. Denn diese Rohstoffe sind global nur begrenzt verfügbar, sollten also sorgsam und effizient eingesetzt werden.

Viel spricht dafür, vorrangig einen anderen Weg einzuschlagen. Er ist wohlbekannt. Effizienzpotenziale sind im Wärme- und Verkehrsbereich reichlich vorhanden, und sie sollten endlich wirksam angegangen werden. Hier wirksame Maßnahmen zu implementieren, ist ein steiniger Weg, auch das ist bekannt. Doch sind sie so oder so erfolgskritisch, will man die Energiewende vollziehen. Konzepte, die insbesondere die Menschen mit wenig Einkommen nicht weiter belasten, zu entwickeln und durchzusetzen, hätte aus Sicht von ver.di unbedingte Priorität. Priorität jedenfalls vor jeglichem – gewollten oder ungewollten – Schüren der Illusion, mit einem allelektrischen

Haushalt, einer allelektrischen Industrieproduktion, einem allelektrischen Verkehr den Königsweg der Energiewende gefunden zu haben.

Effizienzpotenziale bei den Verbrauchern zu heben ist nur ein Teil des Erfolgsrezeptes der Energiewende. Es geht vielmehr darum, die Effizienz entlang der gesamten Umwandlungskette – von der Erzeugung über die Verteilung bis zum Endverbrauch – systematisch zu heben. Auch dieser Ansatz wird bei den Vertretern der Sektorkopplung noch vielfach vernachlässigt – das ist systemimmanent logisch, geht es doch darum, vermeintlich im Überfluss vorhandenen Strom an die Verbraucher zu bringen. Und dennoch ist dies das eigentlich entscheidende Kriterium, wenn man den Beitrag einzelner Techniken und Technologien zur erfolgreichen Energiewende in Wärme und Verkehr beurteilen will, ganz gleich ob sie Stromproduktion einschließen oder nicht.

Wohlverstanden – sicherlich kann der Ausbau der Sektorkopplung zum Erfolg der Energiewende beitragen – als alleinseligmachende Strategie taugt sie indessen nicht. Zwei Kriterien sollten an jede in Frage kommende Technik angelegt werden, um deren Beitrag zur Energiewende ermessen zu können:

Stromeinsatz ist umso sinnvoller,

- wenn die Bedienung des Wärme- und Verkehrsverbrauchs über angeschlossene Speicher so gesteuert wird, dass Lastglättung volatiler Einspeisung möglich wird und damit die Versorgungssicherheit im Strombereich wächst, und
- wenn an allen Gliedern von der Stromerzeugung bis zum Endverbraucher von Wärme und Verkehrsdienstleistung, also über die gesamte Umwandlungskette, möglichst geringe Umwandlungsverluste entstehen.

Statt einer pauschalen Förderung unter dem Stichwort Sektorkopplung sind mithin vorrangig Erzeugungs-Techniken einzuführen und zu fördern, die diesen Kriterien entsprechen. Im Folgenden sei dies anhand der beiden Bereiche Verkehr und Wärme etwas detaillierter ausgeführt.

Energiewende im Verkehr

Der Verkehrssektor verdient mit 160 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten besondere Aufmerksamkeit, da er im Gegensatz zu allen anderen Sektoren seit 1990 bei der Reduzierung klimaschädlicher Treibgase nahezu auf der Stelle tritt. Grund dafür ist die deutliche Zunahme des Verkehrs, neben der Fortführung der Dekarbonisierung im Verkehrssektor muss der Verkehr insgesamt unbedingt reduziert werden.

Die Diskrepanz ist frappierend: Auf den Verkehr entfallen nach Berechnungen des Instituts für Verkehrswesen an der TU Braunschweig derzeit 30 Prozent des nationalen Endenergieverbrauchs, rund 80 Prozent davon im Straßen- und 14 Prozent im Luftverkehr. Davon entfallen auf den Eisenbahnverkehr hingegen lediglich ganze 3,8 Prozent, bei einem weit höheren Marktanteil von 18 Prozent im Güterverkehr und 10 Prozent im Personen-

verkehr. Die Bahn ist mit einem Verbrauch von 10 Terawattstunden (TWh) bereits heute größter Stromverbraucher Deutschlands, obwohl der gesamte deutsche Schienenverkehr erst zu 59 Prozent elektrifiziert ist. Aus der Diskrepanz folgt logisch: Die Dekarbonisierung der Verkehrsträger auf Schiene und Straße müsste vor allem die weitere Elektrifizierung des Schienenverkehrs in den Blick nehmen. Der öffentliche Nahverkehr mit Straßen- und U-Bahnen ist schon voll elektrisiert und auch im Busverkehr steigt die Zahl der Elektro- und Hybridbusse, unterstützt durch eine Reihe von Förderprogrammen. Die Bundesregierung setzt jedoch leider noch stärker auf die Förderung der Elektromobilität im Individualverkehr mit PKWs.

Vordergründig verspricht auch die Umstellung des Individualverkehrs auf stromgetriebene Fahrzeuge hohe Effizienzvorteile gegenüber den bisher dominierenden Benzinern und Dieselfahrzeugen. Es stimmt schon, dass in Elektromotoren rund 80 Prozent des Stromes in Nutzbewegung umgesetzt werden gegenüber maximal 20 Prozent des Benzins oder Diesels. Doch wie wird der Strom erzeugt? Strom ist aufwändig zu produzieren, auch beim Einsatz der erneuerbaren Energien entstehen hohe Umwandlungsverluste. Zieht man, wie erforderlich, die gesamte Umwandlungskette in Betracht, schrumpfen die angeblich eklatanten Effizienzvorteile der Stromer ganz erheblich zusammen. Bleibt das CO₂-Sparargument, verbunden mit dem Argument der Systemdienlichkeit im Strombereich. Erforderlich ist hierfür unbestritten ein bundesweites Lade- und Batteriesystem – dies ist aber nur begrenzt und bei intelligentem Batterieeinsatz zum Ausregeln der volatilen erneuerbaren Energien und damit zur Verbesserung der Versorgungssicherheit in der Lage (Strompeak durch Photovoltaik mittags, dann sind aber die meisten Autos unterwegs). Alles steht und fällt damit mit der Frage: Kann das „Batterietanken“ systemdienlich organisiert werden?

Soll eine erfolgreiche zunehmende Nutzung erneuerbarer Energien bei gleichzeitiger flächendeckender Elektrifizierung des Verkehrs gelingen – und beides ist umweltpolitisch geboten – so müssen zugleich Effizienz und Energiebedarf beachtet werden. Es bedarf sehr bewusster politischer Steuerung, die sich besonders der Energieverfügbarkeit widmen muss. Ein kleines Gedankenspiel für eine Vollelektrisierung des Personenverkehrs in der Niedersächsischen Landeshauptstadt Hannover zeigt, worauf wir uns einstellen müssen. Die Hannoverschen Verkehrsbetriebe befördern jährlich 169,6 Millionen Fahrgäste mit Bussen und Stadtbahnen. Die Stadtbahn ist bereit vollelektrisiert und verbraucht 3,06 Kilowattstunden (KWh) pro Kilometer. Durch die eingesetzte Schwungradtechnik speisen die Stadtbahnen je nach Modernisierungsgrad des Fahrzeugs beim Bremsen zwischen einem Drittel und der Hälfte des Stroms wieder als Energie ins Netz ein. Die derzeit eingesetzten Elektrobusse verbrauchen 2 KWh pro Kilometer. Wenn das komplette Busnetz elektrifiziert wäre, würden die Verkehrsbetriebe pro Tag netto 215.915 KWh verbrauchen. Die Hannoveraner besitzen außerdem 242.905 PKWs. Ein sehr sparsames Elektroauto verbraucht 13 KWh auf 100 Kilometern. Wenn wir annehmen, dass alle Hannoveraner solche Autos anschaffen und pro Tag jedes zweite Auto 50 Kilometer weit bewegt wird, ergibt sich ein täglicher Energiebedarf von 789.438 KWh für den motorisierten Indivi-

dualverkehr (MIV). Insgesamt müsste in der Landeshauptstadt täglich über eine Megawattstunde elektrische Energie allein für den Verkehr zur Verfügung stehen und dies tageszeit- und jahreszeitunabhängig sowie örtlich möglichst breit verfügbar gemacht werden. Dass sich diese Bilanz durch einen derzeit ebenfalls diskutierten breiteren Einsatz elektrifizierter autonom fahrender Kleinwagen verändern würde, ist nicht anzunehmen. Allerdings würde eine dadurch möglicherweise ausgelöste Verschiebung des Modal Split weg vom öffentlichen Nahverkehr mit Bussen und Stadtbahnen einen Anstieg des Energiebedarfs auslösen.

Die Herausforderungen und bisher unbeantworteten Fragen liegen auf der Hand. Wie kann die benötigte Energie ganztagig flächendeckend zur Verfügung gestellt werden? Wie müssen Netzleistung und Speicherkapazitäten gestaltet sein und wie wird mit Stromengpässen umgegangen? Benötigen wir Vorrangregelungen für bestimmte Nutzergruppen? Sind erneuerbare Energien bei hohem Energieverbrauch flexibel genug abrufbar? Der Bedarf wird im MIV vor allem in den Abendstunden und des Nachts ansteigen. Welche Voraussetzungen muss eine flächendeckende Ladeinfrastruktur erfüllen und wer stellt sie bei sehr unterschiedlicher kommunaler Kassenlage zur Verfügung?

Der öffentliche Nahverkehr baut derzeit wo möglich eine eigene Infrastruktur für Elektrobusse auf. Die Erschließung der Infrastruktur des ÖPNV in den Städten für die Elektrifizierung des MIV erscheint als der sinnvollste Ansatz, allerdings muss die Finanzierung sichergestellt werden. Die Infrastruktur des ÖPNVs ist bisher kommunale Aufgabe, in Anbetracht der Herausforderungen ist es nicht hilfreich, dass die Entflechtungsmittel seit 1996 nicht erhöht wurden. Ab 2019 erhalten die Länder durch die Einigung im Länder-Finanz-Ausgleich zwar eine etwas höhere Summe, welche jedoch nicht mehr für den kommunalen Verkehr zweckgebunden ist. Mit einem Sanierungsrückstand von bislang mehr als vier Milliarden Euro kann der ÖPNV die Herausforderungen derzeit nicht annehmen. Im Gegenteil, in einer Reihe von Kommunen wird über die Einstellung von Stadtbahnsystemen aus finanziellen Gründen gesprochen. Jetzt ist eine Neuorganisation der Infrastrukturfinanzierung dringend angebracht.

Ein weiterer Fragenkomplex schließt sich mit Blick auf das weltweit zu erreichende Ziel der Energiewende an. Wer elektrisch mobil ist, muss seinen Energiespeicher mitführen. Bei der Entwicklung der Batterien in den Fahrzeugen wurden in den vergangenen Jahren durchaus Fortschritte bei Speicherkapazitäten und Haltbarkeit gemacht. Dennoch müssen wir uns bewusst sein, dass wir für die Batterieherstellung endliche Ressourcen nutzen, vor allem die seltenen Erden, deren Gewinnung vielerorts unter unmenschlichen Bedingungen erfolgt und Vertreibung oder sogar Krieg für die örtliche Bevölkerung bedeutet. Aber auch die CO₂-Bilanz der Batterieherstellung und der ökologische Aspekt ihrer Entsorgung müssen ein Thema für uns sein.

Wenn wir uns fragen, womit wir beginnen sollten, steht da ganz vorn der Ausbau der netzgeführten elektrifizierten Verkehrsträger und die Nutzung der Fahrzeuge, die bereits große Transportkapazitäten bieten. Damit muss eine Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene und die Verschiebung des Modal Split auf den Schienenfernverkehr, Schienennahverkehr und öffentli-

chen Nahverkehr angestrebt werden. Die entsprechenden greifbaren Initiativen und Finanzierungsinstrumente stehen trotz vorsichtiger Bekenntnisse im Klimaschutzplan 2050 bisher aus. Parallele Verkehrssysteme zum Schienen-nahverkehr und Fernverkehr wie der Fernbusverkehr, sind dagegen aus umweltpolitischer und volkswirtschaftlicher Perspektive nicht sinnvoll.

Im Waren- und Güterverkehr ist durch die Zunahme zentralisierter Läger gegenüber dem dezentralen Handel und das Versprechen an die Kunden, jedes Konsumgut frei Haus zu liefern und bei Nichtgefallen wieder zurückzusenden, eine enorme Zunahme der Verkehrsbewegungen zu erwarten. Diese Entwicklung entzieht sich weitestgehend der politischen Einflussnahme und kann nur durch Verteuerung eingedämmt werden. Gerade hier zeigt sich, dass nicht jede neue Möglichkeit, welche digitale Plattformen eröffnet, eine sinnvolle Innovation ist. Auch kleine autonom fahrende Robotauslieferer benötigen Batterien, die bei ihrer Herstellung umweltpolitische und sozialpolitische Probleme in anderen Teilen der Welt nach sich ziehen. Spätestens die aktuellen Flüchtlingsbewegungen haben uns gezeigt, dass wir unsere Probleme nicht einfach auf Kosten anderer Weltregionen lösen können. Wollen wir umweltpolitisch erfolgreich sein und die Klimaschutzziele erreichen, muss Politik auch im Warenverkehr verkehrspolitisch und verkehrsreduzierend gegensteuern.

Unsere Verkehrspolitik muss grundsätzlich breiter aufgestellt und integral durchdacht werden, um die Voraussetzungen zur Erschließung der Möglichkeiten der Sektorkopplung erfolgreich nutzen zu können. Unser Leitgedanke muss Energieeinsparung sein, für den Verkehr bedeutet dies konsequente Verkehrsvermeidung.

Energiewende im Wärmesektor

Unbestritten ist der Wärmesektor ein wesentlicher Energieverbraucher – und die Öl- und Gasheizungen tragen wesentlich zum bundesdeutschen CO₂-Ausstoß bei. Da verspricht die Sektorkopplung Entlastung. Schnell herrscht Einigkeit, dass Ölheizungen als eindeutig kohlenstoffintensivste und klimabelastendste Wärmeenergieerzeugung nicht mehr angeboten werden sollten. Das sehen auch alle Sektorkopplungs-Szenarien vor – es ist allerdings schon lange Konsens. Die Frage ist nur, wie bei derzeit eher moderaten Erdölpreisen ein Umsteuern der Kunden auf klimafreundlichere Heizungssysteme voran gebracht werden soll. Da gibt es verschiedene Optionen. In der Diskussion sind neben einem Verbot Abwrackprämien, aber auch steuerbasierte Lenkungsmaßnahmen beispielsweise in Form von CO₂-Steuern im Wärmemarkt. Doch wie umgehen mit dem Gas, dem mit einem Marktanteil von mehr als 60 Prozent derzeit eindeutig dominierenden Heizungsbrennstoff. Folgt man den meisten Sektorkopplungs-Szenarien, haben Gasheizungen ebenfalls ausgedient, obwohl sie deutlich weniger klimabelastend sind. Öl- und Gasheizungen machen zusammen rund drei Viertel der Heizsysteme aus – ein gleichzeitiger Verzicht würde somit eine fast vollständige Umrüstung der Heizsysteme in den nächsten Jahren bedeuten. Zumal, wenn wie das eingangs

zitierte Extrem-Szenario es vorsieht, auch gleich noch die hocheffiziente Kraft-Wärme-Kopplung mit verboten werden soll.

Die Sektorkopplungs-Szenarien setzen neben der Einspeisung von power-to-heat und anderer erneuerbarer Wärme in die Wärmenetze der Ballungszentren (als Ergänzung bzw. sogar Alternative zu KWK) vor allem auf Stromheizungen mit Geothermie-Wärmepumpen in denjenigen Gebieten, in denen kein Wärmenetz vorhanden ist oder sein Aufbau nicht lohnt. Das verspricht deutliche Effizienzgewinne auch gegenüber Gaseinzelheizungen, doch wieder nur wenn man die Umwandlungsverluste der Stromproduktion vernachlässigt. Entlang der gesamten Umwandlungskette sind Gas-Brennwertheizungen derzeit den (mit aufwändig hergestelltem Strom betriebenen) Wärmepumpen annähernd gleichgestellt – und das auch nur bei technisch optimalen Varianten, die den theoretischen Effizienzgewinn der Wärmepumpe durch Erdwärmenutzung wirklich vollständig ausschöpfen. Gegenüber dezentraler KWK-Wärme verbleibt nach wie vor ein Effizienznachteil, weil hier gleichzeitig hochwertiger Strom erzeugt wird, der zudem auch zur Systemstabilisierung eingesetzt werden kann. In der Konkurrenz zwischen dezentraler KWK, Wärmepumpen und Gas-Brennwertkessel wird es sehr auf die kundenorientierte Einzellösungen ankommen, weil keine eindeutigen Effizienzvorteile für eine der Techniken erkennbar sind. Zudem sollte die systematische Einbindung von Solarthermie immer mit bedacht werden und im Zweifel auch Vorrang haben, denn nur diese garantiert erneuerbare Wärme pur – eben ohne den teuren und vielfach ineffizienten Umweg über Strom.

Und wie weiter machen mit KWK? Dass diese hocheffiziente Umwandlungstechnologie auch in der Energiewende weiterhin eine tragende Rolle spielen sollte, wurde bereits dargelegt. Nichts wäre sinnentleeter und weniger zielführend als ein „Verbot“ der KWK, das sei hier der Klarstellung halber nochmals betont. Gasgeführte KWK – zentral oder dezentral eingesetzt – ist und bleibt ein Kernstück jeder verantwortungsvollen Strategie der Energiewende. So sieht es auch das bereits oben zitierte Szenario von Nitsch. Er will den wesentlichen Teil des postulierten Zuwachses an (erneuerbarer) Stromproduktion zum Aufbau einer power-to-gas-Infrastruktur nutzen, die unter Weiternutzung und Weiterentwicklung der vorhandenen Gasinfrastruktur geeignet wäre, anfallenden Überschussstrom aus erneuerbarer Stromproduktion bedarfsgerecht und flächendeckend in Gaskraftwerken vorwiegend in KWK zur versorgungssicheren Strom- und Wärmeproduktion einzusetzen. Das wäre nach heutigem Kenntnisstand über Stromspeicher ein stimmiges Gesamtszenario für die Zukunft, mit dem Sektorkopplung neu mit der traditionellen Sektorkopplung via KWK zusammengeführt werden könnte. Doch ist auch hier Vorsicht geboten: Noch sind die Umwandlungsverluste bei der Elektrolyse hoch und das Verfahren deshalb noch zu teuer, als dass man ohne weitere fundamentale technologische Durchbrüche derzeit von einer flächendeckenden Einführung ausgehen kann.

Bleibt im Wärmebereich so oder so KWK-Wärme als wesentliche Option – ergänzt durch immer höhere Anteile erneuerbarer Wärmeproduktion. Nur eine Kombination von zentraler und dezentraler KWK mit immer mehr mit Einspeisung erneuerbarer Wärme (via power-to-heat und Wärmepumpen mit Strom-

unterstützung oder direkt als Solarwärme) und zukünftig wohl auch power-to-gas verspricht derzeit, im Wärmebereich die erforderliche CO₂-Einsparung zu erreichen – natürlich nur bei gleichzeitiger Steigerung der Wärmedämmung. Zu diesem Ergebnis kommt beispielsweise auch die Enquete-Kommission „Neue Energie für Berlin“ des Berliner Abgeordnetenhauses. Sie empfiehlt: „Im Zuge der Energiewende in Berlin ist mittel- bis langfristig zwar eine Verdichtung des Fernwärmenetzes notwendig, allerdings kein flächendeckender Ausbau. Erforderlich ist vielmehr auch der Aufbau dezentraler Teilnetze in Siedlungen, Quartieren und einzelnen Gebäuden auf der Basis von beispielsweise Solarthermie, Wärmepumpen oder dezentraler KWK.“

Da ist es schon ärgerlich, wenn von anderer Seite die Rolle der KWK angezweifelt wird – Zweifel dieser Art sind ein Hemmnis für die Energiewende, jedenfalls wenn sich das in der praktischen Politik wiederfindet. Und das ist zunehmend der Fall. Die Fehleinschätzung der Bedeutung der KWK schlägt bereits ganz praktische Wellen in der Förderpolitik der Bundesregierung. Exemplarisch sei hier die aktuelle Diskussion um die weitere Ausgestaltung der KWK-Förderung erwähnt. Das gerade für die öffentliche, systemdienlich einsetzbare KWK auskömmliche KWKG von Ende 2015 trat zwar im Oktober 2016 endlich in Kraft, jedoch nur für Bestandsanlagen und für Neuanlagen mit weniger als einem und mehr als 50 Megawatt elektrischer Leistung. Für die besonders systemdienlichen neuen Anlagen zwischen einem und 50 Megawatt, so sah es eine Vereinbarung zwischen Bundesregierung und EU-Kommission vor, sei eine Ausschreibung zu organisieren, als Voraussetzung, Förderleistungen zu erhalten. Zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses lagen insbesondere die Ausführungsbestimmungen noch nicht vor, doch bereits jetzt sei die Prognose gewagt, dass es mit dem neuen Verfahren sehr schwierig sein wird, die im Gesetz vorgegebenen Ausbauziele für KWK zu erreichen. Das im Gesetz vorgesehene Monitoring wird hier Klarheit schaffen. Im Falle der Verfehlung der Ziele sollte der Gesetzgeber alles tun, um zeitnah und effektiv nachzubessern.

Fazit

Soll Sektorkopplung wirklich die Energiewende voran bringen, führt an der Auswahl und Förderung möglichst effizienter Kopplungstechniken kein Weg vorbei. Das ist eine weitaus komplexere Aufgabe, als die einseitige Förderung des Eindringens von immer mehr Strom aus Wind und Photovoltaik in alle Ritzen des Verkehrs- und Wärmemarktes. Dabei sollte sich der Gesetzgeber an folgenden Prinzipien orientieren:

- Überschüssiger Strom aus erneuerbaren Energien kann helfen, die energie- und klimapolitischen Ziele im Wärme- und Verkehrssektor zu erreichen, allerdings nur dann, wenn er in Systemen eingesetzt werden, die über die gesamte Umwandlungskette hohe Umwandlungseffizienz ermöglichen.

- Die Gasinfrastruktur ist auch langfristig aufrecht zu erhalten. Sie wird zunehmend als Speicher für überschüssigen Strom aus volatilen erneuerbaren Energien eingesetzt (Elektrolyse, power-to-gas) und bedarfsgerecht mit hocheffizienten KWK-Anlagen genutzt.
- Mit der Wärmesanierung aller Gebäude muss endlich ernst gemacht werden.
- Nur Verkehrskonzepte, die wesentlich auf Verkehrsvermeidung und einer Änderung des Modal Split hin zu mehr öffentlichem Personenverkehr basieren und gleichzeitig die Elektrifizierung des verbleibenden, wesentlich reduzierten Individualverkehrs zum Thema machen, versprechen, die Klimaziele im Verkehrsbereich zu erreichen.

Die Energiesysteme sind komplexer geworden, als dass ein Königsweg die Einhaltung der Klimaschutzziele und den Erfolg der Energiewende sicher stellen könnte. Das gilt auch für eine Sektorkopplung, die einseitig Strom aus erneuerbaren Energien zur Heizung und für Verkehrsnutzung empfiehlt. Dessen ungeachtet können geeignete hocheffiziente Kopplungstechnologien der drei Bereiche Strom, Wärme und Verkehr wichtige Beiträge leisten, um die energiepolitischen Programme umzusetzen. Der allelektrische Haushalt aber war in der Energielandschaft der sechziger und siebziger Jahre des letzten Jahrhunderts eine strahlende Fata Morgana – und eine Fata Morgana bleibt er auch unter den geänderten Bedingungen der solar- und windbasierten Energiewende.



Dr. Frank Büchner

Leiter Energy Management Division Siemens Deutschland, Siemens AG

Dr. Frank Büchner, 1955 geboren, verantwortet bei Siemens die Geschäfte der Division Energy Management in Deutschland.

Herr Dr. Büchner hat in Leipzig Elektrotechnik studiert und auf diesem Gebiet promoviert.

Er ist seit 1991 bei Siemens als leitender Angestellter in verschiedenen Führungsaufgaben innerhalb des Arbeitsgebietes Energie tätig.

Im Auge des Sturms – Wie Resilienz neue Chancen bietet

Dr. Frank Büchner

Wenn man von Infrastrukturen spricht, erscheint kaum ein Begriff so vieldeutig und zugleich so klar in seiner Konsequenz, wie der der Resilienz. Schon die erste Bundesregierung nach dem Zweiten Weltkrieg hatte dem Schutz kritischer Infrastrukturen einen besonderen Stellenwert eingeräumt. Da mittlerweile globaler Terror und Klimawandel die atomare Bedrohung des kalten Krieges als Herausforderung abgelöst haben, stellt sich die Frage nach Resilienz heute neu. Was bedeutet der Begriff in Zeiten globaler Vernetzung? Ein Deutungsversuch.

Versuch einer Definition

Sucht man nach einer Erklärung des Begriffs „Resilienz“, stellt man fest, dass dieser je nach Fachrichtung und Branche eine ganz eigene Auslegung erfährt. Während Juristen unter Resilienz die Fähigkeit eines Rechtssystems verstehen, soziale Ereignisse zu absorbieren oder sich anzupassen, drückt der Begriff im Ingenieurwesen die Eigenschaft technischer Systeme aus, ihre Funktionen bei einem Teilausfall zumindest partiell aufrecht zu erhalten. In der Medizin wiederum geht es bei Resilienz um die „Memory“-Funktion von Geweben, also die Möglichkeit einer Zellstruktur, nach verformender Belastung in den Ausgangszustand zurückzukehren.

Erstmals verwendet haben den Begriff jedoch Psychologen in den 1970er Jahren. Sie verstanden unter Resilienz die Fähigkeit des Menschen, sich nach inneren Krisen selbst zu erneuern bzw. psychisch zu regenerieren. Eine Umschreibung, die man auch ganz allgemein formulieren kann: Resilienz ist die Fähigkeit von Menschen, Organisationen und Systemen, auf Krisen und Störungen reagieren zu können, sich selbst zu erneuern ohne sich grundlegend zu verändern. Technisch betrachtet ist Resilienz die Fähigkeit, die Funktion eines Systems auch bei unerwarteten Störungen zuverlässig aufrechtzuerhalten oder möglichst rasch in einen funktionsfähigen Zustand zurückzuführen. Entscheidend hierbei ist die Eigenschaft, sich auf tatsächliche oder potenziell widrige Ereignisse vorzubereiten, sie einzukalkulieren, sie zu verkräften und sich ihnen immer erfolgreicher anzupassen.

Da der Begriff Resilienz vor allem in Bezug auf Infrastrukturen untrennbar mit Vorbeugungs- und Schutzmaßnahmen verbunden ist, sieht die Forschung darin eine Kombination von Sicherheit und Nachhaltigkeit. Das gilt besonders im Kontext von Städten. Eine stabile wirtschaftliche und nachhaltige Entwicklung bedingt zuverlässige Infrastrukturen und ein attraktives Umfeld. Bewohner und Unternehmen müssen sich darauf verlassen können, dass der effektive und zuverlässige Betrieb urbaner Infrastruktursysteme gewährleistet ist – auch und gerade in Zeiten wachsender Risiken von unterschiedlicher Seite.

Kritische Infrastrukturen im Zeitalter der Globalisierung

Eines haben El Niño, Hurrikan Sandy und die Hochwasser in Asien gemeinsam: Sie zeigen, dass Wetterereignisse aufgrund der Klimaveränderung zwar meist nur lokale Schäden anrichten, zugleich aber immer globale Auswirkungen haben. Nachdem sich die Wirtschaft seit einigen Jahrzehnten immer mehr vernetzt und die Wertschöpfungsketten zunehmend buchstäblich über den Globus reichen, haben auch lokale Störungen, etwa durch Unwetter, unmittelbar weltweiten Einfluss. Das reicht von internationalen Währungsturbulenzen, wenn etwa die Wirtschaft eines Landes durch ein Unwetter in Mitleidenschaft gezogen wurde, bis hin zu Produktionsausfällen in europäischen Industriebetrieben, wenn die Lieferung von Schlüsselbauteilen aus einem anderen Teil der Welt infolge von Stürmen oder Überschwemmungen ausbleibt. Überdies macht das Wetter nicht an Kontinentgrenzen halt. Die Klimaerwärmung betrifft die gesamte Welt. Sie ist global. Als Reaktion darauf erleben wir den Trend hin zu den CO₂-neutralen erneuerbaren Energien – und damit einen Wandel des Energiesystems als einem der wichtigsten kritischen Infrastrukturbereiche.

Ein anderes, weltweites Phänomen ist die Vernetzung. Sie sorgt für interkontinentalen Austausch und globale Geld- und Warenströme. Ihre technische Basis ist das Internet. Nach dem Aufbau des „Internets der Menschen“ folgt seit einigen Jahren mit dem „Internet der Dinge“ eine weitere technische Revolution: Die globale Vernetzung von Anlagen, technischen Systemen und Geräten. Genau hier fängt allerdings die Frage an, wo der unbestreitbare Nutzen aufhört und die Herausforderungen beginnen. Einer der offenen Punkte lautet: Wie viel Steuerung kann ich Maschinen überlassen, wenn es um lebensnotwendige Infrastrukturen geht. Stichwort: Selbstlernende Systeme. Weitaus drängender als diese Überlegungen sind jedoch die Gefahren, die in der Tatsache begründet liegen, dass aufgrund der Vernetzung Anlagen zunehmend auch „gehackt“ werden können. Das heißt, über die Datenverbin-



dung mit dem Internet können sich Unbefugte von überall in der Welt unter bestimmten Voraussetzungen Zutritt zu den Steuerungen kritischer Infrastrukturen verschaffen und dort Schäden anrichten.

Cyberattacken: Kehrseite der Digitalisierung

Kürzlich stellte das Allensbach-Institut (FAS, Nr. 50-2016) die Frage: „Sind Cyber-Angriffe auf staatliche Computernetzwerke eine Gefahr für unser Land?“ Zwei Drittel der Befragten antworteten darauf mit ja. 45 Prozent schätzten die Gefahr groß ein, weitere 21 Prozent sogar sehr groß. Etwa zur gleichen Zeit, am 28. September 2016, berichtete das Fernsehmagazin „Plusminus“ davon, wie angreifbar Infrastrukturbereiche, etwa die Wasserversorgung, die Verkehrssteuerung, aber auch Teile des Energiesystems, durch Hacker sind. Man konnte in dem Beitrag quasi live miterleben, wie sich ein Sicherheitsexperte Zugang zur Steuerung von 8.500 Photovoltaik-Anlagen verschaffte. Würden diese Anlagen unangekündigt plötzlich abgeschaltet, könnte dies zu einem Netzausfall führen. Immerhin liegt die Leistung von 8.500 Photovoltaik-Anlagen summiert bei der Größe eines kleineren Kraftwerks.

Die Angriffe aus dem Internet auf Steuerungen von Infrastrukturen nehmen seit Jahren zu. Aktuell sind geschätzt 250 Millionen Schadprogramme im Umlauf. Täglich kommen rund 300.000 dazu. Angesichts solcher Zahlen verwundert es nicht, dass die Bundesregierung mit der „KRITIS“ (Kritische Infrastrukturen)-Strategie bereits vor Jahren ein ganzes Maßnahmenpaket mit gesetzlichen Regelungen und Studien auf den Weg brachte. Das im Juli 2015 in Kraft getretene IT-Sicherheitsgesetz gibt Betreibern kritischer Infrastrukturen die Einhaltung von Mindeststandards an die IT-Sicherheit vor, die jeweils dem »Stand der Technik« entsprechen müssen und deren Einhaltung gegenüber dem Bundesamt für die Sicherheit in der Informationstechnik nachgewiesen werden muss. Zudem sind erhebliche Störungen der IT künftig meldepflichtig, sofern sie Auswirkungen auf die Verfügbarkeit kritischer Dienstleistungen haben können. Eine Verordnung vom April 2016 konkretisiert, ab welcher Größe (Zahl der Abnahmestellen) Infrastrukturbetreiber, etwa Stadtwerke, das IT-Gesetz hinsichtlich „Stand der Technik“ und Meldepflichtverfahren umzusetzen haben.

Fakt ist: Die Zahl der Möglichkeiten, sich zu schützen, ist groß. Und leider ist es mit dem Aufspielen einer Antiviren-Software bei weitem noch nicht getan. Wirksam ist nur ein gut durchdachtes Bündel an Maßnahmen. Das beginnt bei der Design-Dokumentation von Systemen und reicht von einer sicheren Netzwerkarchitektur über den richtigen Umgang mit Passwörtern und (Fern-) Zugangskontrollen bis zur Verschlüsselung von Systemen und der regelmäßigen Sicherheitswartung mit Patches und Updates. Es kommt letztlich auf die richtige Strategie an – und den Willen, diese konsequent umzusetzen. Zusammengefasst: Guter Schutz ist möglich, um diesen zu erreichen, bedarf es aber einer konsequenten und kontinuierlichen Sicherheitsdynamik, die Investitionen auch ohne direkten „return on invest“ erfordern.

Sichere Daten – aber was ist mit der Hardware?

Angesichts der weltweiten digitalen Vernetzung liegt ein Schwerpunkt jeder Resilienz-Strategie zu Recht auf dem Schutz der Anlagensteuerung. Softwaresysteme sind allerdings nur die eine Hälfte des Systems. Die andere ist die Hardware selbst. Egal, ob es sich um große Schaltanlagen mit Trafos, kleine Ortsnetzstationen, Kraftwerke oder Speichersysteme handelt – all diese Anlagen, Gebäude und Feldgeräte bedürfen zusätzlich einer auf globale und vernetzte Gefahren ausgerichteten dynamischen Sicherheitskonzeption.

Denn während sich Schäden, hervorgerufen durch Cyberattacken, im Normalfall nach absehbarer Zeit wieder beheben lassen, könnte sich der Ausfall von wichtigen Komponenten eines Übertragungs- oder Verteilnetzes fatal auswirken. Wesentliche Infrastrukturkomponenten, z.B. in Umspannwerken, sind nicht so schnell zu ersetzen. Solche Schäden hätten im schlimmsten Fall längerfristige Blackouts zur Folge. Welche Auswirkungen diese wiederum haben können, hat ein Ausschuss des Bundestages 2011 in einem Bericht dargelegt. Für den Fall, dass ein Stromausfall mehrere Tage dauern würde, wäre die „kaskadierende Schadenswirkungen“ dem Bericht zufolge auch durch eine Mobilisierung aller internen und externen Kräfte und Ressourcen nicht „beherrschbar“, allenfalls zu mildern (Deutscher Bundestag Drucksache 17/5672, S. 119f). Von den wirtschaftlichen Verlusten ganz abgesehen. Im Umkehrschluss bedeutet das: Dem Ausfall von kritischen Systemkomponenten vorzubeugen und einen Notfall in der Hinterhand zu haben, ist ebenso wichtig, wie Investitionen in eine dynamische Strategie gegen Cyberangriffe.

Wasser, Wiebke, Lothar: Unkontrollierbares Wetter

Die Liste zerstörerischer Wetterkatastrophen ist ebenso lang wie deprimierend. Allein zwischen 2000 und 2012 verursachten Unwetter, Seuchen und Erdbeben laut einem UNO-Bericht globale Schäden in Höhe von rund 1,6 Billionen Euro. Darin enthalten: Schäden an Infrastrukturen, Gebäuden und Umwelt sowie die unmittelbaren und langfristigen wirtschaftliche Verluste. Auch in Deutschland selbst ist die Liste von Wetterschäden lang. Dresden beispielsweise wurde innerhalb von nur elf Jahren von zwei sogenannten „Jahrhunderthochwassern“ heimgesucht. Im August 2002 stiegen die Pegel der Elbe auf 9,40 Meter; im Frühjahr 2013 erreichten sie ihren Scheitelpunkt bei 8,75 Metern. Im Stadtgebiet Dresden entstand nach der Flut 2002 ein Gesamtschaden von rund einer Milliarde Euro.

Hochwasser, Flutwellen, Stürme, Hitzeperioden, extreme Wintereinbrüche mit Eisregen und Schneemassen – praktisch auf jede Form von Unwetter müssen Infrastruktureinrichtungen vorbereitet sein. Und das Wetter wird nicht besser, sondern bleibt so wechselhaft und unberechenbar wie es ist. Der fünfte Sachstandsbericht des Weltklimarats (IPCC) stellt klar, dass extreme Wetterereignisse wie Hitzeperioden künftig wahrscheinlich häufiger auftreten und auch länger dauern. Darauf müssen wir uns einrichten. Aber ähnlich wie bei den anderen Herausforderungen, die sich in einem Resilienz-Katalog für



Infrastrukturen wiederfinden, gilt auch bei Wetterereignissen: Man kann und muss sich darauf einstellen, dass sie früher oder später auftreten. Für die Feldgeräte und Anlagen eines Energiesystems bedeutet das beispielsweise, dass man rechtzeitig Schutzmaßnahmen ergreift, die Technik bestmöglich auf Teilausfälle im System vorbereitet und Notfallpläne bereithält, um bei jeder Art von Ausfall in kürzest möglicher Zeit die Bereitstellung der Infrastruktur wieder gewährleisten zu können.

Schwankende Einspeisung: Energienetze unter Druck

Nicht nur extreme Wetterlagen, auch die alltäglichen kurzfristigen Wechsel von Sonnenschein und Bewölkung, von Wind und Flaute machen einem ganz speziellen Infrastrukturbereich mittlerweile zu schaffen : dem Energiesystem. Das deutsche Stromnetz ist auch im Jahr 2017 noch überwiegend für eine zentrale Stromerzeugung mit Großkraftwerken ausgelegt. Der Netzausbau hält mit dem dezentralen Zubau, insbesondere von Windkraft- und Photovoltaikanlagen, nicht stand. Zwischen 2005 und 2015 nahm der Anteil Erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch von 10,2 auf 31,5 Prozent zu. Im Jahr 2017 wird sich dieser Anteil weiter in Richtung 35 Prozent erhöhen.

Während durch Engpässe auf den Nord-Süd-Trassen in den Regelzonen der Übertragungsnetzbetreiber dadurch vor allem die Zahl der „Redispatch“-Maßnahmen steigt, also nachträglich geordnete Leistungseinspeisung durch Kraftwerke, geht es in den Verteilnetzen vor allem darum, die Spannung stabil zu halten. Mit jeder Windkraftanlage und jeder PV-Anlage steigt in den Verteilnetzen nämlich der Anteil volatiler Einspeisung und damit die Herausforderung für die Netzbetreiber, die plötzlichen Leistungsschwankungen auszuregeln.

Zwar werden die Wetterprognosen immer genauer, gleichzeitig wächst aber auch der Anteil an nicht steuerbarer Stromeinspeisung ins Netz.

Jenseits von Cybersecurity- oder Terrorgefahren für Schaltanlagen und Kraftwerke liegt hier eine weitere Herausforderung für die Stabilität der Energieversorgung. Netzbetreiber reagieren darauf mit einer Umrüstung auf kommunikationsfähige Feldgeräte wie beispielsweise intelligente Ortsnetzstationen bis hin zu Querverbundnetzleitstellen und umfassenden Energiemanagement-Systemen, um die Energieversorgung zu automatisieren. Für die Zukunft werden sogar Smart Grid Lösungen diskutiert, die unterschiedliche energierelevante Sektoren wie die Fernwärme- und die Gasversorgung sowie den Mobilitätssektor mit der Stromversorgung koppeln. Hier könnte eine Lösung für den Ausgleich schwankender Einspeisung und Last für die Zukunft liegen. Durch den Austausch von Energiemengen ließen sich viele sogenannte „Lastsenken“, aber auch Speichermöglichkeiten für Wind- und sonnenschwache Stunden und Tage nutzen – etwa von erneuerbar produziertem Strom in Batterien, in die Fernwärme bzw. in die Elektromobilität oder von erneuerbarem, über Elektrolyseure erzeugtem Gas, bzw. aus Batterien wieder zurück in die Stromerzeugung. Hintergrund: Der Energieverbrauch ist im Kontext der Systemstabilität besser planbar und vorhersagbarer bzw. steuerbarer als Wind, Sonne oder sonstige Unwägbarkeiten in der Stromerzeugung.

Wirtschaftlichkeit angesichts sich wandelnder Märkte

In seinem Buch „Resilient Cities: Responding to Peak Oil and Climate Change“ schreibt Peter Newman, der Begriff Resilienz stehe weitaus mehr im Kontext der Innovation als der Reaktion. In resilienten Strukturen, so Newman, sei der ursprüngliche Zustand vor einer Krise zwar Ausgangspunkt für einen Wandel, aber nicht das wieder zu erreichende Ziel. Resilienz sei vielmehr ein Transformationsprozess, der bestehende Strukturen aufgreife und sie in widerstandsfähige und damit zukunftsweisende Formen überführe.

Was hier beschrieben wird, ist der große Zusammenhang zwischen Wirtschaftlichkeit und Resilienz, zwischen Infrastrukturen und einem marktwirtschaftlichen System, dem diese dienen und von dem ihre Qualität und letztlich auch ihre Resilienz abhängt. Der logische Schluss ist zwingend: Investitionen in robuste Infrastrukturen kosten Geld, sparen aber angesichts dadurch vermeidbarer Schäden deutlich mehr ein. Soweit die Logik. Leider lösen aber Resilienzherausforderungen bisweilen Marktumbrüche gerade erst aus. Nehmen wir etwa die Energiewende. Politische Weichenstellungen gestalteten den Strommarkt mit seinen über Jahrzehnte kaum veränderten Strukturen binnen weniger Jahre fast komplett um. Wäre dies ein zeitlich begrenzter Prozess, könnte man sich als Stromerzeuger oder Netzbetreiber auf die neue Situation mit neuen Geschäftsmodellen einstellen. Was wir derzeit erleben, ist aber weder zeitlich begrenzt, noch kann man einen vorhersehbar sich entwickelnden Prozess erkennen. Vielmehr ändern sich durch immer neue regulatorische Eingriffe ebenso wie durch technische Neuerungen kontinuierlich die Marktgegebenheiten. Was gestern noch ein lohnenswertes Geschäft schien, kann morgen schon ein Investitionsgrab sein.



Fakt ist: Der Strommarkt wächst und bleibt auch in Zukunft lukrativ. Zugleich bedarf es aber heute mehr Flexibilität, um auf diesem sich stetig wandelnden Terrain erfolgreich zu sein. Dazu gehört die Offenheit für neue Geschäftsmöglichkeiten wie etwa die Teilnahme an einem der verschiedenen Regelenergiemärkte in den Sektoren Strom und Gas oder die diversen Optionen, Strom im Pool zu vermarkten. Dazu gehört beispielsweise für Stadtwerke auch, Kundenstrukturen neu zu bewerten und eventuell über kombinierte Angebote, etwa im Querverbund, nachzudenken. Und schließlich gehört dazu auch, sich mit neuen Technologien wie Speicher- und Lastmanagementsystemen und einer durchgehenden Digitalisierung auf unterschiedliche Marktszenarien einzustellen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen: Lebenswichtige Infrastrukturen wie der Energiesektor stehen seit jeher einer ganzen Reihe von Herausforderungen gegenüber, wenn es darum geht, die Versorgung zu garantieren, oder bei Ausfällen schnell wieder den Betrieb aufzunehmen. Während Technologien immer besser werden, um sich gegen unvorhergesehene, plötzlich auftretende Ereignisse zu wappnen, steigt leider auch die Zahl der potenziellen Gefahren. Globalisierung und Digitalisierung sind dabei Chance und Risiko zugleich. Sie sind zwei Seiten ein und derselben Medaille. Am Ende beginnt Resilienz immer im Kopf. Es ist der Wille, der die Innovation vor die Reaktion stellt. Die Herausforderungen sind bekannt, die Lösungsansätze ebenso. Für jede individuelle Situation eines Infrastrukturbetreibers lassen sich punktgenaue Resilienz-Strategien entwickeln um am Ende das sicherstellen, was die Basis für Wohlstand und Entwicklung ist: Eine stabile Versorgung von Wirtschaft und Gesellschaft mit lebenswichtigen Gütern, Energielieferungen, Gesundheitsversorgung, Mobilität und Kommunikation.



© Hojabr Riahi

Garrelt Duin

Minister für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk des Landes Nordrhein-Westfalen

Garrelt Duin: 48 Jahre alt, geboren in Leer/Ostfriesland, verheiratet, ein Sohn, wohnt in Essen. Seit Juni 2012 Minister für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk des Landes Nordrhein-Westfalen. Er ist Rechtsanwalt und hat Jura in Bielefeld und Evangelische Theologie in Göttingen studiert.

Von 2010 bis 2012 war er Vorsitzender des Regionalrates Ostfriesland. Von 2005 bis 2012 gehörte er dem Deutschen Bundestag an, war dort bis 2009 Beauftragter für Industriepolitik der SPD-Bundestagsfraktion und von 2009 bis 2012 deren wirtschaftspolitischer Sprecher. Von 2001 bis 2006 hatte er den Vorsitz des Rates der Gemeinde Hinte/Ostfriesland inne. 2000 bis 2005 war er Europaabgeordneter. 2005 bis 2010 stand er an der Spitze der SPD in Niedersachsen und war von 2001 bis 2011 Mitglied des SPD-Bundesvorstands.

Strom, Wärme, Verkehr und Industrie sinnvoll koppeln

Klimapolitik, Industriepolitik und Sozialpolitik muss in der Balance bleiben / Sektorenkopplung braucht Technologie-Offenheit

Garrelt Duin

Die Energiewende ist mehr als der Umstieg auf Erneuerbare Energien im Stromsektor. Nordrhein-Westfalen braucht als Industrieland mit dicht besiedelten Ballungsgebieten sehr viel Energie - im Strom-, Wärme- und Verkehrssektor. Deshalb öffnet sich ein weites Feld für die Kopplung von Strom, Wärme/Kälte und Mobilität.

Die Sektorenkopplung wird in der aktuellen Diskussion vielfach als Schlüssel für die Weiterentwicklung unseres Energiesystems bewertet. Der Begriff Sektorenkopplung ist bisher jedoch nicht eindeutig definiert. Daher umfassen die zahlreichen Szenarien und Prognosen zur Sektorenkopplung in unserem zukünftigen Energiesystem auch ein breites Spektrum an Transformationspfaden und technologischen Systemkonfigurationen. Dazu gehören Flexibilitätsoptionen auf der Erzeugungs- und Verbrauchsseite sowie neue Elektrifizierungsoptionen in verschiedenen Sektoren wie Wärme/Kälte oder auch Verkehr.

Sektorenkopplung ist ein sehr weites und facettenreiches Feld, das noch systematisch zu untersuchen ist. Mein Beitrag soll daher der Versuch einer ersten Bewertung der Chancen und Probleme der Sektorenkopplung sein - als Beitrag zur Weiterentwicklung unseres Energiesystems.

Deutlich ist bereits heute, dass eine stärkere Kopplung der Sektoren Strom, Wärme/Kälte und Mobilität mit flexibilisierten Erzeugungs- und Verbrauchsstrukturen helfen könnte, die in Deutschland beschlossenen ehrgeizigen Energie- und Klimaschutzziele zu erreichen. Diese sind quantitativ hinterlegt und reichen bis zum Jahr 2050. So sollen bis 2050 unter anderem die Treibhausgasemissionen um 80 bis 95 Prozent im Vergleich zu 1990 reduziert werden; der Anteil Erneuerbarer Energien (EE) am Bruttostromverbrauch soll auf 80 Prozent erhöht und der Primärenergieverbrauch um 50 Prozent im Vergleich zu 2008 gesenkt werden. Das energiepolitische Dreieck aus Versorgungssicherheit, Bezahlbarkeit und Umweltverträglichkeit ist dabei die Richtschnur nationaler Energiepolitik.

Da fast 90 Prozent der gesamten CO₂-Emissionen in Deutschland der Energie, der Industrie, dem Verkehr und den Gebäuden zugeordnet werden können (Stand 2014), beschreiben der Klimaschutzplan 2050 des Bundes und der Klimaschutzplan NRW die Sektoren Wärme/Kälte und Verkehr ebenfalls als wichtige Handlungsfelder für Emissionsminderungen. Der Klimaschutzplan 2050 des Bundes gibt für Industrie, Energie, Verkehr, Gebäude und Landwirtschaft sektorale Einsparziele für die Treibhausgasemissionen vor. Demnach sollen in der Energiewirtschaft bis 2030 Emissionsminderungen für Treibhausgase im Vergleich zu 1990 von 61 bis 62 Prozent, in Gebäuden

von 66 bis 67 Prozent im Verkehr von 40 bis 42 Prozent, in der Industrie von 49 bis 51 Prozent und in der Landwirtschaft von 31 bis 34 Prozent erreicht werden.

Die energiewirtschaftliche Ausgangssituation für die Beurteilung von Optionen zur Sektorenkopplung in Deutschland stellt sich wie folgt dar:

2015 lag der End-Energieverbrauch bei 2500 Terrawattstunden (TWh). Davon entfielen fast die Hälfte auf Wärme-/Kälte (1200 TWh), ein Viertel (635 TWh) auf den Verkehr und etwa ein Fünftel (520 TWh) auf den Strom.

Auf den Gebäudewärmebereich entfallen in Deutschland 41 Prozent des Primärenergieverbrauchs und 21 Prozent der CO₂-Emissionen. Der größte Teil der Endenergie, die im Wärmesektor verbraucht wird, wird von privaten Haushalten genutzt.

In den Sektoren Wärme und Verkehr konnte eine signifikante Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien wie im Stromsektor bisher nicht beobachtet werden: Der EE-Anteil im Verkehrssektor betrug 2015 fünf Prozent, im Wärme/Kältesektor 13 Prozent und am Stromverbrauch 32 Prozent. Am gesamten Endenergieverbrauch lag der EE-Anteil damit bei 15 Prozent. Das vereinbarte Ziel ist ein Anteil von 60 Prozent in 2050.

Die theoretischen Entwicklungspotenziale für eine Elektrifizierung des Wärme-/Kälte- und Verkehrssektors sind folglich sehr hoch. Zu erwarten ist daher, dass zukünftig ein zunehmender Teil des Energiebedarfs auch in diesen Sektoren durch Strom aus EE gedeckt werden wird. Ein Anstieg des Stromverbrauchs gegenüber heute ist daher zu erwarten. In bereits vorliegenden Studien zum Thema Sektorenkopplung reichen die Prognosen von Bruttostromverbräuchen im Jahre 2050 von 475 TWh/a über 600 bis 700 TWh/a bis über 1.300 TWh/a.

Wesentlicher Grund für die große Spannweite der Prognosen ist insbesondere die eingangs erwähnte technologische Vielfalt der betrachteten Optionen für Sektorenkopplung. Hierbei werden typischerweise Technologien wie die Kraft-Wärme-(Kälte)-Kopplung oder das Zu- oder Abschalten flexibler Lasten (Demand-Side-Management) bei Industrieprozessen oder anderen Stromverbrauchern betrachtet - zum Beispiel elektrische Wärmeerzeugung (Power-to-Heat) mit Heizstäben, Elektrodenkesseln oder Wärmepumpen.

Auch das Be- oder Entladen von Energiespeichern (Pumpspeicher, Batterien, Druckluftspeicher, Wärmespeicher) sowie Power-to-Gas (PtG) bzw. Power-to-Liquid (PtL)- Prozesse mit speicherfähigen Energieträgerprodukten wie Wasserstoff, synthetisches Methan oder synthetische Kraftstoffe sind mögliche Elemente künftiger Ansätze für Sektorenkopplung. Auch das Technologiefeld „Power to Chemicals“ bietet interessante Anknüpfungspunkte - insbesondere für die Bereitstellung chemischer Produkte für die Wertschöpfungsketten der in Nordrhein-Westfalen stark ausgeprägten Chemie-Industrie.

Stark elektrifizierte sektorengekoppelte Energiesysteme, bei denen Strom als Hauptenergieträger auch im Bereich der Wärme (Industrie und private Gebäude), im Verkehr (Kraftstoffe) und bei der Bereitstellung von chemischen Rohstoffen in der Industrie eingesetzt würde, hätten eine Vervielfachung des Strombedarfs im Vergleich zu heute zur Folge. So wird in einer vom Umwelt-

bundesamt 2014 erstellten Studie der Strombedarf für das Jahr 2050 unter den geschilderten Rahmenbedingungen mit 3.000 TWh/a angegeben, was beinahe dem Fünffachen unseres heutigen Strombedarfs entspräche.

Die bekannten Technologien zur Sektorenkopplung sind teilweise bereits großtechnisch entwickelt und verfügbar, teilweise muss jedoch noch erheblich geforscht und entwickelt werden, um ihren technisch und wirtschaftlich sinnvollen Einsatz zu ermöglichen. Darüber hinaus werden weitere Aspekte wie der zusammenwachsende europäische Energiebinnenmarkt (europäische Ausgleichseffekte), die Entwicklung von Rohstoff- und CO₂-Preisen die zukünftigen Ansätze zur Sektorenkopplung prägen. Zu nennen sind auch infrastrukturelle Entwicklungen wie Übertragungskapazitäten im Netz oder auch Mechanismen zur Versorgungssicherheit beispielsweise durch Kapazitätsmärkte.

In jedem Falle werden mit wachsendem EE-Ausbau in Phasen, in denen der aktuelle Stromverbrauch niedriger ist als die ins Netz eingespeiste Strommenge aus fluktuierenden Erneuerbaren Energien, immer größere Strommengen für andere Verwendungen zur Verfügung stehen. Die Zahl von Stunden mit „Überschussstrom“ hat sich in den letzten Jahren deutlich erhöht und wird mit dem beschlossenen EE-Ausbau weiter zunehmen. Im Jahr 2015 waren es 126 Stunden; das entspricht 1,4 Prozent des Gesamtjahres.

Außerdem erfolgt der EE-Zubau in Deutschland aktuell wesentlich schneller als der notwendige Netzausbau. Dies hat zur Folge, dass im Jahr 2015 für Redispatch- und Einspeisemanagement-Maßnahmen Kosten von einer Milliarde Euro angefallen sind. 2010 lagen diese noch bei lediglich 23 Millionen. Von einem weiteren Kostenanstieg ist daher auszugehen. Sektorenkopplung kann dabei helfen, die Kosten für Redispatch und Einspeisemanagement zu senken und „Überschussstrom“ für andere Anwendungen zu nutzen.

Bei der Sektorenkopplung ist bisher nicht hinreichend geklärt, wie sie kosteneffizient, möglichst durch Marktmechanismen angereizt und wirtschaftlich umgesetzt werden kann, ohne dazu neue Subventionstatbestände zu schaffen. Das aktuelle Marktumfeld bietet jedenfalls kaum Anreize zur Sektorenkopplung.

Es muss deshalb geklärt werden, welche Rahmenbedingungen und wirtschaftlichen Anreize bestehen müssten und welche Auswirkungen damit für die Versorgungssicherheit, die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie und die bestehende Energie-Infrastruktur mit konventionellen Großkraftwerken, KWK- und EE-Anlagen sowie Strom-, Gas- und Fernwärmenetzen verbunden wären.

Daraus ergeben sich insbesondere folgende Fragen, die noch systematisch untersucht werden müssen, bevor sie beantwortet werden können:

Ist eine systemdienliche Kopplung des Strom-, Wärme-/Kälte- und Verkehrssektors möglich, um Angebot und Nachfrage auch in einem zukünftigen Umfeld multidirektionaler, stark volatiler Leistungsflüsse auszugleichen?

Ist eine Elektrifizierung des Gesamtsystems möglich, ohne dass Versorgungssicherheit und tragfähige (Industrie)Strompreise gefährdet werden?

Wie kann Sektorenkopplung - auch durch Änderungen des regulatorischen Rahmens - so gesteuert oder angereizt werden, dass sie möglichst kosteneff-

fizient erfolgt beziehungsweise die CO₂-Vermeidungskosten möglichst gering sind?

Welche Fördernotwendigkeiten bestehen hierzu quantitativ, qualitativ und im weiteren Zeitverlauf?

Welche Treibhausgasminierungen erfolgen im Zeitverlauf in den Verbrauchssektoren Industrie, Verkehr, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, private Haushalte (Wärme/Kälte, Strom)?

Wo liegen wesentliche Kostentreiber einer Elektrifizierung durch Sektorenkopplung und welche Auswirkungen haben diese auf die Strompreise für die Verbrauchergruppen private Haushalte, Gewerbe und Industrie?

Wo bestehen Synergieeffekte bei der sektorenübergreifenden Elektrifizierung mit Blick auf die Nutzung vorhandener Infrastruktur und Kosteneffizienz - zum Beispiel eine Nutzung des Gasnetzes als (Langzeit)speicher?

Wie kann das Thema frühzeitig europäisch und international koordiniert werden?

Bei allen noch offenen Fragen ist eines dennoch bereits jetzt sehr deutlich: Wir müssen verstehen, dass die Energiewende mehr ist als der Umstieg auf Erneuerbare Energien im Stromsektor. Es ist nicht damit getan, möglichst viele Windkraft- und Photovoltaikanlagen aufzubauen. Meiner Ansicht nach kann eine erfolgreiche Energiewende nur gelingen, wenn wir es schaffen, Strom, Wärme, Verkehr und Industrie sinnvoll zu koppeln. Dies wäre ein wesentlicher Beitrag zur Erreichung der gesetzten Klimaschutzziele.

Dabei darf Sektorenkopplung aber nicht lediglich als Legitimation für einen weiter beschleunigten EE-Ausbau über den beschlossenen Ausbaupfad hinaus dienen. Vielmehr wird eine gesamtsystemische Betrachtung unseres Energieversorgungssystems immer wichtiger. Diese muss mit einer effizienten Vernetzung des Gesamtenergiesystems einhergehen, in dem die Erneuerbaren Energien bereits heute eine dominierende und weiter wachsende Rolle spielen.

Dieses neue Energiesystem setzt auf Flexibilisierung aller Akteure und einer neuen Struktur von Versorgung und Nachfrage. Die Energieversorgung wird zunehmend dezentraler und sie wird zu einem intelligenten System, in dem Versorgungs- durch Steuerungstechnologien ergänzt werden. Dies betrifft neben der Stromerzeugung die Übertragungs- und Verteilnetze, aber auch Speicher und andere Flexibilitätsoptionen einschließlich der Kopplung mit den Bereichen Mobilität und Wärme. Zudem sind auch Energieeinsparung und Energieeffizienz wesentliche Elemente eines weiterentwickelten Energiesystems.

Hierfür müssen wir geeignete energiewirtschaftliche Rahmen setzen und viel in Forschung und Entwicklung investieren. Die bestehenden regulatorischen Vorgaben, Anreize und Steuerungselemente werden in dem sich gegenwärtig stark wandelnden energiewirtschaftlichen Umfeld regelmäßig überprüft und falls nötig nachgesteuert werden müssen.

Für mich als Wirtschafts- und Energieminister des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen sind Chancen, Aufgaben und Probleme der Sektorenkopplung besonders greifbar. Nordrhein-Westfalen braucht als Industrieland mit dicht besiedelten Ballungsgebieten sehr viel Energie - im Strom-, Wärme-

und Verkehrssektor. Deshalb öffnet sich ein weites Feld für die Kopplung von Strom, Wärme/Kälte und Mobilität.

Die Sektorenkopplung benötigt Innovationen, modernste Technik, effiziente Produktionsverfahren, aber auch Dienstleistungen. Durch die intelligente Nutzung digitaler Technologien können Angebot und Nachfrage von Energieströmen bei Mobilität, Wohnen oder Arbeit sinnvoll miteinander vernetzt werden. Solche Handlungsansätze werden bereits in Pilotprojekten erprobt, wie zum Beispiel der Initiative „Intelligente Städte in NRW“ in Köln, Bottrop, Dortmund und Gelsenkirchen.

Branchen wie Energietechnik, Maschinen- und Anlagenbau, Antriebstechnik, Produktionstechnik, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik sowie Informations- und Kommunikationstechnik werden für diese Zwecke neue Produkte auf allen Wertschöpfungsstufen entwickeln. Auch neue Geschäftsfelder für Energieversorgungsunternehmen und neue Akteure in einem zukünftigen weiterentwickelten Energiesystem können entstehen. Für technische Lösungen und FuE zur Sektorenkopplung ist Nordrhein-Westfalen mit seinen zahlreichen Hochschulen und Forschungs-Instituten und seiner innovationsorientierten Industrie eine Top-Region. Deshalb werden wir die Chancen beim Umbau unseres Energiesystems nutzen.

Wir stellen hohe Anforderungen an den Umbau, denn die Sicherung des Wirtschaftslandes Nordrhein-Westfalen mit seiner zum Teil auch energieintensiven Industrie und seinen vielen kleinen und mittelständischen Unternehmen steht bei uns ganz oben auf der Tagesordnung. Ihre Wettbewerbsfähigkeit ist das A und O.

Es ist daher umso wichtiger, die Weiterentwicklung des Energiesystems sorgsam abzuwägen. Dazu gehört auch, sich angesichts des skizzierten breiten Spektrums an Technologien zur Sektorenkopplung und der vielfältigen denkbaren Systemkonfigurationen nicht zu früh auf bestimmte Technologien oder Entwicklungspfade festzulegen. Technologieoffenheit ist nötig, um die richtigen Antworten auf die oben aufgeworfenen Fragen geben zu können.

Es liegt somit noch viel Arbeit vor uns, um die mit der Sektorenkopplung einhergehende Weiterentwicklung des Energiesystems mit den Anforderungen eines Energie- und Industrielandes in Einklang zu bringen. Wir müssen dabei klimapolitische Ziele ebenso im Blick behalten wie industrie- und sozialpolitische Belange. Andernfalls laufen wir Gefahr, uns im globalen Standortwettbewerb nicht behaupten zu können und damit Arbeitsplätze und Wohlstand zu gefährden. Das wäre keine gute Blaupause für Klimaschutzanstrengungen, die sich andere zum Vorbild nehmen.



Andreas Feicht
Vizepräsident, VKU Verband kommunaler Unternehmen e. V.

Andreas Feicht begann 1993 seine berufliche Laufbahn bei der Dresdner Verkehrsbetriebe AG. Im Anschluss arbeitete er bei den Technischen Werken Dresden.

Herr Feicht studierte berufsbegleitend Wirtschaftswissenschaft an der Fernuniversität Hagen.

Gemeinsam mit den Eigentümern der Berliner Beratungsdienste gründete Herr Feicht im August 2000 die BBD Verkehrsconsult GmbH und fungierte als geschäftsführender Gesellschafter. Ab Oktober 2005 war er als Mitgeschäftsführer der BSL Management Consultants tätig. Dort baute er u. a. die Berliner Niederlassung auf.

Mit Wirkung zum 01.01.2007 übernahm Feicht den Vorstandsvorsitz der Wuppertaler Stadtwerke AG. Mit der Neustrukturierung des Unternehmens nimmt er in Personalunion die Funktionen des Vorstandsvorsitzenden der WSW Energie & Wasser AG sowie den Vorsitz in der Geschäftsführung der WSW mobil GmbH und der WSW Wuppertaler Stadtwerke GmbH wahr.

Am 28.02.2013 wurde Herr Feicht zum Vizepräsidenten Energiewirtschaft des VKU gewählt.

Der gebürtige Süddeutsche (Jg. 1971) ist verheiratet, hat eine Tochter und wohnt in Wuppertal.

Die eierlegende Wollmilchsau: Wie können wir technologieoffene Rahmenbedingungen für den Energiemarkt bis 2030 entwickeln? – Erste Überlegungen

*Andreas Feicht*¹

Die Stromwende ist auf einem guten Weg. Nun ist es Zeit, sich neuen Baustellen zuzuwenden. Denn die Energiewende hört nicht im Stromsektor auf. Energiewende und der Klimaschutz können nur erfolgreich sein, wenn alle Bereiche der Wirtschaft sich dieser Aufgabe annehmen.

Jetzt muss es in den Sektoren Wärme und Verkehr vorangehen. Ist der Strommarkt nicht schon komplex genug? Nun auch noch Wärme und Verkehr? Ja, denn wir sollten die Gelegenheit nutzen, den Energiemarkt der Zukunft systematisch zu entwickeln. So können wir Zielkonflikte identifizieren, ungewollte Wechselwirkungen und Lock-in-Effekte vermeiden und Synergien heben.

Und dabei suchen wir die eierlegende Wollmilchsau: Denn obwohl noch viele Fragen offen sind, ist eines sicher: Auch für den Energiemarkt 2.0 muss das energiepolitische Zieldreieck aus Versorgungssicherheit, Kosteneffizienz und Umweltfreundlichkeit der Maßstab bleiben.

Darüber hinaus müssen die Rahmenbedingungen technologieoffen sein. Nur so können sich Technologien und Lösungen entwickeln, die wir uns heute noch gar nicht vorstellen können. Nur so können wir Lock-in-Effekte in Technologien vermeiden, die heute vielversprechend aussehen, aber 2030 längst von anderen überholt sein könnten.

Wir kommen aus einer Welt, in der die Sektoren Strom, Wärme und Verkehr weitgehend unabhängig voneinander funktionieren. Eine Ausnahme ist und bleibt die Kraft-Wärme-Kopplung. In Zukunft werden die Sektoren über die KWK hinaus immer stärker miteinander verwoben sein. Autos fahren mit Strom und Strom wird in Wärme „verwandelt“.

Dabei dürfen wir nicht vergessen, dass die Kunden in allen Sektoren im Mittelpunkt stehen. Verkehrs- und Wärmesektor haben Kunden, deren Bedürfnisse erfüllt werden müssen: Die Kunden möchten nicht im Kalten schlafen und ihr Elektroauto am Wochenende für Ausflüge nutzen können.

Der Energiemarkt und die Wechselwirkungen zwischen den Sektoren sind komplex. Wir brauchen daher eine systematische Herangehensweise.

Eine zentrale Frage, die helfen könnte, die Diskussion zu strukturieren, ist die Frage der Systemdienlichkeit:

- Was genau meinen wir mit Systemdienlichkeit?
- Welchem System dienen wir? Nach welchem System richten wir uns aus?

Die Antworten könnten helfen, Rahmenbedingungen, Instrumente und Maßnahmen zu entwickeln. In jedem Fall hilft es, diese Fragen vor konkreten Instrumenten zu diskutieren.

Systemdienlichkeit – Markt- und Netzsicht

Grundsätzlich müssen wir bei Systemdienlichkeit zwischen der Sicht des Marktes und der der Netze unterscheiden.

Der Markt richtet sich nach dem Preissignal und gleicht Angebot und Nachfrage aus. So ist es aus Sicht des Marktes sinnvoll, bei niedrigen Preisen Strom zu kaufen oder sogar Nachfrager z. B. aus der Industrie zuzuschalten. Aus Sicht der Netze kann das Probleme verursachen. Das deutschlandweite Preissignal kann nämlich nicht berücksichtigen, ob in den Netzen vor Ort ausreichend Kapazität vorhanden ist, um den Strom abzutransportieren.

Unter der Prämisse, dass der Netzausbau erfolgreich abgeschlossen ist bzw. wir uns auf einer Kupferplatte befinden, gibt es diesen Widerspruch nicht. Nun befinden wir uns aber in der Realität in einer noch nicht abzuschätzenden langen Übergangszeit. Der Übertragungsnetzausbau kommt nicht voran und auch mit dem Kompromiss zur Erdverkabelung sind weitere Verzögerungen zu erwarten.

Aber was bedeutet das für die Diskussion? Wie wollen wir das System zukunftsfähig machen, obwohl nicht klar ist, wann wir den Netzausbau vollenden und damit theoretisch den Idealzustand herstellen? Was ist sinnvoller: Übergangslösungen wie die kürzlich beschlossenen zuschaltbaren Lasten in Schleswig-Holstein oder alternative Ansätze zur Flexibilitätsoption Netzausbau?

Systemdienlichkeit – Welchem System dienen wir?

Nachdem wir diese Fragen beantwortet haben, können wir uns der Frage zuwenden, welchem System wir dienen. Wenn wir definieren, welches der Systeme das Leitsystem ist, könnten wir Instrumente ableiten und erste Kosten bewerten.

Zur Auswahl stehen Strom, Wärme und Verkehr. Das Bundeswirtschaftsministerium scheint das Stromsystem als Leitsektor festzulegen.

Das ist vor dem Hintergrund nachvollziehbar, dass das Wirtschaftsministerium die anderen Sektoren elektrifizieren will.

Wenn Strom das Leitsystem ist, würde sich daraus ableiten, dass die Aktivitäten der anderen Sektoren die Stabilität des Stromsektors nicht gefährden dürfen.

Sie dürften nur tätig werden, wenn sie für den Stromsektor „systemdienlich“ sind.

Das Zielsystem am Beispiel der Wärmeversorgung könnte sehr vereinfacht so aussehen, dass Wärmepumpen bei niedrigen oder negativen Strompreisen den erneuerbaren Strom abnehmen und den Verbraucher mit Wärme versorgen.

Aber was passiert, wenn zu wenig Strom aus erneuerbaren Energien vorhanden ist, um zusätzlich zum Stromsystem noch Wärme und Verkehr zu versorgen? Wie kann sichergestellt werden, dass die Wohnungen dann nicht kalt bleiben? Was passiert, wenn z. B. im Sommer negative Preise auftreten,

aber niemand heizen möchte? Muss der Wärmesektor dann trotzdem Strom aufnehmen?

Wenn wir den Ansatz weiter denken, hieße das beispielsweise, dass Wärmepumpen und Elektroheizer nur in Zeiten niedriger bis negativer Preise Strom ziehen und für die Zeiten dazwischen in Wärmespeicher investieren müssten.

Ähnliches gilt für den Verkehr. Elektroautos dürfen dann nur bei niedrigen und negativen Preisen Strom aus dem Netz ziehen und müssten sich in den Zwischenzeiten anders versorgen.

Sektorkopplung ist nicht nur Elektrifizierung

Den Stromsektor als Leitsystem festzulegen, ist nachvollziehbar. Trotzdem sollten wir Sektorkopplung nicht mit Elektrifizierung gleichsetzen. Wir verschließen uns damit anderen Lösungen, die wir heute noch nicht absehen können.

Selbst wenn alle Energieeffizienzpotenziale gehoben werden, erhöht Elektrifizierung die Nachfrage nach Strom. Vor dem Hintergrund der internationalen und nationalen Klimaziele kann das nur erneuerbarer Strom sein. Sektorkopplung ist damit perspektivisch kein „Entsorgungsweg“ für überschüssigen Wind- und Sonnenstrom. Sektorkopplung mit Elektrifizierung gleichzusetzen, bedeutet, dass mehr erneuerbare Energien zugebaut werden müssen. Angesichts der Akzeptanzprobleme, die wir bereits jetzt haben und z. B. Nutzungskonkurrenzen, müssen wir mindestens zweigleisig fahren. Wir brauchen Alternativen zu 100 Prozent Elektrifizierung.

Was ist zum Beispiel mit der Abfallentsorgung? Wir müssen Energie- und Materialströme zusammen betrachten. Die gesamte Wirtschaft muss dekarbonisiert werden. Das heißt, dass Produkte und damit Abfälle immer mehr aus erneuerbaren Rohstoffen hergestellt werden. Gleichzeitig sind auch in Zukunft nicht alle Produkte wiederverwendbar und nicht alle Abfälle hochwertig recycelbar.

Das wird interessant, wenn wir über die Zukunft der Müllheizkraftwerke nachdenken. Im Ergebnis stammt die in Müllheizkraftwerken zurückgewonnene Energie immer weniger aus fossilen Quellen, sondern regenerativ. Die zurückgewonnene Energie ist weitgehend Grundlast. Die Anlagen sind KWK-Anlagen bzw. können es werden. Sie sind zwar begrenzt flexibel, können aber durch Wärmespeicher flexibilisiert werden. Wir sollten deshalb darüber nachdenken, „sowieso“ verfügbare Energie zu nutzen, bevor wir Strom verwenden.

Bereits heute nutzen wir mit der Kraft-Wärme-Kopplung sehr erfolgreich eine Technologie zur Sektorkopplung, die mit Elektrifizierung nichts zu tun hat. Die Kraft-Wärme-Kopplung wird mittel- und langfristig vor allem Ballungsgebiete klimafreundlich mit Wärme versorgen.

Zudem ist die mit der KWK verbundene Infrastruktur der Schlüssel für die CO₂-arme Strom- und Wärmeversorgung. Sie verbindet Strom- und Wärmesektor. Wärmenetze können langfristig zahlreiche CO₂-arme Wärmeversorgungslösungen über erneuerbaren Strom mit Wärmepumpen und Power-to-

Heat oder Geo-, Solarthermie und Abwärme direkt integrieren. In urbanen Ballungszentren ist eine nicht leitungsgebundene klimafreundliche Wärmeversorgung aufgrund fehlender Flächen- und Umweltwärmepotenziale kaum denkbar.

Stichwort Infrastruktur: Wir sollten uns auch nicht von der Power-to-Gas-Technologie verabschieden. Sie kann den Anteil erneuerbarer Energien in der Wärme und im Verkehr erhöhen. Der entscheidende Vorteil ist, dass sie die bestehende Infrastruktur nutzen kann. Das Gas kann in der Gasinfrastruktur gespeichert werden und so zeitlich und örtlich bedarfsgerecht Energie bereitstellen. Power-to-Gas ist damit neben den räumlich eng begrenzten Pumpspeichern der derzeit einzig erkennbare perspektivisch wirtschaftliche und saisonübergreifende Langfristspeicher. Als synthetisches Erdgas kann das Gas außerdem in Erdgas-Tankstellen eingesetzt werden.

Systemdienlichkeit und die Rolle von Flexibilität

Es ist unbestritten, dass das Stromsystem flexibler werden muss. Aber stimmt das unter der Prämisse, dass der Stromsektor das Leitsystem ist, noch? Eine Schlussfolgerung könnte sein, dass nur die anderen Sektoren flexibler werden müssen.

Darüber hinaus gibt es möglicherweise Wechselwirkungen zwischen Flexibilisierung und Preisspitzen. So könnte Flexibilität im System Preisspitzen senken. Preisspitzen sind aber dringend notwendig, damit sich Technologien für gesicherte Leistung und Flexibilität wie Gaskraftwerke, Speicher etc. refinanzieren können.

Deshalb sollten wir untersuchen, welchen Einfluss ein flexibles System auf Preisspitzen haben könnte.

- Senkt Flexibilität, wie z. B. Lastmanagement, Preisspitzen?
- Wie oft treten Preisspitzen dann noch auf?
- Wie hoch sind die Preisspitzen?

Im besten Fall zeigt sich, welche Lösungen für Flexibilität und gesicherte Leistung sich am Markt refinanzieren könnten. Wenn der Gesetzgeber andere Lösungen haben möchte, müsste er diese über zusätzliche Instrumente anreizen.

Welche Rolle spielen Abgaben und Umlagen für Sektorkopplung und Flexibilität?

Keiner kann technologische Entwicklungen bis 2030 oder gar 2050 verlässlich prognostizieren. Der Gesetzgeber steht damit vor der Aufgabe, technischen Entwicklungen sowie Wettbewerb anzureizen und Leitplanken vorzugeben, ohne alternative Technologien, die wir heute noch nicht absehen können, zu behindern.

Es gibt bereits zahlreiche Technologien, die für die Sektorkopplung eingesetzt werden können. Allerdings scheitert der Einsatz häufig an Entgelten und Umlagen. Eine wichtige und zugegebenermaßen große Baustelle ist es deshalb, das System der Umlagen und Abgaben zu überarbeiten.

Förderung konzentriert sich in der Regel nur auf bestimmte Technologien oder Konzepte. Das gilt auch für Ausnahmeregelungen. Es sollte nicht das Ziel sein, kleinteilige Ausnahmeregelungen (z. B. zuschaltbare Lasten in Netzausbaugebieten) zu schaffen, auf die sich Marktakteure optimieren können. Es muss deshalb ein Gesamtkonzept geben, in dem sich selbsttragende Konzepte und Geschäftsmodelle entwickeln können.

Die kommunalen Unternehmen stehen bereit

Es ist viel zu tun! Wir haben jetzt die Möglichkeit, die Frage, wie wir uns die Strom- und Wärmeversorgung sowie die Mobilität vorstellen, umfassend zu diskutieren. Diese Chance sollten wir nutzen.

Eine steigende Zahl Marktakteure und dezentralere Versorgungsstrukturen werden das Energiesystem der Zukunft prägen. Die kommunalen Unternehmen sind dezentral und regional verankert. Sie sind nicht nur in der Energieversorgung, sondern auch in der Wasserver- und Wasser- und Abfallentsorgung Experten. Sie sind einer der größten Mobilitätsanbieter Deutschlands. Und gemeinsam mit ihren Kommunen können sie intelligente Versorgungskonzepte umsetzen.

Kommunale Unternehmen sind:

- der natürliche **Kooperationspartner** und **Energiedienstleister** insbesondere für die mittelständische Wirtschaft und Haushaltskunden sowie für die Betreiber dezentraler Erzeugungsanlagen.
- **Systemmanager** als Experten für ganzheitliche Konzepte zur Energieversorgung und die Bereitstellung der Infrastruktur.
- **Investoren** in umweltverträgliche, effiziente Energieerzeugung und Netzinfrastruktur.

Sie können einen wesentlichen Beitrag leisten, das Energiesystem umzubauen und alle Sektoren einzubinden. Deshalb stehen die kommunalen Unternehmen bereit, um die hier aufgeworfenen Fragen und Denkansätze zu diskutieren! Und vielleicht finden wir dabei die eierlegende Wollmilchsau.

Fußnoten

¹ Mit Unterstützung von Anika Uhlemann, Fachgebietsleiterin Strommarktdesign und Klimapolitik beim VKU



Dr. Volker Flegel
Geschäftsführer, Celron GmbH

Nach Promotion und Studium in den Fachgebieten Wirtschaftswissenschaften in München sowie Business Administration in Austin (USA) war Volker Flegel ab 1984 in Linien- und Projektmanagement-Funktionen für die Deutsche Luftwaffe sowie in der Luft- und Raumfahrtindustrie international tätig.

1991 wechselte er in den Unternehmensberatungssektor und hat u. a. die europäischen Energie-Kompetenzzentren bei A.T. Kearney sowie Booz & Co. geleitet, seit 2009 ist er für das auf den Energiesektor spezialisierte Beratungsunternehmen Celron tätig. Als Projektmanager hat er zahlreiche inter-/nationale Projekte in allen Bereichen der Wertschöpfungskette des Energiesektors geleitet. Seine Arbeitsschwerpunkte umfassen Strategieentwicklung, Markt- und Wettbewerbsanalysen, Ablauf- und Aufbauorganisatorische Optimierung, Mergers & Acquisitions, Unternehmenskooperationen, Stakeholder Management und Digitalisierung.

Im Rahmen einer Vielzahl inter-/nationaler Management-Konferenzen im Energiesektor (u. a. BGW, Euroforum, IBC, Management Circle, VBW, VDEW) war Volker Flegel als Chairman und Referent tätig. Darüber hinaus hat er zahlreiche Publikationen in führenden Fachzeitschriften im Bereich der Energiewirtschaft (u. a. E & M, e|m|w, Elektrizitätswirtschaft, Energiedienst, et - Energiewirtschaftliche Tagesfragen, EW – Magazin für die Energiewirtschaft, Themen:Magazin) veröffentlicht.

„Power-to-X“: Chancen und Risiken der Sektorenkopplung für den Energiesektor (Ergebnisse einer Expertenbefragung)

Dr. Volker Flegel

1. Klimaschutz mit neuer Dimension

Im Rahmen der 21. UN-Klimakonferenz Paris 2015 (COP 21) wurden von über 40.000 Teilnehmern aus 196 Staaten sowie der Europäischen Union wesentliche, besonders erfolgskritische Zielpositionen für den Klimaschutz konkretisiert:

- Begrenzung der Erderwärmung auf möglichst 1,5 Grad Celsius
- Vollständiger Wegfall der Netto-Treibhausgasemissionen zwischen 2045 und 2060

Durch die Ergebnisse der 22. UN-Klimakonferenz Marrakesch 2016 (COP 22) wurden die COP 21-Ziele bestätigt und praktikable Maßnahmen für deren Umsetzung konkretisiert. Im November 2016 wurde ergänzend das festgelegte Quorum für die völkerrechtliche Bindung der COP 21-/COP 22-Ergebnisse erreicht, d. h. mindestens 55 Staaten mit mindestens 55% der globalen CO₂-Emissionen haben die COP 21-/COP 22-Ergebnisse ratifiziert und sich zu deren Umsetzung in nationales Recht verpflichtet.

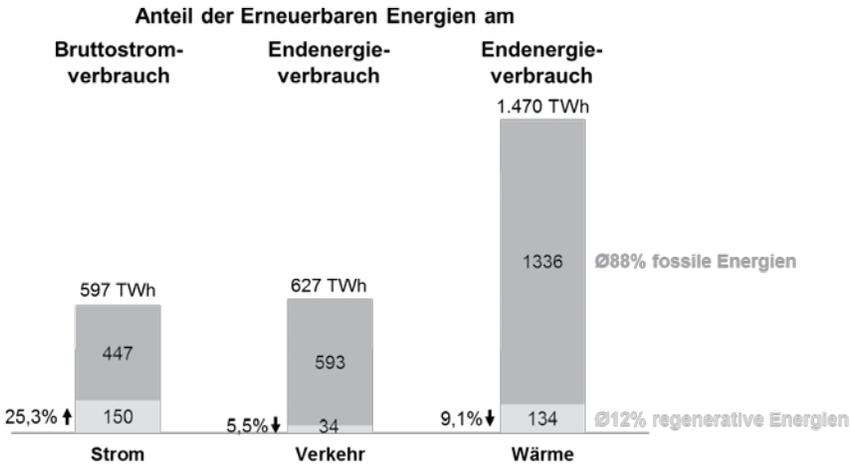
Auch die Bundesrepublik Deutschland hat sich zur Erreichung der COP 21-/COP 22-Ergebnisse verpflichtet. Gemäß aktuellen Studien der HTW Berlin (Hochschule für Technik und Wirtschaft, Berlin), der IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis, Wien), des PIK (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Potsdam) u. a. erfordert die Erreichung der COP 21-/COP 22-Zielsetzungen ohne unterstützende, bisher nicht absehbar verfügbare und akzeptierte CCS-Maßnahmen (Carbon Dioxide Capture and Storage) auch in Deutschland die Reduzierung der Netto-Treibhausgasemissionen bis 2040 auf null.

Unter Berücksichtigung typischer Assets mit heutigem Stand der Technik und deren Lebensdauern bedeutet dies z. B.

- den sofortigen Verzicht auf neue, mit fossilen Brennstoffen betriebene Heizanlagen in Gebäuden mit einer Standzeit von typischerweise über 30 Jahren sowie
- ab 2020 die deutliche Intensivierung des Wegfalls von neuen Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotoren zur Nutzung fossiler Treibstoffe, da insbesondere Nutzfahrzeuge Nutzungszyklen von über 20 Jahren aufweisen und sich der Anteil der PKW mit einem Lebensalter von >15 Jahren in den letzten 10 Jahren mehr als verdoppelt hat und inzwischen mehr als 20% beträgt.

2. Herausforderungen für die Energiewende in Deutschland

Gemäß den zuletzt veröffentlichten Daten des BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) betrug der Dekarbonisierungsgrad der Sektoren Strom, Verkehr und Wärme zu Ende des Jahres 2015 in Deutschland im Durchschnitt lediglich 12% (vgl. Abbildung 1).



Quelle: BMWi – Erneuerbare Energien in Zahlen 2015 (Daten gerundet) ↓↑ = Veränderung gegenüber dem Vorjahr

Abb. 1: Entwicklungsstand der Dekarbonisierung nach Sektoren in Deutschland

Bis zum Ende des Jahres 2016 ist nach ersten vorläufigen Angaben des BMWi zwar der Anteil der Erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch weiter auf 32,3% gestiegen. Allerdings entwickelt sich der Anteil der Erneuerbaren Energien in den (deutlich) energieintensiveren Sektoren Verkehr und Wärme rückläufig:

Sektor	Entwicklung des Anteils der Erneuerbaren Energien am Energieendverbrauch (2015 gegenüber Vorjahr)
Strom	+ 7,2%
Verkehr	- 9,8%
Wärme	- 3,2%

Tab. 1: Entwicklung der Dekarbonisierung nach Sektoren

Unter den gegebenen Voraussetzungen sind in Deutschland im Hinblick auf die vereinbarten Zielsetzungen der UN-Klimakonferenzen 2015/ 2016 bis 2040 noch annähernd 90% der Energiewende zu realisieren. Ohne signifikante Maßnahmen zur nachhaltigen Reduzierung fossiler Energien sowie zur Energieeffizienzsteigerung im Verkehrs- und Wärmesektor wird die Energiewende nicht gelingen.

3. Sektorenkopplung als Lösungsansatz

Durch die Sektorenkopplung sollen zusätzliche Klimaschutz- und Energieeffizienz-Potenziale erschlossen werden. Zentraler Ausgangspunkt für die breite, öffentliche Diskussion dieses Lösungsansatzes waren zunächst die Thesen des BMWi zur öffentlichen Konsultation im Grünbuch „Energieeffizienz“ 2015 sowie nachfolgend im Weißbuch „Ein Strommarkt für die Energiewende“ 2015. Sektorenkopplung wurde als eigenständiges Handlungsfeld definiert, um die Nutzung von erneuerbarem Strom für Wärme und Mobilität zu intensivieren. Folgende, wesentliche Thesen wurden dazu festgelegt: Sektorenkopplung

- wird das zukünftige Stromversorgungssystem prägen,
- soll vorrangig hocheffiziente Technologien nutzen,
- birgt ein enormes Flexibilitätspotenzial für den Strommarkt,
- bietet viele weitere Vorteile und
- erfordert den Aufbau einer Infrastruktur und Anpassungen der staatlich verursachten Preisbestandteile und Netzentgelte.

Die für diesen Lösungsansatz relevanten Sektoren umfassen:

- **Strom:** Erzeugung, Handel, Übertragung, Verteilung und Vertrieb von Elektrizität und komplementären Produkten (Druckluft)
- **Wärme:** Erzeugung, Übertragung, Verteilung und Vertrieb von Fern-/ Nahwärme und komplementären Produkten (Prozesswärme, Kälte)
- **Verkehr:** Infrastruktur und Dienstleistungen
- zur Realisierung aller Transportleistungen für Personen und Güter

Als führende Bezeichnung für die Intensivierung der energetischen Verbindung dieser Sektoren hat sich der Terminus Sektorenkopplung herauskristallisiert, gemessen an der Häufigkeit der Google-Suchergebnisse zu Veröffentlichungen in den letzten 12 Monaten. Als Synonyme finden auch die Begriffe Integrated Energy, Power-to-X, Sektorintegration oder Sektorkopplung Anwendung.

Zwischenzeitlich haben sich in der öffentlichen Diskussion folgende, wesentliche Nutzeffekte der Sektorenkopplung herauskristallisiert:

- **Klimaneutralität:** Minimierung bzw. Wegfall der Netto-Emission von Treibhausgasen
- **Synergieeffekte:** Erschließung sektorenübergreifender Synergien bei der Energieproduktion, -übertragung und -anwendung
- **Systemintegration:** Sichere und stabile Einbindung der Energieproduktion aus Erneuerbaren Energien in die Energienetze
- **Stromgesellschaft:** Wegbereitung für die „All Electric Society“, d. h. „ein Treibstoff für alles“

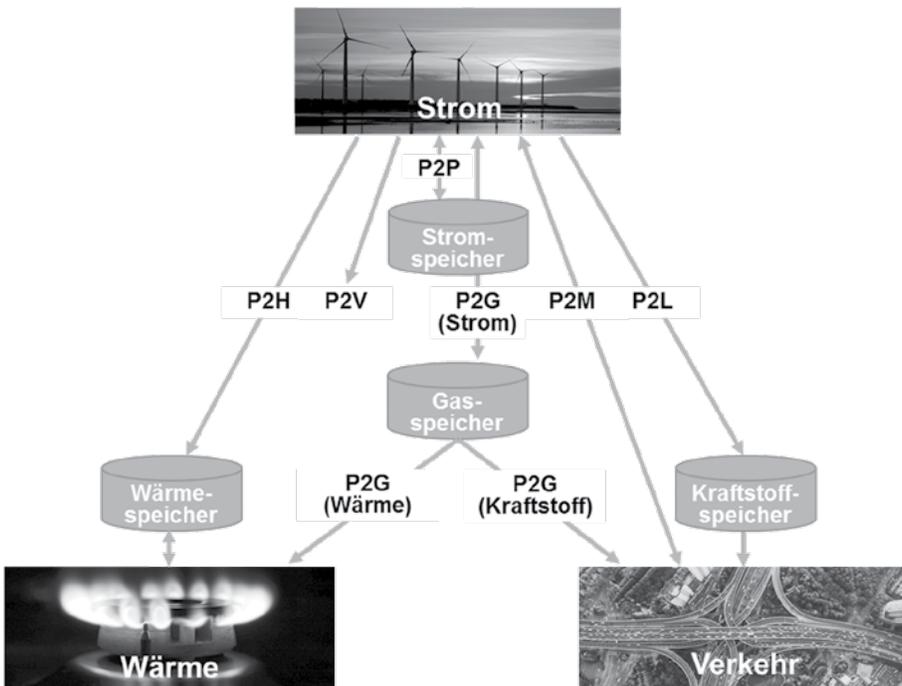
Aus diesen wesentlichen Nutzeffekten wurde folgende Arbeitsdefinition für die Expertenbefragung zu Chancen und Risiken für den Energiesektor abgeleitet:

Sektorenkopplung ist die systematische Vernetzung von gering integrierten energiewirtschaftlichen Sektoren zur Realisierung der Klimaschutzziele, von Synergieeffekten, der Systemintegration von regenerativen Energien sowie des Übergangs in die Stromgesellschaft.

4. Strukturmodell der Sektorenkopplung

Analog zur Vielfalt der angewandten Synonyme für die Sektorenkopplung besteht auch ein sehr breites, nicht einheitliches Spektrum der relevanten Technologien. Grundsätzlich bilden sektorenkoppelnde Energiespeicher die Schnittstellen zwischen den Sektoren. Einerseits werden die Energiespeicher zum Ausgleich zeitlicher Differenzen zwischen Energieerzeugung und -verbrauch eingesetzt. Andererseits erfolgt in Energiespeichern die Zwischenspeicherung von umgewandelten Sekundärenergien bis zu deren Weitertransport bzw. Verbrauch, beispielsweise bei der Erzeugung von Wind- bzw. Solargas (Synthetic Natural Gas) mittels Wasserelektrolyse unter Verwendung von regenerativ erzeugtem Strom.

Strukturmodell der Sektorenkopplung



Quelle: In Anlehnung an FENES - Forschungsstelle Energienetze und Energiespeicher 2014

Abb. 2: Strukturmodell der Sektorenkopplung

Für die Expertenbefragung zur Ermittlung der Chancen und Risiken der Sektorenkopplung für den Energiesektor wurde das in Abbildung 2 dargestellte Strukturmodell verwendet, das in Anlehnung an die von Herrn Prof. Dr.-Ing. Michael Sterner, FENES - Forschungsstelle Energienetze und Energiespeicher, bereits in 2014 erarbeitete Definition sektorenkoppelnder Energiespeicher ergänzt bzw. weiterentwickelt wurde.

Die im Rahmen der Sektorenkopplung eingesetzten Technologien fokussieren maßgeblich auf die Umwandlung von regenerativ erzeugtem (Überschuss-)Strom und werden in Abhängigkeit von der jeweils resultierenden Sekundär- bzw. Endenergie X üblicherweise „Power-to-X“ bzw. kurz „P2X“ bezeichnet. In Einzelfällen repräsentiert das X auch eine Nutzenergieform (z. B. Wärme aus einer Elektroheizung) oder ein Endprodukt (z. B. Metallschmelzprodukte).

Folgende Technologien zur Sektorenkopplung wurden im Rahmen der Expertenbefragung betrachtet bzw. bewertet:

- **P2G / Power-to-Gas (Kraftstoff):** Elektrolytische Erzeugung von Wasserstoff und nachfolgende Methanisierung zur Herstellung von synthetischem Erdgas für den Betrieb von gasgetriebenen Fahrzeugen
- **P2G / Power-to-Gas (Strom):** Elektrolytische Erzeugung von Wasserstoff und nachfolgende Methanisierung zur Herstellung von synthetischem Erdgas für die Stromerzeugung in gasgefeuerten (KWK-) Anlagen
- **P2G / Power-to-Gas (Wärme):** Elektrolytische Erzeugung von Wasserstoff und nachfolgende Methanisierung zur Herstellung von synthetischem Erdgas für die Wärmeerzeugung in gasgefeuerten Heiz- und Kochgeräten
- **P2H / Power-to-Heat (Wärmeerzeugung):** Einsatz von strombetriebenen Heizpatronen (bzw. Tauchsiedern) in Fernwärme- und Heizungssystemen
- **P2L / Power-to-Liquids (synthetische Kraftstoffe):** Elektrolytische Erzeugung von Wasserstoff und nachfolgende Methanisierung zur Herstellung von flüssigen Treibstoffen wie z. B. Methanol für den Antrieb von Fahrzeugen mit Brennstoffzellen
- **P2M / Power-to-Mobility (Elektromobilität):** Überschussstromnutzung zum Laden von Elektrofahrzeugen
- **P2P / Power-to-Power (Strom-Speicherung):** Zwischenspeicherung von regenerativ erzeugtem Strom sowie dessen zeitversetzte Bereitstellung als Endenergie bzw. dessen Anwendung zur Erzeugung von Nutzenergien
- **P2V / Power-to-Valuables (Industrieprodukte):** Überschussstromnutzung zur industriellen Erzeugung von Druckluft, Metallschmelz-Produkten, chemischen Erzeugnisse, Oberflächen-Veredelungsprozessen etc.

5. Expertenbefragung zu den Chancen und Risiken der Sektorenkopplung für den Energiesektor

Vor dem Hintergrund der aufgezeigten Grundlagen stellt sich die Frage, welche maßgeblichen Chancen zur Absicherung und zum Ausbau der Wettbewerbsposition sowie welche vorrangigen Risiken durch Aktivitäten im Bereich der Sektorenkopplung für Unternehmen im Energiesektor resultieren? Diese Fragestellung hat das Forum für Zukunftsenergien e. V. in Zusammenarbeit mit der auf den Energiesektor spezialisierten Unternehmensberatung Celron GmbH im Rahmen der Expertenbefragung „**Power-to-X**“: **Chancen und Risiken der Sektorenkopplung für den Energiesektor**“ gezielt untersucht.

Über **500 Experten aus dem Energiesektor** haben dazu mit ihren Einschätzungen beigetragen. Besonders auffällig war in diesem Zusammenhang der mit annähernd 50% signifikant hohe Anteil von Führungskräften der 1. und 2. Führungsebene, Sektorenkopplung ist ganz offensichtlich „Chef-Sache“. Etwa die Hälfte der Befragten ist für ein Energieunternehmen tätig, während die anderen Experten vornehmlich aus Energiedienstleistungsunternehmen, Fahrzeugherstellern sowie deren Zulieferern, Öl-/Gas-Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Branchenverbänden stammen. Große Unternehmen mit einem Umsatz über 500 Mio. EUR/a sind etwa gleich repräsentiert gegenüber kleineren Unternehmen mit einem Umsatz bis 500 Mio. EUR/a.

Als **wesentliche Treiber** für die Sektorenkopplung wurden mehrheitlich der Klimaschutz, die Optimierung der Systemintegration von Erneuerbaren Energien sowie der technologische Fortschritt identifiziert. Dabei dominiert mit einem Anteil von annähernd 80% eindeutig der Beitrag zum Klimaschutz im Sinne einer Reduzierung von Treibhausgasemissionen. Sonstige exogene Faktoren (wie z. B. Rechts-, Kunden- oder Wettbewerbsanforderungen) nehmen eine nachgeordnete Position ein. Weniger als 20% der Befragten bewerten erzielbare Gewinnpotenziale durch Kosten- oder Marktsynergien als Motivationsfaktor.

Im Hinblick auf die **wesentlichen Beiträge zur Erreichung der Klimaschutzziele** wird Sektorenkopplung mehrheitlich als effektives und effizientes Instrument zur Klimaschutzförderung bewertet, insbesondere durch eine umfassendere, kurzfristigere und preiswertere Zielerreichung. Geteilte Meinung der Experten besteht im Hinblick auf die Möglichkeiten zur Akzeptanzsteigerung der Energiewende in der Öffentlichkeit. Weniger als 20% der Befragten bewerten realisierbare Sekundäreffekte wie Risiko-, Recycling- oder Transparenz-Optimierung als relevant.

Unter den **Sektoren/Unternehmen mit zukünftiger Führungsrolle** und besonderen wirtschaftlichen Vorteilen durch die Sektorenkopplung werden insgesamt regenerative Stromerzeuger als vorrangige Gewinner der Sektorenkopplung angesehen. Im Strom-Sektor erfolgt eine mehrheitliche Favorisierung der Infrastrukturanbieter (mit Ausnahme der konventionellen Stromerzeuger). Auf etwas geringerem Niveau werden Infrastrukturanbieter analog auch im Wärme-Sektor bevorteilt. Fahrzeughersteller und deren Zulieferer dominieren im Verkehrs-Sektor, insgesamt jedoch nachrangig im Vergleich zu den anderen Sektoren.

Als **Sektorenschnittstelle mit besonders erfolgversprechenden Entwicklungsmöglichkeiten** werden weit überwiegend die Schnittstellen zwischen dem Strom- und anderen Sektoren betrachtet, dabei erfolgt mit 82% eine Bevorteilung der Schnittstelle Strom-Wärme. Als weitestgehend unbedeutend wurde mit 6% die Schnittstelle zwischen den Nicht-Strom-Sektoren Wärme und Verkehr beurteilt.

Unter den **Technologien zur Sektorenkopplung mit höchster Erfolgswahrscheinlichkeit** hinsichtlich Kapazitätsverfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit (vgl. Abbildung 3) ergibt sich im Spitzenfeld keine eindeutige Führungsrolle. Vielmehr wird einzelnen Technologien aus einem relativ breiten Technologiespektrum (P2G/P2H/P2M/P2P) ein Vorteil eingeräumt. Im Mittelfeld findet sich der höchste Anteil der Technologien, jedoch mit geringerer Erwartung der Experten an deren Wirtschaftlich- und Kapazitätsverfügbarkeit. Im Unterfeld ist ebenfalls ein breites Technologiespektrum angesiedelt, hier finden sich allerdings auch alle betrachteten P2L-/P2V-Technologien. Insgesamt wurde eine sehr hohe Korrelation zwischen Wirtschaftlichkeit und Kapazitätsverfügbarkeit ermittelt ($R = 0,89$). Für die kurzfristige Geschäftsentwicklung besonders attraktive Technologien mit einer höheren Einschätzung der Wirtschaftlichkeit im Vergleich zur Kapazitätsverfügbarkeit (d. h. x -Wert $>$ y -Wert) wurden nur bedingt ermittelt, beispielsweise in den Bereichen P2G (Wärme) für Gas-Wärmepumpen und Brennwertkessel sowie im Bereich P2H für Nachtspeicherheizungen.

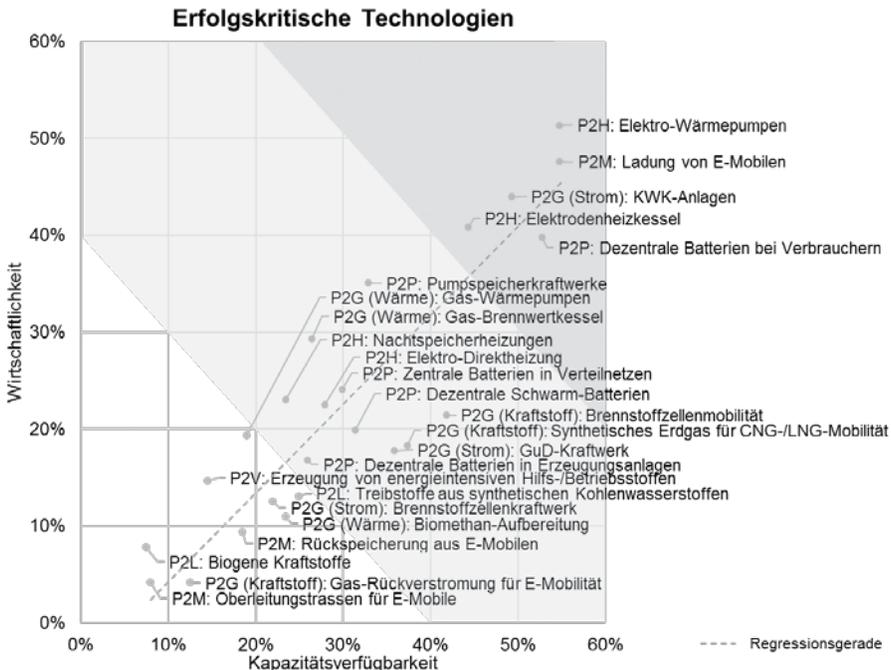


Abb. 3: Erfolgskritische Technologien für die Sektorenkopplung

Der **Stellenwert des Themas Sektorenkopplung im Unternehmen** ist bereits weitgehend entwickelt. Etwa zwei Drittel aller Experten bestätigen eine Verankerung in der Unternehmensstrategie. Allerdings wurden bisher in den wenigsten Fällen die strategischen Zielsetzungen der Sektorenkopplung durch Zielvereinbarungen bzw. Anreizsysteme operationalisiert. In annähernd der Hälfte aller vertretenen Unternehmen wird Sektorenkopplung bereits als aktives Geschäftsfeld betrachtet. Investitionsprojekte und Mittelfristplanungen bestehen jedoch noch nicht in allen Fällen einer aktiven Bearbeitung dieses Geschäftsfeldes.

Bei der **Ergebnisbeeinflussung durch die Sektorenkopplung** wird im Zeitraum 2015-2020 insgesamt eine sehr positive Entwicklung erwartet. Die Befragten rechnen mit mehr als der Verdoppelung des beeinflussten Umsatzanteils, dieser Einschätzung liegt eine sehr hohe, weiter zunehmende Spannweite der Beurteilungen zugrunde. Hinsichtlich des gebundenen Investitionsanteils wird mehr als eine Verdreifachung bei insgesamt relativ geringer, konstanter Spannweite der Meinungen erwartet. Die realisierbaren Gewinnsteigerungen werden von etwa der Hälfte der Befragten mit <5% eingeschätzt, im Gegensatz dazu erwartet etwa ein Viertel der Befragten einen Zuwachs von über 10% und in Einzelfällen sogar von >100%. Besonders auffällig ist die Erkenntnis, dass von keinem der Befragten in diesem Geschäftsfeld Verluste erwartet werden.

Wesentliche wirtschaftliche Effekte	2015	2020	Faktor
Ø-Beeinflusster Umsatzanteil	5%	12%	ca. 2,5x
Ø-Gebundener Investitionsanteil	3%	10%	ca. 3,5x
Ø-Realisierbare Gewinnsteigerung	>10% erwartet etwa ein Viertel und <5% erwartet etwa die Hälfte der Befragten		
Ø-Anteil erwarteter Verluste	0% der Befragten erwartet Verluste im Geschäftsfeld Sektorenkopplung		

Tab. 2: Ergebnisbeeinflussung durch Sektorenkopplung

Im Hinblick auf die empfehlenswerte, **zukünftige organisatorische Verankerung** wird die Sektorenkopplung vornehmlich als „Chef-Sache“ der Unternehmensleitung, als Aufgabe der Unternehmensentwicklung bzw. der Leiter technisch spezialisierter Organisationseinheiten eingestuft. Lediglich in Ausnahmefällen werden der Handel oder das Portfoliomanagement in einer Führungsrolle gesehen. In einem Drittel der Unternehmen ist die Verantwortlichkeit im Ist-Zustand noch gar nicht und in den anderen zwei Dritteln auf mehrere Organisationseinheiten verteilt. Insgesamt ist jedoch bereits ein relativ hoher Deckungsgrad zwischen Ist- und Soll-Zustand erreicht. Bei der Analyse des angestrebten Zielzustands ergeben sich mehrheitlich folgende, branchenspezifischen Soll-Positionen für die zukünftige organisatorische Verankerung:

- **Branchenverbände, Forschungseinrichtungen, Regionale Energieunternehmen:** Unternehmensleitung
- **Dezentrale Energieanbieter:** Unternehmensleitung oder Unternehmensentwicklung
- **Energiekonzerne, Energiedienstleistungsunternehmen:** Unternehmensentwicklung
- **Stadtwerke:** Energiedienstleistungen
- **Transport-, Verteilnetzbetreiber:** Netz

Als besonders **erfolgskritische unternehmensinterne Handlungserfordernisse** zur Intensivierung der Sektorenkopplung werden mehrheitlich strategische Anpassungen, strategische Partner sowie die Erhöhung der Transparenz der Markt- und Wettbewerbssituation eingestuft. Entwicklungserfordernisse in den Bereichen F&E, Produkte, Personal und Drittmittel nehmen eine nachgeordnete Position ein.

Weniger als 20% der Befragten bewerten erforderliche Anpassungen der Vergütung sowie der Kapazität/Qualifikation des Personals als relevant. Bei der Analyse des angestrebten Zielzustands ergeben sich mehrheitlich folgende, branchenspezifischen unternehmensinterne Handlungserfordernisse:

- **Branchenverbände, Energiekonzerne:** Strategieanpassung (Positionierung der Sektorenkopplung als neues Geschäftsfeld etc.)
- **Dezentrale Energieanbieter, Transport-, Verteilnetzbetreiber:** Markt- und Wettbewerbsanalyse (Detaillierte Marktdaten etc.)
- **Regionale Energieunternehmen:** Produktentwicklung (Schwarmspeicher etc.)
- **Stadtwerke, Energiedienstleistungsunternehmen:** Strategische Partner (Kooperation mit Speicherherstellern etc.)

Da deutlich mehr als die Hälfte der Befragten strategische Partner als wesentliches Handlungserfordernis beurteilt, stellt sich die Frage nach den bereits heute bzw. zukünftig **erfolgskritischen strategischen Kooperationspartnern** für Aktivitäten im Bereich der Sektorenkopplung. Im Strom- sowie Wärme-Sektor gelten Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber als bevorzugte strategische Partner. Im Verkehrs-Sektor dominiert die Bedeutung von Fahrzeugherstellern. Relativ einheitlich ausgefallen ist die Bewertung der sonstigen, sektorübergreifenden Kooperationspartner wie z. B. Branchenverbänden, Energiespeicherhersteller, Forschungseinrichtungen oder IT-Dienstleister. Insgesamt beurteilen 2/3 aller Befragten die Kooperation mit mindestens einem Partner als erfolgskritisch.

Als **unternehmensexterne Umsetzungshindernisse** werden im Bereich der Sektorenkopplung vorrangig nachteilige Kosten- sowie Technologiepositionen eingestuft. Die Standardisierung der Digitalisierung gilt als ein weiteres Problemfeld, insbesondere für Verbände. Öffentlichkeitsrelevante Aspekte wie Akzeptanz und Sicherheit werden als deutlich nachrangig beurteilt. Insgesamt werden die bestehenden Umsetzungshindernisse im Ver-

gleich zu den zukünftigen internen und externen Handlungserfordernissen als deutlich weniger wichtig bewertet.

Notwendige **externe Anreize bzw. politische Maßnahmen** zur Intensivierung der Sektorenkopplung betreffen vorrangig die Forcierung und Intensivierung durch finanzielle Entlastungen bei Abgaben (EEG-Abgabe etc.) sowie die Bereitstellung direkter Subventionen (technologiespezifische Zuschüsse etc.). Auch die nachgeordneten Handlungserfordernisse im Mittelfeld fokussieren auf finanzielle Erleichterungen sowie Kostenvorteile für das Flexibilitätsmanagement. Genehmigungsverfahren (Projektbearbeitungsdauer etc.) und Standortprobleme (Bebauungsplanung etc.) stellen lediglich aus Sicht von weniger als 20% Befragten einen Engpassfaktor dar. Sonstige Handlungserfordernisse (wie z. B. P2X-Anerkennung als Systemdienstleistung, selektives Unbundling oder Verteuerung fossiler Energieträger) werden lediglich in Einzelfällen als relevant erachtet.

6. Fazit

Aus den Befragungsergebnissen der Expertenbefragung resultieren folgende, erfolgskritischen **Hypothesen** zur erfolgreichen Bewältigung der Herausforderungen durch die Sektorenkopplung:

- **Keine Energiewende ohne Sektorenkopplung:** Energetische Kopplung einzelner Sektoren erfolgt bereits seit der Erfindung der Dampflokomotive auch ohne das Ziel der Energiewende, aber infolge umfassender Klimaschutz-, Systemintegrations- und Innovations-Vorteile kann Energiewende ohne konsequente Sektorenkopplung nicht realisiert werden.
- **Wettbewerbsvorteile durch „grüne“ Infrastruktur:** Unternehmen mit umfassender Infrastruktur für die Erzeugung, die Speicherung und den Transport erneuerbarer Energien sowie die daraus abgeleiteten End- und Nutzenergieformen verfügen über signifikante Wettbewerbsvorteile gegenüber Unternehmen mit einem Fokus auf konventionelle Technologien.
- **Technologievielfalt:** Infolge der noch nicht erfolgten Herausbildung konkreter Leittechnologien eröffnet die Vielfalt der für die Sektorenkopplung verfügbaren Technologien einerseits ein breites Spektrum an Marktchancen in vielen unterschiedlichen Anwendungsbereichen und reduziert bei deren aktiver Nutzung andererseits das Risiko durch das mögliche, zukünftige Scheitern einzelner Technologien. Dabei ist es jedoch besonders erfolgskritisch, die möglichen Risiken durch eine fehlende Fokussierung zu beherrschen.
- **Einstufung als „Chefsache“:** Da die meisten Wettbewerber die Verantwortlichkeit für die Sektorenkopplung im Bereich der Unternehmensleitung, als Aufgabe der Unternehmensentwicklung bzw. der Leiter technisch spezialisierter Organisationseinheiten einstufen, erscheint eine Positionierung „auf Augenhöhe“ im eigenen Unternehmen als notwendig.
- **Strategische Neuausrichtung:** Sektorenkopplung gilt infolge der eigen-

ständigen Kundensegmente, Produkte und Dienstleistungen, Wertschöpfungsschwerpunkte, Vertriebswege, Datenmanagementanforderungen etc. als eigenständiges Geschäftsfeld und wird daher konsequenterweise in Ergänzung zu „klassischen“ Geschäftsfeldern sowie unter Einbeziehung von Kooperationspartnern realisiert.

- **Strategische Kooperationspartner:** Infolge stetig zunehmender Vielfalt und Komplexität der Lösungsoptionen zur Realisierung der Sektorenkopplung sowie der Erzielung von Infrastruktur- und Skalenvorteilen sind vornehmlich Strom- und Gas-Netzbetreiber sowie Fahrzeug- und Speicher-Hersteller besonders erfolgskritische Kooperationspartner.
- **Ergebnisverbesserungen:** Durch die Unumkehrbarkeit und den signifikanten, noch zu realisierenden Anteil der Energiewende sowie die für deren Umsetzung erforderlichen Beiträge durch die Sektorenkopplung resultiert ein zunehmend wachsender Markt mit mittelfristigen, signifikanten Umsatz- und Gewinnsteigerungspotenzialen.
- **Regulierungsanforderungen:** Die bisherige, einseitige Fokussierung der Energiewende auf den Strom-Sektor erfordert gezielte externe Anreize bzw. politische Maßnahmen zur Intensivierung der Sektorenkopplung, beispielsweise durch Abgabenreduzierungen, Investitionsanreize sowie die Angleichung der Wettbewerbsbedingungen durch die Ausweitung des europäischen Emissionshandelssystems EU-ETS auf die Sektoren Verkehr und Wärme.

Insgesamt sind die auch in Deutschland angestrebten Klimaschutzziele nur durch eine integrative Betrachtung und Weiterentwicklung der Energiewende im Zusammenhang mit der Sektorenkopplung erreichbar. Speziell im Hinblick auf die Anforderungen des energiepolitischen Zieldreiecks „Umweltverträglichkeit, Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit“ wird die Sektorenkopplung dabei einen wesentlichen Beitrag zur zukunftsfähigen Gestaltung der Energieversorgung leisten.

* * * * *

Der **Ergebnisbericht der Expertenbefragung „Power-to-X“: Chancen und Risiken der Sektorenkopplung für den Energiesektor** kann von allen Interessenten unentgeltlich per E-Mail office@celron.de angefordert werden.



Dr. Uwe Franke
Präsident, Weltenergierat – Deutschland e. V.

Dr. Uwe Franke, geb. 1949, promovierte am Chemischen Staatsinstitut Hamburg. Seine Laufbahn bei BP begann er 1979 und war ab 1986 in verantwortlichen Positionen an nationalen und internationalen Standorten - London, Brüssel und Lissabon – tätig, unter anderem als Vorstandsvorsitzender BP Portugal und Vorstandsvorsitzender der Deutschen BP AG.

Nach der Fusion von BP, Veba und Aral im Jahr 2002 übernahm er die Funktion des stellvertretenden Vorstandsvorsitzenden der neuen Deutschen BP AG. Weiterhin wurde er Vorsitzender des Vorstandes der Aral AG und Geschäftsführer der BP Oil Marketing GmbH. Ab 2004 war Dr. Franke Vorstandsvorsitzender der Deutschen BP AG. Nach Gründung der BP Europa SE im Mai 2010 war er als Vorstandsvorsitzender tätig, bis er 2012 das Unternehmen verließ.

Neben seiner Karriere bei BP war Dr. Franke Vorstandsvorsitzender des Mineralölwirtschaftsverband e. V. (MWV). Er bekleidete zahlreiche Mandate in Aufsichtsräten sowie für internationale Initiativen und Verbände. Dr. Franke war beispielsweise Mitglied im Präsidium des Bundesverbandes der Deutschen Industrie (BDI), des Deutschen Verkehrsforums, des Ostausschusses sowie Mitglied des Steuerungskreises der Energiekommission des Wirtschaftsrates. Seit Januar 2014 ist Dr. Franke Präsident des Weltenergierates Deutschland. Ferner ist er Aufsichtsrats- bzw. Beiratsmitglied bei Basalt AG, Hoyer GmbH, Arbiom SA, Cash Payment Solutions GmbH, Waschpakete GmbH und Brahms Oil Refineries LTD sowie Beiratsvorsitzender bei Alexander Proudfoot Consulting. Er berät IFMinvestors und Gerson Lehrman Group als Senior Advisor, arbeitet als Mentor bei Bernotat+Cie und ist Kuratoriumsmitglied beim Max-Planck-Institut für Plasmaphysik.



Natascha Paladini
Senior Managerin, Weltenergierat – Deutschland e. V.

Natascha Paladini, geb. 1976, studierte Kommunikationswissenschaften an der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz sowie der Università della Svizzera italiana in Lugano. Vor Beginn ihres Studiums absolvierte sie eine kaufmännische Ausbildung und arbeitete zwei Jahre als Sachbearbeiterin im Marketing der Procter & Gamble GmbH in Schwalbach/Ts. Studienbegleitend wechselte sie in die Pressestelle der Procter & Gamble GmbH und arbeitete für die interne Kommunikation der Deutsche Bank Bauspar AG/ Frankfurt. 2006 begann sie ihre Tätigkeit als Referentin für die EnBW Energie Baden-Württemberg AG, bei der sie zuletzt als Projektleiterin tätig war. Seit November 2015 nimmt sie als Senior Managerin eine Abordnung der EnBW zum Weltenergierat – Deutschland e. V. wahr.

Sektorkopplung – eine Idee auf dem Weg in die Realität

Dr. Uwe Franke & Natascha Paladini

1. Sektorkopplung als „Buzzword“ – aber was ist eigentlich gemeint?

„Sektorkopplung“ ist momentan eines der großen Schlagwörter in der Energiebranche. Nach „Digitalisierung“, gleichzeitig mit „Blockchain“ und parallel zum Dauerthema „Energiewende“ drehen sich die Gedanken, Publikationen, Veranstaltungen und in Folge nationale und europäische Politik sowie Geschäftsmodelle um dieses Thema.

Trotzdem sind wir bei der Sektorkopplung noch nicht sehr weit vorangeschritten. Zunächst gibt es keine einheitliche Definition. Handelt es sich um die Kopplung von Strom, Wärme und Verkehr, die auf eine Elektrifizierung von Wärme und Verkehr durch die Verwendung überschüssigen regenerativen Stroms hinausläuft? Im Grünbuch Energieeffizienz findet sich eine ähnliche, um die Industrie erweiterte, Definition: „Erneuerbarer Strom wird für Wärme, Verkehr und Industrie effizient eingesetzt (Sektorkopplung)“.¹ Oft wird auch impliziert, Sektorkopplung bedeute, dass der Strom- mit dem Gassektor gekoppelt werden solle. Das Gasnetz würde dann eine wichtige Rolle als Langzeitspeicher spielen. Neben durch Power-to-Gas gewonnenes Gas träte Erdgas als CO₂-arme fossile Energiequelle hinzu. Die dena hat einen weiteren Vorschlag gemacht, nämlich anstatt von Sektorkopplung von „integrierter Energie“ zu sprechen. Dieser Begriff kann alles umfassen, z. B. Synergien zwischen Industrie, Haushalten und Verkehr, kombiniert mit (öffentlicher) Infrastruktur und digitalen Anwendungen und zwar nicht begrenzt auf den Stromsektor.

Nicht ganz vergessen werden sollte, dass das Wort „Sektor“ eigentlich bereits anderweitig belegt ist, nämlich für die Segmente Industrie, Handel/ Gewerbe/Dienstleistung, Haushalte und Verkehr. Geht es um die Betrachtung von CO₂-Emissionen tritt in der Regel noch die Landwirtschaft als Sektor hinzu. Auch in anderer Hinsicht ist der Begriff leicht missverständlich: Strom, Verkehr und Wärme sind aktuell nicht „entkoppelt“, so sind z. B. 90 % der Verkehrsleistung und 60 % der Strecken des Bundeschienennetzes elektrisch.²

Bevor alle, die über Sektorkopplung sprechen, über das Gleiche sprechen und die gleichen Ziele verfolgen, bleibt also noch ein weiter (Definitions-)Weg zu beschreiten.

2. Sektorkopplung braucht entsprechende Rahmenbedingungen

Zunächst lässt sich festhalten, dass das ursprünglich im Energiekonzept 2010 festgehaltene Ziel, den Stromverbrauch in Deutschland bis 2050 um 25 % zu verringern, nicht mehr zu erreichen ist, wenn die Sektorkopplung als Elektrifizierung Raum greift.³ Im Impulspapier Strom 2030 hält das BMWi allerdings auch abweichend fest, dass Strom der wichtigste Energieträger im Gesamtsystem werden soll und erneuerbarer Strom die fossilen Brennstoffe für Wärme,

Mobilität und Industrieprozesse weitgehend ersetzen soll.⁴ Die Sektorkopplung wird als einer von 12 Trends für die kommenden Jahre identifiziert und findet Eingang in den „Dreiklang der Energiewende“. Zunächst soll der Einsatz von Energie in allen Sektoren verringert werden, dann erneuerbare Energien (EE) direkt genutzt werden und schließlich durch Sektorkopplung Strom aus Wind und Sonne für Wärme, Verkehr und Industrie eingesetzt wird. Explizit genannt werden der Betrieb von Wärmepumpen, Elektrofahrzeuge sowie die Umwandlung von Strom in andere Energieträger wie Wasserstoff.⁵ Im Grünbuch Energieeffizienz findet sich dieser dritte Schritt im Wortlaut wieder. Darüber hinaus wird die Forderung formuliert, „für die zunehmende Sektorkopplung frühzeitig geeignete Rahmenbedingungen zu schaffen“.⁶ Von der Regierung sind einige Fördermaßnahmen für die Sektorkopplung bereits vorgesehen: der Umweltbonus Elektromobilität, Förderung von Wärmepumpen, Niedertemperaturwärmenetzen mit Saisonalwärmespeicher und innovativer KWK-Systemen. Darüber hinaus soll die sektorübergreifende Energieforschung vorangetrieben werden.⁷

Wenn Power-to-Gas-Produkte von Nischenprodukten zu breit eingesetzten Energieträgern werden sollen, sollte ihr Status umfassend geklärt werden. Beispielsweise, ob sie als Energiespeicher von Letztverbraucherabgaben zu befreien sind, unter die „Zuschaltbare Lasten-Verordnung“ und das „Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz“ fallen sollten.⁸ Auch wäre es notwendig, Steuern, Abgaben und Umlagen auf Strom zu prüfen und diese mit den Belastungen auf Öl und Gas abzugleichen. Nur wenn hier vergleichbare Voraussetzungen vorliegen bzw. geschaffen werden, kann Strom für die Anwendung in anderen Sektoren wirtschaftlich interessant werden und Investitionen anreizen.

Vordringlich müsste sichergestellt werden, dass der Ausbau der EE mit dem Bedarf an Strom Schritt hält, falls die Sektorkopplung als Elektrifizierung umgesetzt wird. Die benötigten Mengen an Strom wären durch die aktuellen Ausbaupläne für EE und dem anfallenden Überschussstrom bei weitem nicht zu decken. Vielmehr müsste gezielt für diese Anwendungen Strom durch zusätzliche Investitionen erzeugt werden.⁹ Massiver Ausbau von EE, voraussichtlich vor allem von Wind-Onshore und Freiflächen-Photovoltaik, evtl. auch von Wind-Offshore wäre notwendig. Damit einhergehend stellen sich Fragen nach der Akzeptanz in der Bevölkerung, der Kosteneffizienz sowie den Belangen von Naturschutz und konkurrierender Flächennutzung.

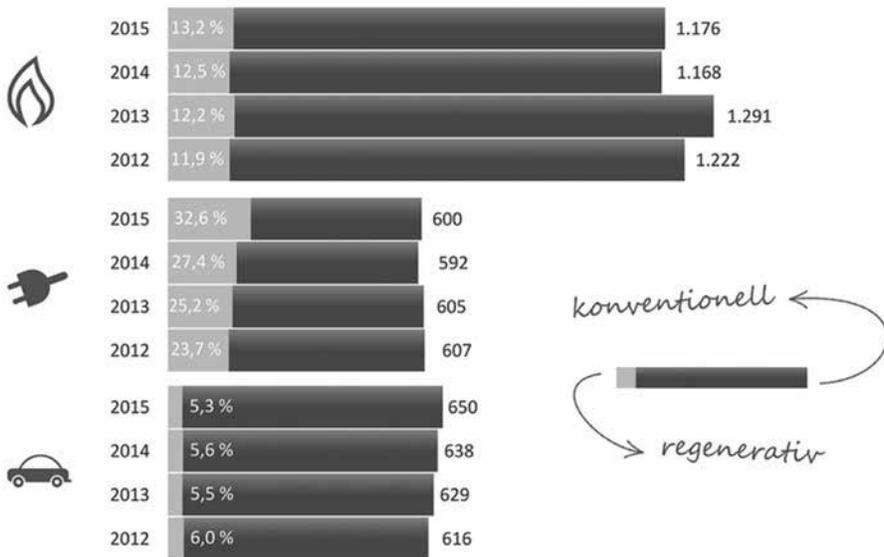
Deutsche Maßnahmen zur Sektorkopplung frühzeitig mit europäischen Ansätzen abzugleichen, ist essentiell für Wirtschaft und Politik. Im EU-Paket „Clean Energy for Europe“ sind einige Elemente erhalten, die eine Rolle für die Sektorkopplung spielen könnten: Es soll eine starke Anhebung des EE-Anteils im Wärmebereich erfolgen

(+ 1 % EE-Anteil pro Jahr bis 2030), auch im Straßen- und Schienenverkehr soll die EE-Quote erhöht werden, auf mindestens 6,8 % bis 2030, zudem sollen Eigentümer bestimmter Gebäude zum Ausbau von Ladesäulen verpflichtet werden und Netzentgelte sollen Speicher nicht diskriminieren.¹⁰ Wichtig zu beachten ist allerdings, dass allgemein von EE die Rede ist- Für den Verkehrssektor wird etwa ein hoher Anteil von Biokraftstoffen angenommen (5,3 % Biokraftstoffe und 1,5 % Elektrizität).

3. Energiewende ist keine Stromwende – „Baustelle“ Verkehr

Unbenommen welche Definition von Sektorkopplung gewählt wird, lässt sich festhalten, dass die Konzentration auf den Stromsektor nicht ausreichen wird, um das Energiesystem umzugestalten und Klimaziele zu erreichen. Die Energiewende ist keine Stromwende – konsequenterweise ist das Fehlen einer „Wärmewende“ und „Verkehrswende“ in der öffentlichen Debatte regelmäßig Thema.

Genaue Zahlen anzugeben, welcher Anteil der Energie für Strom, Wärme beziehungsweise Verkehr genutzt wird, ist schwierig, u. a. da die Sektoren bereits miteinander verschränkt sind. Für das Jahr 2014 wird für den Endenergieverbrauch angenommen, dass rund 20 % im Stromsektor, rund 30 % im Verkehrssektor und rund 50 % im Wärmesektor anfallen.¹¹ Somit liegt das Hauptaugenmerk der Debatte zur Energiewende seit Jahren auf dem kleinsten der Sektoren – Strom, wohingegen der mit weitem Abstand größte Sektor - Wärme vergleichsweise wenig beachtet wird.

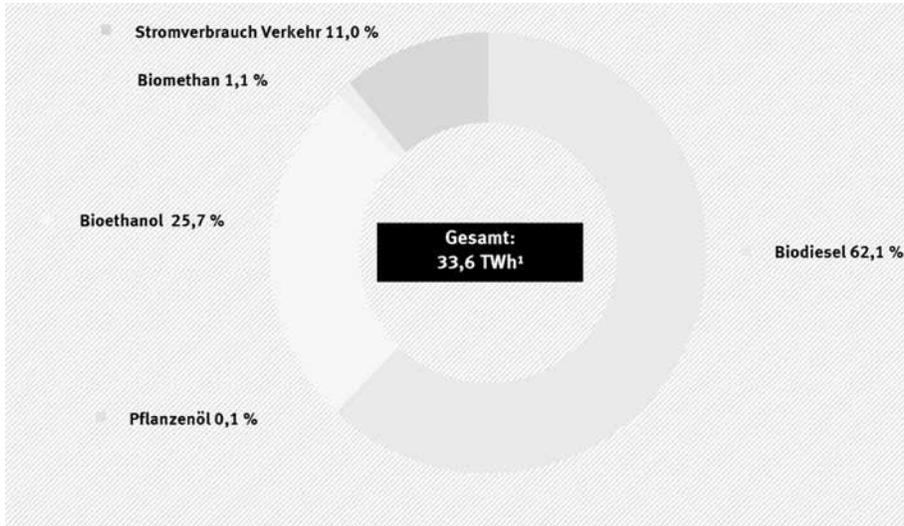


Quelle: BMWi, AGEE-Stat¹³

Abb. 1: Anteil EE am Bruttoendenergieverbrauch in TWh nach Sektoren¹²

Betrachtet man die Anteile der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch für Strom (32,6%), Wärme und Kälte (13,2 %) und Verkehr (5,3 %) zeigt sich der Verkehr als das Feld mit den größten Schwierigkeiten, EE zu integrieren. Zudem hat sich der Anteil in 2015 im Vergleich zum Vorjahr sogar negativ entwickelt (5,6 %).¹⁴ Ebenfalls erwähnenswert ist, dass der Stromsektor in der Integration erneuerbarer Energien am erfolgreichsten ist. Trotzdem oder vielleicht auch deshalb, ist die deutsche Energiedebatte vor allem eine Stromdebatte.

Rückt nicht nur eine erhöhte Nutzung von EE im Verkehrssektor in den Blick, sondern explizit eine Elektrifizierung durch Sektorkopplung - schaut man sich also die 5,6 % der EE im Verkehrssektor aufgeteilt auf die verschiedenen Energieträger an, wird deutlich, wie ambitioniert dieses Ziel ist:



Quelle: BMWi auf Basis AGEE Stat, Stand 12/2016¹⁵, 1TWh entspricht 1 Milliarde kWh

Abb. 2 : Verbrauch erneuerbarer Energien im Verkehrssektor im Jahr 2015 in %

Die Elektromobilität spielt mit nur 11 % an allen im Verkehr genutzten erneuerbaren Energien - bei einem ohnehin schon niedrigen Anteil EE im Verkehr von nur 5,6 % - momentan eine sehr kleine Rolle. Ebenfalls nicht unbeachtet bleiben darf, dass Elektromobilität (Batterie) vor allem für PKW und im Schienenverkehr zum Einsatz kommt. Eine Verwendung in den großen und weiter wachsenden Segmenten Straßengüterverkehr, See-/Binnenschifffahrt und Luftverkehr ist mittel- bzw. langfristig nicht denkbar. Hier liegen das Potenzial perspektivisch nicht in der direkten Nutzung von Strom, sondern bei Power-to-Liquid bzw. Power-to-X. Kurzfristig käme als Kraftstoffalternative für den LKW-Verkehr und die Schifffahrt nur Erdgas/LNG als Frage, für den Luftverkehr Biokerosin.¹⁶ Ein kleiner Einsatzbereich von Strom kann die Landstromversorgung von Schiffen und die Bodenstromversorgung von Flugzeugen werden.

4. Elektrifizierung, Verkehr und globale Kooperation – Ausblick auf 2060

Der World Energy Council hat auf dem Weltenergiekongress im Oktober 2016 in Istanbul seine Szenarien für die Energiewelt bis 2060 vorgestellt. Die Szenarien wurden nicht als wünschenswerte, sondern als mögliche Zukünfte entworfen - in allen drei Szenarien wird das Klimaziel von 2°C verfehlt. Als Instrumente, um den Temperaturanstieg trotz gegenteiliger Erwartungen auf 2°C zu begrenzen, werden noch stärkere Anstrengungen bei der Elektrifizierung, dem

Einsatz von CCS-Technologien sowie internationale Zusammenarbeit und politische Steuerung identifiziert.

Die drei Szenarien unterscheiden sich vor allem hinsichtlich des Grades der internationalen Zusammenarbeit sowie der Steuerung des Energiesystems. Am erfolgreichsten beim Erreichen der Klimaziele hat sich das Szenario „Unfinished Symphony“ (ca. 2 – 2,3 °C) gezeigt. Hier liegt eine politische Steuerung in globaler Kooperation zu Grunde, die vor allem auf den Umwelt- und Klimaschutz fokussiert ist. Das Szenario „Hard Rock“ (ca. 4 °C) weist eine Mischung von staatlichen und marktlichen Ansätzen sowie das Vorherrschen nationaler Interessen auf. „Modern Jazz“, das Szenario, welches von einem marktlichen Ansatz mit Fokus auf hohem Wirtschaftswachstum und starker technologischer Entwicklung ausgeht, befindet sich in der Mitte mit ca. 3 °C.

a) Elektrifizierung

Die Studie sieht voraus, dass sich der Stromverbrauch bis 2060 verdoppeln wird. Von hoher Bedeutung ist dabei die Frage wie dieser Strom erzeugt wird. Im klimafreundlichsten Szenario „Unfinished Symphony“ liegt der Anteil von nicht-fossilen Energien an der Stromerzeugung mit 81 % am höchsten, bei „Modern Jazz“ sind es 61 %, im Szenario „Hard Rock“ ist der Anteil fossiler Energien auch in 2060 mit 45 % noch erheblich.

Die Studie rechnet auch mit „leap frogging“, also dass Regionen, etwa in Afrika und Indien, in denen Menschen ohne Zugang zu elektrischer Energie leben, die Nutzung fossiler Energieträger überspringen und direkt dezentral erzeugten Strom zum Heizen, Kochen sowie in der Industrie nutzen.

Neben „Electrification“ macht die Studie allerdings auch einen Trend zur „Gasification“ aus, nämlich beim kommunalen Verkehr, Langstrecken-LKW-Verkehr und der Binnenschifffahrt.

b) Verkehr

Der Verkehrssektor wird in der Studie als das größte Hindernis auf dem Weg zu einem dekarbonisierten Energiesystem gesehen. Der Anteil von Öl im Verkehrssektor fällt von 92 % im globalen Verbrauch auf 60 % („Unfinished Symphony“), 67 % („Modern Jazz“) und 78 % („Hard Rock“) in 2060 – macht also in jedem Szenario weiterhin den Löwenanteil aus. Die Anzahl von Elektrofahrzeugen steigt bei den leichten Nutzfahrzeugen (Abbildung 3).



Quelle: World Energy Council

Abb. 3: Anteil Elektrofahrzeuge (inkl. Plug-in Hybrid) unter den leichten Nutzfahrzeugen 2060

Interessant ist bei der Einordnung dieser Zahlen auch, welche Art der Gesellschaft für das Jahr 2060 angenommen wird. Im Szenario „Modern Jazz“ spielen Markt und Individualität eine große Rolle – eine gute Ladestruktur und die Präferenz des Konsumenten sorgt für die höchste absolute Anzahl von Fahrzeugen und einen recht hohen Anteil von Elektromobilität. Im Szenario „Unfinished Symphony“ sorgen staatliche Fördermittel und Stadtplanung dafür, dass insgesamt weniger Fahrzeuge benötigt werden und ein höherer Anteil von Elektrofahrzeugen erzielt wird. Im schwächsten Szenario „Hard Rock“ mit einem Anteil von nur 9 % Elektrofahrzeugen fehlen die Mittel, um alternative Technologien und erneuerbare Energien zu fördern und die resultierenden höheren Preise führen zu niedriger Kundennachfrage.

c) Internationale Zusammenarbeit als Schlüssel zum Klimaschutz

In den beiden erfolgreichereren Szenarien spielt internationale Zusammenarbeit eine große Rolle - im aus Umweltgesichtspunkten zweitbesten Szenario „Modern Jazz“ vor allem in Bezug auf den Handel, im erfolgreichsten Szenario „Unfinished Symphonie“ auch (energie-)politisch. So wird z. B. angenommen, dass über die UN zwischen USA, China, EU und Indien eine Vereinbarung geschlossen wird, Indien mit Technologietransfer und Finanzierung eine Energiewende zu ermöglichen. Ein weiteres Element ist hier ein globaler CO₂-Preis.

Im Szenario „Hard Rock“ stehen nationale Interessen im Vordergrund und es wird ein niedriges Wirtschaftswachstum angenommen, was beides dazu führt, dass die jeweils lokal vorhandenen Ressourcen wie fossile Energien, Kern- und Wasserkraft bevorzugt werden, um autark Versorgungssicherheit garantieren zu können. Auch werden auf Grund mangelnder internationaler Zusammenarbeit technische Neuerungen vielerorts isoliert vorangetrieben und bleiben so hinter den Möglichkeiten zurück. Ein Beispiel ist die Nutzung von Strom in der Industrie, die in diesem Szenario am geringsten ist.

Auch im Hinblick auf die Sektorkopplung ist es daher bedeutsam, dass in frühen Überlegungen bereits das Augenmerk darauf liegt, nationale Instrumente auch regional, europäisch oder sogar global nutzbar zu machen bzw. nationale Planung mit internationalen Zielen wie z. B. EU-Vorschriften in Einklang zu bringen.¹⁷ Auch Forschungsk Kooperationen wie z. B. zwischen dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme und dem staatlichen US-Forschungslabor NREL zu Wasserstoff und Brennstoffzellen können die Sektorkopplung voranbringen.¹⁸

5. Technologieoffen fördern – am Beispiel Verkehr

Unter dem Schlagwort „Power-to-X“ werden eine Vielzahl von Anwendungen im Bereich der Sektorkopplung betrachtet, auch die stärkere Integration von Gas sowie Speicher und Lastmanagement werden im Zuge der Sektorkopplung als Anwendungen genannt. Dabei ist es wichtig, technologieoffen zu forschen und zu fördern. Diese Forderung findet sich sowohl in den Papieren

des BMWi¹⁹ als auch in den Stellungnahmen der großen Branchenverbände BDI²⁰ und BDEW²¹.

Ein Bereich in dem die technologieoffene Förderung durch die Bundesregierung bereits umgesetzt wird, ist der Verkehrssektor. Auch wenn die Bundesregierung den Aufbau von Infrastruktur in der Verantwortung der Unternehmen sieht, setzt sie Investitionsanreize. Durch verschiedene Maßnahmen werden u. a. sowohl der Aufbau einer Ladeinfrastruktur für Elektromobilität als auch der flächendeckende Aufbau von Wasserstofftankstellen für Brennstoffzellenfahrzeuge gefördert. Ebenfalls soll die wirtschaftliche Situation der bereits gut ausgebauten Infrastruktur für Erdgasfahrzeuge (CNG) gestärkt werden und ein LNG-Tankstellennetz für den Güter- und Schifffahrtverkehr errichtet werden. Die finale Marktdurchdringung der Technologien soll durch den Konsumenten entschieden werden: „Ziel der Bundesregierung ist es, allen alternativen Kraftstoffen und Antrieben eine Chance am Markt zu verschaffen. Der Nutzer wird letztlich entscheiden, welche Technik sich durchsetzt.“²²

Diese Delegation an den Nutzer wird aber auch kritisch gesehen – die parallele Förderung von Erdgasfahrzeugen, E-Mobilität und Wasserstoffautos könne den Verbraucher verunsichern und keiner Technologie zum Durchbruch helfen.²³ Auch fällt z. B. die Förderung von Elektromobilität bei PKWs in anderen Ländern großzügiger aus und bietet daher der Automobilindustrie und den Kunden nicht die gleichen Rahmenbedingungen – in Deutschland beträgt die Kaufprämie 4.000 €, in Frankreich 6.000 €, in China 7.500 € und in Norwegen sogar 16.000 €.²⁴

Nicht außer Acht gelassen werden darf, dass alle Antriebsarten sich für unterschiedliche Anwendungsbereiche eignen. Welche den größten Beitrag im Rahmen der Sektorkopplung leisten kann, hängt unter anderem davon ab.

6. Wasserstoff als Geheimwaffe der Sektorkopplung?

Die Nutzung von Wasserstoff im Verkehrssektor ist noch nicht wirtschaftlich, bietet aber große Potenziale, gerade im Hinblick auf die Sektorkopplung. Wasserstoff kann durch Power-to-Gas-Verfahren aus EE hergestellt werden und auch gespeichert werden. Durch das Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie (NIP, 2008 – 2016; NIP II, 2016 - 2026) soll Deutschland zum Leitmarkt für Wasserstoffmobilität werden. Insgesamt 1.400 Millionen € Fördergelder wurden von BMWi und Unternehmen der Clean Energy Partnership (CEP) eingebracht. Bis Ende des ersten Quartals 2017 sollen 50 Tankstellen (Plan 2030: ca. 1000) und ca. 300 Fahrzeuge in Betrieb sein; die Ladeinfrastruktur geht also voraus. Der Einsatz von Wasserstoff ist bei leichten Nutzfahrzeugen möglich, aber auch im Güterverkehr und in der Luftfahrt. Allerdings ist es - genau wie bei Batteriefahrzeugen oder beim Einsatz von Strom in der Wärmeerzeugung – maßgeblich wie der Wasserstoff produziert wird. Momentan wird der im Pilotprojekt verwendete Wasserstoff zu 70 % in Pilotanlagen durch Wasserelektrolyse mittels regenerativem Strom und Biomasse hergestellt.²⁵

In den Energieszenarien des World Energy Council fungiert Wasserstoff als Kraftstoff für den fahrerlosen öffentlichen Verkehr, der in den zahlreichen Megastädten rund um die Uhr zur Verfügung steht. Der Gesamtanteil von Wasserstoff am Verkehr liegt aber nur bei 3 % in 2060 (Szenario „Unfinished Symphony“). Gleichzeitig wird in Städten für Wasserstoff eine Vielzahl an Anwendungen über den Verkehr hinaus gesehen – als Zwischenspeicher zur Netzstabilisierung und für netzferne Stromversorgung, in der Kraft-Wärme-Kopplung und als Ersatz für Erdgas. Im klimapolitischen Kontext wichtig für alle Anwendungen ist die Möglichkeit, Wasserstoff im großen Stil ohne fossile Energien zu erzeugen.²⁶

Nennenswert in diesem Kontext ist auch das Pilotprojekt der Region Steinfurt im Rahmen der Initiative „Energieland 2050“²⁷, welches Möglichkeiten von Wasserstoff im Rahmen der Sektorkopplung erprobt. Nicht benötigte Mengen erneuerbarer Energien werden in Flexkraftwerken elektrolytisch zu Wasserstoff umgewandelt. Dieser wird als Kraftstoff in der Mobilität, als Brennstoff in Gebäuden und Produktion, als Substitut in Biogasanlagen sowie als chemischer Grundstoff in der Industrie eingesetzt.²⁸

7. Fazit und Ausblick

Ein erster Verdienst der (noch nicht einheitlich definierten) Idee der Sektorkopplung ist sicherlich, dass sie die „vergessenen Sektoren“ Wärme und Verkehr sowie die Industrie ins Blickfeld rückt. Der Stromsektor ist, was den Energieverbrauch betrifft, der kleinste Sektor verglichen mit Wärme und Verkehr. Daher ist es an der Zeit und absolut sachgerecht, dass Diskussionen, Innovationen und Rahmenbedingungen alle Sektoren berücksichtigen und diese stärker verschränken. Gerade im Verkehrssektor sind die Herausforderungen gewaltig.

Gleichzeitig ist zu bedenken, dass die umfassende Sektorkopplung momentan noch genau das ist – eine Idee. Sie muss einem Realitätscheck unterzogen werden: Wieviel von der Idee lässt sich effizient in die Realität umsetzen? Was brauchen wir an finanziellen und politischen Rahmenbedingungen, um aus dieser Idee neue Technologien entstehen zu lassen? Wie verfahren wir in Bereichen (wie z. B. der Petrochemie), in der die Sektorkopplung nicht die Lösung aller Energiefragen ist? Und auch – was sind die Möglichkeiten und Grenzen von Wasserstoff?

Eine weitere wichtige Frage: Wie können wir die Sektorkopplung möglichst frühzeitig international denken? Damit ist nicht nur die Harmonisierung der deutschen mit der europäischen Energiepolitik gemeint, sondern auch Technologietransfer, Exportmöglichkeiten, Synergien mit den Nachbarländern und darüber hinaus. Denn internationales Vorgehen ist der Schlüssel zum Erfolg im Umbau von Energiesystemen, das haben die Szenarien des World Energy Council sehr deutlich festgestellt.

Auch sollte nicht einseitig der Verbrauch von Überschussstrom im Fokus stehen, sondern stärker auch das Heben von Synergien, die Nutzung vorhandener Infrastrukturen, die Einsparung von Kosten und das Schaffen von

Flexibilität. Darüber hinaus müssen je nach Anwendungsbereich ausreichend Strom, Netze, Speicher und Flexibilitätsoptionen mitgedacht werden. Wenn die Sektorkopplung ein umfassendes Instrument werden soll, ist der Überschussstrom und der momentan geplante EE-Ausbau bei weitem nicht ausreichend. Wie sollen die benötigten Kapazitäten an EE kosteneffizient und ohne Akzeptanz-Problem erreicht werden?

Über die Sektorkopplung könnte auch ein in den letzten Jahren wenig beachteter Energieträger in das Zentrum der Betrachtung rücken. Welche Rolle soll Gas spielen auf dem Weg in die Energiezukunft? Bisher fristet Gas in der öffentlichen und politischen Diskussion ein Schattendasein. Neben dem Kernenergieausstieg, der Förderung der erneuerbaren Energien sowie Überlegungen zur Gegenwart und Zukunft von Kohle, hat Gas verhältnismäßig wenig Raum. Dabei stellen sich eine ganze Reihe von Fragen: Wird Gas die Übergangstechnologie zu einer von EE dominierten Energiezukunft? Wird Gas als CO₂-arme Energie, evtl. zusammen mit CCS, langfristig Teil des Energiemixes bleiben? Wenn die Gasinfrastruktur nur noch zur Sektorkopplung genutzt werden soll, wer trägt die Kosten und Verantwortung für die Instandhaltung? Andersherum gefragt - wird das Setzen auf die Gasinfrastruktur andere technologische Lösungen in den Hintergrund drängen und Forschung verhindern?

Die Sektorkopplung ist bereits oft genug Gegenstand wissenschaftlicher Betrachtungen gewesen, um eine vergleichende Metaanalyse zu füllen.²⁹ Dies ist absolut zu begrüßen, denn auch hier bietet sich eine Kopplung von Sektoren an: von Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft, um Theorie und Praxis mit diversen Erwartungshorizonten und Einsichten zu diskutieren und so gesicherte Erkenntnisse und hohe Akzeptanz zu gewinnen. Intention sollte sein, realistische Ziele zu formulieren, klare Rahmenbedingungen für den Weg dorthin zu schaffen und internationale Kompatibilität mitzudenken.

Fußnoten

¹ Vgl. BMWi: Grünbuch Energieeffizienz, August 2016, S. 5.

² Vgl. BMWi: Fünfter Monitoring-Bericht zur Energiewende, Berichtsjahr 2015, S. 4.

³ Vgl. Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, September 2010, S. 5.

⁴ Vgl. BMWi: Impulspapier Strom 2030, S. 2 – 3.

⁵ Vgl. BMWi: Impulspapier Strom 2030, S. 7.

⁶ Vgl. BMWi: Grünbuch Energieeffizienz, August 2016, S. 5 und 25.

⁷ Vgl. BMWi: Fünfter Monitoring-Bericht zur Energiewende, Berichtsjahr 2015, S. 106 – 107, S. 128 – 134.

⁸ Vgl. DVGW: Energie-, Wasser-Praxis kompakt 09/2016: Sektorkopplung, S. 11.

⁹ Vgl. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 10/2016: Dekarbonisierung des deutschen Energiesystems durch sinkenden oder steigenden Stromver-

- brauch?, S. 30.; Vgl. ESYS: Flexibilitätskonzepte für die Stromversorgung 2050, Peter Elsner et al. (Hrsg.), November 2015, S. 61, http://www.akademienunion.de/fileadmin/redaktion/user_upload/Publikationen/Stellungnahmen/ESYS_Analyse_Flexibilitaetskonzepte.pdf, abgerufen am 31.01.2017.
- ¹⁰ Vgl. EU-Kommission: „Clean Energy for Europe“, Erneuerbare-Energien-Richtlinie, Energieeffizienzrichtlinie, Gebäudeeffizienzrichtlinie, Strommarkttrichtlinie, <http://ec.europa.eu/energy/en/news/commission-proposes-new-rules-consumer-centred-clean-energy-transition>, abgerufen am 13.01.17.
- ¹¹ Vgl. Prof. Dr. Eberhard Umbach: Zielkonflikte und Sektorkopplung – auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energieversorgung. 20.10.2016. S. 7.
- ¹² Vgl. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 10/2016, S. 29.
- ¹³ Vgl. BMWi: Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. Berlin 2016.
- ¹⁴ Vgl. BMWi: Erneuerbare Energie in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2015, S. 17.
- ¹⁵ Vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen?sprungmarke=verkehr#verkehr>, abgerufen am 21.01.2017.
- ¹⁶ Vgl. BMVI: Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung, Juni 2013.
- ¹⁷ Vgl. World Energy Council: World Energy Scenarios 2016, Oktober 2016.
- ¹⁸ Vgl. http://www.pv-magazine.de/nachrichten/details/beitrag/fraunhofer-ise-und-nrel-kooperieren-bei-wasserstoff--und-brennzellenforschung_100024654/, abgerufen am 01.02.2017.
- ¹⁹ Vgl. BMWi: Grünbuch Energieeffizienz, S. 27 und 29.
- ²⁰ Vgl. BDI: Positionspapier Grünbuch Energieeffizienz, 31.10.2016, S. 9.
- ²¹ Vgl. BDEW: 10 Thesen zur Sektorkopplung. (Beim Verfassen des Artikels noch nicht veröffentlicht.)
- ²² BMVI: Nationaler Strategierahmen über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe, November 2016, S. 31.
- ²³ Vgl. Energiate Messenger Gas & Wärme: 3 Fragen an Ralf Schodlok, Vorstandsvorsitzender der ESWE Versorgungs AG, 25.10.2016, S. 1.
- ²⁴ Vgl. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 9/2016, Faktencheck zur Elektromobilität und Marktprämie, S. 80.
- ²⁵ Vgl. Clean Energy Partnership: Wasserstoff bewegt, https://cleanenergypartnership.de/fileadmin/Assets/06_h2-mediathek/_pdf-download/CEP_Imagebroschuere_150414.pdf, Abruf am 17.01.2017.
- ²⁶ Vgl. World Energy Council: Perspective input into the World Energy Council Scenarios: „Innovating Urban Energy“, Oktober 2016, S. 22.
- ²⁷ Bis 2050 soll sämtliche Energie regional aus Erneuerbaren Energien produziert werden. Vgl: <http://www.energieland2050.de/>, Abruf am 24.01.2017.
- ²⁸ Vgl. Spilett GmbH: Die Steinfurter Flexkraftwerke. Eine Region realisiert die Energiewende, Juni 2016, S. 5 und 16.
- ²⁹ Vgl. Unendlich viel Energie (gefördert von BMWi), Metaanalyse: Flexibilität durch Kopplung von Strom, Wärme & Verkehr, April 2016.



**Axel Gedaschko, Senator a. D.
Präsident, GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilien-
unternehmen e. V.**

Nach Abitur und Bundeswehrdienst studierte Axel Gedaschko Rechtswissenschaften in Hamburg und Göttingen. Das erste Staatsexamen schloss er 1988 ab, 1992 folgte das zweite Staatsexamen. Von 1993 bis 2000 war Axel Gedaschko juristischer Dezernent im Dienst des Landes Niedersachsen. Im November 2000 erfolgte die Wahl zum Ersten Kreisrat des Landkreises Harburg. Durch direkte Wahl errang er 2003 das Landratsmandat des Landkreises Harburg. 2006 wurde Axel Gedaschko durch den Ersten Bürgermeister der Freien und Hansestadt Hamburg als Staatsrat berufen. Im Januar 2007 wurde er dann zum Senator der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt in Hamburg ernannt. Darüber hinaus war Axel Gedaschko Aufsichtsratsvorsitzender der SAGA/GWG. Im Mai 2008 erfolgte die Ernennung zum Wirtschaftssenator und Präses der Behörde für Wirtschaft und Arbeit in der Freien und Hansestadt Hamburg.

Seit dem 01.02.2011 ist Axel Gedaschko Präsident des GdW. Herr Gedaschko ist in ehren- bzw. nebenamtlicher Tätigkeit u. a. Vorsitzender des Verwaltungsrates der DESWOS Deutsche Entwicklungshilfe für soziales Wohnungs- und Siedlungswesen e. V. und Vorsitzender des Kuratoriums des Europäischen Bildungszentrum der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft, Mitglied im Verbandsgremium Handel der Schufa Holding AG; Mitglied des Beirates der Techem GmbH, Mitglied des Beirates der Sächsischen Aufbaubank, des Ista-Kundenbeirates, des Immobilienbeirates der MVV Energie AG sowie der GETEC Wärme & Effizienz AG.

Sektorkopplung aus wohnungswirtschaftlicher Sicht

Axel Gedaschko

Herausforderungen

Die große Herausforderung der Wohnungswirtschaft besteht darin, sowohl im Bestand als auch bei neu errichteten und modernisierten Gebäuden bezahlbares Wohnen für Haushalte mittleren und geringen Einkommens und für Transfereinkommensbezieher zur Verfügung zu stellen.

Anforderungen an das Wohnen werden sehr viele gestellt. Sie haben in den letzten Jahren auch merklich zugenommen. So sollen die Gebäude energieeffizient gebaut oder modernisiert werden, erneuerbare Energien genutzt, Anforderungen an Schall-, Brand- und Naturschutz eingehalten werden, die Objekte barrierearm oder barrierefrei sein, über eine moderne Medienversorgung, eine zeitgemäße Elektroinstallation und Unterstützungssysteme für ältere Bürger verfügen, erhöhten Sicherheitsstandard z. B. bei Aufzügen und der Trinkwasserbereitung erfüllen, zusätzliche Messtechnik einbauen usw. Nicht zuletzt geht es um qualitativ volles Wohnen und friedliches Miteinander. Und angesichts der politischen Zielsetzungen besteht die Herausforderung, im Gebäudebestand bis 2050 80 % Primärenergie gegenüber 2008 einzusparen.

GdW Energieprognose für 2050

Die wohnungswirtschaftliche Energieprognose des GdW besagt, dass von 2008 bis 2050 42 % der Endenergie im Rahmen wirtschaftlicher und sozial verträglicher energetischer Modernisierung eingespart werden kann. Dabei ist berücksichtigt, dass Neubau und energetische Modernisierung auf Basis der EnEV 2009 erfolgen. Der Endenergieverbrauch beträgt hier für Heizung und Warmwasser ca. 80 kWh/m²a. Das Kosten-Nutzen-Verhältnis für höhere energetische Standards ist ungünstig, da im vermieteten Mehrfamilienhausbau nach bisherigen Erkenntnissen ein Sockelverbrauch von 50-60 kWh/m²a verbleibt, selbst wenn das Gebäude im Passivhausstandard gebaut oder modernisiert wird. Dazu tragen vor allem die notwendige Warmwasserbereitung, die im Mehrfamilienhaus immer vorhandenen Verteilverluste und die bei Mietwohnungen nicht ausgeschöpfte Effizienz von Lüftungsanlagen bei.

Zusammenhang mit der BMWi-Energiestrategie Gebäude

Die Effizienzstrategie Gebäude des BMWi geht davon aus, dass angesichts der Verfügbarkeit erneuerbarer Energien mindestens 36 % Endenergieeinsparung erreicht werden müssen, um 80 % Primärenergie einzusparen. Als obere Grenze für die Endenergieeinsparung werden 54 % angegeben. Mehr ist nicht möglich, wenn Neubauten, Denkmale, erhaltenswerte Bausubstanz und weitere technische Restriktionen berücksichtigt werden.

Damit liegt die Wohnungswirtschaft mit 42 % Endenergieeinsparung innerhalb des erwarteten Pfades von 36 % bis 54 % Einsparung. Um 80 % Primärenergieeinsparung (Primärenergieeinsparung) zu erreichen, sind nun aber über 60 % erneuerbare Energien an der Wärmeversorgung nötig. Die bisherige Energiestrategie der Wohnungswirtschaft geht von weniger Einsatz erneuerbaren Energien aus. Es ist also notwendig, über einen verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien im Wärmebereich für die Wohnungswirtschaft nachzudenken.

Nutzung erneuerbarer Energien über Sektorkopplung

Die Sektorkopplung bietet dafür verschiedene technologische Optionen. Erfolgversprechend für die Mehrfamilienhäuser in der Wohnungswirtschaft sind die Power-to-X-Technologien:

- Power-to-Gas erzeugt synthetisches Gas, mit dem das Gasnetz zumindest teilweise dekarbonisiert werden kann. Da diese Infrastruktur vorhanden ist und das Gasnetz große Speichermöglichkeiten bietet, kann so erneuerbarer Strom durch Erzeugung von synthetischem Gas genutzt statt abgeregelt werden. Aus Sicht der Wohnungswirtschaft ist entscheidend, wie sich diese Prozesse auf den Preis eines teildekarbonisierten Gases auswirken.
- Für Power-to-Heat bieten sich für die Wohnungswirtschaft drei Möglichkeiten an. So kann Strom, der nicht abgeregelt wird, direkt in Fernwärmenetzen in Form von Wärme gespeichert werden. Damit wird die vorhandene Infrastruktur der Fernwärmenetze weitergenutzt und erneuerbare Energien werden über das Fernwärmenetz in die Stadt gebracht. Des Weiteren kann dezentral erneuerbar erzeugter Strom für Wärmeanwendungen genutzt werden, wie z. B. Photovoltaik-Strom. Durch die Volatilität und die relativ kurzen Speicherzeiten von Photovoltaik-Strom (Speicherung nur zwischen Tag und Nacht und nicht über mehrere Wochen) ist der Effekt auf dem Wärmemarkt aber fraglich.
- Als Drittes kann CO₂-freier Strom aus dem Netz über Wärmepumpen oder direkt zur Wärmeerzeugung verwendet werden.

Gleichzeitig aber müssen die Kosten beachtet werden. Es ist aus wohnungswirtschaftlicher Sicht nicht sinnvoll, Strom, der mit den kompletten Steuern und Abgaben belastet ist und das Drei- bis Sechsfache heutiger Wärmepreise beträgt, direkt im Wärmemarkt zu verwenden. Deswegen muss gefragt werden, in welchem Umfang Strom, der genutzt statt abgeregelt wird, mit Steuern und Abgaben belastet werden sollte. Aus Sicht der Wohnungswirtschaft ist das praktisch nicht notwendig, weil dieser Strom ja ansonsten gar nicht erzeugt worden wäre. Bei Wärmepumpen ist zu beachten, dass diese die maximale Leistung im Dezember und Januar erbringen und dass Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern unter Einbußen der Nutzungszahl leiden, wenn sie hygienisches Warmwasser mit 60° C bereitstellen müssen. Auch ist in inner-

städtischen Bereichen der Umfang an Wärmequellen begrenzt. So reichen die Grundstücke von Mehrfamilienhäusern oft nicht für die notwendige Anzahl von Bohrungen aus. Luftwärmepumpen eignen sich nicht für größere Objekte (unabhängig von der Frage der Schallemission) und Abwasserwärmepumpen können nur in überschaubarer Anzahl pro Kanal installiert werden. Sonstige technologische Optionen der Sektorkopplung sind die Verwendung von Biomasse in Kraft-Wärme-Kopplung und Solarthermie.

Grünbuch Energieeffizienz

Im Grünbuch Energieeffizienz wird als Sektorkopplung verstanden, dass erneuerbarer Strom energieeffizient eingesetzt wird, um mit möglichst wenig Strom möglichst viel fossile Energie zu ersetzen. Dieser Gedanke ist richtig, bedarf aber der Ergänzung. Mit der Installation großer Leistungen an Wind- und Solarenergieanlagen wird immer öfter immer mehr erneuerbarer Strom über den aktuellen Bedarf hinaus erzeugt. Das Grünbuch nennt dies „Überschussstrom“. Dieser Begriff suggeriert eine gewisse Nutzlosigkeit, die aus wohnungswirtschaftlicher Sicht nicht geteilt werden kann.

Nutzen statt abregeln: Sektorkopplung muss auch die Verwendung des Stromes, der sonst abgeregelt würde, einschließen. Dafür müssen die ordnungsrechtlichen Instrumente geschaffen werden, z. B. für die (teilweise) Befreiung des Stromes von Steuern und Abgaben. Würde der Strom nicht genutzt, wäre er abgeregelt worden und es wären auch keine Steuern und Abgaben dafür angefallen, wohl aber die Offshore-Haftungsumlage.

Klimaschutzplan 2050

Der am 14.11.2016 im Kabinett verabschiedete Klimaschutzplan bezieht sich bei der Sektorkopplung im wesentlichen auf das Grünbuch Energieeffizienz. Richtig wird aber erkannt, dass zukünftig auch die Vernetzung von Gebäuden mit dem Verkehrs- oder Industriesektor sowie der Energiewirtschaft immer mehr an Bedeutung gewinnen wird. Für die Wohngebäude wird ein Szenario eröffnet, nach dem die notwendigen Emissionsminderungen bis 2050 nur erreicht werden können, wenn der Energiebedarf nach konsequenter Nutzung der Effizienzpotenziale und direktem Einsatz von erneuerbaren Energien (z.B. Wärme aus Solarthermie oder Geothermie) künftig mit Strom aus erneuerbaren Energien gedeckt wird (z.B. Wärmepumpen).

Mit diesem Ansatz wird die ganze Vielfalt der Sektorkopplung im Bereich Power-to-X für Gebäude ausgeblendet. Dabei ist es gerade wichtig, sich entwickelnden Technologien gegenüber offen zu bleiben, Türen sozusagen nicht vorschnell zu schließen. Es bedarf weiterhin einer Diskussion über die Bilanzierung der Treibhausgasemissionen im Rahmen des Klimaschutzplanes. Die strikte Zuordnung zu den Sektoren Energiewirtschaft, Gebäude, Industrie, Verkehr und Landwirtschaft ist denkbar ungeeignet, eine Sektorkopplung abzubilden. Ein Gebäude an eine Wärmepumpe angeschlossen würde

zur Energiewirtschaft verschoben, eine PV-Anlage mit Ladestation für Elektromobilität könnte Emissionen aus dem Verkehrs- und den Gebäudesektor verschieben.

Fazit

Ziel der Sektorkopplung für Wohngebäude ist die Dekarbonisierung unter Zuhilfenahme von erneuerbarem Strom und synthetischem Gas. Um die Bezahlbarkeit des Wohnens zu sichern, müssen alle möglichen Bausteine und Maßnahmen genutzt werden. Dabei muss berücksichtigt werden, dass vor allem Hoch-Effizienzmaßnahmen die Kaltmiete und auch die Betriebskosten (Lüfterstrom, Lüftungswartung, Wartung erneuerbarer Anlagen) erhöhen. Im Blick müssen auch die Energiepreise bleiben, weil eine Erhöhung der Energiepreise immer auch die Wohnkosten erhöht. Soweit wie möglich sollte die vorhandene Infrastruktur der Strom-, Gas- und Fernwärmenetze intelligent für eine Dekarbonisierung genutzt werden. Aus Sicht der Wohnungswirtschaft müssen alle möglichen Bausteine ausprobiert werden, damit sich zeigen kann, welche die effizientesten und kostengünstigsten zur Dekarbonisierung sind. Es kann heute überhaupt noch nicht entschieden werden, in welchem Verhältnis sich Effizienz und Nutzung erneuerbarer Energien über Netze sowie über dezentrale Erzeugung entwickeln werden. Nur die größtmögliche technologische und gesellschaftliche Offenheit wird Erfolg bringen.



Albrecht Gerber
Minister für Wirtschaft und Energie, Brandenburg

Albrecht Gerber ist geboren am 2. April 1967 in Preetz (Schleswig-Holstein). Er studierte Politikwissenschaften an der Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn und der Freien Universität Berlin. Gerber war von 1990 bis 1991 Pressesprecher des SPD-Landesverbandes und der SPD-Landtagsfraktion Brandenburg. Von 1991 bis 1993 war er Mitarbeiter einer SPD-Abgeordneten im Landtag Brandenburg, von 1993 bis 1994 Referent in der Staatskanzlei. Von 1994 bis 1997 arbeitete Gerber als persönlicher Referent des brandenburgischen Umweltstaatssekretärs. 1997 bis 1998 war Gerber Mitarbeiter im SPD-Parteivorstand – sog. „Kampa“ in Bonn, 1999 war er wieder Referent in die Staatskanzlei des Landes Brandenburg. Von 1999 bis 2006 wirkte er als Büroleiter der brandenburgischen Ministerpräsidenten Manfred Stolpe und Matthias Platzeck. 2006 bis 2009 war Gerber Leiter der Abteilung Regierungsplanung und Koordinierung in der Staatskanzlei, 2009 bis 2014 war er Chef der Staatskanzlei (Staatssekretär). Seit dem 5. November 2014 ist Gerber Minister für Wirtschaft und Energie des Landes Brandenburg.

Potenziale der Sektorkopplung nutzen, um die Kosten der Energiewende zu reduzieren

Albrecht Gerber

1. Einleitung

Mit der Energiewende sind neue Herausforderungen an die Energieversorgung und die Systemintegration der erneuerbaren Energien verbunden. Die Kapazitäten zum Erzeugen von Strom aus regenerativen Quellen wie Wind, Sonne oder Biomasse werden stetig ausgebaut und konventionelle Großkraftwerke Schritt für Schritt stillgelegt. Die bisherige Energieversorgung mit wenigen zentralen Einheiten wird in zunehmendem Maße auf eine dezentrale Erzeugerstruktur umgestellt. Dies bedeutet zugleich aber auch eine Umstellung des Systems von einer plan- und steuerbaren, am Bedarf orientierten Erzeugung hin zu einer maßgeblich wind- und sonnenabhängigen und damit schwankenden Einspeisung.

Das Land Brandenburg ist ein Energieland. Und wenn der eine oder andere Kritiker der Brandenburger Energiepolitik jetzt zuerst oder vielleicht sogar ausschließlich an die Verstromung der heimischen Braunkohle denkt, so verkennt dies die Entwicklung der vergangenen Jahre. Brandenburg ist bundesweit Vorreiter beim Ausbau der erneuerbaren Energien.

Wir erbringen einen wesentlichen Anteil an der bundesweiten Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und tragen im erheblichen Maß zur Erfüllung der energiepolitischen Ziele der Bundesregierung bei. Beim Anteil des aus erneuerbaren Energien erzeugten Stroms am Bruttostromverbrauch hat das Land Brandenburg im Jahr 2014 rechnerisch bereits einen Anteil von 65,9 Prozent erreicht – und damit schon jetzt die gesamtdeutsche Zielsetzung der Bundesregierung für das Jahr 2035 (55 bis 60 Prozent) übertroffen.

Die heute im Land Brandenburg installierte Anlagenleistung im Bereich der Photovoltaik von nahezu 3.000 MW kann sich ebenso sehen lassen wie die vorhandene Windkraftanlagenleistung von mehr als 6.000 MW. Der allein mittels Windkraft erzeugte Strom lag im Jahr 2014 bei beeindruckenden 7.847 GWh. Dies entspricht einem Anteil an der gesamten brandenburgischen Bruttostromerzeugung von 14,3 Prozent.

Diese Entwicklung hat aber auch ihre Kehrseite. Erneuerbare Energien stellen bislang keine zu jeder Zeit zuverlässige Energiequelle dar, um an 365 Tagen im Jahr und an 24 Stunden am Tag eine sichere und unterbrechungsfreie Stromversorgung zu gewährleisten. Windaufkommen und Sonneneinstrahlung sind wetterabhängig und damit nicht steuerbar. Was tun, wenn plötzlich zu viel oder auch zu wenig Strom im Netz ist?

Um die erneuerbaren Energien in das vorhandene System zu integrieren, bedarf es eines grundlegend neu zu organisierenden Zusammenspiels der drei Ebenen Stromerzeugung, Netze und Verbraucher mit dem Ziel, auch weiterhin eine sichere, stabile und bezahlbare Versorgung mit Strom zu gewährleisten.

Um dies zu erreichen, bedarf es auf allen drei Ebenen einer Flexibilität, die das alte, konventionelle System nicht kannte. Dies ist eine enorme Herausforderung. Und doch stellt sich die Frage, ob wir allein mit einer Revolutionierung des Stromsektors die Energiewende zum Erfolg führen können.

Ich bin überzeugt davon, dass wir übergreifender denken müssen. Die Energiewende ist nicht allein eine Stromwende. Vielmehr sind alle Bereiche, in denen Energie erzeugt, transportiert oder verbraucht wird, miteinander zu verzahnen, um die jeweiligen Potenziale maximal nutzen und kombinieren zu können. Wir müssen vor allem den Wärme- und auch den Verkehrsmarkt einbeziehen, um die Probleme des Strommarktes lösen zu können.

Und um schon jetzt die Antwort auf die Eingangsfrage vorwegzunehmen: Die Kopplung dieser drei Sektoren ist nicht die Universallösung für die beschriebenen Probleme, sie stellt aber ein wesentliches Element zur Steuerung und damit zur Beherrschung der Herausforderungen dar.

2. Was bedeutet Sektorenkopplung und warum ist diese hilfreich?

Die Sektorenkopplung ist ein Instrument, um aus erneuerbaren Energien erzeugten überschüssigen Strom im Gas-, Wärme- und Verkehrssektor nutzen zu können. Die drei Bereiche dienen als wichtige Flexibilitäten, die diesen Strom aufnehmen, speichern und je nach weiterer Verwendung wieder in das Elektroenergieversorgungsnetz einspeisen.

Strom zu Wärme

Mit „Strom zu Wärme“ (power-to-heat) wird Strom aus erneuerbaren Energien dafür verwendet, Wärme zu erzeugen. Diese kann unmittelbar genutzt werden, um den Wärmebedarf gerade in Wintermonaten zu decken. In geeigneten Wärmespeichern lässt sich die Energie aber auch relativ gut über einen längeren Zeitraum „lagern“, um sie zu einem späteren Zeitpunkt entweder als Wärme oder zur Rückverstromung zu nutzen.

In Haushalten kommt diese Technologie in Wärmepumpen, dielektrischen Heizungen und Heizkesseln zum Einsatz. In Nah- und Fernwärmenetzen finden ebenfalls Heizkessel, aber auch Großwärmepumpen und Elektrodenkessel Anwendung. Und auch die Industrie kann sich diese Verfahren nutzbar machen, um ihren Bedarf an Prozesswärme zu decken.

Durch die Nutzung von überschüssigem, erneuerbar erzeugtem Strom kann in entsprechendem Umfang auf fossile Brennstoffe zur Erzeugung der Wärme verzichtet werden.

Strom zu Gas

Bei der Sektorenkopplung „Strom zu Gas“ (power-to-gas) wird regenerativer Strom genutzt, um Wasserstoff oder Methan herzustellen („grünes Gas“). Gase haben den entscheidenden Vorteil, dass sie einerseits gut, langfristig und in großen Mengen speicherbar sind, andererseits aber auch über bereits vorhan-

dene Netze in die Bedarfsregionen transportiert werden können, um dort verbrannt und zur Erzeugung von Wärme oder (wieder) Strom genutzt zu werden.

Power-to-gas-Technologien sind grundsätzlich in der Lage, das bereits bei power-to-heat beschriebene Leistungsspektrum abzudecken. Darüber hinaus kann Wasserstoff aber auch direkt für den Verkehrssektor genutzt werden – Stichwort Brennstoffzellenantrieb.

Wasserstoff und Methan sind also gut speicher- und vielfältig einsetzbar und damit als Ersatz für konventionelle Energieträger geeignet.

Der durch Elektrolyseanlagen bereitgestellte Wasserstoff - grüner Wasserstoff - besitzt den Vorteil, dass er CO₂-frei erzeugt worden ist und damit entscheidend zum Erreichen der Klimaziele beiträgt. Er reduziert die Umweltverschmutzung und kann perspektivisch das Problem der begrenzten Verfügbarkeit und zugleich die Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen reduzieren.

Strom zu Verkehr

Bei der Sektorkopplung kommt auch die Variante „Strom zu Verkehr“ (power-to-vehicle) zur Anwendung – wobei es besser „Strom im Verkehr“ heißen sollte. Hier geht es darum, den Strom aus erneuerbaren Energien sinnvoll und als Alternative zu den bisherigen fossilen Rohstoffen als Antriebsquelle zu nutzen. Anwendungsbereiche sind Elektrofahrzeuge, die entweder ausschließlich oder als Plug-In-Hybrid-Lösungen batteriebetrieben die Mobilität ermöglichen.

Fahrzeuge mit Batterie- oder Brennstoffzellenantrieb stellen grundsätzlich eine ökologische Alternative zu Fahrzeugen mit konventionellen Kraftstoffen wie Diesel und Benzin dar.

3. Welche Herausforderungen sind zu meistern, welche Probleme bestehen?

All die beschriebenen Vorteile der diversen Power-to-X-Technologien dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, dass jede für sich auch mit technischen und / oder ökonomischen Problemen behaftet ist.

Strom zu Wärme

Aktuell besteht der Bedarf an Wärme vor allem in der kalten Jahreszeit. Der Verwendung von überschüssigem Strom aus erneuerbaren Quellen für die Erzeugung benötigter Wärme sind also jahreszeitliche und damit quantitative Grenzen gesetzt. In den Sommermonaten spielt power-to-heat folglich eine untergeordnete Rolle und kann damit zur Lösung von Problemen im Stromsektor nur in einem zeitlich begrenzten Rahmen beitragen.

Auch ist zu beachten, dass der Strom aufgrund der dezentralen Erzeugerstruktur nicht unmittelbar dort bereit steht, wo die Wärme auch gebraucht wird - in der Regel in größeren Städten. Die technisch naheliegende Lösung wäre der Ausbau der Strom- und Wärmenetze. Beides ist aber mit erheblichen Investitionen verbunden – mit der Folge weiterhin steigender Netzentgelte.

Strom zu Gas

Gas hat den Vorteil, dass es ganzjährig in Anspruch genommen und zudem langfristig gespeichert werden kann. Ähnlich wie bei der Wärme stellt sich aber auch hier die Frage nach dem Transport. Will man die Effizienzvorteile großtechnischer Elektrolyseeinheiten nutzen, so wird man diese tendenziell eher an wenigen zentralen Stellen errichten. In der Folge ist dann aber wiederum das Stromnetz entsprechend auszubauen, um den dezentral erzeugten Strom „einzusammeln“ und zu den Elektrolysestandorten zu bringen. Alternativ wäre zu erwägen, zur Reduzierung des Stromnetzausbaus kleiner dimensionierte dezentrale Elektrolyseeinheiten zu etablieren. Aber dann bleibt die Frage, wie man das so dezentral erzeugte Gas nutzen kann. Die Nachfrage in den eher ländlich geprägten Regionen, in denen die Stromerzeugung stattfindet, wird hierfür nicht ausreichen. Folglich wird das grüne Gas zu den größeren Bedarfszentren transportiert werden müssen. Wie schon bei der Wärme sind damit erhebliche Infrastrukturkosten verbunden.

Strom zu Verkehr

Für einen umfassenden Einsatz von batterie- oder brennstoffzellenbetriebenen Fahrzeugen müssen flächendeckend Tankstellen und Ladesäulen zur Verfügung stehen. Das ist bisher nicht der Fall und sicher einer der Hauptgründe für die vergleichsweise geringe Verbreitung dieser Antriebstechniken.

Zudem ist unklar, ob der Nutzer eine so grundlegende Änderung seines gewohnten Verhaltens akzeptiert. Das Betanken eines herkömmlichen Autos mit Verbrennungsmotor dauert wenige Minuten; das Laden einer Batterie in einem Elektroauto nimmt wesentlich mehr Zeit in Anspruch und dauert heute selbst bei Schnellladesäulen immerhin noch etwa eine halbe Stunde.

Hier bedarf es weiterer Forschung und Entwicklung, um sowohl die Reichweitenkapazität deutlich zu erhöhen und zugleich die Ladezeiten signifikant zu reduzieren.

4. Alles nur eine Frage des Geldes?

Vor allem sind es also transportbezogene Probleme, deren Lösung derzeit nur mit erheblichen finanziellen Aufwendungen technisch denkbar ist.

Die Energiewende ist aber bereits heute eine teure Angelegenheit geworden. Allein die Umlage nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz, also dem Bundesgesetz, das die Einspeisevergütung für Erneuerbare-Energien-Anlagen regelt, schlägt mit jährlich 24 Milliarden Euro zu Buche.

Hinzu kommen noch die Kosten für Maßnahmen des Netzengpassmanagements; also das Abregeln der Erneuerbare-Energie-Anlagen bei zu großer Einspeisung und ungenügender Netzkapazität. Da der Strom an anderer Stelle aber gebraucht wird, müssen dort die Erzeugungskapazitäten kurzfristig hochgefahren werden. Diese sogenannten Redispatchmaßnahmen haben allein 2015 bundesweit zu Kosten von etwa einer Milliarde Euro geführt.

Und diese Milliarde Euro müssen die Stromkunden schultern. Besonders hoch sind die Belastungen dort, wo viel Strom aus Erneuerbaren Energien erzeugt wird, aber nicht abtransportiert werden kann. Dies betrifft in erheblichem Maße das Land Brandenburg.

Bereits jetzt ist absehbar, dass die Kosten der Energiewende und damit die Belastungen für den Endkunden weiter steigen werden. Wir müssen aufpassen, dass wir den Bogen nicht überspannen und die grundsätzliche Akzeptanz der Bürger nicht in Ablehnung umschlägt.

Die Sektorenkopplung kann nur dann einen sinnvollen Beitrag zur Energiewende leisten, wenn damit nicht weitere Kosten- und folglich Entgeltsteigerungen verbunden sind. Vielmehr muss es das Ziel sein, die Potenziale der Sektorkopplung dafür zu nutzen, die Kosten der Energiewende zu reduzieren. Wie das aber funktionieren kann, ist aktuell noch unklar.

Trotz der bekannten und anerkannten Notwendigkeit zur Umstellung unserer Stromerzeugung auf erneuerbare Quellen dürfen wir die Wettbewerbsfähigkeit unserer heimischen Wirtschaft nicht aus den Augen verlieren. Dieser Punkt findet in der deutschen Klimadebatte bisher zu wenig Berücksichtigung. Das ist insofern fatal, als insbesondere die Industrie das Rückgrat der deutschen Wirtschaft darstellt.

Aber nicht nur die Kostensteigerungen infolge der Energiewende gefährden die Wirtschaft und die hier gebotenen Arbeitsplätze. Auch die sichere, konstante und verlässliche Bereitstellung der benötigten Energie ist ein wesentlicher Faktor für die Wettbewerbsfähigkeit.

5. Was tut Brandenburg für die Sektorenkopplung?

Das Land Brandenburg hat die Bedeutung der Sektorenkopplung erkannt und unterstützt mit einem eigenen Förderprogramm entsprechende Aktivitäten.

Energiespeicher stellen eine wichtige Komponente sowohl in der Energiewende insgesamt als auch bei der konkreten Sektorenkopplung dar. Brandenburg ist nicht nur Vorreiter, was die Erzeugungskapazitäten für erneuerbare Energien anbetrifft: Wir haben auch die Nase vorn beim Errichten von Speichern. In Brandenburg gibt es derzeit drei Batterie-Großspeicher mit einer Gesamtleistung von 16,3 MW. In Feldheim steht mit einer Leistung von 10 MW einer der derzeit noch größten Batteriespeicher Europas, aber neue Projekte mit bis zu 60 MW werden bereits geplant.

Auch die Elektrolyse mit der Erzeugung von Wasserstoff findet in einigen Großanlagen bereits praktische Anwendung.

Doch das ist alles noch weit von dem entfernt, was wir brauchen: Wir brauchen Speicher im industriellen Großformat. Die Speicherforschung in Deutschland steckt insgesamt noch in den Kinderschuhen. Hier muss noch sehr viel geforscht und entwickelt werden.

Gegenwärtig sind die Erneuerbaren noch kein zuverlässiger Energieträger. Zuverlässig werden sie erst dann, wenn ausreichend Netze und Speicher gebaut und die sektorenübergreifende Nutzung der Energie praktisch umgesetzt wird.

Bis dahin kann man aber nach meiner tiefen Überzeugung auf die Verstromung der Braunkohle nicht verzichten. Der Energieträger Braunkohle steht auch dann zu Verfügung, wenn es draußen dunkel ist, wenn die Sonne nicht scheint und wenn der Wind nicht weht.

Fazit

Die Sektorenkopplung ist eine von vielen wichtigen, ja zwingenden Voraussetzungen für das Gelingen der Energiewende. Aber auch hier gilt – wie für die Energiewende insgesamt –, dass es keine Umsetzung um jeden Preis geben kann und darf.



Gunnar Groebler

Vorsitzender der Geschäftsführung, Vattenfall Europe Windkraft GmbH

Gunnar Groebler startete seine Karriere bei Vattenfall im Jahr 1999 in der Unternehmensentwicklung. Nach verschiedenen Positionen im Bereich Strategie / Unternehmensentwicklung - sowohl in Deutschland als auch in Schweden - wurde er 2009 Leiter der Unternehmensentwicklung / M&A für die Region Central Europe. Von 2011 bis 2013 war er als Leiter der Geschäftseinheit Hydro Germany für das deutsche Wasserkraftgeschäft des Unternehmens verantwortlich, bestehend aus ~ 3.000 MW installierter Leistung an Laufwasserkraftwerken und Pumpspeicherwerken. Seit Januar 2014 leitet Gunnar Groebler den Geschäftsbereich Wind innerhalb von Vattenfall, erst für den Continental/UK Markt und seit April 2015 als Mitglied des Vattenfall Executive Group Managements für alle Vattenfall Märkte. Die Business Area Wind umfasst sowohl die Projektentwicklung, als auch die Konstruktion und den Betrieb von On- und Offshore Windparks. Gunnar Groebler ist verheiratet, hat vier Kinder und lebt in Hamburg.

Die Sektorenkopplung – Zusammenwachsen von Strom, Wärme und Verkehr für ein Gelingen der Energiewende

Gunnar Groebler

Bis zum Jahr 2022 soll der Ausstieg aus der Kernenergie und bis zum Jahr 2050 soll eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um bis zu 95 % gegenüber 1990 erfolgen. Letzteres soll vor allem durch eine deutliche Reduktion des Energiebedarfs („Energieeffizienz“) und die Substitution von konventionellen Energieträgern wie Kohle, Heizöl und Erdgas durch erneuerbare Energien erreicht werden. Der aktuelle MC Kinsey Energiewende-Index hat aufgezeigt, dass Deutschland sehr gut mit dem Ausbau der Erneuerbaren Energien voran kommt. Nicht nur der Kapazitätzubau bewegt sich auf dem gewollten Level (Ausbau-Korridor), auch wird ein deutlicher Preisrückgang der Technologien sichtbar. Positiv zu bewerten ist, dass der Preisrückgang, welcher zuerst im Bereich der PV und Onshore-Windkraft sichtbar wurde, sich nun auch Offshore manifestiert. Allerdings werden auch einige Versäumnisse bei der Effizienzsteigerung sowie den Zielen zur CO₂-Reduktion sichtbar. Die Bundesregierung hat erkannt, dass die Energiewende nicht nur den intensiven Ausbau auf Erneuerbaren Energien basierender Stromerzeugung bedeutet, sondern auch eine „Wärmewende“ bzw. „Transportwende“ involviert. Parallel verändern sich die Versorgungsstrukturen indem dezentrale Versorgungskonzepte, steigende Eigenversorgung und kleinräumige Vernetzung verschiedener Komponenten stark ausgebaut werden. Vor allem die Fluktuation der auf erneuerbaren Energien basierenden Stromerzeugung stellt v.a. das Stromsystem vor wesentlich veränderte Anforderungen. War über Jahrzehnte die Stromerzeugung gut plan- und der Nachfrage anpassbar, so bedarf es bereits heute und noch mehr in der Zukunft wachsender Flexibilität auf der Nachfrageseite, intelligenter Steuerung verschiedener Erzeuger, Speicher sowie Nachfrage und erheblicher Datenkommunikation für die Systemsteuerung. Für das Erreichen der genannten Ziele auf dem Weg zu einem System basierend auf 100 % erneuerbaren Energiequellen ist die Verknüpfung der konsumierenden Bereiche unverzichtbar. Um etwa die Stabilität des Stromnetzes zu gewährleisten muss die Nachfrageseite soweit möglich mit dem fluktuierenden Stromangebot aus regenerativen Energiequellen synchronisiert werden. Hinzu kommt die Tatsache, dass immer mehr Strom in das Verteilnetz eingespeist wird und sich bei einer lokal höheren Einspeisung als Verbrauch der Lastfluss umkehrt. Hierdurch wird das Netz zusätzlich belastet. Doch viele offene Problemstellungen technischer, ökonomischer, legislativer und gesellschaftlicher Relevanz sind im Zusammenhang mit der Entwicklung solcher Strukturen bisher nicht abschließend geklärt. Vor allem die Energieversorgungsunternehmen (EVU) stehen dabei vor neuen Herausforderungen aber auch Chancen. Die über eintausend EVU in Deutschland stehen aktuell vor der Frage, wie die intelligente Kommunikationstechnologie sowie die möglich künftig dazugehörigen regulatorischen Rahmenbedingungen ihre etablierten Geschäftsmodelle verändern werden und welche neuen Geschäftsmodelle für sie Erfolg bringen können.

Auf dem Weg zu einem System basierend auf 100% erneuerbaren Energiequellen ist letztlich Integration der „Energiesektoren“ Strom, Wärme und Verkehr erforderlich. Dies wird seit einiger Zeit unter dem Begriff „Sektorenkopplung“ intensiv diskutiert. Dabei geht es aber um mehr als die reine „Kopplung“, sondern um eine umfassende Integration der Segmente Strom, Wärme und Mobilität im Sinne einer gemeinsamen Optimierung. Ein wesentlicher Baustein ist dabei, den Strom aus fluktuierenden Erneuerbaren Energien dazu einzusetzen, um Wärme, Kälte und auch Antriebsenergie zu erzeugen und somit nach und nach die fossilen Brennstoffe abzulösen. In Deutschland entfallen etwa 22% des Endenergieverbrauchs auf Strom, 28% auf den Verkehr und 50% auf die Wärmeversorgung. Über die letzten rund zwei Jahrzehnte hat man sich im Wesentlichen auf den Stromsektor konzentriert. Die eingangs genannten Ziele sind ohne spürbaren Veränderungen beim absoluten Verbrauch und dem Anteil erneuerbarer Energien v.a. im Wärmesektor aber auch im Verkehrssektor nicht zu erreichen; für das Klima etwa spielt es keine Rolle, wo das CO₂ entsteht.

Allgemeine Voraussetzungen für die Sektorenkopplung – Intelligente und leistungsfähige Strom netze

Das Bundeswirtschaftsministerium die als „stromseitige Sektorkopplung“: „Strom aus Erneuerbaren einsetzen, um Wärme, Kälte und Antriebsenergie zu erzeugen. Ziel ist, fossile Energien zu ersetzen.“¹

Damit kommt den Stromnetzen aller Spannungsebenen eine herausragende Bedeutung zu. Übertragungs- und Verteilnetze müssen so ausgebaut und gestaltet sein, daß die „stromseitige Sektorkopplung“ auch verwirklicht werden kann. In bestimmten Netzregionen treten heute Stromnetzengpässe auf, infolge dessen vermehrt v.a. Windkraft abgeregelt werden muss. Auf der Ebene der Übertragungsnetze ist ein Ausbau zwischen dem Norden und Süden der Bundesrepublik entscheidend um auch überregionale Spitzen abfangen zu können. Auf Grund der zunehmenden Dezentralisierung des Energiesystems z.B. durch PV-Anlagen in der Mittel- und Niederspannungsebene (Hausdachanlagen) müssen die Verteilnetze entsprechend ausgebaut werden. Um in Zukunft die Erneuerbaren Energien erfolgreich zu integrieren und erweiterte Netzreserven zu nutzen sind intelligente Steuerung – und Regelungsmechanismen erforderlich. Durch die optimale sowie bedarfsgerechte Netznutzung und die Integration mit dem Wärme- und dem Verkehrssektor können langfristig auch Kosten für den Netzausbau v.a. auf Verteilungsebene vermieden werden.

Leistungsfähigkeit und „Intelligenz“ der Stromnetze müssen ineinandergreifen. Unter dem Begriff „intelligentes Stromnetz“ (oder auch Smart-Grid) wird gemäß der Definition des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie die kommunikative Anbindung der Akteure des Energiesystems verstanden. Diese Anbindung erfolgt dabei auf allen Stufen der Wertschöpfungskette von der Erzeugung über den Transport und der Speicherung bis hin zur Verteilung und dem Verbrauch durch die Kunden. Im Privatkundenbereich treten an

die Stelle der herkömmlichen Stromzähler intelligente Messsysteme (Smart-Meter). Diese sind in der Lage, von zeitlich hoch (Minutenscharf) aufgelöste bis hin zu zeitlich höchst (Sekundenscharf) aufgelöste Energieverbrauchsdaten aufzuzeichnen und diese für entsprechende Weiterverwendungen bereitzustellen. Kunden, Netzbetreiber und Stromanbieter haben dadurch die Möglichkeit, genaue Kenntnis über den Verbrauchsverlauf zu erlangen.

Ein Flexibleres Marktdesign ermöglicht die optimale Integration

Das der Sektorenkopplung zugrunde liegende Marktdesign sollte so ausgestaltet werden, dass die Erneuerbaren Energien auch in allen drei verbrauchenden Sektoren genutzt werden können. Ungeplante, unregelmäßige oder extreme energiewirtschaftliche Ereignisse sind im Allgemeinen Situationen, wenn die Sicherstellung der Netzstabilität unter Umständen nicht mehr gewährleistet werden kann. Zum einen kann mit Hilfe des durch hohe Preise initiierten Absenkung der Nachfrage auf Kraftwerksausfälle oder Windprognosefehler reagiert werden. Zum anderen Seite kann aber auch mit Hilfe von Demand Response (DR) auf niedrige oder sogar negative Preise reagiert werden, wenn z. B. bei einer sehr hohen Einspeisung aus erneuerbaren Energien der gesamtwirtschaftliche Stromverbrauch sehr niedrig ist. Die Möglichkeit zur Beeinflussung der Nachfrage nach Strom im Privatkundenbereich wird hauptsächlich durch das angebotene Preisdesign des EVU bestimmt. Das Ziel, Laständerungen mit Hilfe von Anreizen wie beispielsweise variablen Tarifmodellen zu erreichen, wird im Zuge der aktuellen Entwicklungen in der Energiewirtschaft zunehmend diskutiert. Eine optimale Ausnutzung des klassischen Elektrizitätssystems war in der Vergangenheit dann erreicht, wenn die Nachfrage im Zeitverlauf zunehmend gleichmäßig verteilt wurde. Der steigende Anteil von dynamischen Erneuerbaren Energien im System erfordert einen neuen Ansatz des Lastmanagements - weg von der Vergleichmäßigung der Nachfrage und hin zur Anpassung der Nachfrage an die aktuelle Angebotssituation.

Die Rolle der Privatkunden wandelt sich ebenfalls zunehmend von „reinen“ Konsumenten hin zu so genannten „Prosumern“, welche gleichzeitig Energie verbrauchen, aber auch z. B. mit Hilfe von hauseigenen Solaranlagen einspeisen. Die zunehmende Dezentralisierung wird durch die zukünftige Integration von Elektrofahrzeugen (als Abnehmer und Speicher von Energie) weiter zugespitzt. Es ist davon auszugehen, dass zukünftig durch die Volatilität der Erneuerbaren Energien extreme Preisspitzen sowie Preistäler auftreten werden. Das wird häufiger der Fall sein und extremer ausfallen als in der Vergangenheit. Durch den optimalen Einsatz von dezentralen Energieerzeugern sowie den optimalen Eigenverbrauch als auch den Einsatz von Speichermöglichkeiten können u.a. weitere Netzausbaukosten vermieden werden. Allerdings folgen dieser Anwendung auch mehrere Probleme regulatorischer Natur, wie z.B. die mangelnde Abbildung von Eigenverbrauchskonstellationen in dem heute gültigen Bilanzierungssystem.

Power-to-Heat – Sektorkopplung zwischen Strom und Wärme

Heizen mit Strom galt lange Zeit und gilt vielen auch noch heute als absolutes „no go“. Der Einsatz von Power-to-Heat-Anlagen ist nur während Zeiten sehr hoher Einspeisung aus regenerativen Quellen energiewirtschaftlich sinnvoll, da elektrischer Strom physikalisch gegenüber Wärmeenergie eine qualitativ deutlich höherwertige Energieform darstellt. Finanziell lohnt sich die Umwandlung in Wärme deshalb nur bei sehr niedrigen Börsenstrompreisen. Sektorkopplung zwischen dem Strom- und dem Wärmesektor ändert die Physik nicht, wohl aber verschieben sich mit dem erheblichen Ausbau erneuerbarer Stromversorgung weitere Bewertungsmaßstäbe. Bereits heute übersteigt an der Mehrheit der Tage eines Jahres das Stromangebot aus erneuerbaren Quellen die Nachfrage und die Transportfähigkeit der Stromnetze erheblich. Deshalb müssen die Übertragungsnetzbetreiber immer häufiger in das Marktgeschehen eingreifen und schließlich auch die Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen drosseln oder ganz abschalten, und den Betreibern den Ausfall weitgehend vergüten. Das liegt wie beschrieben zum einen an dem weiteren Ausbaubedarf der Netze, zum anderen schlicht daran, dass es sehr viel erneuerbare Erzeugungskapazität gibt, die dann bei passenden Wetterlagen auch entsprechend Strom liefert und einspeist. Diesen Strom dann abzuschalten widerspricht letztlich den eingangs beschriebenen Zielen der Energiewende und ist volkswirtschaftlich nicht optimal.

Statt den erneuerbaren Strom abzuschalten, ist es viel sinnvoller, ihn z.B. mittels Wärmepumpen und v.a. elektrischen Direktheizern (Elektroheizer) in den Fernwärmenetzen unserer Städte zu nutzen. Die Wärmenachfrage und das Stromangebot v.a. aus der Windenergie ergänzen einander sehr gut. Im Winter ist das Windenergieangebot sehr hoch und ebenso der Wärmebedarf. Hier bietet es sich geradezu an, den erneuerbar erzeugten Strom für die Wärmeversorgung zu nutzen. Da viele Fernwärmesysteme zudem mit Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) betrieben werden, bietet die Kombination aus effizienter Fernwärme, KWK-Anlagen (BHKW und große KWK-Anlagen), Wärmespeichern und Elektroheizern oder Wärmepumpen eine sehr gute und vor allem zeitnah verfügbare Option der Sektorintegration:

- Erneuerbar erzeugter Strom wird genutzt anstatt abgeregelt zu werden
- Indem KWK-Anlagen in Zeiten hohen Winddargebots zurückgefahren werden und gleichzeitig Elektroheizer oder Wärmepumpen in Betrieb gehen, wird im Stromnetz „zusätzlicher Platz“ für den Windstrom geschaffen und dieser zugleich sinnvoll verwendet zur Wärmebereitstellung (Erhöhung der Nachfrage); es entstehen signifikante Flexibilisierungs- und Stabilisierungsoptionen für das Stromsystem. Der bundesdeutsche Gesetzgeber hat besonders zur Nutzung dieser Vorteile Ende des Jahres 2016 erste entsprechende Regelungen im Energiewirtschaftsgesetz vorgesehen und damit die „Sektorenkopplung“ auch schon erstmalig im Regulierungsrahmen verankert. Dieser Weg sollte weiter beschritten werden und die derzeit noch bestehenden räumlichen Beschränkungen für die Anwendung der Regelungen aufgehoben werden.

- Mit Strom aus erneuerbaren Energien können erhebliche Mengen erneuerbarer Energien für eine klimaneutrale Wärme- und Kälteversorgung in städtischen Bereichen zur Verfügung gestellt werden. Die führt zu einer erheblichen Einsparungen an fossilen Primärenergieträgern und damit zu spürbaren geringeren CO₂-Emissionen.

Der Wärmesektor spielt für die CO₂-Reduktion eine besondere Rolle und der Schlüssel liegt in den städtischen Ballungsräumen:

- Mehr als 40% der europäischen Bevölkerung lebt in Städten.
- Etwa 80% der europäischen CO₂-Emissionen entstehen in den Ballungsräumen.
- Rund 90% der bestehenden Gebäude werden noch im Jahr 2050 stehen.

Zugleich ist die Möglichkeit für die direkte Nutzung erneuerbarer Energien in der Wärmeversorgung städtischer Ballungsräume beschränkt: Für Solarthermie nur begrenztes Dachflächenpotenzial im Vergleich zur Geschossfläche. Biomasseanlagen und Wärmepumpen nutzen selten Platz im Keller. Die Bodenflächen sind gering im Vergleich zu den Geschossflächen, teilweise bestehen Grundwasserprobleme und es gibt wenig Flächenheizungen (Fußbodenheizungen) im Gebäudebestand. Auch Aspekte der Sicherung von Luftqualität und Begrenzung von Verkehrsströmen spielen eine erhebliche Rolle. Schließlich lassen sich weder Wind noch Wasser direkt für die Wärmebereitstellung nutzen.

Die ökologischen Vorteile effizienter Fernwärme wirken unmittelbar und gleichzeitig in allen angeschlossenen Gebäuden, Neubauten und Gebäudebestand. Jede Verbesserung der Effizienz in der Erzeugung, jede CO₂-Reduktion und jede Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien in der Fernwärme führt in jedem angeschlossenen Haus unmittelbar zu einem positiven Effekt, zu einer nachhaltigen CO₂-Reduktion. Das gleiche gilt sinngemäß auch für Fernkälte.

Vattenfall sieht in power-to-heat eine sehr gute Option, Ökologie, Systemstabilität und Wirtschaftlichkeit sektorübergreifend in Übereinstimmung zu bringen. Langfristig wird auch erneuerbar erzeugtes Synthesegas („power-to-gas“) eine Rolle spielen, sowohl als „Langzeitspeicher“ für erneuerbar erzeugten Strom durch die zeitversetzte Anwendung entweder in der Heizung direkt oder aber auch in KWK-Anlagen als Reserveleistungs- und Systemdienstleistungslieferanten.

Vattenfall hat bereits eine Pilotanlage in Betrieb und wird eine weitere zusammen mit einem Wärmespeicher in Betrieb nehmen, die eine vorhandene GuD-Anlage ergänzen wird. Für Berlin ist eine 100 MW power-to-heat-Anlage kombiniert mit einem Wärmespeicher mit rd. 50.000 m³ in der Planung.

Eine wichtige Voraussetzung für die Integration zwischen Strom- und Wärmesektor ist ein CO₂-Preissignal für klimafreundliche Investitionen im Non-ETS-Sektor: Bisher fehlt es an Anreizen außerhalb des Emissionshandels. Der Ausstoß von CO₂ im Wärme – und Verkehrsbereich muss – möglichst wie der Emissionshandel auch europäisch - einen Preis bekommen, der tatsäch-

liche Signale für den Einsatz klimafreundlicher Technologien – wie z.B. power-to-heat - setzt. Eine solche CO₂-Bepreisung auf Brennstoffe in den Bereichen, die nicht am Europäischen Emissionshandel teilnehmen, z.B. durch eine zielgerichtete CO₂-Steuer (Climate Tax) erhöht die Wirtschaftlichkeit von den notwendigen Investitionen, um Effizienz- und Klimaschutzziele zu erreichen. Bei der Einführung einer CO₂-Steuer sollten eine sozialverträgliche Abfederung der privaten Haushalte sowie eine Entlastung für energieintensive Betriebe erfolgen.

Elektromobilität erfüllt den Wunsch nach Flexibilität unter nachhaltigen Bedingungen

Die vielleicht größte Herausforderung zur Emissionsreduzierung liegt im Verkehrssektor. Mit seiner starken Automobilindustrie ist Deutschland prädestiniert, auch bei der Entwicklung der Elektromobilität die Rolle des Spitzenreiters einzunehmen. Aus Sicht eines Stromversorgers und Stromnetzbetreibers muss die zunehmende Elektrifizierung der Mobilität und der Ausbau Erneuerbarer Energien in Einklang gebracht werden, damit die Energiewende im Verkehrssektor gelingt. Der Schienenverkehr ist zwar weitestgehend schon elektrifiziert, der Personen- und Güterverkehr auf der Straße, in der Luft und auf dem Wasser ist allerdings zu nahezu 100 % von fossilen Brennstoffen abhängig.

Die jüngsten Entwicklungen weisen darauf hin, dass die Elektromobilität eine ausgezeichnete Möglichkeit darstellt die Energiewende im Individualverkehr zu ermöglichen. Die rasante technologische Entwicklung im Bereich der Batteriespeicher führte zu einem deutlichen Kostenrückgang in den vergangenen Jahren. Heute macht die Batterie 30-40 % des Gesamtkosten eines E-Fahrzeugs aus. Seit 2008 sind die Kosten für Batteriespeicher für E-Autos auf ein Viertel ihres damaligen Niveau gefallen. Laut IEA sind auch weiterhin eine gravierende Performance-Steigerungen und Kostensenkungen für Elektrofahrzeuge zu erwarten. Ab diesem Jahr sind Fahrzeuge mit einer (real life) range von 300-400 km für einen Preis von ca. 30.000 Euro auf dem Markt verfügbar. Beispiele sind der Renault ZOE, der neue Opel Ampera und für das nächste Jahr erwartete Tesla Model 3. Vor allem für Mittel- und Kleinwagen sind die Prognosen optimistisch. Abhängig von den Entwicklungen der Großhandels Strom- und Gaspreise wird eine Wettbewerbsfähigkeit der Elektrofahrzeuge in 2020-2025 erwartet.

Aber der Bereich des Transportverkehrs birgt viel Innovationspotential. In Schweden sind derzeit zwei einzigartige Projekte zur Entwicklung von elektrifizierten Straßen in die Innovationsausschreibung der Behörde Trafikverket aufgenommen worden, in deren Rahmen verschiedene Lösungen entwickelt und getestet werden sollen. Bereits im Vorjahr wurde eine zwei Kilometer lange Strecke auf der Autobahn E16 zwischen Sandviken und Gävle eingeweiht. Die Lösung besteht aus einer Art Kontaktleitung über der Straße und einem auf dem Lastkraftwagen angebrachten Stromabnehmer, was an die Technik erinnert, die vor langer Zeit bei Zügen und Straßenbahnen zum Ein-

satz kam. In Deutschland werden zwei Testrecken mit einer Länge von jeweils zwölf Kilometern auf bestehenden Autobahnen mit der gleichen Technik ausgestattet werden. Sie sollen 2018 in Betrieb genommen werden. Eine andere, in Schweden entwickelte, neuartige Technik soll ab Herbst 2017 auf einer öffentlichen Landstraße nördlich von Stockholm in der Nähe des Flughafens Arlanda getestet werden. Vattenfall ist dabei als Partner an diesem Entwicklungsprojekt namens eRoad Arlanda beteiligt, in dessen Rahmen eine weltweit einzigartige und neu entwickelte Technologie mit einer in die Fahrbahn eingelassenen Stromschiene zum Einsatz kommt. Die Planung sieht vor, im Herbst eine zwei Kilometer lange Teststrecke in Betrieb zu nehmen; dabei soll ein strombetriebener Lastwagen Güter zwischen dem Frachtterminal in Rosersberg und dem Flughafen Arlanda transportieren.

Vattenfall arbeitet bereits seit mehreren Jahren am Ausbau der Ladeinfrastruktur für PKW und leichte Nutzfahrzeuge in Schweden, Deutschland und den Niederlanden. Unter anderem mit einem Pilotprojekt zum kabellosen induktiven Laden. Auf dem Gebiet des Busverkehrs nimmt Vattenfall in Schweden an einem Forschungsprojekt teil, das sich mit dem Laden an den Endhaltestationen auseinandersetzt, welches sowohl induktiv über einen Stromabnehmer als auch kabellos mittels induktiver Ladetechnik erfolgen kann.

Mit der steigenden Anzahl an Elektrofahrzeugen müssen sich die Verteilnetzbetreiber auf punktuelle höhere Lasten und umgekehrte Lastflüsse vorbereiten. Auch die sinnvolle Zusammenführung der Einspeisung aus Wind und Sonne sowie den Anforderungen der Elektrofahrzeuge müssen optimal gestaltet werden. Intelligente Netzführung ist aber auch stark abhängig von der Verfügbarkeit der notwendigen Daten. Rollen und Verantwortlichkeiten aber auch Verfügbarkeit von Daten und Datentransfer (einhergehend mit den notwendigen Bestimmungen zum Datenschutz) müssen definiert werden um den Betrieb der Infrastruktur, den Einsatz der Fahrzeuge, die Interfunktionsfähigkeit und den bestmöglichen Kundenservice kosteneffizient zu ermöglichen.

Heute erfolgt die Ladung der Elektrofahrzeuge meist unabhängig vom aktuellen Stromangebot durch Erneuerbare Energien. Diese Praxis wird problematisch, wenn mehr als nur einige tausend Autos verstreut über die Republik Strom tanken wollen. Wächst der Bestand der Elektroautos in den kommenden Jahren, müssen Voraussetzungen geschaffen werden, damit das Stromnetz die Balance zwischen Erneuerbaren und Fahrzeugbatterien gewährleisten kann. Erhebungen zum Ladeverhalten machen deutlich, dass Verbraucher ihre Fahrzeuge zu 90 % der Zeit nachts laden. Vattenfall hat in der Vergangenheit in einigen Pilotprojekten in Zusammenarbeit mit Autoherstellern und Verbrauchern analysiert, wie Windvorhersagen, Signale zum Netzstatus und die Kundenwünsche koordiniert und optimal zusammen geführt werden können. Smart Charging trägt zur Netzstabilität bei, da die Fahrzeuge mit günstigem und regenerativem Strom in Zeiten von Überangebot geladen und als Speicher genutzt werden können. Die Elektro-Fahrzeuge können dazu mit einem dynamischen oder auch „Real-time“ Preissignal angesteuert werden. Um das zu ermöglichen ist ein flächendeckender Smart Meter Roll-Out Voraussetzung. Für den Erfolg dieses Geschäftsmodells wäre es sinnvoll, die

Bestandteile Netznutzungsentgelt, EEG- und KWK-Umlagen entsprechend zu dynamisieren, da der Börsenstrompreis nur einen geringen Teil des Endverbrauchspreises ausmacht. Die dynamische Preise haben den Vorteil, dass zu Zeiten von hohen Börsenpreisen inflexibler Verbrauch mit höheren Kosten belastet wird.

Notwendige Voraussetzungen für Vattenfalls Erfolg im Bereich der Sektorenkopplung

Die Sektorenkopplung ermöglicht in vielerlei Hinsicht die Entwicklung von neuen und innovativen Geschäftsmodellen für Energieversorgungsunternehmen. Um diese jedoch langfristig gewinnbringend zu unterhalten, bedarf es einer umfassenden Transformation des Marktumfeldes sowie der Einführung von allgemeingültigen technische Mindestanforderungen (z. B. in Hinblick auf Smart Grids) und geeigneter politischer und regulatorischer Rahmenbedingungen. Auf den heutigen Tag gesehen fehlen den EVU überwiegend die positiven Business Cases um skalierbare Investitionen vornehmen zu können. Die laufenden Pilot-Projekte geben zwar Aufschluss über die technischen Verhaltensweisen, jedoch fehlt der Schritt hin zu großen Projektinvestitionen. Aufbauend auf unseren Erfahrungen in Projekten im In- und Ausland z.B. Schweden oder den Niederlanden ist Vattenfall bestens dafür gerüstet einen guten Beitrag zu dem Gelingen der Energiewende und dem Voranbringen der Transport- und Wärmewende in Deutschland zu leisten.

Fußnote

¹ BMWi - Internetseite



Dr.-Ing. Stefan Hartung
Mitglied der Geschäftsführung, Robert Bosch GmbH

Dr.-Ing. Stefan Hartung ist seit Januar 2013 Geschäftsführer der Robert Bosch GmbH. Er ist zuständig für den Unternehmensbereich Energy and Building Technology mit den Geschäftsbereichen Security Systems und Thermotechnology sowie Global Services Solutions. Außerdem verantwortet er die Tochtergesellschaft Robert Bosch Smart Home GmbH.

Stefan Hartung wurde 1966 in Dortmund geboren, er ist verheiratet und hat zwei Kinder. Er studierte Maschinenbau, Fachrichtung Fertigungstechnik, an der RWTH Aachen, wo er auch 1993 auf dem Gebiet der Methoden des Qualitätsmanagements promovierte.

Er trat 2004 in die Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH, München, ein. Zuvor war er bei der Fraunhofer-Gesellschaft und der Unternehmensberatung McKinsey & Company, Inc., Düsseldorf, tätig.

Die Energiewende braucht integrierte Ansätze

Dr. Stefan Hartung

Sektorkopplung als Schlüssel zu einer langfristig sicheren und effizienten Energieversorgung

Die Klimakonferenz in Paris und zuletzt die in Marrakesch lassen über die Richtung keinen Zweifel mehr: die Welt muss den Umgang mit den Ressourcen und vor allem den Ausstoß von klimaschädlichen Emissionen grundlegend überdenken, wenn auch unsere Enkel noch einen lebenswerten Planeten vorfinden sollen. Dies gilt natürlich insbesondere für die Felder Strom, Wärme und Mobilität. Deutschland hat – so scheint es – eine Vorreiterrolle eingenommen. Mit der Energiewende, die nach der Katastrophe in Fukushima eingeleitet wurde, ist die Bundesregierung vorgeprescht.

Diese politischen Ziele sind fundamental, um die dringend notwendigen Veränderungen einleiten zu können. So wird zu Recht die Konferenz in Paris im Herbst 2015 als ein Meilenstein auf dem Weg zu einem besseren Klimaschutz gefeiert. Auch die Vorgaben aus Berlin sind richtungsweisend und darum zu begrüßen. Die dort beschlossenen Vorgaben sind ehrgeizig: So soll der Ausstoß von Treibhausgasemissionen bis 2050 gegenüber 1990 um 80 bis 95 Prozent gesenkt und der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch bis 2050 auf 60 Prozent gesteigert werden.

Doch anspruchsvolle Ziele alleine bringen uns nicht voran. So ist es bereits mehr als fraglich, ob bis 2020 die deutschen Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 um mindestens 40 Prozent reduziert werden. Hier wird deutlich: Nur wenn wir bereit sind, neue Wege zu gehen, wird die Energiewende tatsächlich gelingen. Dabei sollten wir den erforderlichen Wandel unserer Versorgungssysteme nicht als Last und Strafe empfinden. Wir haben vielmehr die große Chance, einen technologischen Sprung nach vorne zu machen, der uns Nachhaltigkeit und Wachstum ermöglicht. Diese Chance gilt es zu nutzen.

Wir bei Bosch beschäftigen uns traditionell mit Energiewandlung. Mit unseren Technologien erzielen wir so Wärme für unsere Häuser, Kälte für Kühlschränke und Klimaanlageanlagen oder Schub für Fahrzeuge. Aus diesem breiten Ansatz heraus stellen wir uns von je her die Frage: Wie können wir die vorhandenen Energieressourcen möglichst optimal nutzen? Gerade weil wir nicht Energie verkaufen, sondern sie auf vielfältige Weise nutzen, verstehen wir sie als kostbares Gut und betonen daher ganz besonders diesen Effizienzgedanken. Zudem hat uns Gründer Robert Bosch als Vorgabe mit auf den Weg gegeben, nur Erzeugnisse zu entwickeln, die die Menschheit voranbringen. Ein möglichst sorgsamer Umgang mit Ressourcen ist darum einer unserer Bosch-Werte.

Nach unserem Verständnis muss Effizienz künftig zu einer zentralen Steuerungsgröße beim Umbau des Energiesystems werden. Alle Maßnahmen, die den klar beschlossenen Wandel zum Ziel haben, sollten dahingehend abgeklöpft werden, ob zu gleichen oder sogar niedrigeren Kosten Energieeinsparungen erreicht werden können. Das klingt einfach. Tatsächlich bedeutet

die Umsetzung dieses Ansatzes aber eine Herausforderung. Denn bis heute verfügen wir nicht über einen umfassenden Datenfundus, um vergleichen zu können. Es klingt paradox: wir wollen über geeignete Maßnahmen oder Technologien diskutieren, die uns die Energiewende ermöglichen, doch es fehlt die dazu notwendige Grundlage. Wir brauchen also schnell eine umfassende Datenerhebung, damit wir tatsächlich verschiedene Ansätze vergleichen können – und zwar unter Vollkosten. Nur so vermeiden wir falsche Weichenstellungen und Fehlentwicklungen.

Heute prägen immer noch zu sehr alte Denkmuster die Planungen und Analysen. Wir brauchen jedoch eine Bereitschaft, neu zu denken, wenn wir die Energiewende wirklich schaffen wollen. Nur wenn wir bereit sind, völlig neue Ansätze zuzulassen, erzielen wir Ergebnisse, die heute vielleicht nur als ehrgeiziges Ziel vor uns liegen. Zur Erinnerung: Ende der 90er Jahre war man noch der Überzeugung, dass erneuerbare Energien höchstens fünf Prozent der Gesamtversorgung abdecken könnten. Heute beträgt der Anteil bereits mehr als ein Drittel und zeitweise kann der Strom aller Windanlagen gar nicht genutzt werden.

Wir sehen bei Bosch Energie als kostbares Gut an, das möglichst effizient genutzt werden sollte. Das gelingt umso besser, wenn wir Erzeuger und Nutzer da zusammenführen, wo sie tatsächlich sind. Gleichzeitig geht es darum, über die Grenzen einzelner Anwendungen wie vor allem Elektrizität, Wärmeversorgung und Verkehr zu denken. Kurz: wir sehen in der so genannten Sektorkopplung den richtigen Ansatz, der es uns ermöglichen wird, die Energiewende auch umzusetzen.

Drei Aspekte sind hierfür aus unserer Sicht besonders zu betrachten: Erstens die Rahmenbedingungen, zweitens die Technologien sowie drittens die Möglichkeiten, die sich aus der Vernetzung ergeben:

1. Rahmenbedingungen

Wenn wir die Möglichkeiten der Sektorkopplung genauer betrachten, dann stellen wir schnell fest, dass – aus technischer Sicht – schon heute vieles umsetzbar wäre. Oft scheidet es aber an den richtigen Rahmenbedingungen. In anderen Worten: Wir haben den Schlüssel und wir kennen das Schloss. Es fehlt aber noch an der Entschlossenheit, die Türe mutig zu öffnen. So ein beherzter Schritt wäre beispielsweise ein Umdenken in der Fiskalpolitik, die heute mit künstlichen und nicht nachvollziehbaren Abgaben und Hemmnissen innovative Ansätze zur Energiewende verhindert. Das Ergebnis ist verheerend: Statt durch die eingeleitete Energiewende für einen technologischen und somit auch wirtschaftlichen Schub zu sorgen, werden innovative Ansätze blockiert. Somit vergeben wir eine große Chance, Deutschland und Europa auf wichtigen Feldern wie Strom, Wärmeversorgung und Mobilität durch innovative Technologien einen deutlichen Wettbewerbsvorteil zu verschaffen.

Ein Beispiel für die aktuelle Blockade ist der selbst genutzte Strom. Er wird mit 40 Prozent der EEG-Umlage belastet. Warum? Niemand käme auf die Idee, für selbstgezüchtete und gegessene Tomaten Mehrwertsteuer zu ver-

langen. Aber beim Strom ist so eine unsinnige Regelung gelebte Realität. Dies, obwohl Eigenstrom die dezentrale Versorgung unterstützt und somit das Gesamtsystem entlastet. Die Politik muss endlich dafür sorgen, dass die Besitzer von Photovoltaikanlagen ihren selbsterzeugten Strom abgabenfrei nutzen könnten. Das motivierte viel mehr Haushalte auch dazu, Strom zu speichern – beispielsweise künftig in einem Elektroauto oder über Wärme. Natürlich brauchen wir einen Weg, um die Kosten für die Stromnetze refinanzieren zu können. Doch der führt nicht über den heute geltenden Ansatz, sondern über leistungsbezogene Ausgestaltung der Netzentgelte – gerade für den privaten Endverbraucher.

Die Photovoltaik ist nicht der einzige Weg für Haushalte, Energie effizient zu erzeugen oder zu nutzen. Wärmepumpen bergen ein Potenzial, das bisher nicht einmal ansatzweise gehoben wurde. Mit entsprechenden Rahmenbedingungen könnten viele Haushalte auf diese Technologie umstellen. Das Beispiel Schweden belegt, dass Wärmepumpen sowohl für Ein- und Zweifamilienhäuser, als auch für eine lokale kommerzielle Wärmeversorgung effizient genutzt werden können. Sie sind ein fester Bestandteil einer Politik, wonach bis 2030 gut 95 Prozent aller Haushalte ohne fossile Brennstoffe mit Wärme versorgt werden sollen. Eine flexible Tarifgestaltung unterstützt den Erfolg der Wärmepumpen in Schweden. Der Endkunde hat dort die Möglichkeit, sich an der Preiseentwicklung der Strombörse zu orientieren und die Wärmepumpe entsprechend zu steuern – über sein Smartphone. In Deutschland wäre dieser Weg ebenfalls möglich. Doch hierzulande verhindert der umlagebedingt hohe Strompreis ein Wechsel weg von Öl und Gas. Während also in Schweden ein Großteil der Wärmeversorgung revolutioniert wird, verharren wir in alten Denkmustern und kommen nicht vom Fleck.

Die Beispiele Wärmepumpen und Photovoltaik zeigen auf, dass wir in vielen Gebäuden schon heute für einen kräftigen Effizienzschub sorgen könnten. Eine technische Erneuerung an dieser Stelle wäre von großer Bedeutung, denn 40 Prozent des heute benötigten Energiebedarfs entfallen auf die Gebäude. Es ist also der wichtigste Faktor für eine höhere Energieeffizienz. Trotz dieser klaren Ausgangslage geschieht hier viel zu wenig. Dabei könnten wir alleine mit der Modernisierung der Heizungstechnik einen bedeutenden Beitrag für die Reduzierung von Energiebedarf und Emissionen leisten. Hier haben wir unnötig viel Zeit verloren, weil sich die Politik immer wieder davor gescheut hat, entsprechende Modernisierungsmaßnahmen steuerlich zu würdigen. Dieser Ansatz sollte jetzt dringend angegangen werden.

Das Beispiel Schweden und die Wärmeversorgung über kleine kommerzielle Anlagen verdeutlichen auch das Potenzial dezentraler Kraftwerke. Sie sind effiziente Beispiele für Sektorkopplung. Kraft-Wärme-Anlagen decken mit hohem Wirkungsgrad den Grundbedarf vor Ort und können auch als Reserve für das Gesamtnetz bereitstehen. Schon heute verfügen wir über die notwendige Steuerungstechnik, um intelligente Netze zu verwirklichen. Warum bauen wir also nicht unsere lokale Infrastruktur aus? Man könnte den Eindruck bekommen, die Politik hat das Thema Energiewende bereits abgehakt, weil Photovoltaik und Windkraft sich überraschend gut entwickelt haben. Das wäre ein Fehler. Energiewende bedeutet: breiter denken und innovativ handeln. Wir

sollten die Technologien jeweils dort einsetzen, wo sie besonders effizient und für den Endverbraucher wirtschaftlich sind. Darum sollten wir auch den Aufbau von Blockheizkraftwerken ermöglichen. Sektorkopplung lebt von der Vielfalt und Flexibilität. Und beginnt in den Köpfen.

2. Technologien

Wenn die Politik weiterhin die einzelnen Technologien unterschiedlich mit Steuern und Abgaben belastet, wird diese Vielfalt und Flexibilität nie entstehen. Denn die braucht als Grundlage einen fairen Wettbewerb. Um Sektorkopplung wirklich realisieren zu können, benötigen wir also gleiche Bedingungen. Heute ist das Gegenteil der Fall. So verhindert das Steuersystem, dass sich die Eigenheimbesitzer wirklich zwischen einer fossil betriebenen Therme oder einer Wärmepumpe oder gar einer Brennstoffzelle entscheiden können. Will ein mittelständisches Unternehmen Strom statt Gas für Prozesswärme nutzen wollen, dann würden die Kosten aufgrund von Steuern und Abgaben von drei auf zwölf Cent je Kilowattstunde hochschnellen. Das aktuelle System stellt die Wirtschaftlichkeit vieler KWK-Anlagen in Frage – trotz des deutlich höheren Wirkungsgrades. Hier ist der Gesetzgeber gefordert, für eine verlässliche Entlastung zu sorgen, und allen Bereichen Raum zu lassen, sich zu entwickeln.

Die Sektorkopplung kann also nur funktionieren, wenn wir Hürden abbauen und somit Angebot und Nachfrage nicht mit planwirtschaftlichen Elementen in Schiefele bringen. Nur so ermöglichen wir es auch, dass sich neue Ansätze und Technologien tatsächlich etablieren können. Wir bei Bosch wissen, dass sich Innovationen immer dann durchsetzen, wenn die Kunden überzeugt sind, dass sie davon einen Vorteil haben. Warum wollen wir also nicht auch im Energiesektor die Konsumenten über die für sie beste Technologie entscheiden lassen? Und warum verhindern wir, dass sich die Endkunden zum aktiven Marktteilnehmer entwickeln können? Ob mit der PV-Anlage, dem Elektroauto oder als Anbieter von Wärmespeichern: Die Endnutzer haben zunehmend Instrumente, um sich aktiv am Energiemarkt zu beteiligen. Bisher werden jedoch möglichst neue Hürden aufgebaut, um diese potenziellen Marktteilnehmer herauszuhalten. Das ist ein typisches Beispiel für das Verharren in alten Denkmustern, nur um Erbhöfe zu sichern.

Sektorkopplung bedeutet also: neues Denken und neue Ansätze unter fairen Bedingungen ermöglichen. Wir haben jetzt die Chance, zusätzliche Potenziale zu nutzen, wenn wir die Versorgungsnetze und die Energiegewinnung besser miteinander verknüpfen. So werden heute Windenergieanlagen abgeschaltet, weil sie keine entsprechende Nachfrage decken können. Was für eine Verschwendung technischer Ressourcen! Warum nutzen wir sie nicht für Power to Gas? Wir verfügen doch bereits über ein umfassendes Versorgungsnetz. Für den Thermodynamiker mag dieser Weg wegen der damit verbundenen Verluste ein Graus sein. Ökonomisch betrachtet eröffnet sich aber die Chance, nicht benötigten Strom sinnvoll zu nutzen, anstatt für abgeregelten Windstrom auch noch EEG-Zulage zu zahlen.

Die Umwandlung der Elektrizität in Wasserstoff oder Methan hat den Vorteil, über einen größeren Zeitraum Erzeugung von Verbrauch entkoppeln zu können. Zudem ist der Aufwand, Power to Gas an das bestehende Netz anzubinden, wesentlich geringer und einfacher umzusetzen, als neue transnationale Stromleitungen durch die Republik zu ziehen. Gleichzeitig würden wir unsere Volkswirtschaft von dem hohen Importaufwand für fossile Brennstoffe entlasten. Denn gut 70 Prozent der Energie, die wir hier verbrauchen, kommt aus dem Ausland. Sollten wir nicht die Gelder in eine leistungsfähige Infrastruktur und in Energieeffizienz investieren, um die Wertschöpfung, die wir in Deutschland erzeugen, im Lande zu halten und nicht nach außen abführen zu müssen? Gasnetze ermöglichen nicht nur den Transport und die Verteilung an Industrie und Einzelhaushalte. Durch die Möglichkeit, als Speicher zu fungieren, haben sie im Vergleich zu den Stromtrassen einen zusätzlichen Vorteil. Wir sollten uns also nicht von den Gasnetzen verabschieden. Im Sinne der Sektorkopplung müssen wir uns vielmehr diese Technologieoption offen halten.

Die Umwandlung von Strom in Wasserstoff oder Methan eröffnet uns auch dezentral neue Möglichkeiten der Energiegewinnung und -speicherung. Zusammen mit dem Fraunhofer Institut arbeiten wir bei Bosch an einem weitgehend geschlossenen System für Wohnquartiere, in dem Strom regenerativ erzeugt, vor Ort gespeichert und dort auch verbraucht wird. Das soll nicht nur in den angeschlossenen Haushalten funktionieren, sondern auch bei wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen. Wir setzen dabei auf drei Kernkomponenten: einem Protonen-Austausch-Membran-Elektrolyseur (PEM-Elektrolyseur), einer Festoxidbrennstoffzelle (SOFC – Solid Oxide Fuel Cell) und mehreren Wasserstoff-Speichertanks. Durch diese Kombination soll das Problem der Speicherung und damit der Versorgungssicherheit bei der Nutzung von erneuerbaren Energien gelöst werden.

Wasserstoff und Methan sind zudem als nicht fossile Kraftstoffe die Alternative zu Benzin und Diesel. Über diese Art der Sektorkopplung können wir einen entscheidenden Beitrag zur CO₂-Reduzierung im Bereich Mobilität erreichen. Denn wir müssen uns im Klaren sein, dass Verbrennungsmotoren noch eine lange Zeit benötigt werden. Mit regenerativ erzeugten Kraftstoffen können wir so diese Zeit klimaneutral überbrücken, bis die Elektromobilität voll entwickelt und die dazu nötige Infrastruktur geschaffen ist. Zudem wären diese Brennstoffe auch eine Alternative für die Heizungen in vielen Haushalten.

Wesentlich breiter als heute sollten wir auch die Einsatzmöglichkeiten von Strom betrachten. Warum ist Strom zu schade für die Wärmeengewinnung? Warum überschüssige elektrische Energie nicht in Wärmespeicher umleiten? Auch hier bieten sich noch große Möglichkeiten, die dezentrale Energieversorgung auszubauen. Das setzt allerdings voraus, dass wir uns von dem Grundsatz verabschieden, dass die Versorgung vor allem über große zentrale Einheiten erfolgen soll. Tatsächlich sind dezentrale Anlagen wesentlich flexibler und ihr Ausfall wirkt sich weit nicht so dramatisch aus wie eine Panne oder gar ein Anschlag auf ein großes Kraftwerk. Auch dieser Gesichtspunkt wird bisher nicht genug gewürdigt. Verschiedene Spei-

chermöglichkeiten sind im Übrigen die beste Lösung des Problems, dass erneuerbare Energien naturbedingt mit einer sehr volatilen Ausbeute verbunden sind. Mit Stromspeichern können wir diese Schwankungen sehr gut ausgleichen und steuern. Aufgabe der Infrastrukturpolitik muss es sein, auch den Ausbau von Speicherkapazitäten zu begleiten und zu fördern.

Vieles können wir auf der lokalen Ebene angehen. Doch realistisch betrachtet braucht es den entsprechenden legislativen Überbau, der auch als Triebfeder fungiert. Hier sehen wir zwar an vielen Stellen die nationalen Regierungen in der Pflicht, denn sie haben viele Stellschrauben in der Hand, um Maßnahmen zu konkretisieren. Gleichwohl ist die Energiewende erst dann umfassend und ohne Wettbewerbsverzerrungen umzusetzen, wenn dies EU-weit geschieht. Nur ein EU-Effizienzziel, das auch in nationale oder sektorale Ziele übersetzt wird, kann gegenüber den Mitgliedsstaaten die notwendige Steuerwirkung entfalten.

Die Kommission muss darum ein starkes Regulierungsinstrument vorlegen, das die Mitgliedsstaaten dazu bewegt, einheitlich die Vorgaben auch umzusetzen. Die jüngsten Beschlüsse des EU-Parlaments zur CO₂-Reduzierung zeigen hier in die richtige Richtung. Jetzt sind Kommission und Rat gefordert. Nach unserem Verständnis kann es nur eine gesamteuropäische Aufgabe sein, die Weichen für eine nachhaltige Versorgung zu stellen. Damit ist aber nicht die Forderung nach einem engen ordnungspolitischen Korsett verbunden. Die Fehlentwicklungen in Deutschland sind Beleg genug, dass wir keine neuen Vorschriften, sondern einen fairen und offenen Raum brauchen, in dem sich neue Ideen, Technologien und somit auch neue Geschäftsmodelle entwickeln können.

3. Die Möglichkeiten der Vernetzung

Sektorkopplung bedeutet nach unserem Verständnis auch, dass wir die heutigen Möglichkeiten der Vernetzung und Datenanalyse breit einsetzen, um Energie effizienter zu nutzen. Denn Energie, die nicht verbraucht wird, muss auch nicht beschafft werden. Wir bei Bosch sehen beispielsweise bei Gebäuden ein großes Effizienzpotenzial in intelligent vernetzten Heiz-, Kühl- und Lüftungssystemen. Sie sorgen einfach und automatisch für ein ideales Gebäudeklima – und sparen dabei bis zu 30 Prozent Energie, Kosten und CO₂-Emissionen. Bosch hat hierzu ein Monitoring- und Analysetool entwickelt, um die Energieeffizienz in kommerziellen Gebäuden zu erhöhen. Unternehmen und Eigentümer erhalten über diese Energy Platform in Echtzeit einen umfassenden Überblick über Energieverbraucher und Energiekosten. Intelligente Algorithmen erkennen Abweichungen vom Sollzustand, alarmieren bei Grenzwertüberschreitungen oder Störungen, liefern konkrete Lösungsvorschläge und setzen diese teilweise automatisch um. Damit wird die Basis für weitere Optimierungsansätze und eine dauerhaft effiziente Energieversorgung geschaffen.

Das Beispiel zeigt: der Einzug der IT eröffnet uns neue Möglichkeiten und Herausforderungen zugleich. Vernetzte Systeme, bei denen viele Teilnehmer

auf der Angebots- und Nachfrageseite aktiv sind, bedeuten auch zahlreiche Möglichkeiten, auf diese Systeme zuzugreifen. Das stellt an die Sicherheit von System und Daten vor völlig neue Herausforderungen, die es in der Form im Energiesektor noch nicht gegeben hat. Denn bisher sind vor allem Spezialisten in der Lage, in den Informationsfluss der Versorgungssysteme einzugreifen. Das wird sich künftig deutlich ändern. In einem so vitalen Feld wie der Energie ist es besonders wichtig, die Systeme und ihre Nutzer vor Angriffen zu bewahren. Gerade durch die Sektorkopplung und den damit interagierenden Versorgungsnetzen wird das Thema Sicherheit in den kommenden Jahren eine wesentlich größere Rolle spielen. Dem sollten wir schon früh Rechnung tragen.

Die Vernetzung ermöglicht ganz neue Geschäftsmodelle und Dienstleistungen. Sie wird aber auch die Struktur vieler Anbieter stark prägen. Hier wird deutlich, dass im Zuge der Energiewende viele neue Kompetenzen rund um Software und Vernetzung erforderlich sind. Für die etablierten Teilnehmer bedeutet dies eine deutliche Veränderung des eigenen Geschäftsmodells. Gleichzeitig bietet sich neuen Spielern die Chance, Anteile im Energiemarkt zu sichern. Wie stark die Vernetzung die Strukturen eines Unternehmens verändert, unterstreicht die Entwicklung innerhalb der Bosch-Gruppe. Inzwischen beschäftigt unser Unternehmen tausende Softwarespezialisten, Tendenz stark steigend.

Die Ziele, die vor uns liegen, sind anspruchsvoll. Der Weg hin zu einer weitgehend dekarbonisierten Energieversorgung ist noch nicht genau abgesteckt. Doch eins ist schon heute klar: Mit den bisherigen Ansätzen und Denkmustern werden wir diese Ziele nicht erreichen. Wir brauchen mehr Mut und Entschlossenheit, uns Neuem zu stellen. Wenn wir es beherzt angehen, werden wir aber nicht nur mit einer hochwertigen, autarken und wohl auch stabilen Versorgung belohnt. Wir bereiten den Boden für die Entwicklung neuer technischer Lösungen und neuer Geschäftsmodelle. Deutschland und Europa haben die einmalige Chance, mit einer nachhaltigen Energieversorgung und Mobilität neue Standards zu setzen und sich durch den technischen Vorsprung beachtliche Wettbewerbsvorteile zu sichern. Wir bei Bosch sind jedenfalls davon überzeugt, dass die Energiewende große Wachstumspotenziale bereithält. Die müssen und wollen wir uns erschließen.



Jochen Homann
**Präsident, Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation,
Post und Eisenbahnen**

Jochen Homann ist seit 1. März 2012 Präsident der Bundesnetzagentur in Bonn. Davor war er als beamteter Staatssekretär im Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie für die Energie,- Außenwirtschafts- und Technologiepolitik zuständig. 2006 bis 2008 war er Leiter der Abteilung Wirtschaftspolitik. Zuvor hat er das außenwirtschaftspolitische Grundsatzreferat sowie das Referat „Wirtschafts- und strukturpolitische Forschung“ geleitet. Von 1991 bis 2001 leitete er im Bundeskanzleramt das Grundsatzreferat in der Abteilung Wirtschafts- und Finanzpolitik und war zuvor „Redenschreiber“ von Bundesminister Dr. Haussmann und Bundesminister Dr. Bangemann im Bundesministerium für Wirtschaft.

Ein Reguliererblick auf die Sektorkopplung

Jochen Homann

In keiner energiepolitischen Diskussion dieser Tage fehlt der Hinweis auf die Chancen der Sektorkopplung. Gemeint ist damit das Verknüpfen der Sektoren Stromerzeugung, Wärme und Mobilität auf der Basis erneuerbarer Energien. Statt Sektorkopplung könnte man auch sagen, es geht um die Elektrifizierung des Wärmemarktes und der Mobilität. Aber was heißt dies für die betroffenen Sektoren? Und ist es klug, die Verlobung dieser drei Sektoren durch Eingriffe in die Marktentwicklung künstlich zu forcieren?

Zumindest sollten wir uns Klarheit darüber verschaffen, wie die möglichen Konsequenzen und Rückwirkungen einer Sektorkopplung für Strom, Wärme und Mobilität aussehen. Denn die Energiewende hat uns u.a. gelehrt, dass Maßnahmen, die im guten Glauben getroffen wurden, gelegentlich unerwartete Folgen nach sich ziehen. Wer hätte z.B. vor einigen Jahren gedacht, dass als Folge von Kernenergieausstieg und rasantem EE-Ausbau die Großhandelspreise für Strom an der Börse nicht steigen sondern fallen? Wer hat vorhergesagt, dass uns schwierige Diskussionen mit unseren europäischen Nachbarn bevorstehen, weil wir deren Netze für den Transport deutschen Stroms mitnutzen? Und wer hat vorausgeahnt, dass die zeitliche Lücke zwischen EE-Ausbau und Leitungsausbau so groß werden würde, dass wir heute gezwungen sind, sog. Netzausbaugebiete zu bestimmen, in denen der Zubau von Windrädern temporär gebremst wird? Vor dem Hintergrund dieser Erfahrungen – und die Liste ließe sich noch verlängern – sollten wir das Bibelwort beherzigen – „Was Du auch tust, handle klug und bedenke das Ende“.

In der Bundesnetzagentur findet die Sektorkopplung täglich statt. Als Regulierer ist sie für den Gasmarkt, den Strombereich und die Eisenbahnen zuständig. Und sie ist im TK-Markt tätig, der die technische Basis für viele Ideen der Sektorkopplung darstellt. Sektor-übergreifendes Denken hat also Tradition in der Bundesnetzagentur.

Ein wesentlicher Treiber der Debatte um Flexibilität und um Sektorkopplung ist die Vermutung eines großen Teils der Öffentlichkeit und der Politik, dass es im Strommarkt Grund zur Hektik gibt, weil es heute bereits ein Problem mit „Überschussstrom“ und fehlendem „Demand-Side-Management“ gebe. Es ist für eine bezahlbare Energiepolitik von großer Bedeutung, sich klar zu machen, dass dies nicht der Fall ist:

Der europäische Strommarkt ist weit davon entfernt, an die Grenzen der Aufnahmefähigkeit für volatile erneuerbare Energien zu stoßen – es ist noch ein weiterer langjähriger Zubau an Wind und PV möglich, bis diese Markt-Grenzen in Sichtweite kommen; die Flexibilität der konventionellen Stromerzeugung und die Aufnahmefähigkeit der grenzüberschreitenden Märkte sind groß. Wann die Grenzen der Aufnahmefähigkeit sichtbar werden, ist ungewiss: Märkte reagieren auf Herausforderungen und sie tun dies schnell, vorausschauend und effizient (wenn man sie lässt). Wenn Zeiten mit günstigem Strom strukturell häufiger werden, wird sich strukturell auch eine Nachfrage ausbilden, die diesen Strom aufnimmt.

Auch im Blick auf die Erneuerbaren-Ziele kann die Debatte um die Sektorenkopplung mit Ruhe und Umsicht geführt werden. Ein akuter Handlungsdruck besteht nicht.

Gelegentliche negative Preise im Stromgroßhandel sagen etwas über die Flexibilität der konventionellen Kraftwerke, über die Wirkungen von Fördermechanismen und über die Liquidität der Handelsplätze. Sie sind aber kein Anzeichen für einen „Überschuss“ an erneuerbarer Stromerzeugung, wie häufig behauptet wird. Es hat noch keinen Zeitpunkt gegeben, an dem produzierter Strom keinen Abnehmer gefunden hätte.

Begrenzt werden sowohl die Marktintegration der Erneuerbaren als auch die Flexibilität von den Transportmöglichkeiten der Stromnetze, die für die sektorenübergreifende Optimierung noch mehr zum Nadelöhr werden dürften als für die sektor-interne Optimierung. Dass die Grenze der Belastbarkeit der Netze heute schon erreicht ist, zeigen die milliardenschweren Kosten für die Engpassbewirtschaftung. Aufgrund der Netzengpässe tritt aktuell häufig Strom auf, der sich nicht transportieren lässt, obwohl er einen Abnehmer gefunden hat. Ihn als „Überschussstrom“ zu bezeichnen, trifft die Sache nicht: Wenn er abgeregelt wird, muss er an anderer Stelle nachproduziert werden, denn er ist eben nicht überschüssig, sondern nur „untransportierbar“. Ob und wann eine Grenze der Belastbarkeit mit erneuerbaren Anlagen und mit zusätzlichen Netzen für die betroffenen Bürger erreicht ist, ist eine Frage der politischen Vermittelbarkeit, entsprechender Überzeugungsarbeit sowie umwelt- und menschonender Technologien.

Aktuell wird Sektorkopplung als eine Art Überlaufventil diskutiert, um Strom regional nutzen zu können. Aus Mangel an Leitungen kann er nicht dorthin transportiert werden, wo er eigentlich gebraucht wird. Daher enthält das Konzept der Netzausbauggebiete auch einen Baustein „Nutzen statt Abregeln“. Gedacht ist daran, bei bis zu 2 GW Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung in den Netzausbaugebieten die Abregelung von erneuerbarem Strom durch einen Eingriff in die fossile Stromerzeugung in KWK-Anlagen zu ersetzen. Schon dies wirft eine Reihe regulatorischer Fragen auf. Welche Kosten entstehen? Wie kann verhindert werden, dass hier das Samenkorn für einen neuen dauerhaften Fördertatbestand gelegt wird?

Sektorkopplung wird allerdings nicht nur als Lösung akuter Überschussprobleme – richtiger wäre Transportprobleme – diskutiert, sondern als zentrales Element bei der Fortführung der Energiewende. Mit der Sektorkopplung – verstanden als eine intelligente Integration der Energieversorgung über die Grenzen der Bereiche Strom, Verkehr und Wärme hinweg – verbindet sich die Erwartung, die fortschreitende Dekarbonisierung der Stromerzeugung zu nutzen, um auch in den für den Klimaschutz so wichtigen Bereichen Wärme und Verkehr rascher voran zu kommen. In Abwandlung eines bekannten Zitates von Lenin könnte man sagen: Klimaschutz ist politischer Gestaltungswille plus Elektrifizierung des ganzen Landes (auf der Basis erneuerbarer Energien).

Wenn Strom zu 100 Prozent aus erneuerbaren Quellen gewonnen wird und dieser Strom auch für die Gewinnung von Wärme und zur Befriedigung der Mobilitätsbedürfnisse genutzt würde, hätte Deutschland auf dem Weg zu

seinen Klimaschutzzielen sehr viel erreicht. Und ganz nebenbei könnten wir manche Diskussionen über Energieeffizienz, Gebäudedämmung und Schadstoffausstoß deutlich entspannter führen.

Allerdings sollten wir uns über Voraussetzungen und Folgen einer solchen Sektorkopplung klar werden, bevor wir uns auf den Weg machen und Ziele definieren. Allzu oft wurden i.R. der Energiewende Ziele beschlossen, ohne hinreichend konkrete Vorstellungen darüber zu haben, ob die Ziele im vorgegebenen Zeitrahmen erreichbar sind und wie der Weg dorthin aussehen kann. Diesen Fehler sollten wir bei der Sektorkopplung vermeiden.

Wollte man den heutigen Gesamtenergieverbrauch Deutschlands von rund 3.000 TWh zu 80 Prozent aus erneuerbarem Strom bereitstellen, und würde nach heutiger Technik die Hälfte davon aus Onshore-Wind und die andere Hälfte mit Offshore-Wind und PV erzeugt, dann bräuchte man für die Onshore-Wind-Erzeugung von 1.200 TWh rund 50.000 Windräder der 7,5 MW-Klasse. Doppelt so viele wie heute.

Zugleich stellen sich weitere, ebenfalls grundsätzliche Fragen. Heute schon zeichnet sich – ganz ohne politische Ausstiegsvorgaben und Zeitpläne – die Endlichkeit der Kohlenutzung ab. Statt darüber zu streiten, ob der Kohleausstieg beschleunigt werden sollte, wäre es daher wichtiger, ein Konzept für die struktur- und regionalpolitische Begleitung zu entwickeln.

Im Raum steht aber auch bereits die Frage, ob Gas noch eine Zukunft hat. Bisher wurde die Branche damit beruhigt, dass Gas der „natürliche Partner“ der volatil einspeisenden erneuerbaren Energie sei und im Wärmebereich weiterhin eine Zukunft habe. Dies wird sich kaum halten lassen, wenn die Wärmeversorgung elektrifiziert wird. Als Rettungsanker der Gaswirtschaft stellen sich viele vor, die Bedeutung des gut ausgebauten Gasnetzes könne wieder steigen, wenn es zum Transport und als Speicher der Energie aus Power-to-Gas-Anlagen genutzt wird. Getrieben von der Vorstellung, es gebe Überschussstrom im System, wird die Erzeugung von Wasserstoff oder Methan als Lösung der Zukunftsprobleme diskutiert.

Gedanklich entsteht eine sehr vorteilhafte Sektorkopplung: Günstiger Strom wird für die Herstellung von Energiegasen verwendet, die zeitversetzt im Wärmebereich, in der Mobilität oder für die Stromerzeugung genutzt werden können.

Diesen Vorteilen steht ein relevanter Nachteil dieser Technologien gegenüber: Es geht stets weit mehr als die Hälfte des Stroms verloren. Im Übrigen ist keineswegs gesagt, dass die erneuerbaren Energien immer der bevorzugte „Rohstoff“ für P2G-Anlagen sind. Denn wenn P2G im Strommarkt als zusätzliche Nachfrage bei niedrigen Preisen auftritt, kommt im gegenwärtigen Strommarkt stets fossiler Strom zum Einsatz. Steigt die Nachfrage, steigt die konventionelle Stromproduktion. Wenn also für die Power-to-Gas-Anlage regelmäßig fossiler Strom zum Einsatz kommt, wird von den ursprünglichen konventionellen Energieträgern nur weniger als ein Viertel genutzt. Ob es jemals zu einem strukturell so häufig und berechenbar so niedrigen Strompreis kommt, dass sich diese Verschwendung rechnet, ist heute nicht abzusehen. Wahrscheinlich ist es nicht, weil es zahlreiche andere Flexibilitäten gibt, die weit vor Power-to-Gas rentabel werden.

Die Verwendung von Abregelungsstrom für Power-to-Gas-Anwendungen, die erstaunlich viele regulatorische Fragen aufwirft (z.B.: Kann eine Entschädigung auch gezahlt werden, wenn kein Schaden entstanden ist?), wird gerade im Zusammenhang mit der Diskussion um das Engpassmanagement propagiert und soll durch eine Experimentierklausel im EnWG ermöglicht werden. Mehr als ein Experiment dürfte dies allerdings auch dauerhaft nicht werden:

- Selbst gegenwärtig werden bei einer erneuerbaren Erzeugung von 180 TWh erst etwa 4,7 TWh wegen fehlender Transportmöglichkeiten abregelt, was einem Anteil von ca. 2,6 % entspricht. Jeder Zubau an Stromnetzen, jede Optimierung des EinsMan-Verfahrens und auch die Ausweisung eines Engpasses nach Österreich reduziert diese Menge.
- Die Technologie der Power-to-Gas-Anlagen ist aufwändig und teuer und noch nicht ausreichend flexibel. Und nicht neben jedem Windrad liegt ein Gasrohr. Ob es sich tatsächlich auch ohne neue Förderung rentiert, auf die Abregelungsmengen zu spekulieren, ist fraglich. Jedenfalls gilt es zu vermeiden, dass Anlagen oder Unternehmen entstehen, die vom Fortbestand des Engpasses profitieren (und die überdies womöglich mit dem Netzbetreiber ökonomisch oder lokalpolitisch verbunden sind).

Die Herausforderungen, im Gestrüpp aus Regelungen, technischen Rahmenbedingungen, Kundenanforderungen und Globalisierung den Überblick zu behalten, sind groß. Was für die Effizienz nützlich ist, kann für den Wettbewerb schwierig sein. Was den Verkehr von Feinstaub entlastet, kann im Verteilnetz zu neuen Engpässen führen. Was den CO₂-Ausstoß reduziert, liegt weniger an der Klimawirkung der einzelnen Technologie als an der Ausgestaltung des Europäischen Emissionshandels (ETS). Bei einer Kopplung der Sektoren Strom, Wärme und Mobilität stellt sich übrigens auch die Frage, ob es nicht klug wäre, den ETS künftig auf alle diese Sektoren auszuweiten, statt – wie bisher – sektorspezifische Sonderregelungen zu treffen, die nicht selten besonders teure Formen der CO₂-Vermeidung verlangen.

Anhand einiger Beispiele soll angerissen werden, welche vielfältigen Aspekte in die Erwägungen einzubeziehen sind.

1. Stromspeicherung

Heute wird die Aufnahmefähigkeit des Strommarktes für die volatile Erneuerbare Energie fast vollständig durch konventionelle Flexibilität erreicht. Aus diesem Grund kommen technische Studien übereinstimmend zu dem Ergebnis, dass Stromspeicher noch auf längere Sicht nicht erforderlich sind. Ein Instrument der Sektorkopplung sind Stromspeicher ohnehin nicht – sie dienen im Gegenteil eher dazu, dass das Stromsystem allein zurechtkommt und gerade nicht auf die Flexibilitäten anderer Sektoren angewiesen ist.

Das hindert Politik und Teile des Marktes nicht daran, viel Geld in Stromspeicher zu investieren.

- 40.000 Kleinspeicher stehen in privaten Haushalten, und sie werden mit Steuergeldern gefördert. Entscheidend für das Investitionskalkül ist dabei häufig die indirekte und sehr hohe Förderung des Speichers über das Eigenverbrauchsprivileg.
- Etliche Stromspeicher der Megawattklasse werden installiert und sollen vor allem der Primärregelleistungserbringung dienen.

Am Beispiel der Stromspeicher zeigt sich, dass die Anreize der energie- und wirtschaftspolitischen Rahmenbedingungen weit stärker wirken als die im engeren Sinne strom- oder energiewirtschaftlichen Anreize. Wer betriebswirtschaftlich fast 70 €/MWh an EEG-Umlage sparen kann, fragt nicht mehr nach den Strompreisvolatilitäten, die sich heute bei durchschnittlich 10 €/MWh abspielen. Dies lässt sich verallgemeinern: Wo es eine betriebswirtschaftliche oder gar technische Kopplung gibt, geht sie regelmäßig auf Kosten der volkswirtschaftlichen Optimierung.

Die Klimawirkung von Stromspeichern ist darüber hinaus das Gegenteil dessen, was insbesondere die Betreiber von Kleinspeichern erwarten, denn vor allem die Steinkohlekraftwerke profitieren von dem Speicherzubau:

- Wenn die solare Peak-Erzeugung vom Speicher aufgenommen wird, muss die Steinkohle weniger abgesenkt werden.
- Speicherverluste von häufig 20 % schieben die Nachfragekurve in der Merit-Order ein Stück nach rechts. Dort stehen derzeit meist weitere Steinkohlekraftwerke bereit.
- Wer Kleinspeicher im Standardlastprofil betreibt, wie die meisten privaten Haushalte, wird zu einem erheblichen Teil aus Regelenergie beliefert, die nach wie vor überwiegend von Kohlekraftwerken bereitgestellt wird.

2. Elektromobilität

Damit ein Elektroauto oder ein Hybrid im Rahmen der Sektorkopplung eine Rolle spielen kann, müsste seine Nutzung oder seine Aufladung auf Strompreissignale reagieren. Dies bedeutet: Wenn Strom abends wegen Windstille teuer ist, würde der Hybrid auf das Laden verzichten und am Folgetag mit Benzin fahren, auch wenn dann schon der nächste Sturm die Preise drückt. Die Methoden, die derzeit diskutiert werden, sollen anders funktionieren: Das Elektroauto wird nachts geladen, und der genaue Zeitpunkt richtet sich nach dem Strompreis. Gesteuert wird das von einem Aggregator, der mit entsprechend smarten Instrumenten die Kosten optimiert.

Ob dies mit den gewohnten Komfort-Ansprüchen der Autofahrer in Übereinstimmung gebracht werden kann, wird der Markt zeigen. Es ist ebenso denkbar, dass die Besitzer von Elektroautos ihr Auto während des Abendessens aufladen, egal, ob dann erneuerbare Energiequellen zur Verfügung stehen oder nicht.

Unabhängig davon, wie diese Frage ausgeht, gibt es zwei (überraschende) Befunde:

- Welches Verhalten sich auch einstellt, die Elektromobilität wird die Verteilernetze vor Herausforderungen stellen. Sowohl wenn alle Autobatterien auf den Strompreis reagieren als auch wenn sie alle beim Abendessen laden, treten Gleichzeitigkeiten beim Stromverbrauch auf, die bisher unbekannt waren. Ein massiver Ausbau der Verteilernetze wird unausweichlich sein.
- Für die Autobatterie gilt noch mehr als für den Stromspeicher: Der Strom für die E-Mobilität erzeugt eine zusätzliche Nachfrage zugunsten der Kohlekraftwerke. Allerdings kommen Elektroautos aus einem ETS-freien Marktsegment so indirekt unter das Dach des CO₂-Zertifikatehandels, sodass diese zusätzliche Stromnachfrage zu einer Senkung der CO₂-Emissionen führt.

3. Strom und Wärme aus KWK-Anlagen

Viele Aspekte treten am Beispiel der KWK-Anlagen besonders plastisch zutage. Technische Bedingungen und ökonomische Anreize kommen zusammen die eine sektorübergreifende Optimierung des Anlagenbetriebs unter den derzeitigen Rahmenbedingungen sehr unwahrscheinlich machen.

Die Idee der KWK ist eine Verbindung der Sektoren Strom und Wärme in einem technischen Gerät: Durch die gleichzeitige Erzeugung von Strom- und Wärme soll der Gesamtwirkungsgrad der Anlagen oberhalb dessen liegen, was in einer getrennten Erzeugung erreicht werden kann. Wie groß dieser Wirkungsgradvorteil tatsächlich ist, kann dahingestellt bleiben.

Es lohnt sich, die betriebswirtschaftlichen Bedingungen der KWK-Anlagen näher in den Blick zu nehmen um zu erkennen, von wieviel Detailfragen die Einsatzentscheidungen abhängen und welche Folgen sich teils sektorübergreifend einstellen.

Die Förderung für die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme in KWK-Anlagen wird – anders als die EEG-Förderung – als fixe Marktprämie für ein Produktionskontingent von z.B. 30.000 Volllaststunden gewährt. Daraus ergibt sich, dass eine zeitliche Verschiebung als Reaktion auf die volatile Verfügbarkeit von Wind- oder Solarstrom nicht mit dem Verlust von Förderung einhergeht, sondern nur mit Zinsverlusten. Diese Form der Förderung passt also eher zu einer dargebotsunabhängigen – sprich konventionellen – Anlage, die durch diese Förderung allein kaum an einer Reaktion auf die Strompreise gehindert wäre.

Allerdings ist die Förderung an die Voraussetzung geknüpft, dass die Anlage ein gesetzliches Hocheffizienzkriterium erfüllt. Damit wird es zum finanziellen Risiko, die Anlage in Teillast zu betreiben, weil dann der Wirkungsgrad absinkt. Dies schränkt die Bereitschaft ein, auf Preissignale zu reagieren.

Konventionelle dezentrale Erzeuger erhalten in Deutschland vermiedene Netzentgelte ausgezahlt. In den meisten Netzen überwiegt bei den vermiedenen Netzentgelten der leistungsbezogene Anteil. Um in den Genuss dieses Anteils der Zahlung zu kommen, muss die Anlage zum Zeitpunkt der Netzhöchstlast Strom ins Netz eingespeist haben, weil dies der gesetzlichen

Regelung entspricht. Da dieser Zeitpunkt für die Anlage weder zu prognostizieren noch zu beeinflussen ist, muss die Anlage zumindest in den Wintermonaten möglichst oft einspeisen. Eine Preisreaktion ist nicht zu erwarten.

Soweit ein arbeitsbezogener Anteil vermiedener Netzentgelte gezahlt wird, wirkt er wie eine fixe Marktprämie, die aber bei Nichteinspeisung verloren ist. Diese Zahlung schwächt das Marktpreissignal entsprechend deutlich ab.

KWK-Anlagen bedienen stets eine Wärmesenke und erlösen aus der Bereitstellung der Wärme einen zusätzlichen Ertrag. Zumindest in Höhe der Kosten für eine alternative Wärmebereitstellung (z.B. aus einem gasbetriebenen Spitzenkessel) besteht ein ökonomischer Anreiz, die Anlage wärmegeführt, also strompreisunabhängig, zu betreiben. Die Wärmeauskopplung behindert damit die Marktreaktion der KWK-Stromerzeugung.

Aus der KWK-Förderung ergibt sich ein weiterer Anreiz, der den Zielen der Energiewende tendenziell entgegengerichtet ist. Die Förderung wird nur für den Strom gewährt, dem auch tatsächlich ein Wärmeverbrauch gegenübersteht. Der KWK-Anlagenbetreiber ist darum davon abhängig, dass die Wärmesenke fortbesteht und nicht etwa durch Wärmespeicherungen verkleinert wird. Dies ist der Sinn der kommunalen Fernwärmesetzungen mit ihrem Anschlusszwang und mit der Regel im KWKG, dass nur KWK-Anlagen gefördert werden, die keine anderen KWK-Anlagen verdrängen.

Viele industrielle KWK-Anlagen werden im Eigenversorgungsprivileg betrieben. Die Vergünstigungen wirken wie eine hohe Förderung und verzerren das Strompreissignal so stark, dass sich in so gut wie keiner Marktsituation ein Netzbezug von Strom gegenüber einer Eigenerzeugung rentabel darstellen lässt.

In vielen Eigenversorgungskonzepten werden Netzentgeltrabatte für den aus dem Netz bezogenen Strom genutzt (atypische Netznutzung, Bandlastkunde, Monats- oder Ersatzversorgungstarife). Und sie führen zu weiteren erheblichen Vergünstigungen – wenn die jeweils geltenden Grenzen und Bedingungen erfüllt sind. Das Einhalten dieser Grenzen und Bedingungen definiert die Fahrweise der Eigenversorgungs-Anlage. Dies ist betriebswirtschaftlich bei weitem wichtiger als eine Reaktion auf die Marktpreise.

4. Sektorkopplung und Energieeffizienz

„Das größte Kraftwerk ist die Energieeinsparung“ – „Mit Negawatt in die Zukunft“ – Gedanken dieser Art sind so alt wie die deutsche Energiedebatte. Die Megawattstunde, die nicht erzeugt wird, verursacht auch kein CO₂. Aufgrund dieser Überlegungen wurde die Kostenbelastung für den Energieverbrauch in allen Sektoren in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich erhöht. Dies gilt beim Benzinpreis, beim Gas- und Heizölpreis und beim Strom. Auch die EEG-Umlage und die Konzessionsabgabe wurden so gestaltet, dass der Energieverbrauch sich arbeitsbezogen verteuerte und so der Anreiz stieg, sparsam mit Energie umzugehen.

Die arbeitsbezogenen Umlagen, Steuern und Abgaben stehen aber einer energiepreisbasierten Sektorkopplung entgegen. Wenn im nächsten Jahr für den Stromverbrauch fast 70 €/MWh an EEG-Umlagen zu entrichten sind,

dann kommt selbst geschenkter Strom für eine Wärmeanwendung nicht in Frage, solange das Heizöl 50 €/MWh kostet.

Der Gedanke, die EEG-Kosten über eine Umlage in allen Sektoren zu refinanzieren, würde die Kopplung der Sektoren voranbringen. Ein ähnlicher Effekt tritt ein, wenn Steuern, Umlagen, Abgaben, Förderungen und Zulagen nicht mehr überwiegend arbeitsbezogen gezahlt und erhoben werden, sondern wenn stärker auf ein leistungsorientiertes System umgestellt würde. Die Nebenwirkung einer solchen Umschichtung wäre aber, dass die Effizienzanreize sich in allen Sektoren vermindern. Dem könnte begegnet werden, indem eine CO₂-Bepreisung zur Refinanzierung herangezogen wird. Dies aber würde die Diskussion über Carbon Leakage, also die Verdrängung von Industrie in Länder mit geringeren Anforderungen, befeuern.

Wo das Optimum zwischen Effizienzanreizen, Sektorkopplung und Industriepolitik liegt, ist schwierig zu ermitteln. Es lohnt sich, über diese Fragen in Ruhe nachzudenken.

5. Sektorkopplung und Netzausbau

Weit verbreitet ist die Vorstellung, eine flexible Reaktion des Verbrauchs könne netzentlastend sein – was unter der Voraussetzung richtig ist, dass die flexible Reaktion auf den Zuruf des Netzbetreibers hin erfolgt. Dafür gibt es relevante Beispiele:

- Wenn in einer Siedlung flächendeckend Nachtspeicheröfen eingebaut wurden, wurde das Netz selten so ertüchtigt, dass alle Öfen gleichzeitig beladen werden können. Darum steuert der Netzbetreiber und nicht der Verbraucher die Geräte.
- Wenn sich im überregionalen deutschen Stromnetz Engpässe abzeichnen, wird vom Netzbetreiber in das Marktergebnis eingegriffen (Redispatch). Die Kraftwerke fahren nicht mehr aufgrund ihrer Brennstoffkosten und ihrer vertraglichen Verpflichtungen, sondern aufgrund des Netzbetreiberabrufs. Noch müssen die ÜNB nicht auf KWK-Anlagen und nur selten auf Eigenversorgungs-Kraftwerke zurückgreifen; in aktuellen Untersuchungen erweisen sich die noch verschonten Kraftwerke aber als zunehmend problematischer „Must-Run“-Sockel.
- Durch eine Neuregelung im EnWG-2017 wird den Übertragungsnetzbetreibern die Zuschaltung von Power-to-Heat-Anwendungen in KWK-Anlagen zum Zweck der Netzentlastung ermöglicht („Nutzen statt Abregeln“). Damit wird eine spezifische Form der Sektorkopplung zugunsten des Netzes eingesetzt.
- Die Abregelung von EE-Anlagen im Fall von Netzengpässen ist ein weiteres Instrument, mit dem Flexibilität zugunsten des Stromnetzes eingesetzt wird. Über das ebenfalls neue Instrument der sogenannten „Spitzenkappung“ kann die Abregelung von EE-Anlagen zu einem dauerhaften Normalfall werden: Die Verteilernetzbetreiber dürfen ihr Netz planerisch bewusst zu schwach auslegen.

- Auch in den Gasnetzen werden Flexibilitäten von den Netzbetreibern abgerufen: Lastflusszusagen und unterbrechbare Netznutzungsverträge helfen dem Gasnetzbetreiber, das Netz stabil zu betreiben und den ansonsten erforderlichen Netzausbau zu begrenzen – mit teils komplizierten Folgefragen über die Sektorgrenze hinweg: Kann ein Gaskraftwerk mit einem unterbrechbaren Netzzugang im Strommarkt „gesicherte Leistung“ vermarkten? Wer hat bei Engpässen im Gasnetz Vorrang, der Wärmekunde oder das Gaskraftwerk?

Derlei Eingriffe der Netzbetreiber in die Netznutzung stellen allerdings kein zufriedenstellendes Konzept dar. Im Fall der Stromnetze sind die jährlichen Kosten der Eingriffe heute schon höher als die annuitätischen Kosten des Netzausbaus. Durch den im Netzentwicklungsplan vorgezeichneten Netzausbau werden die Maßnahmen weitgehend vermieden; die Netzbetreiber werden nur noch in seltenen Fällen auf die Flexibilitäten der Stromerzeugung zurückgreifen. Alle denkbaren Anstrengungen müssen unternommen werden, dass der Ausbau des Stromnetzes so schnell wie möglich voranschreitet.

6. Reaktionen auf Marktsignale

Eine Sektorkopplung erfolgt nicht durch den Netzbetreiber sondern durch den Markt: Energieverbraucher reagieren auf Marktpreissignale. Das aber hat einen deutlich steigernden Effekt auf die Netzbelastung und damit auch auf den Netzausbaubedarf. Der Einsatz von Stromverbrauchs- und Stromerzeugungs-Flexibilität ist auf starke Netze angewiesen, die noch weitergehende sektorübergreifende Flexibilitätsnutzung braucht noch stärkere Netze.

Die Digitalisierung der Stromnetze und der Strommärkte ist Chance und Risiko zugleich: Es besteht die Chance, vieles viel intelligenter zu tun und insbesondere die Netze klüger und effizienter zu betreiben. Zugleich wird damit ein immer größerer Bereich der Nachfrage für eine Reaktion auf Marktsignale erschlossen, was für die Netze zur Herausforderung werden kann.

Denn Marktpreisreaktionen führen zu einer Synchronisierung von Erzeugung und Verbrauch auf das Signal der Marktpreise. Die deutschen Stromnetze sind aber auf eine hochgradig asynchrone Nutzung ausgelegt. Besonders deutlich ist dies bei Haushaltsanschlüssen: Wenn in einer Siedlung 100 Haushalte angeschlossen sind, die alle einen Durchlauferhitzer mit jeweils 20 kW betreiben, dann wird die Übergabestation für die Siedlung nicht mit 2000 kW betrieben, sondern mit 200 kW oder weniger: Die Wahrscheinlichkeit, dass in allen Haushalten gleichzeitig geduscht wird, ist vernachlässigbar. Für das Stromnetz ist es von großem Gewicht, dass die Stromnutzung möglichst heterogen erfolgt. Würden alle deutschen Föhne gleichzeitig eingeschaltet, entspräche dies ungefähr der deutschen Spitzenlast im Stromnetz: 80 GW. Es ist für das Netz unverzichtbar, dass die Föhne eingeschaltet werden, wenn die Leute nasse Haare haben und nicht aufgrund eines gemeinsamen Steuerungssignals.

Was im Haushaltskundenbereich gilt, ist noch deutlich stärker in der Industrie zutreffend. Auch der industrielle Stromverbrauch erfolgt nach betriebswirtschaftlichen Kriterien und ist derzeit nicht auf das Strompreissignal synchronisiert. Statistische Effekte sorgen dafür, dass sich der Strombezug und damit die Stromnetznutzung sehr stark vergleichmäßigen. Dafür sorgen auch die Anreize aus der Netzentgeltsystematik, die für große Kunden einen fast reinen Leistungspreis vorsehen: Wer einen relevanten Stromverbrauch hat, hat einen starken Anreiz, seine Spitzenlast zu überwachen und gering zu halten. Auf ein solches Verhalten sind wir heute und in Zukunft angewiesen. Zur Vermeidung von Missverständnissen: Eine durch Netzentgeltermäßigungen provozierte noch weitergehende vergleichmäßigte Bandlast ist das Gegenteil einer Vergleichmäßigung der Stromnetznutzung. Denn die Bandlast führt nur zu einer drastischen Steigerung der Wahrscheinlichkeit, dass die großen Verbraucher zur Jahreshöchstlast beitragen und damit das Netz an seine Kapazitätsgrenze bringt.

Wenn über eine intensiviertere Sektorkopplung mehr und mehr Energieverbrauch elektrifiziert wird und wenn die Sektorkopplung mehr und mehr über Preisreaktionen abgerufen wird, dann werden die bisherigen asynchronen Anreize abgeschwächt und durch synchrone Anreize überschrieben. Im gleichen Maß steigt der Bedarf an zusätzlichen Stromnetzen.

Fazit

Eine gesteigerte Flexibilität und damit auch eine engere Kopplung der Sektoren werden langfristig notwendig sein, um zwei aufeinander aufbauende Dinge zu erreichen:

- Die Dekarbonisierung der Energieversorgung wird nur gelingen, wenn viele Lebensbereiche elektrifiziert werden, weil nach heutiger Technik fast nur Strom erneuerbar hergestellt werden kann. Solare Wärme wird dauerhaft ein Nischenprodukt bleiben. Biokraftstoffe haben eine Ökobilanz, die vor einer Ausweitung des Einsatzes dringend einer genaueren Betrachtung bedarf.
- Die Integration der volatilen Erneuerbaren wird langfristig zur Voraussetzung haben, dass viele Energieverbräuche zeitlich mit Sonne und Wind synchronisiert werden.

Wie die Energiewende insgesamt sind diese beiden Ziele langfristig zu denken. Der Plan, bis zum Jahr 2050 achtzig Prozent der Energie erneuerbar bereitzustellen, hat von heute aus gesehen noch über 30 Jahre Umsetzungszeit. Dieser sehr lange Zeithorizont tut der Diskussion gut, denn viele der erforderlichen Veränderungen haben große Zeitskalen. Das gilt für den Umbau der Refinanzierung der Systemkosten ebenso wie für das Austauschen von Heizungs- und Fahrzeugflotten. Aus diesem Grund gilt es, bald und mit viel Umsicht mit der erforderlichen Neustrukturierung zu beginnen:

- Die Regelungen, an die im Strombereich Hand angelegt werden müsste, betreffen viele Wirtschaftsbereiche: Industrieprivilegien, Förderregimes, Entgeltstrukturen, Steuern. Jedes der berührten Geschäftsfelder hat starke Lobbygruppen, die für eine Mitwirkung gewonnen werden müssen. Schützengräben helfen niemandem, Hektik vertieft die Schützengräben.
- Die erforderlichen Änderungen betreffen Investitionen, die bereits getätigt wurden oder die noch bevorstehen. Planungssicherheit ist für beide wichtig.
- Bei intensiverer Sektorkopplung und höheren Stromanteilen in der Energieversorgung werden mehr Stromnetze benötigt als derzeit geplant. Zusätzlicher Netzausbau ist, auch wenn er für Energiewende und Sektorkopplung notwendig ist, nicht positiv bewertet. Wie die Erfahrungen lehren, sollte man dafür nicht zu wenig Zeit einplanen.
- Im Sektor des Individualverkehrs ist ein Umstieg auf elektrische Antriebe offenkundig eine Mammutaufgabe, die nicht von heute auf morgen geleistet werden kann.
- Bei der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung sind die Fortschritte langsam und die Zeitskalen lang. Heizungsanlagen werden für zwanzig oder mehr Jahre gebaut, die energetische Sanierung von Häusern betrifft in jedem Jahr nur ein Prozent des Bestandes. Für die Interessenkonflikte von Mietern und Vermietern gibt es noch keine tragfähigen Lösungen.

Für alle genannten Punkte gilt: Die Veränderungen müssen heute begonnen werden, nicht weil Grund zur Eile bestünde, sondern weil die Prozesse so langwierig sind.

Dazu zählen der Abbau der Förderung von konventioneller Stromerzeugung, der Umbau der Systemrefinanzierung zu einer stärker auf Grundpreise und Leistungspreise setzenden Systematik, der Abbau von Eigenversorgungsprivilegien zugunsten einer weniger nachteiligen Industriepolitik und EE-Förderung, die Stärkung des CO₂-Mechanismus. Und: Netzausbau, Netzausbau, Netzausbau.

Die Intensivierung der Sektorkopplung ist nichts für schwache Nerven. Es gibt viele Herausforderungen zu bestehen. Dies gilt sowohl bei der Identifikation von Hemmnissen als auch bei der Identifikation von tragfähigen Lösungen. Die Energieversorgung ist ein kompliziertes Räderwerk und man muss bei jedem Drehen an einem Rädchen darauf achten, ob sich zumindest die überwiegende Zahl der anderen Rädchen in eine gewünschte Richtung dreht. Der rasant gewachsene Berg an Regularien, vor allem für den Strombereich, macht die Operation nicht einfacher.



Prof. Dr. Gerald Linke
Vorsitzender des Vorstandes,
Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.

Prof. Dr. Gerald Linke (Jahrgang 1964) ist seit Juli 2014 Vorstandsvorsitzender des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches (DVGW). Der promovierte Physiker hatte zwischen 1995 bis 2012 mehrere Führungspositionen bei der Ruhrgas AG (später E.ON Ruhrgas/E.ON) in Essen inne, zuletzt als Leiter des Kompetenz-Centers Gastechnik und Energiesysteme. Von 2012 bis 2014 war Linke Senior Vice President der E.ON New Build & Technology. Als anerkannter Experte der Gastechnik ist Linke in führenden Gremien auf nationaler und internationaler Ebene aktiv.

Sektorenkopplung – Energiewende neu denken

Prof. Dr. Gerald Linke

Sektorenkopplung heißt, Gas-, Strom-, Wärme- und Mobilitätsinfrastrukturen physisch zu koppeln und so Effizienzen unter anderem dadurch zu heben, dass erneuerbare Energien systemdienlich, gesamtökologisch und makroökonomisch wirksam in allen Sektoren nutzbar eingekoppelt oder gespeichert werden. So wird Sektorenkopplung zu einem stetigen, kosteneffizienten Emissionsminderungsprojekt.

In keinem anderen Land der Welt ist die Energieversorgung so vielfältig wie in Deutschland. Eine große Zahl dezentraler Erzeugungsanlagen und Verbrauchseinheiten muss systemdienlich und jederzeit versorgungssicher miteinander verbunden werden. Ob in Strom-, Wärme- und Mobilitätslösungen für private Haushalte, Gewerbe und Industrie: In allen Bereichen wird an einem Systemdesign der Energiewende gearbeitet – und das immer häufiger sektorenübergreifend. Ein Denken „out of the box“ setzt zunehmend ein, ein Denken für das Gesamtenergiesystem. Man nennt dies heute auch Sektorenkopplung oder Integrated Energy. Denn überall stellt man fest, dass auf diese Weise wertvolle Synergien zu heben sind. Neue Technologien wie Power-to-Gas und gasbasierte Mobilitätslösungen, aber auch etablierte Technologien in neuen Rollen wie die Kraft-Wärme-Kopplung werden hierbei eine immer wichtigere Rolle spielen. Zugleich ist Deutschland damit auch ein ideales Labor für nachhaltige Innovationen und „German Engineering“, das als Exportschlager industriepolitisch hoch interessant werden kann.

Die Energiewende macht die nahtlose Verknüpfung von Strom-, Gas-, Wärme- und Verkehrssektor erforderlich

Im Zentrum der Energiewende stand bisher der Ausbau erneuerbarer, aber damit auch zumeist wetterbedingt schwankender Stromerzeugung aus Wind und Sonne. In ihrer nächsten Phase muss die Energiewende aber dringend über den Stromsektor hinausgedacht und umgesetzt werden. Die stetige Effizienzoptimierung und Emissionsminderung der Sektoren Gas, Wärme und Verkehr kann allerdings nur effizient gelingen, wenn die Sektoren untereinander wechselseitig gekoppelt werden. Umgekehrt können Gas-, Wärme- und Verkehrssektor dem von fluktuierender Erzeugung geprägten Stromsektor wichtige Flexibilitäten zur Verfügung stellen, indem sie überschüssige Stromerzeugung aus Windkraft- und Photovoltaikanlagen aufnehmen, speichern und teilweise wieder in das Stromnetz einspeisen. Das Zielmodell ist dabei nicht nur eine punktuelle und sporadische Kopplung der Sektoren, sondern ein integriertes Energiesystem, in dem zunehmend emissionsarme bzw. emissionsfreie Energie in Form von Strom, Gas und Wärme frei fließen kann. So kann die Energiewende kosteneffizient und ohne Kompromisse bei der Versorgungssicherheit umgesetzt werden. Kurzum: Sektorenkopplung ist der Schlüssel, um die global, europäisch und national vereinbarten Ziele der Klimapolitik zu erreichen.

Sektorenkopplung muss von der Infrastruktur her gedacht werden

Die Verengung der Energiewende auf eine Strom(erzeugungs)wende stößt an infrastrukturelle Grenzen, wo Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien aufgrund von Stromnetzengpässen oder nicht vorhandener Nachfrage abgeregelt werden müssen. Dagegen kann die bestehende Gasinfrastruktur fluktuierende Energie aufnehmen und damit einer effizienten und klimafreundlichen Nutzung im Wärme- und im Mobilitätssektor zuführen. Gas kann so die zunehmend wichtige Energiespeicherfunktion für alle Energieformen erfüllen. Das Gasnetz mit seinen 510.000 Kilometern Leitungslänge und angeschlossenen Speichern bietet aufgrund seiner Mächtigkeit eine saisonale Speicheroption, die alle bekannten Reichweiten und Kapazitäten von Großbatterien oder Pumpspeicherreservoirs um ein Vielfaches übertrifft – und das zu einem Bruchteil der Kosten.

Die rechnerische Speicherreichweite liegt im Stromsystem derzeit bei 0,6 Stunden, im Gassystem hingegen bei 2.000 Stunden, also bei rund drei Monaten. Insbesondere liefert die Kopplung Strom/Gas den Zugang zu einem im Rahmen der fortschreitenden Energiewende immer dringender erforderlichen Langzeitspeicher – auch oder gerade für Strom. Als Season- bzw. Langzeitspeicher ist die vorhandene Speicherinfrastruktur faktisch alternativlos. Ursprünglich primär als Versorgungslösungen geplant, rücken Gasnetze deshalb immer mehr in eine neue Rolle als genuine Energiewendeinfrastruktur mit einer Schlüsselfunktion für die Kopplung der Sektoren. Bau und Betrieb von Energieinfrastrukturen stellen einen nicht zu vernachlässigenden Kostenfaktor dar. Eine intelligente Kopplung und Nutzung der Energieinfrastrukturen führt zu einer Optimierung des Ausbaubedarfes insbesondere auch auf kommunaler Ebene.

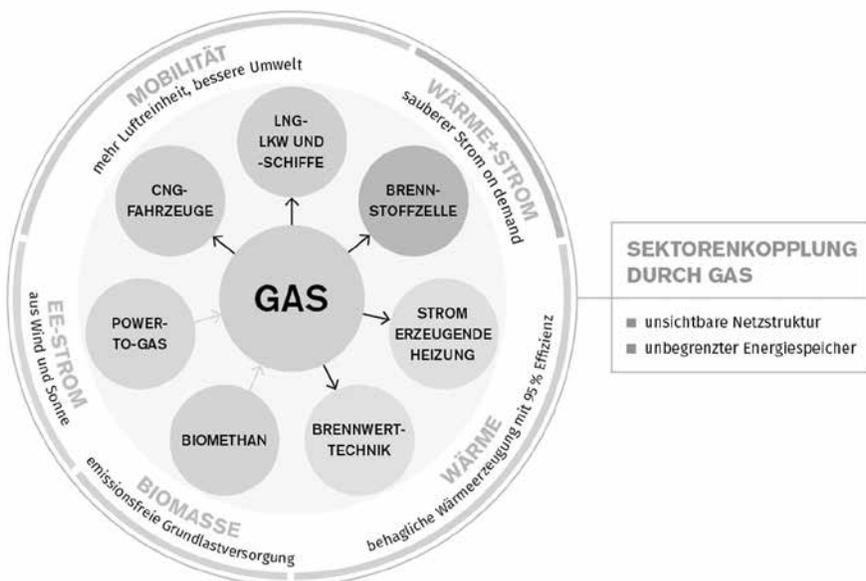


Abb. 1: Gas als zentrales Element der Sektorenkopplung

Sektoren und Infrastrukturen müssen durch Kopplungselemente verbunden werden

Damit zunehmend dekarbonisierte Energie frei fließen und zu jedem Zeitpunkt bereitstehen kann, wo sie gebraucht wird, müssen Strom-, Wärme- und Verkehrssektor sowie die jeweiligen Infrastrukturen physisch miteinander verbunden werden. Die wichtigsten Kopplungselemente sind Power-to-Gas-Anlagen, Power-to-Heat-Anlagen, KWK-Anlagen, GuD-Anlagen sowie Mobilität mit Strom oder erneuerbaren Gasen. Sektorenkopplung sollte nicht als Einbahnstraße angelegt werden oder lediglich die unidirektionale Verknüpfung des Stromsektors mit den anderen Sektoren abbilden. Echte Synergien entstehen erst bei der Möglichkeit zur Rückkopplung in den Stromsektor bzw. bei der Kopplung aller Sektoren untereinander.

Eine Reihe neuer und etablierter Kopplungselemente steht dafür bereit, allen voran die Power-to-X-Zukunftstechnologien:

Power-to-Gas (P2G)

P2G ist das zentrale Kopplungselement zwischen Strom- und Gasinfrastruktur. Die strombasierte, CO₂-freie Erzeugung von Gasen wie Wasserstoff bzw. Methan erlaubt es, den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung



Abb. 2: Power-to-Gas: Technik, Charakteristik und Besonderheiten

und an der Energieversorgung insgesamt gleichermaßen zu steigern. Für die saisonale Speicherung von Energie ist die Nutzung von P2G-Technologien heute alternativlos. Die systemischen Vorteile des Einsatzes von P2G (physikalisch-technische Speicherbarkeit, vorhandene Gasnetz- und Speicherinfrastruktur) entlasten den klassischen Stromsektor durch mehr Flexibilität und führen zu Kostendämpfungen in den zu erschließenden Sektoren. Abbildung 1 gibt einen komprimierten Überblick über Eigenschaften der P2G-Technologien und vermittelt einen Eindruck ihrer Stärken und Schwächen gegenüber der nachfolgend beschriebenen P2X-Anwendungen.

Power-to-Liquids

Auf Basis von Wasserstoff, der mittels Elektrolyse aus erneuerbarem Strom hergestellt wird, lassen sich auch flüssige Grundchemikalien (z. B. Methanol) oder Treibstoffe herstellen (z. B. Dimethylester oder Kerosin). Auf diese Weise kann beispielsweise die klimaschädliche Nutzung von Treibstoffen aus fossilen Quellen bzw. auf Basis von Mineralöl verdrängt werden.

Power-to-Heat (PtH)

Der Einsatz von Strom im Wärmemarkt – durch die Verwendung von einfachen Heizelementen in Fernwärmesystemen oder die Zuschaltung von Wärmepumpen – ist eine technisch erprobte und kostengünstige Sektorkopplungsoption mit hohem Dekarbonisierungspotenzial.

Power-to-Mobility

Strom kann direkt zum Laden von Elektrofahrzeugen genutzt werden, auch die systemdienliche Rückspeisung von Batterien in das Stromnetz ist denkbar. Alternativ können durch die Nutzung von Wasserstoff oder Methan aus Power-to-Gas-Prozessen klimaneutrale Fahrzeuge betrieben werden. Fahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb oder auf Basis von verdichtetem (CNG) oder verflüssigtem Gas (LNG) sind heute bereits verfügbar. Alle diese Technologien ermöglichen eine sukzessive und dauerhafte Dekarbonisierung des Verkehrssektors – längerfristig auch im Schiffs- und Flugverkehr.

Die verschiedenen Power-to-X-Technologien nehmen ihren Ausgangspunkt im Stromsektor. Eine zweite Gruppe etablierterer Kopplungselemente kann dazu beitragen, die bedarfsgerechte Bereitstellung von Strom zu gewährleisten, insbesondere in Zeiten geringer erneuerbarer Stromerzeugung (sog. „Dunkelflaute“). Die hier dargestellten Technologien basieren auf gasförmigen Brennstoffen, die zunehmend aus erneuerbaren Energien stammen: Wasserstoff und Methan aus Power-to-Gas-Prozessen oder aufbereitetes Methan aus Biogasanlagen.

Kraft-Wärme-Kopplung

Gasbasierte Kraft-Wärme-Kopplung ist eine der zentralen Säulen für eine sichere, nachhaltige und wirtschaftliche Energieversorgung. Durch den Ausbau von systemdienlich betriebener KWK im Gebäude-, Gewerbe- und Industriesektor können flexible und kostengünstige Erzeugungskapazitäten geschaffen werden, die in der Lage sind, in Zeiten geringer regenerativer Stromerzeugung die Versorgung mit Strom und Wärme sicherzustellen.

Ergänzt um Wärmespeicher und Power-to-Heat-Module werden KWK-Anlagen zu mehrfach flexiblen Schnittstellen von Energieformen und Infrastrukturen. Eine besonders wichtige Rolle können sie bei der Dekarbonisierung des Wärmesektors in Ballungsräumen spielen. Hier wird die zentrale Wärmebereitstellung über die vielerorts bereits vorhandenen Wärmenetze oft eine Option sein. Gasbasierte und hocheffiziente Bereitstellung von Wärme und Strom in KWK-Anlagen ist und bleibt damit ein Schlüsselement für eine effiziente Sektorenkopplung.

Gas- und Dampfkraftwerke (GuD)

Auch die verstärkte Nutzung von GuD-Kraftwerken hat ein hohes Dekarbonisierungspotenzial, da die Umwandlung von im Erdgas gespeicherter chemischer Energie in Strom mit hohen elektrischen Wirkungsgraden (ca. 60 Prozent) erfolgt. Zusätzlich ist die Auskopplung von Wärme und damit eine weitere Effizienzsteigerung möglich.

Brennstoffzellenkraftwerke

Mittels Brennstoffzellentechnologie kann auch in größerem Maßstab hocheffizient Strom erzeugt werden. Der dafür erforderliche, gut speicherbare Wasserstoff kann in Power-to-Gas-Anlagen in Zeiten hoher Stromerzeugung aus Windkraft- und Solaranlagen gewonnen werden.

Die Vorteile dieser Technologien werden in stetig steigendem Maße zum Tragen kommen, wenn sie mit einem kontinuierlich steigenden Anteil an erneuerbar erzeugtem Gas betrieben werden. Dieser Anteil im Gasnetz kann beliebig gesteigert bzw. gesteuert werden – ohne Risiken für die Versorgungssicherheit und immer mit Blick auf eine optimale Kosteneffizienz. Doch auch heute schon sorgen hocheffiziente erdgasbasierte Technologien für kosteneffiziente CO₂-Einsparungen. Diese Strategie nutzt die „low hanging fruits“ heute und eröffnet vielfältige Zukunftsoptionen.

Wir wollen die Energiewende sektoren- und infrastrukturübergreifend beschleunigen. Dafür muss der regulatorische Rahmen zügig weiterentwickelt werden.

Gezielte Forschungsförderung der Bundesregierung und die Forschungs- und Entwicklungsarbeit zahlreicher Unternehmen haben es ermöglicht, dass die technische Entwicklung der erforderlichen Kopplungselemente erfolgreich vorangetrieben wurde. Der regulatorische Rahmen der Energiewirtschaft hingegen muss dringend weiterentwickelt werden, da sich die

traditionelle Trennung der Sektoren Strom, Wärme und Mobilität hier nach wie vor in sektorspezifischen Regelungen, Instrumenten und Verantwortlichkeiten niederschlägt. Dies zu überwinden, ist die zentrale energiepolitische Herausforderung der kommenden Jahre, die es alsbald anzunehmen gilt. Sektor- und infrastrukturübergreifende Energieflüsse und Investitionen in Netze und Kopplungselemente werden andernfalls ausbleiben.

Das kürzlich verabschiedete Strommarktgesetz stellt Preissignale in das Zentrum eines funktionierenden Strommarktdesigns. Dieser Anspruch muss dringend auf den gesamten Energiemarkt ausgedehnt werden. Ein besonders eklatantes Beispiel sind die Auswirkungen des bestehenden Steuern- und Abgabensystems, das in vielen Fällen wie ein imaginäres Stopp-Schild an den Sektorengrenzen wirkt: So wird beispielsweise erneuerbare Stromerzeugung in großem Ausmaß und entschädigungspflichtig zu immer weiter ansteigenden Kosten abgeregelt – statt sie in angrenzenden Sektoren effizient zu nutzen.

Auch sind weitere Kostendegressionen und der Ausbau von Technologieführerschaft bei den Power-to-X-Zukunftstechnologien nur dann zu erwarten, wenn sie einen Platz im gegenwärtigen Marktumfeld vorfinden. Dies ist zugleich auch die Bedingung für die Hebung von deren Exportpotenzial und die Sicherung der Technologieführerschaft deutscher Unternehmen in diesen Zukunftsmärkten.

Der DVGW will die energiepolitische Debatte zur Sektorenkopplung mit fünf Impulsen intensivieren:

1) Sektorenkopplung muss systemisch und infrastrukturübergreifend gedacht werden

Nur durch eine Kopplung des nicht flexiblen Stromnetzes mit dem flexiblen Gasnetz kommen die systemisch komplementären Aspekte der Infrastrukturen zur Geltung. Lösungsbeiträge für Flexibilisierung, Versorgungssicherheit und Speicherung dürfen nicht innerhalb eines Sektors, sondern müssen immer auch in den angrenzenden Sektoren gesucht werden.

2) Power-to-Gas und andere Sektorenkopplungselemente sind keine Strom-Letzterverbraucher. Sie müssen regulatorisch entsprechend ihrer systemischen Funktion behandelt werden

Die Sektorenkopplungselemente sind Energiewandler, keine Verbraucher; entsprechend sind diese unterschiedlichen Funktionen in den bestehenden Ordnungsrahmen für diese Elemente neu zu denken.

3) Hemmnisse bei der Investitionsentscheidung für Sektorenkopplungselemente müssen schnellstens beseitigt werden

Die klimapolitisch und volkswirtschaftlich gebotene Nutzung abgeregelten erneuerbaren Stroms durch Sektorenkopplungselemente ist aufgrund der

hohen Steuern- und Abgabenlast nahezu unmöglich bzw. nicht wirtschaftlich. Da Sektorenkopplungselemente Energiewandler und Systemdienstleister sind, sollten sie von Abgaben oder Steuern, die im Zusammenhang mit Erzeugung, Transport oder Verbrauch von Energie stehen, weitgehend ausgenommen werden.

a) Zuschaltbare Lasten

Die mit dem EEG 2017 eingeführte Verordnungsermächtigung zu Zuschaltbaren Lasten (§ 13i Abs. 1 und 2 EnWG) sollte unverzüglich und technologieoffen für weitere Sektorenkopplungselemente umgesetzt werden.

b) Strombasierte Kraftstoffe

Im Zuge der Novellierung der 37. BImSchV sollte der netzgekoppelte und damit im Sinne der Sektorenkopplung effiziente Betrieb von Elektrolyseuren zur Gewinnung von Wasserstoff für die Treibstoffproduktion ermöglicht werden.

c) Kosten von Power-to-Gas-Anlagen

Die Kosten für die Errichtung von Power-to-Gas-Anlagen sollten für Gas- oder Stromnetzbetreiber als umlagefähig anerkannt werden, wenn damit höhere Kosten für den Ausbau oder Neubau von Stromnetzen vermieden werden können und im jeweiligen konkreten Einzelfall nachgewiesen werden kann, dass die Kosten vergleichbar mit denen eines herkömmlichen Stromnetzausbaus sind.

4) Sektorenkopplung als Dekarbonisierungsprojekt multidirektional anlegen

Erst mit einer echten und nicht nur punktuellen Sektorenkopplung wird es gelingen, CO₂-Minderungspotenziale schnell zu erschließen und somit Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Klimaschutz effizient miteinander zu verbinden.

5) Sektorenkopplung muss Top-Thema auf der energiepolitischen Agenda für die nächste Legislaturperiode sein

Der DVGW macht allen interessierten Akteuren aus Energiepolitik, Energiewirtschaft und Öffentlichkeit das Angebot, in einen konstruktiven Dialog über die weitere Ausgestaltung der Sektorenkopplung und ihres regulatorischen Rahmens zu treten, um die Debatte mit Blick auf die kommende Legislaturperiode voranzutreiben.

Weitere Informationen und vertiefende Analysen unter www.dvgw.de.



Dr. Ingo Luge
Vorsitzender der Geschäftsführung, E.ON Deutschland, E.ON SE

Dr. Ingo Luge ist seit Juli 2012 Vorsitzender der Geschäftsführung von E.ON Deutschland.

Von 1989 bis 1991 war er bei der Frankona Rückversicherungs-AG in München tätig. Von 1992 bis 1999 war er Hauptabteilungsleiter für den Fachbereich Recht bei der Energieversorgung Müritz-Oderhaff AG in Neubrandenburg. Ab 1999 arbeitete er für die E.ON Avacon AG, Helmstedt, zuletzt als Finanzvorstand.

Von 2006 – 2010 war er Vorsitzender der Geschäftsführung der E.ON Kraftwerke GmbH, Hannover. Von August 2010 bis Juli 2012 war er Vorsitzender des Vorstands der E.ON Energie AG in München und seit Oktober 2011 zusätzlich Arbeitsdirektor.

Vor einer neuen Welle der Elektrifizierung? Anmerkungen zur Sektorenkopplung

Dr. Ingo Luge

In der globalen Transformation und vor allem Dekarbonisierung der Energiestrukturen übernimmt Strom immer mehr die Rolle des zentralen Treibers. Fatih Birol, Exekutivdirektor der Internationalen Energieagentur, sagte bei der Vorstellung des diesjährigen World Energy Outlooks: *“Renewables make very large strides in coming decades but their gains remain largely confined to electricity generation. The next frontier for the renewable story is to expand their use in the industrial, building and transportation sectors where enormous potential for growth exists.”*

Und im Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung ist sogar von einem „Paradigmenwechsel“ zu lesen: *“Bislang wurden erneuerbare Energien und Energieeffizienz als Technologien mit besonderer Relevanz für den Klimaschutz in die bestehenden fossilen – und bislang z.T. nuklearen – Energiemärkte eingeführt, teilweise mit Auflagen, teilweise mit direkten und indirekten Förderungen. Nun muss die Logik umgedreht werden: Erneuerbare und Energieeffizienz bilden künftig den Standard für Investitionen. Dabei gilt: Erstens muss der Energiebedarf in allen Sektoren deutlich und dauerhaft verringert werden (Efficiency First), zweitens findet eine direkte Nutzung erneuerbarer Energien in allen Sektoren statt, soweit möglich und ökonomisch sinnvoll, drittens wird Strom aus erneuerbaren Quellen für Wärme, Verkehr und Industrie effizient eingesetzt (Sektorenkopplung)“.*

In der Sektorenkopplung sieht auch das „Grünbuch Energieeffizienz“ des Bundeswirtschaftsministeriums erhebliche Potentiale. Ebenso auch das Grundsatzpapier des Bundeswirtschaftsministeriums „Strom 2030“, wonach „der Stromsektor immer stärker mit dem Gebäude-, Verkehrs- und Industriesektor gekoppelt wird“. In diesen Ansätzen liegt in der Tat ein Paradigmenwechsel, und zwar in doppelter Hinsicht:

Ein neues Image für den Strom

Erstens wird der bisherige, staatlich orchestrierte Top-down-Ansatz durch einen stärker kundenorientierten Bottom-up-Ansatz abgelöst – oder sagen wir zunächst lieber vorsichtig: ergänzt. Der weitere Weg in die Energiezukunft sollte kundenorientiert, marktbasierend und technologieoffen verfolgt werden. Es darf keinen Ausschluss einzelner Effizienzpotentiale durch einschränkende Vorgabe bestimmter erneuerbarer Lösungen oder Technologien geben.

Zweitens dreht sich die politische und mediale Wahrnehmung der Elektrizität. Sie wurde lange Zeit kritisch gesehen, in manchen Kreisen geradezu verteufelt, galt sie doch gewissermaßen als der verlängerte Arm von Kohle und Atom. Zum Standardrepertoire der Energie- und Klimapolitik gehörte bislang die Forderung, den Stromverbrauch drastisch zu senken. Heute ist überdeutlich geworden, dass eine erfolgreiche Energiewende nicht weniger, son-

dem mehr Strom brauchen wird. Strom ist die Modernisierungsenergie, die eine höhere Energieeffizienz vor allem in der Industrie ermöglicht. Und Strom ist die wichtigste und häufig einzige Möglichkeit, Energie aus erneuerbaren Quellen zu nutzen. Nur so können die Sektoren Verkehr und Wärme, auf die mehr als 50 % der CO₂-Emissionen entfallen, ihren Beitrag zum Klimaschutz deutlich verstärken.

Wie unwohl sich manche bei einer neuen, positiven Bewertung von Elektrizität fühlen, meint man zu spüren, wenn vorgeschlagen wird, zwischen „herkömmlichem“ Strom und „Koppelstrom“ für die Elektrifizierung von Wärme und Verkehr zu unterscheiden. Ich halte das für Haarspalterei. Und die damit verbundene Vorstellung, es ginge nur um die „Entsorgung“ von Überschussproduktion aus erneuerbaren Anlagen, scheint mir deutlich zu kurz gedacht. Strom ist Strom, Kilowattstunde ist Kilowattstunde - und wer glaubt, man könne eine nachhaltige Versorgung mit Wärme- oder Transportenergie auf „Überschussstrom“ aufbauen, unterschätzt gewaltig die Größenordnungen, um die es hier geht. 2014 betrug in Deutschland der Endenergieverbrauch an Strom 509 TWh, an Wärme (ohne elektrische Wärmeerzeugung) 1171 TWh, also mehr als doppelt so viel. Hinzu kommt der Verkehr mit 730 TWh. Diese Größenverhältnisse allein zeigen, dass eine nachhaltige Elektrifizierung über kurz oder lang die Möglichkeiten einer „Überschussverwertung“ übersteigen wird. Nötig ist vielmehr ein integrierter Ansatz, der vielfältige Wechselwirkungen in den Blick nimmt.

Systemdenken ist gefragt!

Beispiel Elektromobilität: Der Stromverbrauch eines Durchschnittshaushalts liegt bei 3500 kWh/a, der Stromverbrauch eines Elektro-Autos bei 2000 kWh/a (bei durchschnittlicher Fahrleistung von 14.000 km/a). Die Anschaffung und durchschnittliche Nutzung eines E-Autos lässt also den Stromverbrauch eines Durchschnittshaushalts um fast 60% steigen. Je nach Expansionspfad der Elektromobilität entsteht hier also ein wachsender neuer Stromverbrauch. Gleichzeitig können diese Fahrzeuge als Energiespeicher dienen und helfen, das Stromsystem zu stabilisieren. Das wir dazu komplexe Informationstechnik vor allem in den Verteilnetzen einsetzen müssen, liegt auf der Hand. Wie das funktionieren kann, wird derzeit in vielen Projekten untersucht. Bei E.ON beispielsweise betreiben wir schon seit sechs Jahren ein Pilotprojekt zur Nutzung von E-Mobilität (E-Home Energy 2020 der Avacon) in Norddeutschland, wir bieten Ladeinfrastruktur und einfache Abrechnungsmöglichkeiten an, betreiben über 1000 Ladepunkte mit einem Schwerpunkt im elektromobilitätsfreundlichen Dänemark und rüsten aktuell erste Servicefahrzeuge auf E-Mobilität um.

Ein anderes Beispiel ist Power-to-Gas: Wind- und Solarstrom kann in Wasserstoff oder Methan umgewandelt und auf diese Weise gespeichert und transportiert werden. Sie können dann im Wärme- oder Verkehrsmarkt direkt eingesetzt oder mittels Gaskraftwerken in Strom zurück verwandelt werden. E.ON hat Power-to-Gas-Anlagen in Reitbrook und Falkenhagen realisiert

und bietet diese Technologie bereits heute als Teil dezentraler Energielösungen an. Ein anderer Ansatz ist Power-to-Heat. Hier wird Strom unmittelbar und deshalb mit Wirkungsgraden von bis zu 100% in Wärme umgewandelt. Unsere Power-to-Heat-Anlage in Salzwedel übernimmt Systemverantwortung, indem wir dort Regelleistung bereitstellen, die bislang von konventionellen Großkraftwerken erbracht wird.

Welche Rolle spielt Gas? Eine weitaus wichtigere, als vielfach wahrgenommen wird! Die Bedeutung der Gasinfrastruktur für Power-to-Gas liegt auf der Hand. Moderne, gasbasierte Lösungen können darüber hinaus wesentlich zu bezahlbaren und schnellen CO₂-Minderungserfolgen beitragen. Dabei ist auch das Potential von Grüngasbeimischungen zu berücksichtigen. Erdgas, Grüngas und die entsprechende Infrastruktur sind nicht nur eine absehbar auslaufende Brückentechnologie, sondern auch langfristig ein wichtiger Pfeiler der Energiewende.

Nicht neu, aber keineswegs ausgereizt ist die Kraft-Wärme(-Kälte)-Kopplung, die schon seit langem Strom- und Wärmesektor auf hocheffiziente Weise verbindet. Bei E.ON erleben wir KWK als ein starkes Segment im Wachstumsmarkt der dezentralen Energielösungen. Wir betreiben über 200 lokale Wärmenetze und haben über 1000 Projektlösungen mit KWK und Wärmepumpen realisiert. Wärmepumpen gewinnen an Bedeutung. Sie erzeugen aus 1 kWh Strom bis zu 5 kWh Wärme und können so Grünstrom und Effizienz ideal verbinden.

Die Digitalisierung wird eine ganz neue Qualität bei der Vernetzung der Sektoren ermöglichen. Es wird geschätzt, dass bis 2025 mehr als 25 Milliarden "smarte" Anwendungen mit dem Stromverteilnetz und dem Internet verbunden sein werden. Schon heute erstreckt sich die digitale Vernetzung bis in private Haushalte, bis zu den Thermostaten einzelner Heizungen. Dinge kommunizieren hier mit Dingen – das Internet of Things hat in der Energiewirtschaft bereits begonnen. Damit werden ganz neue Optimierungen ermöglicht, etwa bei der Steuerung von Heizungen und anderen Haushaltsgeräten entsprechend volatilen Preissignalen. Der Smart-Meter-Rollout, den auch wir bei E.ON vorantreiben, schafft dafür die nötigen Voraussetzungen.

Das EEG-Paradox

Eine weitere unverzichtbare Voraussetzung sind Strompreise, die von den Kunden in den Sektoren Wärme und Verkehr als Marktsignale für einen stärkeren Einsatz von Strom wahrgenommen werden können. Dabei geht es zunächst um die Höhe des Strompreises. Zwar ist er an der Börse auf einem historischen Tiefstand, aber die Netzgebühren und die Umlagen steigen ungebrochen. Mit der bundesweit einheitlichen Überwälzung der Netzgebühren, die das Bundeswirtschaftsministerium aktuell ermöglicht hat, können starke regionale Erhöhungen vermieden werden. Mehr als die Hälfte des Haushaltsstrompreises entfällt aber inzwischen auf staatliche Lasten, darunter vor allem die EEG-Umlage. Hier hat sich ein Fehlanreiz ergeben: Gibt es besonders viel Ökostrom, sollte der Strompreis sinken, um zusätzliche Nachfrage aus dem

Wärme- und Verkehrsmarkt auszulösen. Tatsächlich sinkt der Preis nicht, weil niedrigere Börsenpreise durch höhere EEG-Umlagen ausgeglichen werden. Darüber müssen wir reden, wenn wir die großen Potentiale einer stärkeren Verkopplung der Sektoren nutzen wollen. Wir laufen in die paradoxe Situation, dass die EEG-Umlage, die bislang den dynamischen Ausbau der erneuerbaren Energien ermöglicht hat, jetzt dem weiteren Ausbau entgegensteht, weil sie neue Märkte für Ökostrom verschließt. Eine saubere Lösung wäre, die EEG-Umlage (und andere Umlagen) vom Strompreis zu lösen und in den Staatshaushalt zu überführen – schließlich geht es hier ja auch um eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Vorgeschlagen wurde auch die Einbeziehung anderer Energieträger. Denkbar wäre auch eine Dynamisierung der Umlagen in einer Weise, dass sie sich in gleicher Richtung wie der Börsenpreis bewegen, dessen Marktsignale also verstärken und nicht aufheben. Es mag auch andere Lösungen geben – alle Vorschläge sollten unvoreingenommen diskutiert werden.

Bei diesen notwendigen Diskussionen sollte über eine Klarheit bestehen: Was sich hinter dem technisch anmutenden Begriff der Sektorenkopplung verbirgt, ist nichts weniger als die zweite Phase der Energiewende. Es geht jetzt darum, den Dekarbonisierungspfad fortzusetzen, indem wir ein stabiles Energiesystem aufbauen, das immer mehr erneuerbare Energie aufnehmen kann und zugleich die Energieeffizienz kontinuierlich verbessert. Dabei wird Strom eine zentrale Rolle einnehmen. Sich mittels Sektorenkopplung vom „Strommarkt 2.0“ zum „Energemarkt 2.0“ weiter zu entwickeln, ist der richtige Weg in die Zukunft.



Dr. Helmar Rendez
Vorsitzender des Vorstandes, Lausitz Energie Bergbau AG & Lausitz
Energie Kraftwerke AG

Dr. Helmar Rendez ist Vorstandsvorsitzender der Lausitz Energie Bergbau AG und Lausitz Energie Kraftwerke AG. Er war seit 2015 Mitglied des Vorstandes der Vattenfall Europe Mining AG sowie der Vattenfall Europe Generation AG. Seit 1988 besetzte er verschiedene Leitungspositionen in der Energiebranche: Vorsitzender der Geschäftsführung der Stromnetz Berlin GmbH, der Stromnetz Hamburg GmbH und der Vattenfall Europe Netzservice GmbH sowie Head of Business Unit 'Distribution' der Vattenfall Gruppe (2007-2014), Mitglied des Executive Group Management der Vattenfall AB (2007-2010), Mitglied des Vorstandes der WEMAG AG (2004-2007), Leiter Integration Management Office/Leiter Corporate Development der Vattenfall Europe AG (2001-2004) und Leiter Corporate Development der VEAG Vereinigte Energiewerke AG (1998-2001). Von 1993-1998 war er Leiter Service Management und des Berliner Büros der Management Consultants Kienbaum Unternehmensberatung GmbH. Er begann seine Karriere 1988 am Zentrum für Logistik und Unternehmensplanung GmbH nach dem Studium der Wirtschaftswissenschaften an der TU Berlin.

Sektorkopplung – Chance für Wettbewerb und Augenmaß

Dr. Helmar Rendez

Die Sektorkopplung ist seit rund einem Jahr in aller Munde. Wesentlicher Treiber ist dabei die Nutzung ansonsten abzuregelnden Überschussstromes aus Windenergieanlagen in Norddeutschland. Da die Netzkapazitäten der norddeutschen Verteil- und Übertragungsnetze nicht ausreichen, mussten im starken Windjahr 2015 von den Netzbetreibern 4,722 TWh Windstrom abgeregelt und mit rund 478 Mio. € entschädigt werden. Dieser von den Stromkunden über das EEG bezahlte Strom könnte also in anderen Sektoren genutzt werden, dort fossile Brennstoffe ersetzen und so Treibhausgase vermeiden. Zugleich würde mehr Windstrom genutzt, was Deutschland die Erreichung seines EEG-Ausbauziels erleichtern würde.

Hohe Einspeisungen aus Wind- und Solarstrom drücken die Strompreise in Deutschland und führen im engmaschigen europäischen Verbundnetz zu hohen Stromexporten. Deutschland wies im Jahr 2015 einen Rekordnettostromexport von 50 TWh aus. Teurere ausländische Kraftwerke fahren zum Ausgleich ihre Produktion herunter und emittieren dann auch nicht mehr CO₂. Deutschland verkauft damit nicht nur den Strom an die Nachbarländer, sondern ermöglicht ihnen dadurch auch noch Emissionsminderungen für ihre nationalen Klimabilanzen im Volumen von durchschnittlich 30 bis 40 Mio. t CO₂. Mehr Sektorkopplung bedeutet daher auch: weniger Stromexport und weniger Emissionsverlagerung ins Ausland.

Die VW-Abgasaffäre steigerte noch einmal die politische Aufmerksamkeit für die Sektorkopplung. Obwohl der kommerzielle Durchbruch der Elektromobilität noch aussteht, wird bereits die Herstellung einer politischen „Planungssicherheit“ für die deutsche Autoindustrie durch ein Verkaufsverbot von Diesel- und Benzinfahrzeugen ab 2030 diskutiert. Exemplarisch wird am CO₂-freien Stromimport der Nachbarländer aber auch das Problem von Sektorzielen für die Treibhausgasminde rung deutlich, wie sie der Klimaschutzplan vorsieht. Wenn Strom bei der Kopp lung mit dem Verkehrssektor fossile Kraftstoffe verdrängt, wird die Emissionsminderung allein dem Verkehrssektor zugerechnet und der Stromsektor muss zusätzliche Maßnahmen ergreifen, um trotz zusätzlicher Stromnachfrage seine Emissionsziele zu erreichen.

Weiterhin setzen viele Energieversorger Hoffnung in die Sektorkopplung. Stellt sich ein höherer Stromverbrauch durch die Kopplung mit dem Wärme- und Verkehrssektor ein, muss wegen der prozentualen EEG-Ausbauziele automatisch mehr Wind- und Solarstromleistung ausgeschrieben werden. Aber auch Gasversorgern bietet sich eine alternative Geschäftsperspektive, wenn Überschussstrom mittels „Power to Gas“ in Biomethan umgewandelt und dieses anstatt Importerdgas transportiert werden muss.

Schließlich bedeutet Sektorkopplung auch neue Aufträge für den Maschinenbau. Anlagenhersteller müssten nicht nur mehr Wind –und Solaranlagen und Stromspeicher liefern. Diverse neue Märkte für Elektroheizer, Hydrolyse- und Methanisierungsanlagen, Wärmenetze, Wärmespeicher und Ladestellen usw. würden entstehen.

Sektorkopplung nach den Vorstellungen des Bundeswirtschaftsministeriums

Mit seinem Impulspapier „Strom 2030“ und dem „Grünbuch Energieeffizienz“ hat das Bundeswirtschaftsministerium (BMWi) seine Vision der Sektorkopplung vorgestellt. Dabei geht das Ministerium von den ambitionierten nationalen Klimaschutzziele aus und streng nach Energieeffizienzgesichtspunkten vor. Der Strom- und Wärmebedarf soll nach dem Motto „Efficiency First“ stark reduziert werden. Der verbleibende Wärmebedarf soll mit dem geringsten Aufwand durch erneuerbar produzierten Strom gedeckt werden. Deshalb kommen für die Wärmeerzeugung vor allem Wärmepumpen mit hohen Arbeitszahlen zum Einsatz. Ergänzend soll in Wärmenetzen auch Solarthermie genutzt werden. Elektrische Direktheizungen oder Gasheizungen mit regenerativem Gas aus Power-to-Gas Anlagen verursachen nach Ansicht des BMWi zu hohe Energieverluste.

Im Verkehr wird die Elektromobilität genutzt. Brennstoffzellenfahrzeuge und Verbrennungsmotoren mit regenerativen Treibstoffen aus Power-to-Liquid Anlagen wären zu ineffizient.

Nur durch diese effizienteste Sektorkopplung könnte der vom Ministerium prognostizierte Anstieg des jährlichen Strombedarfs von heute 600 TWh auf 1000 TWh begrenzt werden. Biomasse als Ersatz für fossile Kohlenwasserstoffe sollte hingegen vorwiegend stofflich, z.B. in der chemischen Industrie, genutzt oder als Treibstoff im Luftverkehr eingesetzt werden.

Zusätzliche Speicher werden aus Sicht des BMWi bis zu einem Ausbaugrad der erneuerbaren Energien von 80% nicht notwendig. Erst dann seien langfristige Speicher, wie Power-to-Gas nötig, um auch regelmäßig auftretende einwöchige Dunkelflauten zu überstehen.

Diese sehr detaillierten und technologiespezifischen Zukunftsvorstellungen des BMWi stehen in einem Spannungsverhältnis zum Postulat eines technologieneutralen Wettbewerbs der Sektorkopplungsoptionen. Direkte Subventionen oder Privilegien bei Netzentgelten, Abgaben, Umlagen oder Steuern soll es nicht mehr geben. Stattdessen soll es nur noch temporäre Markteinführungsprogramme für vielversprechende Technologien, z.B. Wärmepumpen und Elektrofahrzeuge, geben. Es bleibt offen, wie dieser Konflikt aufgelöst werden kann.

Praktische Hürden

Die Strategie und die dazu veröffentlichten Zahlen des BMWi legen die Vermutung nahe, dass die Zukunftsszenarien stark „auf Kante genäht“ sind. Das gilt sowohl für die physikalischen als auch die finanziellen Abschätzungen.

Zunächst einmal ist offensichtlich, dass eine einfache saldierte jährliche Mengenbilanz für die Sektorkopplung in einem Stromsystem, in dem Stromerzeugung und Stromverbrauch in jeder Sekunde des Jahres ausgeglichen sein müssen, nicht ausreicht. Da die Stromerzeugung aus regelbaren erneuerbaren Energien, wie Wasserkraft, Biomasse und Geothermie entweder physikalisch limitiert, aus Umweltschutzgründen nicht akzeptiert oder schlichtweg zu

teuer ist, wird auch in Zukunft das Gros der Stromerzeugung durch fluktuierende Wind- und Solarenergie erfolgen.

Stromverbraucher sind allerdings nur zu einem geringen Teil willens und in der Lage, ihre Nachfrage an den unsteten Wind- und Solarstrom anzupassen. Noch kann Deutschland seine Stromüberschüsse ins Ausland liefern. Noch gibt es noch genügend flexible konventionelle Kraftwerke, die abgeregelt oder hochgefahren werden können. Wird der Kapazitätsüberschuss konventioneller Kraftwerke jedoch marktgetrieben oder regulatorisch abgebaut und neben dem Kernenergie- auch noch der Kohleausstieg vorangetrieben, müssen diese Flexibilitäten durch einen massiven Ausbau von Netzen und Backup-Kraftwerken neu erschlossen werden. Soll Überschussstrom nicht abgeregelt oder - mangels Wirtschaftlichkeit subventionierte und ebenfalls CO₂ emittierende - erdgasbetriebene Backupkraftwerke hochgefahren werden, könnten entgegen den Annahmen des BMWi doch zusätzliche kurzfristige Stromspeicher im Netz nötig werden. Dies gilt umso mehr als die Pumpspeicherkraftwerke als einziger Speicher von relevanter Größenordnung regulatorisch gerade an den Rand der Wirtschaftlichkeit getrieben werden.

Für eine breite Kopplung des Strom- mit dem Wärme- und Verkehrssektor bestehen aber auch physikalische Hürden. Begrenzte Kapazitäten im Niederspannungsnetz erlauben nur eine langsame Ladung von Elektrofahrzeugen. Windkraft- und Solarspitzen können mit Elektromobilität nicht vollumfänglich genutzt werden. Ein hohes Verkehrsaufkommen zu Feiertagen oder Ferienzeiten sowie Strommehrbedarf von Elektroautos im Winter müssen nicht zwingend mit dem dann jeweils temporär verfügbaren und aufgrund begrenzter Speicherkapazitäten nur bedingt flexibel bereitstellbaren Stromangebot korrelieren. Vorrusschauendes Laden oder der Einsatz von Backup-Kraftwerken wären nötig.

Wärmepumpen sind nur in neuen oder vollsanierten energiesparenden Gebäuden sinnvoll nutzbar. Ohne erhebliche Finanzmittel bleibt die Sanierungsrate weiterhin gering und eine umfassende Durchdringung von Wärmepumpenanwendungen Wunschdenken. Gerade im städtischen Raum mit einer hohen Heizdichte mangelt es an Flächen für energieeffiziente Bodenwärmepumpen. Daher ist fraglich, ob die Stromnachfrage des Wärmesektors wie gewünscht begrenzt werden kann. Wärmespeicher erlauben eine stromgeführte Fahrweise der Wärmepumpen. Für Dunkelflauten im Winter müssen aber trotzdem stromseitig Backup-Kraftwerke vorgehalten werden oder ein zweites Heizsystem, z.B. mit Biomasse, installiert sein.

Die finanziellen Belastungen könnten trotz weiter sinkender Stromgestehungskosten von Wind und Solar erheblich ausfallen. So dürfte der schleppe Netzausbau die Planungen des BMWi, kostengünstige aber verbrauchsferne Windenergie in Norddeutschland zu erschließen, noch für Jahre behindern. Preisgünstiger Solarstrom benötigt zumindest für die Nutzung in der Nacht Solarstromspeicher. Selbst wenn die Solarstromspeicher durch Lernkurveneffekte vom heutigen Kostenniveau von ca. 20 ct/kWh für einen Speichervorgang deutlich gesenkt werden könnten, fehlt diesen Speichern in der dunklen Jahreszeit die Sonne, um tagsüber geladen zu werden.

Konsequenter Wettbewerb in der Sektorkopplung

Der Wettbewerb in der Sektorkopplung sollte sich am Strompreis orientieren. Heute sind die Preissignale aber durch kWh-basierte Netzentgelte, Umlagen, Steuern und Abgaben verzerrt. Die Endkundenpreise würden die tatsächlichen Kosten der Stromerzeugung exakter abbilden, wenn Steuern und Abgaben anderweitig oder zumindest fix erhoben würden und Netzentgelte wie die tatsächlichen Netzkosten höhere fixe Anteile enthielten. Die im Weißbuch Strommarkt angekündigte Umstellung der Netzentgelt- und Umlagensystematik wird gerade im Hinblick auf die Sektorkopplung eine der Hauptaufgaben der Energiepolitik der nächsten Bundesregierung sein.

Generell sollte die Strategie zur Sektorkopplung stärker vom Wettbewerbsgedanken geprägt sein. Aufgrund der Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten von Strom im Wärme- und Verkehrssektor, ihren jeweiligen Kosten und Kostenstrukturen führt jeder Versuch einer Vollkostenregulierung sofort zu erheblichen Verteilungskämpfen und zu einer betriebswirtschaftlichen Optimierung entlang der gerade geltenden Regelungen. Müssten dann aus Bestandschutzgründen die Regelungen bis zum Ende der Nutzungsdauer der Anlage eingefroren werden, würde die Sektorkopplung jegliche Flexibilität verlieren. Das Resultat wären weitere vermeidbare volkswirtschaftliche Mehrkosten und bürokratische Restriktionen, die Innovationen und Wettbewerb behindern.

Rückkehr zu einer Energiepolitik mit Vernunft und Augenmaß

Die bisherigen Überlegungen zur Sektorenkopplung zeigen, dass diese allenfalls dann einen Beitrag zum Gelingen der Energiewende leisten kann, wenn sie konsequent marktwirtschaftlich ausgestaltet wird. Ohne eine gleichberechtigte Berücksichtigung von Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit - bzw. Klimaschutz - wird die Energiewende auf Dauer keinen Bestand haben. Auch die Beschlüsse von Paris haben an diesem Gleichklang der energiepolitischen Ziele nichts geändert. Das Klimaabkommen von Paris ersetzt nicht seriöse und verantwortungsvolle Energiepolitik, weder in Europa noch in Deutschland. Denn unbeschadet der völkerrechtlichen Qualität des Klimaschutzabkommens ist es vor allem dessen Unverbindlichkeit im Falle der Zielverfehlung, die letztlich die großen Emittenten wie China und die USA zur Unterschrift bewogen haben. Die gleiche nüchterne Betrachtungsweise ist bei der oft zitierten Vorbildfunktion der deutschen Energiewende geboten. So hat beispielsweise die Konrad-Adenauer-Stiftung jüngst in einer Studie belegt, dass die deutsche Energiewende zwar mit großem Interesse verfolgt und Deutschland von vielen Ländern gerne als finanzierender Partner in Klimaschutzfragen gesehen wird. Ungeachtet dieses Lobes für die deutsche Klimapolitik scheuen sich jedoch gerade die großen klimapolitischen Akteure wie China, Russland oder die USA aus Kostengründen die deutsche Energiewende nachzuahmen. Wachstum und Wohlstand haben in diesen für den globalen Klimaschutz entscheidenden Ländern einen weitaus höheren politischen Stellenwert. Wichtig erscheint auch festzuhal-

ten, dass keine völkerrechtliche Absichtserklärung eine Bundesregierung aus ihrer originären Verantwortung entlässt. Gerade die jüngsten europäischen Entwicklungen zeigen, dass kein politischer Prozess unumkehrbar oder alternativlos ist. Die Erfahrungen aus 40 Jahren deutscher Energieprogramme haben vor allem eines deutlich gezeigt: Die Wahrheit von heute ist der Irrtum von morgen. Bereits die Prognosen der ersten Energieprogramme in den 1970er Jahren unterlagen damals völlig unerwarteten und teilweise dramatischen Veränderungen. Diese Tradition hat sich bis heute fortgesetzt – erinnert sei nur an die erst wenige Jahre zurückliegende und mittlerweile legendäre „Kugel Eis“, die den Verbraucher das EEG monatlich kosten sollte. Es ist kein Grund ersichtlich, warum sich diese empirische Erfahrung in den nächsten 40 Jahren grundlegend ändern sollte.

Was folgt daraus? Bei aller Gewissheit über die Fehlerhaftigkeit von Prognosen und Modellen kann dies nicht bedeuten, in Tatenlosigkeit zu verfallen. Da alle fossilen Brennstoffe endlich sind, führt an der Entwicklung von Alternativen kein Weg vorbei. Entscheidend sind damit der Weg und die Zeit, die derart tief greifende Veränderungen erfordert. Im letzten Jahrzehnt hat die deutsche und europäische Energiepolitik versucht, durch sich selbst überholende Zielmarken diesen Prozess zu beschleunigen. Die Ergebnisse dieser Politik sind mittlerweile offenkundig und müssen revidiert werden. Die Fortsetzung einer durchsubventionierten Energiewende ohne konsequente Ausrichtung an Markt und Wettbewerb wird die Wirtschaft und Bevölkerung überfordern und sich spätestens bei der ersten ernsthaften Wirtschaftseintrübung als nicht mehr tragbar erweisen. Gleiches gilt für die immer weiter auseinandergehende Schere zwischen der kleinen Gruppe der finanziell Begünstigten und der breiten Masse an Umlagebelasteten. Diese sozialpolitisch bedenkliche Umverteilung von „unten nach oben“ lässt sich auch nicht durch die Propagierung von einigen sogenannten „Bürgerwindparks“ ausgleichen. Ein Blick auf Europa genügt, um zu erkennen, dass Diversifizierung und Risikostreuung bei einem Erhalt einer starken Industrie wirtschaftspolitisch schon immer der klügere Weg war, Wohlstand und sozialen Frieden in Deutschland zu erhalten.

Nach diesen Grundsätzen kann auch die Sektorkopplung als ein Baustein von vielen einen Beitrag für eine effizientere und volkswirtschaftlich wie sozial verantwortbare Energiewende leisten.



Joachim Rumstadt
Vorsitzender der Geschäftsführung, STEAG GmbH

Joachim Rumstadt, Jahrgang 1965, ist seit Januar 2009 Vorsitzender der Geschäftsführung der STEAG GmbH. In der Geschäftsführung verantwortet Rumstadt die Bereiche Unternehmensentwicklung, Energiepolitik, Recht, Revision, Unternehmenskommunikation und Führungskräfte sowie die Beteiligungen an den Auslandskraftwerken in Kolumbien, der Türkei und auf den Philippinen. Er vertritt das Unternehmen auch in nationalen Verbänden und internationalen Institutionen.

Bevor Rumstadt 2007 Mitglied der Geschäftsführung wurde, war er in verschiedenen verantwortlichen Funktionen bei STEAG tätig. Hierzu zählt u. a. die Leitung Risikomanagement, die Leitung Unternehmensentwicklung sowie die Leitung der Energiewirtschaft.

Vor seinem Eintritt bei STEAG im Jahr 1997 als Justitiar war Rumstadt Referent für internationales Völker- und Europarecht am Forschungsinstitut der Deutschen Hochschule für Verwaltungswissenschaften Speyer. Zuvor schloss er das Studium der Rechtswissenschaften an der Universität Heidelberg ab und trat dann seinen zweijährigen Referendardienst an.

Seit Oktober 2016 ist er stellvertretender Vorsitzender des Vorstandes des Forums für Zukunftsenergien e. V.

Sektorkopplung – Sinnvolle Expansion des Stromsystems oder Subventionsspirale?

Joachim Rumstadt

Deutschland braucht einen veränderten Regulierungsrahmen für das effiziente Zusammenspiel von erneuerbarer und konventioneller Stromerzeugung mit dem Stromverbrauch, elektrische Speicher, ein Bekenntnis zu hybriden Lösungen sowie technologische Innovationen – aber keine subventionierte „Sektorkopplung“.

Sektorkopplung, also die verstärkte Nutzung elektrischen Stroms in Verbrauchsbereichen wie Wärmeversorgung und Verkehr, ist momentan in aller Munde. Für jemanden, der sein Geld in vielfältiger Art und Weise mit Strom verdient, klingt das erst mal nach einer guten Sache. In diesem Zusammenhang ergeben sich jedoch zunächst grundlegende Fragestellungen, die in der öffentlichen Debatte bisher zu wenig Beachtung gefunden haben:

- Welche Änderungen am Regulierungsrahmen (EEG, Abgaben- und Umlagesystem) sind notwendig, damit es bei der Sektorkopplung nicht zu einer Subventionsspirale kommt?
- Steht Sektorkopplung in Konkurrenz zur Energieeffizienz als „zweiter Säule“ der Energiewende?
- Welche fiskalischen und infrastrukturellen Herausforderungen würden sich bei neuen Stromanwendungen aus der beabsichtigten Verdrängung fossiler Energieträger in anderen Verbrauchsbereichen ergeben?
- Unter welchen energiewirtschaftlichen Voraussetzungen kann Sektorkopplung einen innovativen Beitrag für ein stabiles, jederzeit versorgungssicheres und wettbewerbsfähiges Energiesystem mit immer höheren Anteilen erneuerbarer Energien leisten?

Aus Sicht des Stromsystems muss beim Thema Sektorkopplung eine Prämisse in der Diskussion viel stärker hervorgehoben werden als bisher: Energiewandler sind neue Stromverbraucher und keine Stromspeicher. Diese Feststellung ist so trivial wie entscheidend, weil das Stromsystem durch Strommehrverbrauch in weiteren Sektoren gewissermaßen expandiert. Die physikalischen Gesetzmäßigkeiten des Stromsystems ändern sich dadurch aber keineswegs – für einen stabilen Stromnetzbetrieb als Grundlage für eine sichere Energieversorgung müssen sich Erzeugung und Verbrauch auch weiterhin jederzeit die Waage halten.

Energiewandler („Power-to-X“) sind keine Stromspeicher, sondern neue Stromverbraucher

Sektorkopplung ist keine Erfindung des 21. Jahrhunderts. Wer Bahn fährt, zu Hause einen Durchlauferhitzer, einen elektrischen Wasserkocher oder

einen Nachtspeicherofen betreibt, für den ist „Sektorkopplung“ schon immer ein alltäglicher Begleiter. Bei sogenannten „Power-to-X“-Lösungen, die Strom in Wärme, Kraftstoffe, Gase oder neue industrielle Produkte wandeln, handelt es sich dabei zuvorderst um stromverbrauchende Anwendungen. Eine Ausnahme davon würde nur der Anteil von synthetisch hergestelltem Methan bilden, der anschließend in herkömmlichen Gaskraftwerken rückverstromt wird („Power-to-Gas-to-Power“). Bei diesem wie bei anderen Rückverstromungsprozessen müssen die großen Energieverluste bei den Umwandlungsschritten jedoch berücksichtigt werden. Ebenso ungeklärt ist bisher die Frage, woher beim Power-to-Gas-Prozess das CO_2 für die spätere Methanisierung des Wasserstoffs kommen soll, nachdem in einem Elektrolyseur zunächst Wasser durch Stromzufuhr in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten worden ist.

In der Vergangenheit haben konventionelle, größtenteils verbrauchsnahe errichtete Kraftwerke die Stromnachfrage jederzeit bedarfsgerecht ausgeglichen. Durch den Ausbau der je nach Wetterlage schwankenden Stromerzeugung auf Basis von Wind und Sonne fallen Erzeugung und Verbrauch im Stromsystem jedoch bereits heute und in Zukunft immer stärker zeitlich und räumlich auseinander. Um weiterhin jederzeit ein Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch herstellen zu können, braucht es neben flexiblen konventionellen Kraftwerken den Einsatz von Bindegliedern wie Netzausbau und Stromspeichern. Dargebotsabhängige Erzeuger wie Windenergie- und Photovoltaikanlagen können, singulär betrachtet, auch bei einem stärker flexibilisierten Nachfrageverhalten ein Industrieland wie Deutschland nicht alleine versorgen.

Power-to-X-Anlagen als Energiewandler und Stromspeicher sollten daher getrennt voneinander betrachtet werden: Stromspeicher sind in der Lage, dem Stromsystem die erforderliche Flexibilität in beide Richtungen bereitzustellen, also Strom aufzunehmen und dem System zeitversetzt wieder zur Verfügung zu stellen. Die Umwandlung von Strom in Wärme, Kraftstoffe oder neue industrielle Produkte löst hingegen keine Speicheraufgabe im Stromversorgungssystem, weder heute noch in Zukunft. Dem Problem einer „Dunkelflaute“, wenn über einen längeren Zeitraum Wind- noch Sonnenkraftwerke keinen oder nur sehr wenig Strom produzieren, kann so nicht begegnet werden. Die große Herausforderung besteht im Strombereich also nicht darin, mittels Sektorkopplung neue Verbraucher für eine nicht bedarfsgerechte, nur zeitweise und im gegenwärtigen System hoch subventionierte Überproduktion von Strom in erneuerbare Energien-Anlagen zu finden („Überschussstrom“). Die Priorität muss vielmehr darauf gesetzt werden, eine bedarfsgerechte, sichere und kosteneffiziente Stromversorgung mit immer höheren erneuerbaren Anteilen aufzubauen. Der Schlüssel hierzu liegt im großtechnischen und marktgetriebenen Durchbruch von Stromspeicherlösungen, für den weitere und verstärkte Forschungsanstrengungen notwendig sein werden.

Hinzu kommt, dass neue Stromverbraucher im Bereich der Elektromobilität oder auch im Wärmebereich bei ihrem Nachfrageverhalten nur begrenzt Rücksicht auf die schwankende Erzeugung aus Wind und Sonne nehmen werden. Ein solches Verhalten kann zwar über einen flexibilisierten Strompreis

angereizt, mit Sicherheit aber nicht vorgeschrieben werden. In der Summe werden neue Stromanwendungen deshalb sogar weitere und substanzielle Flexibilitätsanforderungen für das Stromversorgungssystem mit sich bringen.

Den zweiten Schritt nicht vor dem ersten machen – notwendige Änderungen am Regulierungsrahmen, damit Sektorkopplung nicht zu einer Subventionsspirale wird

Es muss sichergestellt werden, dass unter der Überschrift einer Sektorkopplung keine neuen direkten oder indirekten Subventionen für neue Stromanwendungen („Stromsenken“) ohne systemischen Mehrwert für das Stromversorgungssystem geschaffen werden. Eine indirekte Subvention erwächst dabei z.B. über die selektive Befreiung von bestimmten Preisbestandteilen wie EEG-Umlage oder Netzentgelten. Wir dürfen in Deutschland jedoch nicht noch stärker als bisher ohnehin schon in eine Subventionsspirale verfallen. Bildlich gesprochen darf es nicht sein, dass ein Windpark mit Subventionen gebaut wird, für diesen dann zusätzliche Netzausbau- und Reservekraftwerkskosten im System anfallen und anschließend noch Subventionen dafür von der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt werden, die ansonsten nicht benötigte Stromproduktion des Windparks in Überschuss-situationen abzunehmen.

Leider ist im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) nach wie vor eine Subventionsspirale angelegt, die sich in Zukunft immer schneller drehen wird und einer marktlich getriebenen, systemisch sinnvollen Sektorkopplung im Wege steht. Die Subventionsspirale besteht darin, dass die Vergütung der EEG-Anlagen sowohl dann weiter erfolgt, wenn der Strom vom Netz gar nicht aufgenommen werden kann, als auch in den Stunden, in denen der Strompreis an der Börse negativ ist. Erst mit dem EEG 2014 wurde das Problem der Vergütung bei negativen Preisen überhaupt als solches adressiert. Erst seitdem werden große neue Anlagen nicht mehr vergütet, wenn die Preise negativ sind – allerdings auch nur dann, wenn der Preis sechs Stunden oder mehr am Stück negativ ist. Kleinere Anlagen werden auch weiterhin bei negativen Preisen voll vergütet. Aufgrund der in der Regel 20-jährigen Förderperiode ist also schon jetzt klar, dass wir ohne Änderungen am Regulierungsrahmen bis weit in die 2030er Jahre EEG-Anlagen im System haben werden, die so gut wie keine Rücksicht auf Marktpreissignale nehmen müssen und auch in Zeiten von Stromüberschüssen voll durchlaufen – doppelt subventioniert auf Kosten der Stromverbraucher. Das kann nicht richtig sein. Die sogenannte Must-run-Problematik betrifft also schon heute und in Zukunft immer stärker auch EEG-Anlagen selbst, die keine Rücksicht auf die Situation am Strommarkt nehmen müssen. Dies ist umso unverständlicher, als es in den Leitlinien für staatliche Umweltschutz- und Energiebeihilfen der EU-Kommission für die Zeit ab 2016 unmissverständlich heißt: *„Es werden Maßnahmen getroffen, um sicherzustellen, dass die Stromerzeuger keinen Anreiz haben, Strom zu negativen Preisen zu erzeugen.“* Im Ergebnis behindern die umfassenden Kompensationsregelungen im EEG innovative Lösungen im Bereich der

Sektorkopplung im Sinne einer stärkeren Marktintegration. So besteht kaum ein Anreiz, Strom bei Netzengpässen und/oder Überschusssituationen einer insbesondere lokalen und systemisch sinnvollen direkten Vermarktung und Abnahme zuzuführen. Einnahmen aus einer solchen echten, lokalen Direktvermarktung könnten jedoch den Förderbedarf für EE-Anlagen spürbar senken.

Für die zukünftigen Ausschreibungen im EEG ist es deshalb zum Anreizen von Innovationen und einer Sektorkopplung mit einem systemischen Mehrwert angezeigt, dass sie:

- technologieneutral erfolgen,
- eine starke Netz- und Systemkomponente enthalten (Netzanschlussvertrag ab z.B. 500 kW installierter Leistung; deutlich gekappte Kompensation bei Einspeisemanagementmaßnahmen, um eine lokale Direktvermarktung und Abnahme stärker anzureizen),
- eine Vergütung bei negativen Preisen viertelstundenscharf ausschließen und
- eine Versteigerung einer fixen statt einer gleitenden Marktprämie vorsehen.

Ausnahmen zur Zahlung von am Stromverbrauch orientierten Umlagen und Entgelten (zuvorderst EEG-Umlage und Netzentgelte) sind für Stromspeicher zu rechtfertigen. Für Anlagen zur Umwandlung von Strom in andere Energieformen, deren Produkte in ganz anderen Bereichen eingesetzt werden und dort Erlösmöglichkeiten über die Vermeidung eines anderweitigen Energieträgereinsatzes generieren, entfällt diese Rechtfertigung. Dies umso mehr, wenn der verwendete Strom keine eindeutig geklärte Herkunft hat und im schlimmsten Fall aufgrund fehlender Netzkapazitäten durch Redispatchmaßnahmen ausgeglichen werden muss, für die Kraftwerksbetreiber noch nicht einmal hinreichend entschädigt werden.

Folge einer zunehmenden „Sektorkopplung“ wird vielmehr sein, dass die Nachfrage nach Strom zunimmt, während der Verbrauch von fossilen Energieträgern auf anderen Märkten zurückgeht. Exemplarisch gilt das zum Beispiel für die Elektromobilität. Dieser klimapolitisch unter Umständen sinnvolle, fiskalisch, verteilungspolitisch und mit Blick auf die Automobilindustrie jedoch mit erheblichen Auswirkungen verbundene zusätzliche Stromverbrauch sollte deshalb helfen, die Finanzierung des gesamten Stromversorgungssystems auf weitere Schultern zu verteilen und so die Belastung jedes einzelnen zu reduzieren. Jede Ausnahme von Umlagen und Entgelten verursacht demgegenüber Belastungen bei Dritten, die diese Subventionierung tragen. Den ersten Schritt für eine volkswirtschaftlich effiziente Sektorkopplung muss deshalb eine Reform des Entgelte- und Umlagesystems bilden - nicht eine Herausoptimierung weiterer Verbraucher aus dem bestehenden und dann immer schwieriger zu reformierenden System. Allein auf selektive Befreiungen ausgerichtete Geschäftsmodelle behindern vielmehr die Reformfähigkeit des Gesamtsystems, da sie von der Fortsetzung der indirekten Unterstützung abhängig sind. Der Fokus einer solchen Reform sollte dabei auf einer stärker

kapazitätsorientierten Bepreisung und wirklicher Systemdienlichkeit liegen und wegführen von der hauptsächlichlichen Belastung der verbrauchten Kilowattstunden. Ein weiterer Baustein kann auch in einer diskriminierungsfreien, technologieneutralen und marktlichen CO₂-Bepreisung liegen. Der Schlüssel hierfür wäre die Integration weiterer Verbrauchssektoren in den Europäischen Emissionshandel (ETS).

Sektorkopplung und Energieeffizienz

Zu Recht stellt die Bundesregierung heraus, dass die Energieeffizienz in allen Verbrauchsbereichen neben dem weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien die „wichtigste“ oder „zweite“ Säule der Energiewende bilden müsse. Bei Stromanwendungen haben Energieeffizienzmaßnahmen idealtypisch den Effekt, dass der Stromverbrauch und damit die Netzlast dauerhaft sinken. Allerdings ist die Diskussion zur Sektorkopplung derzeit oftmals von der Erwartungshaltung getrieben, dass es in der Zukunft in immer mehr Stunden des Jahres aufgrund des Ausbaus der volatilen Stromerzeugung aus Wind und Sonne zu hohen Stromüberschüssen mit entsprechenden Preiseffekten kommen werde. Klassische Energieeffizienzmaßnahmen verstärken über ihren netzlastsenkenden Effekt diese Entwicklung noch zusätzlich. Je stärker Preissignale also über eine Reform des Abgaben- und Umlagesystems bei den Endverbrauchern ankommen, desto geringer wird im Umkehrschluss der Anreiz, Strom effizient zu verbrauchen. Schon heute lohnt sich bei deutlich negativen Preisen ein gezielt ineffizienter Stromeinsatz im Sinne einer reinen Stromvernichtung.

Hier besteht also ein Zielkonflikt oder anders gesagt: Hier beißt sich die Katze in den Schwanz. Der Anreiz, in Effizienzmaßnahmen zu investieren, wird durch den weiteren Ausbau der volatilen Stromerzeugung aus Wind und Sonne und die damit verbundene Aussicht auf zeitweise, signifikante Stromüberschüsse eher geschwächt als erhöht. Umso wichtiger wird es sein, sowohl erneuerbare als auch konventionelle Stromerzeugung mit dem Verbrauch inkl. Lastmanagement, Speicherlösungen und weiterer Flexibilitätsoptionen in EINEM Markt effizient zusammen zu führen, um diesen Effekt abzumildern. Sicherlich existieren in der Industrie dabei erhebliche Lastverschiebungspotentiale. Diese ergeben sich jedoch ggf. nur für kurze Zeiträume, da industrielle Anlagen im Regelfall darauf ausgelegt sind, möglichst umfassend und nicht nur in vergleichsweise wenigen Jahresstunden voll genutzt zu werden. Die Lagerung von Produkten aufgrund von Lastverschiebung ist zusätzlich aufwendig, kostenintensiv und konterkariert diesbezügliche, von der deutschen Industrie in beträchtlichem Umfang gehobene Effizienzgewinne einer strikt bedarfsorientierten Produktionsweise und Logistikkette.

Darüber hinaus gilt es, bei Sektorkopplungsansätzen die Energiewandlungsverluste zu berücksichtigen und in Bezug auf das Stromsystem die Gesamtsystemkosten in den Mittelpunkt der Betrachtung zu stellen. Auch hier kann ein Bild helfen: Wenn ein oberbayerischer Haushalt zukünftig in immer mehr Stunden des Jahres mit Windstrom aus Norddeutschland oder

sogar der Nordsee beheizt werden soll, dann bilden die Förderkosten für das Windrad nur einen Teil der Systemkosten dafür ab. Hinzu tritt die Kosten- und Akzeptanzfrage beim Ausbau von dafür notwendigen Infrastrukturen, von EE-Anlagen an Land sowie Flächenrestriktionen für den weiteren EE-Ausbau in Deutschland allgemein. Gleichzeitig ist bei einem derartigen Zukunftsbild klar, dass der Bedarf für den Übertragungsnetzausbau in Nord-Süd-Richtung die bereits bestehenden und bis 2025 noch geplanten Kapazitäten weit übersteigt. Und schon die Verwirklichung dieser bereits geplanten Stromleitungen stößt auf massiven Widerstand der lokalen Bevölkerung und Politik und verzögert sich immer weiter. Die Gesamtsystemkosten inklusive der Akzeptanzaspekte für das perspektivische Beheizen eines oberbayerischen Haushalts mit Windstrom müssen also Investitionen in die Effizienz von Gebäudetechnik und –hülle und weitere alternative Ansätze wie die Nutzung von Biomasse gegenüber gestellt werden. Dieser Vergleich ist nicht trivial, aber eine Grundbedingung für das Gelingen einer auf Energie- und Kosteneffizienz ausgerichteten Energiewende in Deutschland.

Fiskalische und infrastrukturelle Herausforderungen bei einer zunehmenden Stromnutzung in weiteren Verbrauchssektoren erfordern ein Bekenntnis der Politik zu hybriden Lösungen und Entwicklungspfaden

Weitegehend unabhängig von der weiteren Entwicklung im Stromsystem (Zusammensetzung des Strom-Mix, Fortschritte beim Netzausbau und bei Speichertechnologien usw.), wird es zu einem Mehreinsatz von Strom in weiteren Verbrauchsbereichen kommen. Dort werden der Einsatz von fossilen Energieträgern sowie lokalen Emissionen vermieden. Beispiele sind die seit Jahren zunehmende Installation von Wärmepumpen in Neubauten und der Einstieg in die Elektromobilität, der langsam Fahrt aufnimmt. Diese Entwicklung ist aus Sicht eines Stromerzeugers wie auch aus ökologischen Gesichtspunkten begrüßenswert. Daneben ist aber klar, dass es in den Verbrauchssektoren Wärme und Verkehr noch auf Jahrzehnte weiterhin fossilen Energieträgereinsatz im privaten wie gewerblichen Bereich geben wird. Die Verbrauchssektoren wachsen also einerseits enger zusammen, andererseits wird es verstärkt zu hybriden Lösungen kommen. Neben Hybridfahrzeugen sind das hybride Heizsysteme, die die Strom- mit einer Öl- und Gasnutzung kombinieren sowie ähnlich gelagerte Konzepte bei industriellen Prozessen. Auch im Bereich der Fernwärme wird die klassische Nutzung des Kraft-Wärme-Kopplungsprozesses zunehmen durch die Integration von Wärmespeichern mit Tauchsiedern, Elektrodenkesseln oder industrieller Abwärme ergänzt. Auch die zunehmende Einspeisung von synthetisch hergestelltem Methan ins Erdgasnetz stellt einen hybriden Ansatz dar.

Um den Übergang in ein stark strombasiertes Energieversorgungssystem zu schaffen und ihn sinnvoll zu moderieren, bedarf es also eines klaren Bekenntnisses der Politik zu diesen hybriden Ansätzen und Entwicklungspfaden. Die einseitige Ausrichtung der Politik an einem gewünschten und heute schon festzulegenden Endzustand wäre hingegen fatal und würde die Trans-

formationskosten im Energieversorgungssystem exponentiell erhöhen. Die Vergangenheit lehrt uns, dass sich lineare Ableitungen in Energiefragen aufgrund von verschiedensten, auch geopolitischen Wechselwirkungen, technologischen Durchbrüchen und weiteren disruptiven Ereignissen im Rückblick immer als unzutreffend herausgestellt haben. Wir können heute noch nicht wissen, wie unsere Energieversorgung beispielsweise im Jahr 2050 genau aussehen wird. Das Bekenntnis zu hybriden Entwicklungspfaden ist deshalb zuvorderst für den Erhalt, die Refinanzierung und teilweise auch dem Ausbau von Infrastrukturen der leitungsgebundenen Energieversorgung wichtig. Der hybride Ansatz macht deutlich, dass wir in der Energiewende weiterhin sowohl auf Strom-, Gas- und Wärmenetze als auch auf Gas- und Ölpipelines angewiesen sein werden. Eine beispielsweise im Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung adressierte Vermeidung von „*Neuinvestitionen in fossile Energieinfrastrukturen*“ erscheint im Bereich der leitungsgebundenen Energieversorgung vor diesem Hintergrund als fraglich. Was sind auf der Zeitachse fossile Infrastrukturen und was nicht? Wir können diese Frage aus heutiger Perspektive nicht abschließend und volkswirtschaftlich sinnvoll beantworten. Wir sollten politische Auseinandersetzungen über solche Fragestellungen deshalb auch vermeiden, weil sie den Blick auf die eigentlichen Herausforderungen verstellen.

Die größten Herausforderungen für das Staatswesen aus einer verstärkten Nutzung von Strom in Verbrauchssektoren wie Verkehr und Wärme ergeben sich aus den damit zusammenhängenden wirtschaftlichen sowie fiskalischen, also im Kern verteilungspolitischen und damit auch sozialen Fragestellungen. Die Diskussion dieser Fragestellungen sollte daher für die Politik stärker in den Mittelpunkt rücken. Bezogen auf den Sektor Verkehr betrifft das natürlich die Arbeitsplätze in der Automobil- und Mineralölindustrie, die am Einsatz von Verbrennungsmotoren hängen. Dies betrifft aber auch die sich am Horizont abzeichnenden fiskalischen Herausforderungen: So generierte im Jahr 2015 allein die Mineralölwirtschaft in Deutschland für die öffentlichen Haushalte ein Steueraufkommen von rund 54 Mrd. Euro. Davon entfielen fast 40 Mrd. auf die direkte Besteuerung mittels der Energiesteuer auf Mineralölprodukte, die unabhängig von der Entwicklung der Energieträgerpreise auf den Produktpreis aufgeschlagen wird. Inklusive Mehrwertsteuer auf Produktpreis und Energiesteuer nahm allein der Bund im Jahr 2015 so gut 47 Mrd. Euro ein, was etwa 16,8 % der Gesamteinnahmen des Bundes in diesem Jahr entsprach (auf die Länder entfielen darüber hinaus Einnahmen von ca. 6,5 Mrd. Euro aus ihrem Mehrwertsteueranteil).

Auch hier ist eine beispielhafte Daumenrechnung zur Verdeutlichung der damit zusammenhängenden Herausforderungen sicherlich sinnvoll:

- Ein herkömmlicher, mit Superbenzin angetriebener VW Golf mit 115 PS verbraucht auf 100 km nach Herstellerangaben kombiniert ca. 4,3 Liter. Bei einem Endkundenpreis für einen Liter Superbenzin von 140 ct/l entfallen gleichzeitig ca. 88 ct/l auf Steuern und Abgaben. Macht auf 100 km eine Einnahme für die öffentlichen Haushalte von ca. 3,78 Euro.

- Ein e-Golf mit ebenfalls 115 PS verbraucht demgegenüber wiederum nach Herstellerangaben kombiniert 12,7 kWh Strom auf 100 km. Auf eine Kilowattstunde Strom entfielen dabei im Jahr 2015 (Basis: durchschnittlicher Haushaltsstrompreis) Einnahmen für die öffentlichen Haushalte von ca. 8,3 ct (4,58 ct Mehrwertsteuer, 2,05 ct Stromsteuer und 1,66 ct Konzessionsabgabe). Macht beim e-Golf auf 100 km eine Einnahme für die öffentlichen Haushalte von ca. 1,05 Euro.

In dieser Beispielrechnung verringern sich die unmittelbaren Einnahmen für die öffentlichen Haushalte durch das Elektroauto also um den Faktor von gut 3,5. Direkte staatliche Anreize für die Anschaffung eines Elektroautos wie die aktuell von der Bundesregierung ausgelobte Kaufprämie i.H.v. 4.000 Euro (3.000 Euro für Hybridfahrzeuge) sowie etwaige indirekte Anreize wie kostenloses Parken in der Innenstadt, steuerbegünstigtes Landen des Elektroautos beim Arbeitgeber o.ä. sind hierbei noch nicht eingerechnet. Dem wirken wiederum zu einem kleineren Teil höhere Mehrwertsteuereinnahmen aus dem Verkauf der gegenüber konventionell angetriebenen Fahrzeugen bisher deutlich teureren Elektromobile entgegen.

Energiewirtschaftliche Anforderungen an die Sektorkopplung, damit sie einen innovativen Beitrag für ein stabiles, jederzeit versorgungssicheres und wettbewerbsfähiges Energiesystem mit immer höheren Anteilen erneuerbarer Energien liefern kann

Das wirtschaftliche Potenzial für zusätzliche Stromanwendungen erscheint im gegenwärtigen Regulierungsregime ohne Dauersubventionen mutmaßlich gering – mit Ausnahme des Wärmebereichs und der Elektromobilität. Aber auch hier ist das Aufladen einer Batterie, eine isolierte Stromheizung oder das Erwärmen von Wasser mit Strom alleine noch keine Innovation. Diese kommt über die intelligente Systemintegration dieser Stromanwendungen und kann so einen sinnvollen energiewirtschaftlichen Beitrag leisten. Das Potenzial insbesondere im Wärmebereich (Power-to-Heat) wird - abhängig von Brennstoff- und bei Integration in den europäischen Emissionshandel auch CO₂-Preisen – verstärkt gehoben werden, je weniger EEG-Vergütung bei niedrigen oder negativen Strompreisen gezahlt wird.

Sinnvolle Innovationen im Energiesystem sind mehr als technologisch interessante Neuerungen: Sie generieren einen energiewirtschaftlichen Mehrwert. Solche Innovationen werden angeregt, wenn:

- Erneuerbare Energien bedarfsgerechter ausgebaut und stärker in Markt und System integriert werden - auch regional - und so ein Anreiz für den Zubau elektrischer Speicher und ihre energiewirtschaftliche Integration gesetzt wird;
- Netzentgelte und weitere Entgelte und Umlagen sinnvoll, also umverteilungsrmer und somit kapazitätsorientierter gestaltet werden, der Netzausbau optimiert wird und systemdienliche Innovationen angeregt werden;

- Eine systematische Ausrichtung des Stromsystems inkl. der Kostenverteilung auf die Anforderungen der Verbraucher hin erfolgt, sowohl hinsichtlich der Strommengen als auch der zeitlichen und räumlichen Dimension.

Innovative „Sektorkopplung“ kann dann der Lastverschiebung dienen, um als Flexibilitätsoption das Stromsystem zu entlasten. Stromspeicher- und Sektorkopplungsansätze stehen dabei im Wettbewerb mit anderen Flexibilitätsoptionen, angefangen von bereits bestehenden Verbrauchern und Erzeugungsanlagen sowie dem Netzausbau bis hin zum sogar gezielt ineffizienten Stromverbrauch, der auch zur Stabilisierung des Systems beitragen kann. Für Power-to-X-Anwendungen kann - in einem geeigneten regulatorischen Umfeld auch regional - phasenweise anfallender günstiger Strom auf marktlicher Basis für neue Anwendungen genutzt werden – also Verbrauch und Erzeugung effizient zusammengeführt werden. Dabei sollte es alleine um die Option gehen, im Sinne einer wirklichen Direktvermarktung möglichst anlagennahe, zusätzliche Ergebnisbeiträge für EE-Anlagen zu erzielen, um so den Förderbedarf senken zu können. Eine isolierte Entlastung von Entgelten und Umlagen oder eine Verlagerung von solchen Systemkosten in die Netzentgelte hat damit nichts zu tun, weil das kein Ausweis von Systemdienlichkeit ist.

Fazit

In geringfügiger Abwandlung eines bekannten Zitats von Albert Einstein¹ sollte zunächst grundsätzlich festgehalten werden: Der Strom ist für die Menschen und nicht die Menschen für den Strom.

Die Abwandlung des Zitats ist natürlich aus dem Kontext gerissen, aber durchaus nicht ironisch gemeint: Die notwendige Weiterentwicklung unseres Energieversorgungssystems, bei der die Grenzen immer stärker verwischen werden, wird nur dann erfolgreich sein, wenn in den Mittelpunkt der Weiterentwicklung die Verbraucher, ihre Bedürfnisse und Anforderungen an das System gestellt werden. Und zwar unter Berücksichtigung der deutschen Position im europäischen Binnenmarkt für Energie und der Zahlungsspielräume der Verbraucher. Andernfalls wird der Umbau des Energiesystems teuer und scheitern. Das hätte für Deutschland als Industrieland eine Reihe von gesellschaftlichen Konsequenzen.

Das politische Ziel, die Elektrifizierung des gesamten Energiesystems zu forcieren, um indirekt zur CO₂-Minderung beizutragen, reicht nicht. Leider ist genau das der bisherige Treiber für die Forderungen nach einem weitgehend undifferenzierten Strommehrverbrauch in weiteren Verbrauchsbereichen im Sinne einer „Sektorkopplung“. Diese Forderungen helfen jedoch nicht weiter, wenn es um die Fortentwicklung zu einem Stromversorgungssystem geht, das zu immer größeren Anteilen auf erneuerbaren Energien beruht und jederzeit Versorgungssicherheit zu international wettbewerbsfähigen und sozial verträglichen Preisen bereitstellt. Um eine Subventionsspirale zu vermeiden,

dürfen keine neuen Anreize implementiert werden, die einen nicht bedarfsge- rechten Ausbau der erneuerbaren Energien weiter antreiben. Sektorkopplung in zukünftigen Phasen mit überschüssiger EE-Stromerzeugung darf auch nicht als Begründung für einen beschleunigten, politisch verordneten Ausstieg aus fossiler Stromerzeugung dienen. Das stellt die Logik einer zuerst erforderlichen Weiterentwicklung des Stromversorgungssystems zur Aufrechter- haltung der Versorgungssicherheit bei immer höheren Anteilen erneuerbarer Energien einseitig und technologiereduziert auf den Kopf.

Die über das heutige Maß hinausgehende Nutzung von Strom in den Sek- toren Verkehr und Wärme kann gleichwohl in einem System mit immer größere- ren EE-Anteilen unter bestimmten Umständen sinnvoll sein, auch hinsichtlich der Bereitstellung von Systemdienstleistungen. Dafür gilt es, die geeigneten politischen und regulatorischen Rahmenbedingungen unter Wahrung von Technologieneutralität und Diskriminierungsfreiheit zu entwickeln und auch hier die Anforderungen der Verbraucher bei diesem Prozess in den Mittel- punkt zu stellen.

Fußnote

¹ Albert Einstein, bedeutendster deutscher Physiker und Nobelpreisträger, sagte 1932 in einer Rede zur Genfer Abrüstungskonferenz: „Der Staat ist für die Menschen und nicht die Menschen für den Staat“.



Dr. Klaus Schäfer
Mitglied des Vorstandes, Covestro AG

Dr. Klaus Schäfer ist seit 2015 Chief Industrial Operations Officer von Covestro und verantwortlich für Produktion und Technik. Zuvor leitete Schäfer diesen Bereich im Segment Polyurethanes, war für die Vorgängergesellschaft Bayer MaterialScience als Landessprecher in China im Einsatz und Geschäftsführer des deutschen Chemieparkbetreibers Currenta, der an den Standorten Dormagen, Krefeld-Uerdingen und Leverkusen unter anderem Dienstleistungen für Covestro erbringt.

Schäfer, der 1962 in Köln (Deutschland) geboren wurde, hat Physik an der dortigen Universität studiert und war nach seiner Promotion unter anderem bei den Unternehmen Erdölchemie und BP tätig, bevor er im Jahr 2001 zum Bayer-Konzern wechselte.



Dr. Christoph Sievering
Leiter Energiestrategie und Energiepolitik, Covestro Deutschland AG

Christoph Sievering hat Maschinenbau studiert und im Fachbereich Lebensmittelverfahrenstechnik promoviert.

Nach der Hochschulzeit in Essen hat er bei Veba Oel in der Raffinerie Gelsenkirchen als Verfahrenstechniker begonnen. Er hat 12 Jahre lang in der Öl- und petrochemischen Industrie in unterschiedlichen Ländern verbracht.

Vor 10 Jahren wechselte er vom Trading Floor bei BP in London in den Einkauf zu Bayer MaterialScience nach Leverkusen. Nach verschiedenen Positionen übernahm er die neu gegründete Abteilung Energiestrategie. In 2015 kam die Verantwortung für Klima- und Energiepolitik hinzu.

Gedanken eines energie-intensiven Unternehmens zur Sektorenkopplung

Dr. Klaus Schäfer & Dr. Christoph Sievering

Begriffliche Annäherung:

Aus der Tatsache, dass die Menschheit auf einem Planeten mit endlichen Ausmaßen aber mannigfachen Interdependenzen agiert, lässt sich ein sehr weiter Begriff von Ursache und Wirkung ableiten. Ein solch philosophischer Ansatz bedingt eine umfassende aber vermutlich sehr wenig handhabbare Betrachtung der Sektorenkopplung. Das andere Extrem ist die Limitierung des Begriffs Sektorenkopplung auf die Elektrifizierung der Sektoren Verkehr und Gebäude in einem geographisch begrenzten nationalen Rahmen (vgl. BMWi: Impulspapier Strom 2030, Stand September 2016).

Im Folgenden versuchen wir einen pragmatischen Mittelweg einzuschlagen und definieren den Begriff Sektorenkopplung aus der Perspektive eines wirtschaftlichen Unternehmens als „die symbiotische Verknüpfung von Wertschöpfungsketten.“

Aus einer solchen Definition lassen sich bereits unterschiedliche Dimensionen ableiten:

1. Eine Symbiose charakterisiert eine Verknüpfung zum gegenseitigen Nutzen.
2. Es geht um Wertschöpfung.
3. Wertschöpfung im Sinne einer freien und sozialen Marktwirtschaft ist eine der grundlegenden Triebkräfte des Handelns und sollte damit zu wirtschaftlichen Gleichgewichtszuständen führen.
4. Es geht nicht um eine Limitierung in nationalen Grenzen.

Traditionelle Anknüpfungspunkte Covestro:

Sektorenkopplung im Sinne der Verknüpfung von Wertschöpfungsketten ist, mit Blick auf die Wertschöpfung keine neue Erfindung, sondern das Ergebnis eines wirtschaftlichen Handelns verschiedener Teilnehmer zum gegenseitigen Nutzen. Beispielsweise ist Covestro als global agierendes Unternehmen in vielfältigen Wertschöpfungsketten involviert:

- Internationale Energieströme (fossile Rohstoffe) und regionale Energiesysteme (Stromwirtschaft)
- Internationale Rohstoffströme (beispielsweise Benzol und Toluol) als Nebenprodukt der Öl- und Raffineriewirtschaft und damit verknüpft mit dem Verkehrssektors (Benzin, Diesel) und dem Wärmesektor (Heizöl)
- Die Produktmärkte der Covestro AG entwickeln sich zunehmend im Markt der Effizienztechnologien: wir sind eingebunden in den Gebäudesektor (Dämmung), den Verkehrssektor (Leichtbau), den Lebensmittelsektor

(Kälte- und Wärmeschutz), sowie viele andere Sektoren über Schaumstoffmaterialien und High-Tech Polymere bis hin zu effizienten Produktionstechnologien mit der Sauerstoffverzehrkathode als Beispiel für eine energieeffiziente Rohstoffproduktion.

Aus dem Ansatz nachhaltigen, wirtschaftlichen Handelns ergeben sich für Covestro seit langem symbiotische Verknüpfungen in Industrie-Clustern. In diesem Sinne ist Ressourcen-Effizienz eine Säule unserer Nachhaltigkeitsphilosophie. Hierzu zählen beispielsweise:

- Klassische Synergie von Strom- und Wärmekreisläufen in einem Industrieverbund durch hoch-effiziente Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen
- Einsatz des Treibhausgases Kohlendioxid als Rohstoff für die Polymerproduktion (Einweihung der weltweit ersten industriellen Demonstrationsanlage in Dormagen im Sommer 2016)
- Gemeinsame Entwicklung zur Nutzung von Abgasen aus der Stahlherstellung als Chemierohstoff
- Nutzung biogener Rohstoffe
- Intensive Beschäftigung mit der Entwicklung einer effizienten Kreislaufwirtschaft zur Rückgewinnung von Wertstoffen und Energie am Ende des Lebenszyklus von Produkten

Differenzierung von Zielen und Maßnahmen:

Auf der Grundlage der bisherigen Betrachtungen ergeben sich im Sinne einer freien sozialen Marktwirtschaft Randbedingungen zukünftiger Handlungsoptionen im internationalen Wettbewerb. Dazu ist noch einmal festzuhalten, dass die Verknüpfungen von Wertschöpfungsketten das Ergebnis individueller Entscheidungsprozesse von Marktteilnehmern sein sollten.

Mit dem Pariser Klimaschutzabkommen haben sich zahlreiche Gesellschaften auf ein gemeinsames Ziel zum best-möglichen Erhalt unserer heutigen klimatischen Bedingungen verständigt. Das sogenannte 1,5° bis 2°C-Ziel wurde verknüpft mit der messbaren Kenngröße der global emittierten Treibhausgas-Emissionen. Die europäische Gesellschaft hat sich für den Emissionshandel als Werkzeug zur Zielerreichung entschieden. Nationale Anreize können Wege aufzeigen, dieses Ziel zu erreichen. Zum Beispiel: Markteinführende Unterstützung von Erneuerbaren Energien und der Ausbau von Infrastrukturen. Die Aufwertung zu eigenständigen, parallelen Zielen ist äußerst bedenklich, da Zielkonflikte zwangsläufig einer volkswirtschaftlichen Optimierung im Wege stehen.

Insofern erscheint die Vorgabe zur Kopplung bestimmter Sektoren als Ziel einer Gesellschaft nicht geeignet. Vielmehr gilt es, administratives Mikro-Management und Planwirtschaft zu vermeiden. Die Ausgestaltung der Kopplung sollte der individuellen Entscheidung von Marktteilnehmern überlassen werden um den Nutzen zu maximieren. Die Kopplung von Sektoren ist also eine Maßnahme, auszuwählen aus einem Portfolio von Maßnahmen zu einem gegebenen Zeitpunkt in einem gegebenen oder zukünftig antizipierten Marktumfeld.

Vermeidung von Zielkonflikten:

Die Aufgabe des Staates muss es also sein, klare und langfristig nachhaltige Zielvorgaben zu machen, so dass sich eine freie und soziale Marktwirtschaft entfalten kann. Dazu gehört auch, einmal gefasste Ziele nicht zu verändern. Dies führt sonst zu Verunsicherung im Sinne von Investmententscheidungen und in letzter Konsequenz zu Abwanderung von Industrie in Regionen mit einem stabileren regulativen Umfeld.

Darüber hinaus sollte die Aufgabe des Staates nicht darin bestehen, einzelne Maßnahmen, wie Energie-Effizienz und kleinteilige, nationale Treibhausgasreduktionsvorgaben für einzelne Sektoren, als eigenständige Ziele aufzuwerten oder Sektorenkopplung als Maxime zu erheben. Es muss ein Freiraum für wirtschaftliche Optimierung gegeben sein. Es muss Technologie-Offenheit für ein Portfolio von Lösungsansätzen bestehen. Eingeforderte Innovationen, welche ein nationales Zielproblem lösen müssten, werden nicht stattfinden. Investitionen in Forschung werden erst dann stattfinden, wenn die Chance auf eine globale Vermarktung dieser Innovation besteht.

Ein zu großer Zielkanon führt aufgrund von Zielkonflikten zu wirtschaftlichem Stillstand. In diesem Sinne würden neu definierte Zielkorridore für die Kopplung von Sektoren eine weitere Einschränkung wirtschaftlicher Optimierungspotentiale bedeuten. Wir können beispielsweise heute nicht wissen, ob die Elektromobilität die sinnvollste Maßnahme zur Dekarbonisierung des Verkehrs sein wird. Eventuell wird in einem post-fossilen Zeitalter Wasserstoff aus erneuerbaren Energien die neue Währung ehemaliger OPEC Staaten sein. Unter den Stichworten „Klima-Gerechtigkeit“ und „neue geo-politische Weltordnung“ sollten Lösungsoptionen (wie zum Beispiel der Brennstoffzellen-Antrieb) so lange wie möglich offen gehalten werden.

Zukünftige Rolle von Industriestandorten

Industriestandorte, und insbesondere Cluster unterschiedlicher Industriebranchen, waren und sind Knotenpunkte unterschiedlichster Wertschöpfungsketten und damit eingebunden in Infrastrukturen verschiedenster Energieformen. In ihrem Umfeld finden zahlreiche Umwandlungen von einer Energieform in eine andere statt. Diese Vielfalt gilt es zu erhalten und fortzuentwickeln und im Sinne einer symbiotischen Verbindung für die Transformation in Richtung einer Treibhausgas-neutralen Gesellschaft zu nutzen. Als Beispiele seien Lösungsoptionen wie CCU (Nutzung von CO₂ als Rohstoff) sowie zahlreiche P2X Anwendungen (Umwandlung von Strom in Wärme, Chemieprodukte, Gas oder Kraftstoffe) oder Nutzung von industrieller Abwärme genannt.

Auf diesem Wege gilt es eine Reihe von Herausforderungen zu bewältigen. Dazu zählen die Einbindung von Erneuerbaren Energien und die damit verbundene Volatilität von Energiesystemen. Darüber hinaus gilt es Treibhausgas-neutrale Produktionskonzepte zu entwickeln. Es gilt eine neue Infrastruktur zu etablieren und dabei die vorhandenen Strukturen so weit als möglich zu nutzen.

Bei diesen Herausforderungen kann sich die Gesellschaft auf die Innovationskraft der Industrie verlassen. Beispielsweise plant Covestro die Einrichtung eines Lehrstuhls für Elektrochemie als eines der Technologiefelder, in dem auf der Basis Strom als Rohstoff Potenziale zukünftiger Kopplungen von Wertschöpfungsketten auslotet werden. Neben der Eigeninitiative der Industrie ist es allerdings erforderlich, eine entsprechende Forschungsagenda staatlicherseits anzureizen. Es ist darüber hinaus erforderlich, nachhaltige und verlässliche Rahmenbedingungen zu schaffen, ohne dabei die Technologie-Offenheit aufzugeben und durch das Aufsetzen konträrer und sich überlappender Zielvorgaben die Innovationskraft einzuschränken. Wir sehen diese Rahmenbedingungen gegeben, in dem Steuererleichterung für angewandte Forschung gewährleistet werden.

Zur Erreichung des globalen Zieles der Reduktion von Treibhausgasen stellt der Emissionshandel ein vollkommen hinreichendes Konzept dar. Es bedarf keiner Zielvorgaben für eine planwirtschaftliche Vorgabe zur Kopplung von Sektoren. Diese wird sich automatisch als ein neues Gleichgewicht der Verknüpfung entsprechender Wertschöpfungsketten wirtschaftlich-nachhaltig einstellen.

Mit Blick auf die heutige Diskussionskultur wäre wünschenswert, zu einer neuen und vertrauensvollen Akzeptanz von Industrie in der Gesellschaft zu gelangen. Klimaschutz ist ohne die Produktion von Materialien der energieintensiven Industrie nicht darstellbar. Dies gilt sowohl für die Errichtung von Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energien, als auch zur klimaschonenden Effizienzsteigerung im Verkehrs- und Gebäudesektor, um nur zwei der Emissions-stärksten Sektoren zu nennen.



Dr. Rolf Martin Schmitz
Vorsitzender des Vorstandes, RWE AG

Dr. Rolf Martin Schmitz, Jahrgang 1957, ist Vorstandsvorsitzender der RWE AG. Er studierte Ingenieurwissenschaften der RWTH Aachen. Danach folgte ein Promotionsstudium am dortigen Lehrstuhl für Wärmeübertragung und Klimatechnik und der Abschluss 1985 mit dem Grad eines Dr.-Ing. Bis 2009 arbeitete er für verschiedene Unternehmen der Energiewirtschaft; er war u.a. Vorsitzender des Vorstands der rhenag Rheinische Energie AG in Köln, Mitglied des Vorstands der Thüga AG in München, Vorsitzender der Geschäftsführung der E.ON Kraftwerke GmbH in Hannover sowie Vorsitzender des Vorstands der Rheinenergie AG in Köln und Mitglied der Geschäftsführung der Stadtwerke Köln.

Seit 2009 ist Rolf Martin Schmitz für die RWE AG in Essen tätig. Er war seit 2010 Vorstand Operative Steuerung und von 2012 bis Oktober 2016 Stellv. Vorstandsvorsitzender der RWE AG. Seit Oktober 2016 ist er Vorstandsvorsitzender der RWE AG.

Er ist auch Vizepräsident des Bundesverbands der Deutschen Energie- und Wasserwirtschaft.

Die Sektorkopplung als Chance für eine effiziente Energiewende

Dr. Rolf Martin Schmitz

Deutschland hat sich ehrgeizige Ziele gegeben, um seine Treibhausgasemissionen zu senken und international zu den Vorreitern beim Klimaschutz zu zählen. Gegenüber dem Stand von 1990 sollen die Emissionen um 80 bis 95 Prozent sinken. Dieses Ziel ist nur zu erreichen, wenn alle Sektoren ihren Beitrag leisten. Das gilt somit nicht nur für die Industrie und die Energiewirtschaft, sondern auch für den Verkehrssektor und den Wärmemarkt. In allen Sektoren muss die Energieeffizienz deutlich steigen. Zusätzlich müssen erneuerbare Energien überall stärker eingesetzt werden. Die Potenziale für erneuerbare Energien wie Biomasse, Geothermie und Solarthermie sind aus ökologischen und wirtschaftlichen Gründen allerdings sehr begrenzt. Der größte Teil der erneuerbaren Energieversorgung wird daher über Windkraft- und Photovoltaikanlagen bereitgestellt werden müssen – in den Sektoren Verkehr und Wärme über den Strom als Umweg. Ein enges Zusammenspiel von Stromerzeugung, Verkehr und Wärme wird damit im Hinblick auf Energiebereitstellung und –verbrauch unverzichtbar. Das ist gemeint, wenn von Sektorkopplung die Rede ist.

Die Bundesregierung hat die Elektrifizierung des Verkehrssektors und der Wärmeversorgung der Gebäude sowohl im Klimaschutzplan 2050 als auch in der Strommarkt 2030-Initiative aufgegriffen. Es ist wichtig, sich die damit verbundenen Herausforderungen klar vor Augen zu führen. Der Strombedarf für Licht, Kraft und andere elektrische Anwendungen liegt in Deutschland heute bei etwa 500 Terrawattstunden pro Jahr (TWh/a). Der Verkehrssektor hat derzeit einen Energiebedarf in der Größenordnung von 700 Terrawattstunden pro Jahr (TWh(th)/a), vor allem in Form von Benzin und Diesel. Der Wärmesektor liegt bei etwa 1200 TWh(th)/a, vor allem in Form von Heizöl und Gas. Wollte man Verkehr und Wärme bei heutigem Energiebedarf elektrifizieren, läge der Strombedarf bei einem Vielfachen des heutigen. Energiesparen und mehr Energieeffizienz sind also unerlässlich. Aber selbst mit einer kräftigen Effizienzsteigerung geht die Bundesregierung im Klimaschutzplan 2050 von einem Strombedarf aus, der nach 2030 deutlich höher als heute liegen wird. In einer Studie für das Bundeswirtschaftsministerium errechnen die beteiligten Institute (u.a. Fraunhofer IWES; Sept. 2015) für 2050 einen jährlichen Strombedarf in Deutschland von fast 800 TWh/a – bei Ausschöpfung aller Effizienzpotenziale zur Verbrauchsreduktion. Um die Treibhausgasziele mit Hilfe der Sektorkopplung zu erreichen, müssen deshalb beim Verkehr und in der Wärmeversorgung möglichst viele fossile Brennstoffe durch möglichst wenig Strom ersetzt werden, der dann vor allem erneuerbar erzeugt sein sollte.

Offen ist aber, welche politische Strategien und Maßnahmen notwendig sind, um der Sektorkopplung zum Erfolg zu verhelfen. Mit der heutigen Klimaschutzarchitektur, die durch eine Vielzahl von sich zum Teil widersprechenden Einzelmaßnahmen geprägt ist, werden wir diese Herausforderungen jedenfalls nicht bewältigen.

Was also müssen wir ändern? Wo liegen die Hemmnisse für die Sektorkopplung und die dafür notwendige Flexibilisierung des Stromsystems? Welchen Beitrag muss die Regulierung, welchen Beitrag das Steuer- und Abgabensystem leisten?

Sektorkopplung: neues Denken in der Klimaschutzarchitektur

Wir brauchen ein neues Denken: Sektorkopplung erfordert, dass wir auch bei der Klimaschutzpolitik die Sektorgrenzen überschreiten: Mit einem ganzheitlichen Ansatz und einem Steuerungsinstrument, das uns die notwendige Treibhausgasreduktion und die damit implizit verbundene Elektrifizierung in allen Sektoren effizient und damit möglichst kostengünstig erreichen lässt.

Marktwirtschaftliche Lösungen sollten dabei immer Vorrang vor staatlicher Lenkung und Planung haben. Es ist heute noch weitgehend unbekannt, welche Technologien und Innovationen uns 2030 oder 2040 für die Sektorkopplung zur Verfügung stehen werden. Würden wir uns heute bereits technologisch festlegen, hieße dies, Innovationen zu blockieren und deren Potenziale zu verschenken. Immer gilt: „Das Bessere ist der Feind des Guten“. Statt technischer und regulatorischer Vorfestlegungen sind bessere Anreize für die beteiligten Akteure wie Kunden, Energieversorger, Anlagenhersteller etc. zu setzen. Die Akteure sollen selbst entscheiden, in welche Optionen zur Treibhausgasreduktion sie investieren. Der Markt ist als kosteneffizientes Entscheidungsverfahren jeder zentralen Planung überlegen. Das Klimaschutzziel muss die Politik vorgeben. Dann sollte sie es aber den Marktakteuren überlassen, wie sie das Ziel erreichen wollen.

Ein hierfür geeignetes Instrument haben wir heute schon. Es ist das europäische Emissionshandelssystem ETS, an dessen Reform die EU gerade arbeitet. Im ETS ist es Aufgabe der Marktakteure, die günstigsten Optionen für die Reduzierung von Treibhausgasen zu finden. Das mengenbasierte System gibt eine EU-weit einheitliche Obergrenze für die Emission von Treibhausgasen vor, die den vom System erfassten Anlagen zugestanden werden, so unter anderem für die Stromerzeugung. Durch die kontinuierlich in jedem Jahr sinkende Emissionsobergrenze ist die Zielerreichung gewährleistet. Die Kritik, das ETS funktioniere nicht, geht damit in die Irre: Das Treibhausgasreduktionsziel des ETS wird in jedem Fall sicher erreicht.

Denn für jede emittierte Tonne CO₂ müssen die teilnehmenden Akteure ein Zertifikat nachweisen. Deren Gesamtzahl ist durch die Emissionsobergrenze limitiert. Die Unternehmen können nun entscheiden, ob es günstiger ist, Zertifikate zu erwerben oder aber ihre Emissionen zu mindern. So sorgt das System dafür, dass stets die günstigsten Optionen zur Emissionsreduktion erschlossen werden.

Dieses flexible marktwirtschaftliche Instrument lässt sich über die Stromerzeugung und energieintensive Industrie auch auf andere Sektoren ausdehnen. Das ETS könnte damit auch die Sektorkopplung voranbringen. Überall könnten dann die Marktakteure über die effizienteste Lösung zur Deckung ihres Energiebedarfs selbst entscheiden, und zwar unter Berücksichtigung

der Klimaschutzziele. Die Auswahl des Energieträgers und der Technologie erfolgt dann entsprechend der jeweils günstigsten CO₂-Vermeidungskosten.

Statt das ETS in Frage zu stellen, brauchen wir also mehr ETS. Wir müssen das ETS auf andere Sektoren ausdehnen und gleichzeitig bei der ineffizienten Vielzahl der anderen politischen und regulatorischen Maßnahmen „aufräumen“.

Klimaschutzplan 2050: Sektorkopplung und Sektorziele kollidieren

Die jüngst im Klimaschutzplan beschlossenen nationalen sektoralen Ziele sind diesbezüglich ein falscher Weg: Es wird nicht mehr den Marktakteuren überlassen, wo wieviel gemindert wird, um ein Gesamtziel zu treffen, sondern der Staat legt fest, wieviel Treibhausgase in jedem Sektor gemindert werden sollen – national und nicht europäisch. Das engt den Lösungsraum für effiziente CO₂-Vermeidung erheblich ein und macht so die ambitionierten Klimaschutzziele unnötig teuer.

Wenn Strom anstelle von Heizöl für Raumwärme genutzt wird, sinken damit die Treibhausgasemissionen im Wärmemarkt. Die Treibhausgasemissionen im Stromsektor hingegen können europaweit nicht steigen, da diese durch die europäische Obergrenze („Cap“) im Emissionshandel limitiert sind. Das heißt, dass Strom, der zusätzlich für Raumwärme oder für Mobilität genutzt wird, europäisch gesehen zu keiner Erhöhung der Treibhausgasemissionen führt – und zwar völlig unabhängig von seiner Erzeugungsart. Konsequenz zu Ende gedacht, würde das auch dazu führen, dass die bisher in der EU praktizierte Trennung zwischen Sektoren inner- und außerhalb des EU-ETS schrittweise in eine ganzheitliche Klimaschutzarchitektur überführt werden kann. Die Emissionsbudgets müssten dann entsprechend schrittweise in das EU-ETS überführt werden.

Mehr Flexibilität zur Integration von Wind und PV

Der Stromsektor ist der einzige Sektor, der - zumindest in einzelnen Stunden - zu einem Überschuss bei der Energiebereitstellung tendiert. Dies liegt zum einen am Ausbau der erneuerbaren Energien, zum anderen an den begrenzten Möglichkeiten zur Speicherung von Elektrizität. Mit Zunahme der fluktuierenden Einspeisung von Wind- und Photovoltaikanlagen werden die Stunden zunehmen, in denen mehr Strom erzeugt wird, als gerade nachgefragt wird oder gespeichert werden kann.

Die Überschussproduktion verursacht auch volkswirtschaftliche Kosten, insbesondere dann, wenn bei Netzüberlastung Windanlagen abgeregelt und die Windanlagenbetreiber dafür entschädigt werden.

Die Sektorkopplung stellt hierzu eine Alternative dar: Sie kann einen wichtigen Beitrag leisten, die Abregelung zu reduzieren und den Überschussstrom sinnvoll zu verwenden – beispielsweise für Raumwärme, Elektroautos oder Warmwasser. Damit wird das Gesamtsystem flexibler. Langfristig sind auch

andere Optionen denkbar, die unter dem Begriff „*power to x*“ zusammengefasst werden: Darunter fallen beispielsweise *power to gas* mittels Elektrolyse oder *power to liquids*, Treibstoffe aus synthetischen Kohlenwasserstoffen. Es gibt zu diesen und anderen Ansätzen wegweisende Pilotprojekte der Energieversorger. Im November 2016 hat zum Beispiel die RWE-Tochter innogy im rheinland-pfälzischen Meisenheim eine *power-to-heat*-Anlage in Betrieb genommen, die überschüssigen Windstrom netz- und systemdienlich in Wärme für eine örtliche Nahversorgung umwandelt. Am Kraftwerksstandort Niederaußem hat RWE Generation zudem die Möglichkeiten für *Power-to-Gas* untersucht und notwendige Katalysatoren weiterentwickelt.

In welchem Umfang sich derartige Anwendungen durchsetzen werden, ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch ungewiss, aber die regulatorischen Vorgaben sollten diese technologische Möglichkeit nicht behindern. Viele dieser Verfahren sind heute noch nicht ausgereift. Es ist wichtig, dass auch die Forschungsförderung technologieoffen erfolgt und allen Optionen nachgegangen wird.

Steuern und Abgaben auf Strom bremsen die Sektorkopplung

Die prinzipiell positiven Eigenschaften des Energieträgers Strom für die Sektorkopplung können jedoch nur dann in Geschäftsmodelle umgesetzt werden, wenn die heute bestehenden Hemmnisse für den Stromverbrauch abgebaut werden. So erkennt auch das BMWi im Impulspapier „Strom 2030“ einen Wettbewerbsnachteil von Strom im Wärme- und Verkehrssektor, weil dieser mit Steuern, Umlagen und Abgaben stärker belastet als andere Energieträger, insbesondere im Wärme-, aber auch im Verkehrsbereich.

Endkunden zahlen für Strom rund 28 Cent je Kilowattstunde. Davon entfallen aber nur rund 13 Cent auf Beschaffung und Netzentgelte. Der Rest sind Steuern, Abgaben und Umlagen. Der Haushaltspreis für Heizöl beträgt hingegen derzeit rund 50 Cent je Liter, also 5,1 Cent je Kilowattstunde, davon sind weniger als 30% Prozent Steuern. Offensichtlich ist es für die Sektorkopplung notwendig, dass sich diese Systematik im Sinne konvergierender Wettbewerbsbedingungen im Zeitverlauf ändert. Dabei sind alle Steuern und Abgaben, die nicht verursachungsgerecht sind, kritisch zu hinterfragen: Setzen sie die richtigen Anreize zur Treibhausgasreduktion? Oder verhindern sie vielmehr sinnvolle Lösungen zur Verminderung des Ausstoßes von Treibhausgasen?

Sektorkopplung braucht leistungsfähige Netze

Sektorkopplung hat viele Formen und der überwiegende Teil findet im Verteilnetz statt: 95 % der erneuerbaren Energien werden in Hoch-, Mittel- und Niederspannung eingespeist – also in die Verteilnetze. Mehr als 98% der dezentralen Einspeiser sind auf diese Weise in die Infrastruktur integriert. Erzeugung und Verbrauch werden flexibler, werden regionaler und lokaler.

PV-Anlagen werden mit Batteriespeichern kombiniert, die sich unter anderem über die optimale und flexible Vermarktung von Strom finanzieren. Immer mehr Wärmepumpen werden in Haushalten installiert, die ihren Stromverbrauch nur teilweise an der Einspeisesituation der erneuerbaren Energien und damit an den Preisen am Großhandelsmarkt ausrichten können. Vor allem aber ist ihr Strombedarf stark temperatur- und tageszeitabhängig. Kleinst-KWK-Anlagen, gegebenenfalls auch mit Wärmespeicher, werden zur Alternative zu bisherigen reinen Heizsystemen. Die Zahl elektrisch betriebener Fahrzeuge wird zunehmen und auch sie werden immer dann laden wollen, wenn Strom billig ist. Aggregatoren kommen im Markt hinzu: Sie bündeln viele kleine Erzeugungsanlagen und Verbraucher und werden so zum Vermarkter von Ein- und Ausspeiseflexibilität.

Das macht deutlich: Der Ausbau der Übertragungsnetze ist enorm wichtig, er kann als zentrales Instrument aber nicht alle Herausforderungen der Zukunft lösen. Die Sektorkopplung führt insbesondere zu immer größeren Ansprüchen an das Verteilnetz und erhöht dessen Belastung. Aufgrund dessen verlagert sich die Stabilisierung des Systems mit Spannungs- und Frequenzhaltung immer mehr vom Übertragungsnetz in das Verteilnetz. Die Verteilnetzbetreiber ertüchtigen daher nicht nur die Netzinfrastruktur. Sie werden Konzepte entwickeln, wie die Flexibilität bei Erzeugung, Speicherung und Verbrauchern digital und intelligent – zusammen mit Aggregatoren und Vertrieben – im Verteilnetz so zusammengebracht werden kann, dass ein Maximum an erneuerbaren Energien integriert werden kann. Speicher werden dabei eine wichtige Rolle spielen. Hier brauchen wir Technologiesprünge, denn mit den heute verfügbaren Batterie- und Pumpspeichern werden wir die großen Energiemengen aus der Überschussproduktion nicht nutzen können.

Neben der Intensivierung von Forschung und Entwicklung in Speichertechnologien heißt das aber, dass die Verteilnetzbetreiber auch wirtschaftlich in die Lage versetzt werden müssen, in die Intelligenz und Digitalisierung ihrer Netze zu investieren. Die Verteilnetzbetreiber müssen zudem die Daten und die Instrumente in die Hand bekommen, um die volatile Ein- und Ausspeisung überhaupt integrieren und die Systemsicherheit auch im Verteilnetz aufrechterhalten zu können. Entsprechend muss der regulatorische Rahmen weiterentwickelt werden. Eine zunehmende Zentralisierung von Befugnissen bei den Übertragungsnetzbetreibern oder eine Absenkung des Eigenkapitalzinseszinses schwächt die Verteilnetzbetreiber jedoch, statt sie zu stärken. Auch eine Kommunalisierung und die damit verbundene weitere Zersplitterung der Verteilnetze sorgt nicht für Effizienz und mindert die Innovationsfähigkeit. Sektorkopplung braucht starke Netzbetreiber auf der Verteilnetzebene. Hier sollten die aktuellen Weichenstellungen bei den Netzentgelten und der Konzessionsvergabe noch einmal überprüft werden.

Fazit

Sektorkopplung ist maßgeblicher Baustein einer wirksamen und effizienten Klimaschutzstrategie und der Energiewende. Damit Sektorkopplung ein

Erfolg wird, brauchen wir einen fairen offenen Wettbewerb zwischen den Energieträgern und verschiedenen Technologien. Wir können die ambitionierten deutschen Treibhausgasreduktionsziele nur dann effizient erreichen, wenn die Politik den Marktakteuren mehr Freiräume gibt. Wo Treibhausgasemissionen am günstigsten gemindert werden können, wissen Marktakteure am besten. Mit dem Emissionshandel gibt es bereits ein Instrument, das nicht nur bei der Stromerzeugung und in der Industrie erprobt ist, sondern das auch im Wärme- und Verkehrssektor für effiziente CO₂-Reduktion sorgen kann. Notwendige Voraussetzung für die Sektorenkopplung ist weiterhin eine Neuordnung der Steuer- und Abgabenlast auf Strom und andere Endenergieträger im Sinne gleicher Wettbewerbsbedingungen. Sektorkopplung wird auch das Geschäftsmodell der klassischen Energieversorger drastisch verändern – RWE und innogy sind hier bereits unterwegs.



Boris Schucht
Vorsitzender der Geschäftsführung, 50Hertz Transmission GmbH

Boris Schucht ist seit Februar 2010 Vorsitzender der Geschäftsführung (CEO) von 50Hertz in Berlin. 50Hertz als Nordostdeutscher Übertragungsnetzbetreiber sorgt für den Betrieb, die Instandhaltung, die Planung und den Ausbau der Übertragungsnetze auf den Gebieten der Bundesländer Thüringen, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg, Berlin, Mecklenburg-Vorpommern sowie Hamburg und ist für die Führung des elektrischen Systems in diesen Regionen verantwortlich.

Als Vorsitzender der Geschäftsführung engagiert sich Boris Schucht mit dem gesamten Unternehmen 50Hertz für die sichere Netzintegration von erneuerbaren Energien, die Entwicklung des europäischen Strommarktes und den Erhalt eines hohen Versorgungssicherheitsstandards. Eine der größten Herausforderungen für das Unternehmen ist die sichere Netzintegration der erneuerbaren Energien. Derzeit werden im Netzgebiet von 50Hertz schon rund 49 Prozent des Verbrauchs durch erneuerbare Energien gedeckt – das ist ein absoluter Spitzenwert in Europa. Von 2007 bis 2010 war Boris Schucht Mitglied des Vorstandes der WEMAG AG. Zuvor war er im Vattenfall-Konzern in unterschiedlichen leitenden Positionen tätig.

Erfolge der „Stromwende“ für alle Sektoren nutzbar machen

Boris Schucht

Bei der Energiewende kann Deutschland im Stromsektor wichtige Erfolge verbuchen: In der Regelzone von 50Hertz, im Nordosten Deutschlands, lag der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung schon im Jahr 2016 bei über 48 Prozent. In Deutschland lag der Anteil 2016 bei rund 32 Prozent.¹ Diese positive Entwicklung bei den erneuerbaren Energien trägt erheblich zum Klimaschutz bei. Die CO₂-Emissionen im Strombereich sind seit 1990 deutlich gesunken. Insbesondere, wenn beachtet wird, dass die Stromexporte deutlich zugenommen haben und damit die spezifischen Emissionen für Deutschland noch geringer ausfallen.

Die erneuerbaren Energien bieten auch das Potenzial, die Dekarbonisierung der gesamten Volkswirtschaft voranzutreiben. Wenn auch in den Sektoren Wärme und Verkehr Strom genutzt wird, kann der Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch dort ebenfalls gesteigert werden. Dieses Potenzial zu nutzen, wird im Zuge des Klimaschutzes zunehmend wichtiger, da der Einsatz von erneuerbaren Energien im Wärme- und Verkehrssektor noch deutlich niedriger ist als im Stromsektor. Zudem ist die Nutzung von erneuerbarem Strom in diesen Sektoren volkswirtschaftlich sinnvoll, denn die Substitution von fossilen Brennstoffen durch Strom in diesen Sektoren weist die geringsten CO₂-Minderungskosten auf.

Ambitionierte Klimaschutzziele machen neue Maßnahmen erforderlich

Die Klimaschutzziele von Paris holen alle unterzeichnenden Staaten in die Verantwortung, mittel- und langfristige Strategien zur Dekarbonisierung zu entwickeln und umzusetzen. Die Europäische Union hat CO₂-Einsparziele für alle Sektoren verankert. Bis 2030 sollen die Treibhausgasemissionen um 40 Prozent im Vergleich zu 1990 reduziert werden. Der Anteil der erneuerbaren Energien soll mindestens 27 Prozent des Stromverbrauchs decken.

Deutschland hat sich noch ambitioniertere Klimaschutzziele gesetzt: Bis 2020 sollen die Emissionen bereits um 40 Prozent im Vergleich zu 1990 reduziert werden, bis 2030 um 55 Prozent und bis 2050 um 80 bis 95 Prozent.

Der Klimaschutzbericht, mit dem die Bundesregierung im Dezember 2016 über den aktuellen Umsetzungsstand und die Entwicklung der bis 2020 gesteckten Klimaschutzziele informiert, zeigt jedoch, dass in Deutschland noch Nachholbedarf besteht. Die Bundesregierung erwartet, dass die Minderung anstatt der geplanten 62 bis 78 Millionen Tonnen bis 2020 nur 47 bis 58 Millionen Tonnen pro Jahr betragen wird.

Betrachtet man die einzelnen Sektoren, ergibt sich folgendes Bild: Im Jahr 2015 wurden in Deutschland 908 Millionen Tonnen CO₂ emittiert. 1990 waren es noch 1.248 Millionen Tonnen. Die Energiewirtschaft war dabei für ca. 38 Prozent (344 Millionen Tonnen) verantwortlich. Damit hat die Ener-

giewirtschaft aktuell noch den größten Anteil an Emissionen in Deutschland. Doch durch die Energiewende ist die Energiewirtschaft auf einem guten Weg, die Klimaschutzziele zu erreichen. Im Verkehrssektor hingegen besteht aktuell der größte Nachholbedarf. Statt sieben bis zehn Millionen Tonnen trägt der Verkehrsbereich voraussichtlich nur 1,6 Millionen Tonnen zur Reduzierung bei. Und nicht nur das: Die Emissionen im Verkehrsbereich nehmen seit 2010 wieder zu und haben im Jahr 2015 mit knapp 164 Millionen Tonnen CO₂ das Niveau des Jahres 1990 (163 Millionen Tonnen) sogar überschritten.

Um die genannten Ziele bis 2020 und 2030 zu erreichen, müssen in den kommenden Jahren alle Sektoren massiv Emissionen einsparen. Dafür bedarf es einer effektiven Sektorkopplung und somit der Nutzung von erneuerbarer Energie im Wärme- und im Verkehrssektor. Nach derzeitigem Stand hat der Stromsektor als Einziger das Potenzial, mittelfristig massiv CO₂-Emissionen einzusparen. Durch die Verwendung von Strom auch in anderen Sektoren lassen sich jedoch auch dort Einsparungen erreichen. Außerdem ergeben sich kurzfristig (durch EE-Abregelung aufgrund von vorübergehenden Netzengpässen) und mittelfristig (durch Abregelung wegen EE-Überschüssen) Potenziale, „freien“ EE-Strom (d.h. Strom, der sonst nicht genutzt werden könnte) in anderen Sektoren zu nutzen.

Sektorkopplung ist eine wichtige Maßnahme für das Erreichen der Klimaschutzziele

Je höher der Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch und je mehr durch den Ausbau der Erneuerbaren fossile Energieträger abgelöst werden, desto stärker sollte der Strom aus erneuerbaren Energien auch in anderen Sektoren genutzt werden. Mit der Elektrifizierung des Wärme- und Verkehrssektors kann ein entscheidender Beitrag zur Dekarbonisierung geleistet werden – vor allem durch die Förderung von effizienten Wärmepumpen und der Elektromobilität.

Wärmesektor

Für den Wärmesektor gibt es aktuell noch keine Antwort auf die Frage, wie dort signifikante CO₂-Emissionsminderungen erreicht werden können. Seit 1990 konnten hier keine entscheidenden Erfolge verbucht werden. Langfristig ist eine deutliche Verringerung des Energieverbrauchs durch Gebäudedämmung Grundvoraussetzung.

Mit Blick auf die von Verbrauchern genutzten Energieträger ist zwar ein vermehrter Umstieg von Öl- auf Gasheizungen zu beobachten, der vor allem auf die Ölpreisentwicklung sowie den höheren Komfort von Gasheizungen zurückzuführen ist. Ein weiterer Grund ist allerdings auch das steigende Umwelt- und Nachhaltigkeitsbewusstsein in der Gesellschaft.

Österreich und die Schweiz setzen im Wärmebereich verstärkt auf Wärmepumpen. In der Schweiz lag der Anteil von Wärmepumpen in Neubauten im

Jahr 2015 bei ca. 75 Prozent, in Österreich bei ca. 50 Prozent. In Deutschland sind es lediglich ca. 30 Prozent.

Wärmepumpen stellen eine Option dar, um den Wärmesektor langfristig und nachhaltig zu dekarbonisieren. Zusätzlich ergeben sich Vorteile aus der vergleichsweise leichten Speicherbarkeit von Wärme. Im Netzentwicklungsplan 2030 wird in verschiedenen Szenarien mit 1,1 Millionen bis zu 4,1 Millionen Wärmepumpen im Jahr 2030 gerechnet. Im durch 50Hertz erstellten Energiewende Outlook 2035 gehen wir sogar von 5,5 Millionen Wärmepumpen mit einem Strombedarf von ca. 35 TWh pro Jahr aus. Das sind ambitionierte Werte, die aber zu einer messbaren Dekarbonisierung des Wärmesektors beitragen könnten.

Auch in zentralen Wärmeversorgungssystemen (Fernwärme) besteht langfristig das Potenzial zur Sektorkopplung z. B. durch die Nutzung von Elektroden-Heißwasserkesseln.

Verkehrssektor

Im Verkehrssektor stellen sich die Rahmenbedingungen und Fortschritte anders dar. Besonders hervorzuheben ist hier die technologische Entwicklung der Batterien sowie die dynamische Kostenentwicklung durch den weltweiten Aufbau großer Produktionskapazitäten, der an die Situation von PV-Anlagen vor einigen Jahren erinnert. Batterien haben ein hohes Flexibilitätspotenzial, das auch für die Stromversorgung genutzt werden kann.

Trotz dieser Vorteile stellen Elektrofahrzeuge die deutsche Automobilindustrie vor eine Herausforderung. Wie in vielen anderen Branchen findet derzeit ein Paradigmenwechsel statt, der verstärkt Innovationen und eine hohe Flexibilität erforderlich macht. Bisher läuft der Verkauf von Elektroautos aufgrund der momentan hohen Kosten allerdings noch immer schleppend. Für die Zukunft bestehen aber hohe Potenziale. Im 50Hertz Energiewende Outlook 2035 gehen wir von rund 10 Millionen Elektrofahrzeugen mit einem Strombedarf von ca. 19,8 TWh pro Jahr aus.

Bei einem technologieoffenen Ansatz wäre auch die Entwicklung von Mobilität auf Basis von Wasserstoff und Brennstoffzellen denkbar. Auch über diesen Weg könnte eine Dekarbonisierung des Verkehrssektors erreicht werden, sofern der Wasserstoff aus Erneuerbarem-Strom hergestellt wird. Dies würde zwar eine großflächige Anpassung der Infrastruktur erfordern. Andererseits wäre das Flexibilitätspotenzial für die Integration von fluktuierenden erneuerbaren Energien deutlich größer, da die Speicherbarkeit von Wasserstoff besser ist. Eine großflächig verfügbare Wasserstoff-Infrastruktur könnte sich wiederum auf den Wärmesektor auswirken.

Überschüsse an Strom für die Sektorkopplung nutzen

Einen wichtigen Beitrag zum Gelingen der Energiewende kann die Sektorkopplung auch beim sogenannten Engpassmanagement leisten, bei dem wir Netzbetreiber Erzeugungsanlagen abregeln müssen, um die System-

sicherheit aufrecht zu erhalten. Im Jahr 2015 wurde deutschlandweit ein starker Anstieg der Mengen und Kosten für das Engpassmanagement verzeichnet: Allein bei 50Hertz lagen die Kosten bei 351 Millionen Euro. Eine erste Maßnahme der Politik war die Vorlage einer Verordnung zur stärkeren Harmonisierung von Netzausbau mit dem Zubau der erneuerbaren Energien durch eine Beschränkung der Zubaumenge in ausgewählten Regionen. Dies war bereits in der Reform des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes im Jahr 2016 festgelegt worden.

Als weitere Maßnahme können temporär auftretende Stromüberschüsse auch im Rahmen der Sektorkopplung genutzt werden. Dafür müssen KWK-Anlagen z.B. durch die Erweiterung mit Elektroden-Heißwasserkesseln flexibilisiert und so zu zuschaltbaren Lasten werden. Hier befinden sich Potenziale zur Nutzung von Strom, der sonst verloren geht.

Sektorkopplung im „Test“ – das Pilotprojekt: WindNODE

Diese Nutzung von überschüssigem Strom testen wir – neben vielen anderen Innovationen – in unserem Pilotprojekt WindNODE. Die Schaufensterregion von WindNODE umfasst das Netzgebiet von 50Hertz und stellt das Real-labor für ein komplettes Energiesystem dar. Zentrales Ziel von WindNODE ist das effiziente Zusammenspiel von erneuerbaren Erzeugungskapazitäten, Stromnetzen und Energienutzern auf Basis einer digitalen Vernetzung. Im Fokus steht die effiziente Einbindung großer Mengen erneuerbarer Energien in einem energieträgerübergreifend optimierten System aus Strom-, Wärme- und Mobilitätssektor. Die Modellregion wird im Zuge des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) ins Leben gerufenen Wettbewerbs „Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende (SINTEG)“ gefördert.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die Kopplung von Wärme- und Verkehrssektor an den Stromsektor bietet wie beschrieben große Potenziale für die Energiewende und die angestrebte Dekarbonisierung. Für den Erfolg der Sektorkopplung sind jedoch zeitnah die politischen Weichen zu stellen.

So wird die Sektorkopplung mittelfristig zu einer leichten Steigerung des Stromverbrauchs führen. In Langfrist-Szenarien mit Reduktion der CO₂-Emissionen um 80 bis 95 Prozent fällt diese Steigerung sehr deutlich aus. Der 50Hertz Energiewende Outlook 2035 prognostiziert bereits für das Jahr 2035 eine Steigerung des Stromverbrauchs von heute ca. 570 TWh auf fast 600 TWh. Zwar geht durch Energieeffizienz-Maßnahmen der reine Stromverbrauch auf weniger als 550 TWh zurück, jedoch führt der vermehrte Einsatz von Elektromobilität und Wärmepumpen zu einem Anstieg des Verbrauchs. Dieser vermehrte Stromverbrauch und der damit steigende Bedarf an Strom aus erneuerbaren Energien zeigt klar die Herausforderung. Damit

durch die Sektorkopplung eine Dekarbonisierung erfolgen kann, muss der **Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugungs-Kapazitäten** weiter stark vorangetrieben werden.

Zudem müssen die **Netzentgelte- und Umlagen-Systematiken weiterentwickelt** werden. Heute verhindert die Systematik, dass sich Stromverbraucher flexibel am Strompreis orientieren. Durch die starren Umlagen hat das Preissignal der Strommärkte bei Verbrauchern nur verminderte Wirkung. Zudem werden große Verbraucher aufgrund des Leistungspreises mit zusätzlichen Netzentgelten belegt, wenn sie zusätzlichen Strom verbrauchen. Bei einem Überangebot an Strom und damit einhergehenden niedrigen Preisen haben Verbraucher also kaum Anreize, ihr Verhalten anzupassen. Eine mögliche Lösung des Problems liegt in der Verlagerung der Berechnungsgrundlage der Netzentgelte – immer mehr weg vom Verbrauch (Arbeit) und hin zur Größe des Netzanschlusses (Kapazität). Weitere mögliche Ansätze sind zudem die Weiterentwicklung der EEG-Umlage durch eine anteilige Finanzierung über Steuern, durch die Schaffung eines Streckungsfonds oder durch die Ausdehnung der Umlage auf Wärme und Verkehr.

Die Sektorkopplung ist also eine der wesentlichen Erfolgsfaktoren für die Energiewende in den kommenden Jahren. Sie bietet große Potenziale für eine vergleichsweise kostengünstige Dekarbonisierung.

Fußnote

¹ Vgl. Agora Energiewende: Jahresauswertung 2016



Stijn van Els

Vorsitzender der Geschäftsführung, Deutsche Shell Holding GmbH

Stijn van Els ist Vorsitzender der Geschäftsführung Deutsche Shell Holding GmbH und der Shell Deutschland Oil GmbH, Hamburg. Der im niederländischen Venray gebürtige Stijn van Els studierte Physik an der Delft University of Technology, bevor er 1988 in den Niederlanden seine berufliche Laufbahn bei Shell begann. Seither hat er eine Reihe technischer, kaufmännischer und Management-Rollen im Downstream-, Upstream- um Technologiebereich der Royal Dutch Shell in den Niederlanden, Japan, England, Australien, Deutschland und Katar durchlaufen. Von 2004 bis 2006 war van Els auch in der Rheinland Raffinerie der deutschen Shell für die Produktion und Instandhaltung verantwortlich. Zuletzt war van Els CEO eines petrochemischen Joint Ventures von Shell und der Qatar Petroleum.

Sektorkopplung in Deutschland – durch die Kundenbrille betrachtet

Stijn van Els

Wer in Deutschland über die Umsetzung der Energiewende spricht, kommt recht bald auch auf die Notwendigkeit der Sektorkopplung zu sprechen, auf Elektrifizierung des Verkehrssektors, Power-to-Heat, vielleicht sogar Power-to-X. Ziel ist es, die verschiedenen Verbrauchssektoren zu integrieren und dabei die Möglichkeiten zum Einsatz erneuerbarer und emissionsarmer Energien zu erweitern und schließlich die Kosten zu verteilen, die der steigende Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieaufkommen in Deutschland verursacht. Diese Zielsetzungen sind politisch vorgegeben, ihre Umsetzbarkeit wird häufig aus einem eher technischen Blickwinkel betrachtet. Wie aber stellt sich diese Frage aus der Sicht des Kunden, also der Industriekunden, der Gewerbetreibenden oder der vielen privaten Endverbraucher?

Die Notwendigkeit, dass Kunden und Verbraucher die vorgeschlagenen Maßnahmen akzeptieren, klingt auf der einen Seite selbstverständlich. Auf der anderen Seite scheint mir dieser doch so naheliegende Blickwinkel sowohl bei der politischen Debatte des Themas ebenso wie bei der wissenschaftlich-fachlichen Diskussion recht häufig in den Hintergrund gedrängt zu werden: Ja, Elektrofahrzeuge könnten schon in großer Zahl auf Deutschlands Straßen unterwegs sein, es sei nur die Aufgabe der Politik, weitere zumeist pekuniäre Anreize zu schaffen, und dann sei die Herausforderung gelöst. Und ja, auch im Raumwärmebereich lägen elektrische Lösungen doch ganz nahe – allein Verbraucher scheuten Kosten und Aufwand, so die Klagen vieler Experten aus Wissenschaft und Politik, wenn sie über Sektorkopplung und Lösungen zur Senkung der Kohlendioxid-Emissionen nachdenken.

Gar keine Frage: Der Einsatz der Erneuerbaren in der Stromproduktion schreitet in Deutschland schnell voran. Die Szenarien, die Shell zur Zukunft des Energiesystems regelmäßig vorlegt und fortschreibt, legen dar, dass die Erneuerbaren auch weltweit durchaus zur größten singulären Energiequelle werden könnten. Allerdings werden Wind und Solar nach wie vor insbesondere zur Stromproduktion eingesetzt, die heute nur gut 20 % des Gesamtenergiebedarfs deckt.

Technisch bieten sich bereits heute eine Reihe von Möglichkeiten zur Sektorkopplung, also zur Elektrifizierung in den Sektoren Mobilität, Wärme und Industrie an, und in Zukunft werden wir die Potenziale hierzu verstärkt nutzen müssen. Wir, Shell, unterstützen diese Entwicklung grundsätzlich, und wir werden unser Geschäftsmodell auch vor dem Hintergrund zunehmender Dekarbonisierung des Energiesystems immer wieder neu anpassen. Wir sind deshalb auch bei der Produktion von Strom aus regenerativen Quellen zunehmend aktiv: So waren wir kürzlich bei der Ausschreibung eines großen Offshore-Windprojektes in den Niederlanden erfolgreich, und seit vielen Jahren betreiben wir große Windfarmen in den Vereinigten Staaten.

Besonders aber engagieren wir uns für neue und emissionsärmere Möglichkeiten der Mobilität: So bauen wir gemeinsam mit Partnern eine

Wasserstoff-Infrastruktur zur Betankung von Brennstoffzellen-Fahrzeugen auf. Anfang 2017 haben wir zudem angekündigt, Stromlade-Stationen zu testen, zunächst an Shell Tankstellen in Großbritannien. Und wir sind Vorreiter bei der Schaffung einer Infrastruktur für LNG im Schwerlast- sowie im Schiffsverkehr.

Ich meine, dass es eben diese freiwilligen Angebote sind, die es den Unternehmen ermöglichen, zunächst Erfahrungen mit alternativen Antrieben und Kraftstoffen zu machen und dann ihren Fuhrpark Schritt für Schritt umzustellen. So könnte ein Spediteur aus ökonomischen wie auch aus technischen Gründen zunächst auf effiziente Dieselantriebe in Kombination mit LNG-Fahrzeugen setzen. Sobald dann elektrische Antriebe für Nutzfahrzeuge leistungsfähig sowie wirtschaftlich sind und es außerdem eine ausreichende Betankungs-Infrastruktur gibt, wird er bereit sein, auf alternative Antriebe, insbesondere die Brennstoffzelle, umzustellen.

Um das Ziel der Emissionssenkung zu erreichen, ist es sinnvoll, dem Kunden integrierte Angebote zu machen. Bei Shell versuchen wir genau das: Über unsere Clubsmart-Karte etwa können unsere Kunden bereits jetzt den Kauf von Kraftstoffen ebenso wie von Strom und Erdgas organisieren und abrechnen. Eine solche Kombination lässt sich weiterentwickeln - zum Beispiel könnte der Kunde ein integriertes Energiepaket anfordern, das insgesamt möglichst emissionsarm sein soll. Der Weg dahin – welche Energieträger, welche Antriebe, welche Technologien würden dann vom Anbieter und vom Kunden gemeinsam entwickelt werden.

Politik muss sich mit der Akzeptanz durch den Kunden auseinandersetzen

Politische Vorgaben werden bei vielen Aktivitäten im Bereich der Erneuerbaren eine maßgebliche Rolle spielen. Als Unternehmen, das sich im Wettbewerb behaupten muss und seine Erträge auf dem Markt erzielt, müssen wir dabei aber ebenso sehr die tatsächlichen Bedürfnisse und die konkrete Nachfrage unserer Kunden erfüllen.

Dass eine Vorgabe aus der Politik alleine oftmals nicht zum gewünschten umweltpolitischen Erfolg führt, haben wir als Unternehmen bereits des öfteren erlebt. Beispiel E10: Die Europäische Union und Bundesregierung wollten hiermit bereits frühzeitig den Anteil erneuerbarer Ressourcen im Mobilitätsbereich erhöhen, und in Deutschland hat die Mineralölwirtschaft einen Kraftstoff mit 10-prozentigem Bio-Ethanol-Anteil eingeführt. Allein der Verbraucher hat das neue Produkt überwiegend nicht akzeptiert. Ob nun wegen fehlender Erfahrungen oder fehlenden Vertrauens - der Anteil des Kraftstoffes E10 am Gesamtabsatz ist seit Einführung gleichbleibend niedrig.

Nach meiner Beobachtung drohen auch bei der Debatten zur Sektorenkopplung die Fragen nach Bezahlbarkeit, Praktikabilität und den je nach Kunden unterschiedlichen Anwendungsgebieten von Mobilitäts- und Wärmelösungen in den Hintergrund zu geraten.

Ich sehe die Gefahr, dass eine Politik, die einzig und allein auf die Sektoren-Kopplung setzt, scheitert. Der Widerstand der privaten Haushalte gegen

die Übernahme sehr hohe Kosten einer vollständige Elektrifizierung im Hauswärmebereich wäre immens. Vor allem aber die in Deutschland ansässige energieintensive Industrie – Chemie, Stahl, Zement, Aluminium und andere – müsste feststellen, dass sie wegen hoher Kosten und fehlender Netz-Infrastruktur und Hochleistungs-Kraftwerke schlichtweg keine Basis für die Fortsetzung der Produktion im Lande mehr hätte.

Vor diesem Hintergrund möchte ich zugleich auf ein grundsätzliches Dilemma der Energiewende, wie sie in Deutschland vorangetrieben wird, hinweisen. Deutschland hat für seine Energiepolitik gleich mehrere Ziele formuliert. Neben der Senkung der Kohlendioxid-Emissionen sind dies vor allem die festen Quoten für den Einsatz von erneuerbaren Energien.

In der Realität aber hat sich Deutschlands Stromwirtschaft in den vergangenen Jahren neben den Erneuerbaren mehr und mehr auf Kohle festgelegt; und jede Investition in ein Kraftwerk war und ist eine Entscheidung auf Jahrzehnte. Aus Klimasicht heißt das: Beschleunigen – und gleichzeitig mit dem Fuß auf der Bremse stehen.

Wenn wir es ernst mit der CO₂-Minderung meinen, sollten wir uns zu einem CO₂-Ziel bekennen – statt zu mehreren unterschiedlichen Zielen. Die Priorisierung des CO₂-Zieles für die Energiepolitik wäre der wichtigste Beitrag, um Klimaschutz auf effektive und wirtschaftliche Weise für Verbraucher und Industrie voranzubringen.

Ich halte es für durchaus sinnvoll, dass die verschiedenen Verbrauchssektoren zusammenwachsen. Wir können dadurch Potenziale zur Emissionsreduktion nutzen. Aber die Debatte auf eine weitgehende Vollelektrifizierung aller Sektoren zu verengen, halte ich für zu kurz gegriffen, denn die Emissionen – siehe oben – sinken dabei in der Praxis keineswegs so weit und effizient wie es möglich wäre, wenn wir unser Ziel möglichst technologieoffen verfolgen würden.

Nun aber möchte ich, wie versprochen, die Diskussion im Rahmen dieser Schriftenreihe des Forums für Zukunftsenergie auf den Blick des Kunden, der privaten, gewerblichen ebenso wie der Industriekunden, lenken.

Welche Aktionen nützen am meisten?

Ich plädiere dafür, aus der Sicht der Kunden und Verbraucher alle Klimaschutzmaßnahmen nach folgenden drei Kriterien zu prüfen:

1. Was ist technisch effizient?
2. Welche Treibhausgas-Minderung lässt sich erzielen?
3. Welche Kosten entstehen und für wen?

Eine vollständige Elektrifizierung der Sektoren Industrie, Wärme und Mobilität würde diesen Kriterien nicht gerecht werden. In vielen Fällen sind erneuerbare Energien ein gutes Klimaschutzinstrument. Allerdings müssen sie sich dem Wettbewerb mit anderen Klimaschutzinstrumenten stellen. Denn Wettbewerb sorgt nicht nur für sinkende Kosten, sondern auch für Innovations-

druck, der wiederum Impulse für Technologieschübe liefert, auch bei den erneuerbaren Energien. Dementsprechend sollte der Weg zum Ziel, dem Klimaschutz, nicht unnötig eng definiert werden. Eine vollständige Elektrifizierung aller Sektoren würde aber genau dies bedeuten und erhebliche Potenziale für eine schnelle und vergleichsweise günstige CO₂-Minderung ungenutzt lassen. Eine sehr viel grundsätzlichere Debatte ist daher nötig, um die Vor- und Nachteile einer Elektrifizierungsstrategie abzuwägen.

Hierbei stellt sich die Frage, wie die bereits bestehende Infrastruktur am besten genutzt werden kann und wo welche zusätzlichen Maßnahmen am sinnvollsten sind. Wird die Diskussion zu eng geführt, wenn alleine die Elektrifizierung betrachtet wird? Gibt es bereits Technologien am Markt, die für eine effiziente Sektorenkopplung sorgen könnten? Gibt es vielleicht andere kostengünstigere Alternativen, die einen stärkeren Umweltschutz bieten würden? Wer ist dafür geeignet, die Sektorkopplung voranzutreiben?

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie setzte sich unlängst aus zwei Sichtweisen mit dem Thema auseinander. Zuerst im „Grünbuch Energieeffizienz“ und dann im „Impulspapier: Strom 2030“. Gleichzeitig wurden Studien zu den ansteigenden Kosten für die Förderung von erneuerbarer Stromproduktion präsentiert mit dem Ziel, diese Kosten anderen Energieträgern aufzutragen. Hierzu ist festzustellen: Erstens, die Vollelektrifizierung ist nicht der effizienteste Weg zum gewünschten Ziel. Zweitens, eine starke Reduktion der Treibhausgas-Emissionen ist bereits mit bestehenden Technologien möglich.

Der Ausbau erneuerbarer Energie ist ein wesentlicher Baustein der Energiewende. Es sollte aber nicht aus den Augen verloren werden, dass das Hauptziel die Senkung der Treibhausgase ist. Die Nutzung von Strom aus Erneuerbaren ist dabei ein Instrument, um die entsprechenden Emissionen zu reduzieren, aber es erfordert zusätzliche Wege, so zum Beispiel die Erhöhung der Energieeffizienz oder des Brennstoffwechsels, wie den von Kohle zu Erdgas.

Unmöglich ist es, die technologischen Entwicklungen im Energiebereich für die kommenden Jahrzehnte verlässlich zu prognostizieren. Daher sollte die Bundesregierung für alle technologischen Entwicklungen offen bleiben und diese als Chance nutzen, um die Klimaziele erreichen zu können. In diesem Zusammenhang sollte das Ziel eine „CO₂-neutrale“ und keine „CO₂-freie“ Energieversorgung sein, da es sonst zu einer Einschränkung der zur Verfügung stehenden Lösungsmöglichkeiten führt. Anstatt eine Dekarbonisierung „vom Ende her“ zu denken, empfiehlt sich eine Konzentration auf heute bereits verfügbare und kostengünstig einsetzbare Klimaschutzmaßnahmen. Dabei können auch hybride Technologien (z. B. Erdgas plus Solarenergie) und dezentrale Lösungen eine wichtige Rolle spielen.

Die gut ausgebaute, bereits bestehende Gasinfrastruktur ist dabei ein unverzichtbares Gut, das künftig zunehmend auch im Bereich der Erneuerbaren genutzt werden kann. Gasnetze und -speicher können Biogas und Gas aus Power-to-Gas (z. B. Windgas) aufnehmen, transportieren und speichern. Gerade aufgrund der Verspätungen und Kostensteigerungen beim Stromnetzausbau ist der Wert der Gasinfrastruktur kaum zu über-

schätzen; sie wird eine strategische Rolle beim weiteren Umbau des Energiesystems spielen. Insgesamt sollte mit der Sektorkopplung die Strom-, Gas- und Wärmeinfrastruktur besser miteinander verknüpft werden.

Erdgas hat das Potenzial, die Klimabilanz signifikant zu verbessern

Es ist unbestritten, dass Strom aus Erneuerbaren eine wichtige Rolle beim Erreichen der Klimaziele spielen wird. Dennoch braucht es flankierende Maßnahmen, um eine Dekarbonisierung der Sektoren Privathaushalte, Industrie und Verkehr realisieren zu können. Synthetisches Gas (z. B. Windgas), Wasserstoff und Biogas könnten hier einen Beitrag leisten.

Insgesamt sollten mit der Sektorkopplung die Strom-, Gas- und Wärmeinfrastrukturen besser miteinander verknüpft werden. Dadurch würde das Gesamtsystem deutlich an Flexibilität gewinnen und zur besseren Integration der fluktuierenden Erneuerbaren beitragen. Überhaupt vereint die Gaswirtschaft ein besonderes Merkmal auf sich: Sie kann sukzessive grüner werden. Durch die Beimischung von erneuerbaren Gasen wird sich ihre Treibhausgas-Bilanz zunehmend verbessern, wodurch sich auch die langfristige Zukunftsfähigkeit der Gaswirtschaft begründen lässt. Sie dient damit als sehr gutes Beispiel für Transformationsfähigkeit und -potenzial, die es rechtfertigen, Energiepolitik und Klimaschutz technologieoffen zu gestalten.

Hauswärme für die Zukunft – was ist zu tun?

Wie erreichen wir Klimaschutz im Wärmesektor? Der Wärmemarkt steht für rund ein Drittel des Energiebedarfs. Technisch ist es denkbar, die Wärmeversorgung zu elektrifizieren. Im Neubau ist dies sogar vergleichsweise einfach. Hier sind es hingegen die immens hohen Kosten, die es erforderlich machen, jegliche Entscheidungen sehr sorgfältig abzuwägen.

Letztlich entscheidet über Sanierung und Modernisierung der Verbraucher, sei es als Immobilienbesitzer, oder sei es als Mieter. Deshalb ist das Gebot der Wirtschaftlichkeit eine ebenso wichtige wie richtige Anforderung an jede rationale Energiewirtschaftspolitik. Um die Akzeptanz des Verbrauchers zu erreichen, darf insbesondere im Falle ordnungsrechtlicher Auflagen für die energetische Sanierung und Modernisierung von Gebäuden und Heizungen ebenso wie für die Einkoppelung von erneuerbaren Energien das Gebot der Wirtschaftlichkeit nicht ausgeblendet werden. Soll der Verbraucher Investitionen tätigen, die in sich nicht wirtschaftlich sind, müsste der Staat dies also entsprechend fördern.

Relativ viel Klimaschutz für verhältnismäßig geringe Investitionen ließe sich durch die Modernisierung des Heizungsbestandes in Deutschland realisieren. Solche pragmatischen, aber effizienten Lösungen sind notwendig, weil sie die Akzeptanz bei den Verbrauchern erhöhen. Letztere hängt stark von der Bezahlbarkeit der Energiewende ab.

Vor diesem Hintergrund halte ich es für falsch, Sektorkopplung auf eine Vollelektrifizierung aller Sektoren zu beschränken. Ein ergebnisoffener Wettbewerb von Technologien und ein Miteinander von Klimaschutzoptionen werden zu einem besseren Ergebnis führen und Innovationen auf breiterer Ebene anstoßen. Wo erneuerbare Energien durch fehlende technische Reife, hohe Kosten oder öffentliche Widerstände an Grenzen stoßen, werden alternative Klimaschutzinstrumente benötigt.

In der Shell Hauswärme-Studie haben wir bereits im Jahr 2013 einen umfassenden Empfehlungskatalog vorgelegt, um energetische Sanierung und Modernisierung des Wohngebäudebestandes zu erreichen. Dazu gehören folgende Maßnahmen:

- Planungssicherheit für Haushalte schaffen, durch die Schaffung realistischer Erwartungen an Energie- und Technikpotenziale ebenso wie durch verlässliche Markt- und Förderbedingungen.
- Ordnungsrecht (EnEV, EEWärmeG) muss auf den Neubau zielen, denn hier lassen sich vergleichsweise kostengünstig höhere Anforderungen realisieren.
- Ausgewogenen Mix von Heiztechnik und Energien anstreben, um dadurch eine verlässliche und steige Wärmeversorgung zu sichern.
- Die Wirtschaftlichkeit von Kesselmodernisierung hervorheben, denn die Wirtschaftlichkeit ist ein wichtiges Entscheidungskriterium für Sanierungs- und Modernisierungsentscheidungen.
- Verringerte Energiekosten zwischen Mietern und Vermietern teilen; so sollte das Mietrecht es erlauben, die Investitionskosten auf die Miete umzulegen.
- Investitionen durch zinsvergünstigte Darlehen ermöglichen, um über die ohnehin fälligen Maßnahmen hinaus Einsparungen zu erzielen.
- Neue Technologien fördern und integrieren – und zwar in Abhängigkeit von ihrer Effizienz.
- Und schließlich sollten Ordnungsrecht und Fördermaßnahmen möglichst technologieneutral gestaltet werden.

Betreiber von Nutzfahrzeugen stehen vor einem Dilemma

Betrachten wir die Mobilität. Fast alle Antriebe beruhen heute auf dem Verbrennungsmotor, der mit Ölprodukten, also Benzin, Diesel, Jet oder Schiffsdiesel, betrieben wird.

Elektromobilität wird künftig für PKW eine immer größer werdende Rolle spielen. Wenn der Strom hierfür aus erneuerbaren Quellen stammt, bietet sie das Potenzial für einen überwiegend schadstoff- und CO₂-freien Individualverkehr. Und zweifellos sind die sehr ambitionierten Ziele der Politik zur CO₂-Emissionssenkung ein wesentlicher Treiber, die die Entwicklung neuer PKW-Modelle mit elektrischen Antrieben – insbesondere Brennstoffzellen und Batterien – voranbringen. China hat inzwischen Ziele formuliert, die die Automobilhersteller geradezu zwingen, Elektrofahrzeuge auch in großen

Maßstab auf den Markt zu bringen. Fußend auf der rasanten technologischen Entwicklung bin ich sicher, dass sich ihre Markteinführung auch in Europa und den Vereinigten Staaten beschleunigen, allerdings insgesamt immer noch über mehrere Jahrzehnte erstrecken wird.

Wir, Shell, sehen in der Brennstoffzelle einen geeigneten Antrieb, der sich insbesondere für den Langstreckenverkehr sowie zum Beispiel für den Bedarf von Flottenbetreibern eignet. Wir beteiligen uns deshalb zusammen mit anderen namhaften Unternehmen – AirLiquide, Daimler, Linde, OMV und Total – an der H2 Mobility Deutschland. In den allernächsten Jahren wird dieses Gemeinschaftsunternehmen erste hundert Wasserstoff-Tankstellen errichten. Fahrer von Brennstoffzellen-Fahrzeugen können sich dann in ganz Deutschland fortbewegen und auch bei Zwischenstopps – etwa alle 500 bis 700 Kilometer - innerhalb von nur drei Minuten auftanken. Diese Bequemlichkeit für den Kunden ist übrigens nach wie vor ein deutlicher Vorteil der Brennstoffzelle gegenüber der Batteriemobilität.

Ist aber die Elektrifizierung damit die alleinige Lösung für den Mobilitätssektor?

Spediteure und Betreiber von Nutzfahrzeugen haben einen anderen Blickwinkel. Spätestens beim Schwerlastverkehr nämlich geraten die elektrischen Antriebe an ihre Grenzen. Denn: Die größten Potenziale für Elektromobilität werden bei Pkw-ähnlichen, leichten Nutzfahrzeugen sowie Fahrzeugen mit urbanen Fahrprofilen – wie Kleintransportern, Nahverkehrs-Lkw, aber auch bei Stadtbussen – gesehen. Bei schweren Nutzfahrzeugen mit hohen Fahrleistungen gibt es aktuell keine technisch und wirtschaftlich machbaren Ansätze, diese zu elektrifizieren.

In unserer im Sommer 2016 herausgegebenen Shell Nutzfahrzeug-Studie haben wir deshalb betont, dass die Maßnahmen zur Reduktion des Energiebedarfs von Nutzfahrzeugen vor einem Dilemma stehen: Fahrzeugsegmente, in denen neue energiesparende Antriebstechniken eingeführt werden könnten, absolvieren nur geringe Fahrleistungen bei geringen Durchschnittsverbräuchen. Im Straßengüterfernverkehr mit hohen und wachsenden Fahrzeugfahrleistungen erfüllen alternative Antriebe – abgesehen von verflüssigtem Erdgas, LNG, sowie möglicherweise die Brennstoffzelle - die Anwenderanforderungen jedoch auf absehbare Zeit noch nicht.

Für Spediteure und Betreiber zumindest von Fernbussen und schweren Nutzfahrzeugen ist die Elektrifizierung auf absehbare Zeit also kein gangbarer Weg. Politik, Fahrzeughersteller und Kraftstoffindustrie müssen hierauf Antworten finden. Beimischung von Biokomponenten im Diesel, vielleicht auch beim Turbinenkraftstoff, Erweiterung des Einsatzes von LNG – bei Nutzfahrzeugen ebenso wie etwa beim Schiffsverkehr, vor allem aber die weitere Ausschöpfung von Potenzialen zur Effizienzsteigerung des Dieselmotors werden die Richtung sein, in die sich Antriebe und Kraftstoffeinsatz im Schwerlastverkehr entwickeln werden, und die auch aus Kundensicht gangbar ist.

Keine Alternative zu Öl und Gas in der energieintensiven Industrie in Sicht

Wie verhält es sich mit der Elektrifizierung des Energieeinsatzes im Bereich der Produktion? Politik ebenso wie die Medien und die Öffentlichkeit sollten immer vor Augen behalten: Den großen Teil unseres Wohlstandes in Deutschland verdanken wir dem vergleichsweise hohen Anteil, den die Industrieproduktion hierzulande zum Bruttosozialprodukt beiträgt.

Die Herstellung von Gütern wie Kleidung, Nahrungsmitteln oder Papier kann noch vergleichsweise schnell und auch wirtschaftlich darstellbar elektrifiziert werden. Industrien wie Stahl- und Automobilbau, Chemie-, auch Aluminium-, und Zementindustrie mit ihrem Bedarf an hohen Prozess-Temperaturen unterscheiden sich hingegen grundlegend von Industrien, in denen die Elektrifizierung technisch relativ einfach realisierbar ist. Der Energieeinsatz der energieintensiven Industrie beruht weltweit zur Hälfte auf Öl und Gas, und nach wie vor gibt es zum Beispiel bei der Gewinnung von Eisen, Zement und Stahl hierfür keinen Ersatz. In Deutschland sind es bekanntlich gerade die energieintensiven Industrien, die einen Großteil der Wertschöpfung erwirtschaften und eine große Zahl hochqualifizierter Arbeitsplätze bieten.

Darüber hinaus ist und bleibt Öl auch der Grundstoff zur Gewinnung von Petrochemikalien, aus denen wiederum all die chemischen Produkte gewonnen werden, auf die die Verbraucher schwerlich werden verzichten wollen und können - Kunststoffe, Farben und Lacke, Lösemittel oder zum Beispiel pharmazeutische Produkte.

Wenn die Sektorkopplung und zunehmende Elektrifizierung im Bereich der Industrie also schwer umsetzbar ist, welche Instrumente bieten sich dann aus der Sicht vieler Unternehmen an?

Emissionshandel als marktwirtschaftliches Instrument

Shell hat sich bereits frühzeitig für Emissionshandelssysteme und die Bepreisung von CO₂-Emissionen ausgesprochen. Diese Systeme bieten einen marktwirtschaftlichen Anreiz, um die Erfordernis für „mehr Energie mit gleichzeitig weniger CO₂“ zu adressieren. Sie sind ein Hebel, verstärkt emissionsarme Technologien zu entwickeln und die Energieeffizienz in der Produktion deutlich zu erhöhen sowie die CO₂-Einsparungen dort zu erzielen, wo sie volkswirtschaftlich am günstigsten sind.

Zusammen mit anderen Unternehmen haben wir deshalb eine “Paying for Carbon-Initiative“ ins Leben gerufen. Darin haben wir die Regierungen aufgefordert, Preismechanismen – sofern sie noch nicht existieren -, sowie Rahmenbedingungen zu schaffen, die die nationalen Systeme miteinander verknüpfen. Natürlich weiß ich, dass die Schaffung von globalen CO₂-Handels- und Preismechanismen seine Zeit braucht. Und klar ist ebenfalls, dass wir im Blick behalten müssen, energieintensive Industrien nicht ins Ausland zu verdrängen, wo sie dann – frei von Preis- und Handelsmechanismen – weiter emittieren würden. Aber ich bin überzeugt, dass globale CO₂-Preis-

mechanismen ein sinnvoller Weg sind, das Energiesystem weiter zu dekarbonisieren. Beispielsweise könnten sie helfen, den kohlenstoffintensiven Einsatz von Kohle bei der Stromgewinnung zu reduzieren und stattdessen weitaus emissionsärmere moderne Gaskraftwerke einzusetzen.

Wir bei Shell sind der festen Überzeugung, dass die einzelnen Staaten bei dieser wichtigen Weichenstellung auf Gas setzen sollten. Gaskraftwerke sind flexibler als andere Anlagen; vor allem aber, sie emittieren pro Kilowattstunde nur halb soviel Kohlendioxid wie Kohleanlagen. In einem kohlenstoffärmeren Energiesystem hätten Gaskraftwerke also die Aufgabe, neben der fluktuierenden erneuerbaren Energie die Grundlast für den Industriebedarf zu liefern.

Übrigens: Gas hat hohes Potenzial auch in anderen Energiesektoren – im Wärmesektor ohnehin, aber auch im Mobilitätsbereich.

Eine Art von Hybrid-System aus erneuerbaren Energiequellen und vergleichsweise energiearmem Gas sowie Öl-Anwendungen könnte einen gangbaren Weg darstellen, um den Energiebedarf zu decken. Diese Kombination würde der Bevölkerung der verschiedenen Staaten und Regionen weiterhin mit der benötigten Energieprodukten versorgen, bis die technologischen Herausforderungen gelöst sind, um ein weitgehend carbonarmes Energiesystem zu schaffen.

Zusammenfassung: Eine Liste von Prioritäten

Der Energiebedarf steigt in allen Sektoren an. Weltweit wie auch in Deutschland wird sich das Energiesystem verändern, und es wird zu Übergängen wie auch Ergänzungen konventioneller und neuer, alternativer Technologien untereinander kommen. Beim Vergleich von denkbaren und auch aus Sicht der Kunden und Verbraucher akzeptabler Lösungen ergibt sich für mich eine Art von Prioritäten-Liste von Aktionen, um unser Energiesystem schrittweise zu dekarbonisieren:

Erstens: Wir müssten die Energieeffizienz jährlich um einen Faktor erhöhen, der bislang unerreicht ist.

Zweitens: Der Anteil der Erneuerbaren bei der Energiegewinnung muss ausgebaut werden. Aber nicht alle Bereiche – Beispiel Schwerlast- und Schiffsverkehr – lassen sich auf Erneuerbare umstellen. Konventionelle, fossile Energieträger werden deshalb weiterhin einen sehr signifikanten Teil des Energiebedarfs decken.

Drittens: Durch den Einsatz von mehr Gas statt Kohle im Kraftwerkbereich lassen sich die Emissionen von CO₂ bereits kurzfristig erheblich reduzieren.

Viertens: Auch die Modernisierung von Wohnungen und die Veränderung städtischer Infrastrukturen können erheblich zur Verringerung des Energiebedarfs und damit der Kohlendioxid-Emissionen beitragen.

Fünftens: Auch in einem hocheffizienten Energiesystem, das die Produktion von erneuerbaren Energien ausbaut und auf Sektorenkopplung setzt, werden fossile Brennstoffe eingesetzt. Um die daraus resultierenden Kohlendioxid-Emissionen auszugleichen, werden Länder wie Deutschland nicht um den Einsatz so genannter Ausgleichsmaßnahmen umhinkommen. CCS-Techno-

logie (Carbon Capture and Storage), Aufforstungen zur CO₂-Absorption und ähnliche Maßnahmen können und müssen hierzu Beiträge liefern.

Wichtig ist es, bei den Bestrebungen zur Kopplung der unterschiedlichen Sektoren die Sicht der Kunden und Verbraucher nicht zu vernachlässigen. Sie sind es, die am Schluss alle Maßnahmen bezahlen, entweder direkt oder über Steuern. Investitionen, die sich nicht rentieren, führen im gewerblichen Bereich zu Wettbewerbsverzerrungen, oder werden – so sie als freiwillige Maßnahmen den Privatverbraucher betreffen – bis zum Ultimo hinausgezögert.

Für viele – gerade die gewerblichen Kunden - müssen wir integrierte Energielösungen entwickeln, deren wichtigstes Ziel die größtmögliche Reduktion von CO₂-Emissionen zu vertretbaren Kosten ist. Einige Lösungen werden scheitern, andere werden sich durchsetzen. Wichtigstes Ziel ist nicht die Verengung auf wenige Technologien, sondern eben eine technologieoffene Lösung, die sich im Markt bewährt. Politik, Wirtschaft und Verbraucher müssen deshalb im engen Dialog zur weiteren Gestaltung der Energiewende bleiben, um diese Lösungen zu entwickeln.



Michael Vassiliadis
Vorsitzender des Vorstandes, Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie - IG BCE

Michael Vassiliadis (geb. 1964) absolvierte nach dem Realschulabschluss eine Ausbildung zum Chemielaboranten bei der Bayer AG in Dormagen. 1986 begann er seine hauptamtliche Gewerkschaftstätigkeit als Sekretär der IG Chemie-Papier-Keramik (seit 1997 IG Bergbau, Chemie, Energie) in unterschiedlichen Funktionen. Im März 2004 wurde er als Mitglied in den geschäftsführenden Hauptvorstand gewählt. Im Oktober 2009 wurde er auf dem 4. Ordentlichen Gewerkschaftskongress der IG BCE zum Vorsitzenden gewählt und im Oktober 2013 im Amt bestätigt. Seit Mai 2012 ist Michael Vassiliadis darüber hinaus Präsident des Dachverbands europäischer Industriegewerkschaften „IndustriALL Europe“.

Sektoren übergreifende Energiewende – Gewerkschaftliche Überlegungen

Michael Vassiliadis

Einleitung

Im Zentrum der deutschen Energiewende stand bislang der Ausbau fluktuierender Erneuerbarer Energien. Der öffentliche Fokus lag insofern auf dem Elektrizitätsbereich. Um die Ziele der Energiewende zu erreichen, muss die Umgestaltung des Energiesystems allerdings dringend über den Stromsektor hinaus gedacht werden. Andere Sektoren der Wirtschaft müssen einbezogen werden, technisch, ökonomisch und sozial.

Die Umstellung der Bereiche Strom, Wärme und Mobilität auf treibhausgasärmere Technologien muss insgesamt in den Blick genommen werden. Eine kosteneffiziente Umsetzung innovativer Ansätze kann nur gelingen, wenn weitere Synergien zwischen den Primärenergiesektoren flexibel mittels Kopplung gehoben werden.

Das 2012 von uns initiierte Innovationsforum Energiewende hat von Anfang an auf diese Herausforderungen aufmerksam gemacht. Es bedarf Sektor überschreitender, systemdienlicher Innovationen. Entsprechende Vorschläge wurden im Rahmen unserer Veranstaltungen unterbreitet. Teilweise sind diese Empfehlungen in den Unternehmen als Pilotprojekte oder als „Vorleistungen“ bereits umgesetzt. Es bedarf weiterer Anreize, um diese Innovationen mittels Investitionen voranzubringen.

Ausgewählte Ideen zur Sektorenkopplung

Die Kopplung der Bereiche Strom, Wärme und Mobilität ist an sich keine neue Idee. In begrenztem Umfang kommen sie bereits seit Jahren zur Anwendung.

- Die Kraft-Wärme-Kopplung ist eine seit langem eingesetzte Technologie, um effizient gleichzeitig Strom und (Prozess-)Wärme zu erzeugen, die in der chemischen Industrie weit verbreitet ist.
- Im Verkehrsbereich wird Strom als Energieträger seit Jahrzehnten insbesondere im Nah- und Fernschienenverkehr genutzt.
- In geringem Umfang kommen Batterie- oder gasbetriebene Kraftfahrzeuge zum Einsatz.
- Auch Stromspeicherheizungen können unter dem Stichwort Sektorenkopplung verbucht werden. Sie trugen dazu bei, nachts die Grundlasten zu nutzen und haben eine Zukunft als „power-to-heat“, um fluktuierende Einspeisung erneuerbarer Energien auszugleichen.

Nicht zu vergessen sind Flexibilitäts- bzw. Lastmanagementaktivitäten in energieintensiven Unternehmen. Hier findet eine Verbindung des Stromerzeugungsbereichs mit industriellen Verbrauchssektoren statt, welches heutzutage mittels

neuartiger IT-Strukturen optimiert wird. Im Unterschied zu anderen Kopplungstechnologien ist diese Verknüpfung gegenwärtig teilweise bereits reguliert.

Im Rahmen der Energiewende wurden bislang vorrangig die beiden Strategien Ausbau Erneuerbarer Energien sowie die Steigerung der Energieeffizienz verfolgt.

Dabei kam der **Einsatz erneuerbarer Energien** im Strombereich schnell voran.

- Deren Anteil lag 2015 bei ungefähr einem Drittel der Stromerzeugung.
- Demgegenüber ist die Nutzung erneuerbarer Energieträger in anderen Bereichen gering geblieben. Obwohl beide Sektoren über 80 Prozent des gesamten Endenergieverbrauchs auf sich vereinen, liegt der Einsatz erneuerbarer Energieträger im Wärmebereich nur bei 12 % sowie im Verkehrsbereich nur bei 5 % des Bruttoendenergieverbrauchs.
- Insgesamt erreichen die Erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch infolgedessen nur einen Anteil von 14 %.

Darüber hinaus wurden insbesondere in der Industrie wesentliche **Energieeffizienzen** erschlossen. Internationale Vergleichsstudien bescheinigen deutschen Unternehmen, dass sie zu den energieeffizientesten weltweit zählen. In Sachen Energieeffizienz ist die deutsche bzw. europäische Industrie Wettbewerbern um Jahre voraus.

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie hat zur Erschließung zusätzlicher THG-mindernder Potenziale und somit zur Weiterentwicklung der Energiewende kürzlich eine Priorisierung der politischen Strategien vorgenommen. Der sog. „Dreiklang der Energiewende“ gibt folgende Grundsätze vor (BMWi, Grünbuch Energieeffizienz, Berlin Sept. 2016 sowie BMWi, Impulspapier Strom 2030, Berlin Sept. 2016):

- Zunächst soll das Prinzip Energieeinsparungen („efficiency first“) verfolgt werden.
- Zweitens ist der erneuerbar erzeugte Strom direkt zu nutzen.
- Und drittens – quasi als letzte Option - wird auf Umwandlungsprozesse für die Sektorenkopplung gesetzt.

Hintergrund ist, dass die ersten beiden Strategien inzwischen an Grenzen stoßen: „Allein durch Effizienzmaßnahmen und den direkten Einsatz erneuerbarer Energien in den einzelnen Sektoren lassen sich nach heutigem Kenntnisstand die jeweiligen Sektoren nicht dekarbonisieren.“ (BMWi, Grünbuch Energieeffizienz, 2016, S. 25) Folglich soll der Energiebedarf, der aus volkswirtschaftlichen oder anderen Gründen trotz Effizienzmaßnahmen und der direkten Nutzung erneuerbarer Energien verbleibt, laut Wirtschaftsministerium mittels Strom aus Wind und Sonne abgedeckt werden.

Dieses soll vorrangig durch Technologien geschehen, „die mit wenig Strom viele fossile Brennstoffe ersetzen (zum Beispiel in Wärmepumpen und elektrischen Fahrzeugen) oder ihn in andere Energieträger wie Wasserstoff (Power-to-Gas) umwandeln.“ (Quelle: BMWi, Impulspapier S.7)

Mit anderen Worten: Sektorenkopplung wird im Sinne des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie vorrangig aus der Sicht der erneuerbaren Energiequellen gedacht und soll entsprechend vorangebracht werden. Dieser Ansatz setzt eine große Menge an nutzbarem Strom voraus. Sektorenkopplung als Grundlage zur Treibhausgas-Emissionsminderung ist folglich deutlich mehr als die reine Nutzung von „Überschussstrom“.

Auch die Stiftung Umweltenergierecht hat sich 2016 dem Thema angenommen. Sie sieht insbesondere **5 Impulse**, um die Sektorenkopplung voranzubringen:

- Es müsste eine Differenzierung zwischen Wärme- und Verkehrssektor erfolgen; konzentriert werden soll sich auf sog. effiziente Schlüsseltechnologien
- Die Hauptthemnisse für elektrische Wärmeerzeugung sind zu beseitigen, v.a. die Letztverbraucher-Regelung
- Die Ungleichbehandlungen bei Energiekosten müssen behoben werden, um den Wettbewerb zu verbessern (fossile Energieträger vs. EE-Strom)
- Flexible Stromverbraucher sind als zuschaltbare Lasten zu aktivieren
- Der Primärenergiefaktor von Strom für zentrale und dezentrale Wärmeanwendungen ist anzupassen.

Bei beiden beschriebenen **Ansätzen** ist vor allem Folgendes kritisch anzumerken.

Erstens werden als Ausgangspunkt der Betrachtungen für Sektorenkopplung ausschließlich die Erneuerbaren Energien gewählt. Angesichts der in Deutschland gut ausgebauten Strom- und Gasnetze sowie der IT-Infrastruktur und regionaler Wärmenetze könnte die Verknüpfung von Bereichen auch von der Infrastruktur aus gedacht werden (vgl. ASUE/DVGW, Energiewende neu Denken. Impulspapier Sektorenkopplung, 2016). Insbesondere das Gasnetz mit seinen ca. 510.000 Kilometern Leitungslänge und angeschlossenen Speichern kann die mittel – bis langfristig zwingend erforderliche Funktion saisonaler Speicher übernehmen.

Ich meine, dass die Nutzung sowohl der Strom- als auch der Gasinfrastrukturen zumindest mittelfristig effizienter als nur die Nutzung der Strominfrastruktur sein wird. Die Gasnetze könnten genutzt werden, um chemische Grundstoffe, gasförmige Energieträger und Kraftstoffe ans Ziel zu bringen, die mittels Power-to-X-Verfahren hergestellt wurden. Energiespeicher werden eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung Treibhausgas-ärmerer Energie- und Wirtschaftssysteme spielen.

Zweitens könnte eine neue Wertschöpfungskette mit CO₂ als Ausgangsstoff zur Synthese energiereicher Chemikalien entwickelt werden. Dieses ist u.a. Ziel des Power-to-X-Stranges im Kopernikus-Forschungsprogramm. Dieser sog. Carbon, Capture, Utilisation and Storage-Technologien wird ein bedeutender CO₂-Minderungsbeitrag zugeschrieben. Für die meisten energieintensiven Optionen bestehen derzeit nur wenige Alternativen, mit denen eine weitgehende Minderung der THG-Emissionen erreicht werden kann. Technologieoffene Sektorenkopplung bedeutet, auch diese Bereiche mit zu denken und weiter zu entwickeln.

Drittens findet eine Vorab-Bewertung oder Festlegung auf sog. effiziente Kopplungs- sowie auf besonders THG-Emissionen vermeidende Schlüsseltechnologien statt. Welche Technologien genau damit gemeint sind und wann diese zum Einsatz kommen, bleibt indes unbestimmt. Die „politische“ Setzung trifft allerdings auf gravierende Herausforderungen in der wirtschaftlichen Praxis. Bislang sind Preise Maßstab für Warenaustausch und Investitionen. In weiten Teilen der Wirtschaft ist das Europäische Emissionszertifikate-Handelssystem preissetzend und soll es auch nach dem Willen der Bundesregierung zukünftig bleiben. Des Weiteren wird Strom anhand der Börse im Rahmen der merit-order bewertet. THG-Minderungspotenziale und Preise bzw. Preissignale sind jedoch keineswegs identisch. An dieser Stelle findet folglich argumentativ eine Ebenen-Verschiebung statt. Es bleibt zu klären, wie die Steuerung der Sektorenkopplung nicht normativ, sondern technologieoffen und wirtschaftlich effizient in der Praxis erfolgen kann.

Viertens wird in diesem Kontext der regionale Aspekt des sog. „EE-Überschusstroms“ unzureichend reflektiert. Vielleicht fallen EE-Überschüsse örtlich dort an, wo wenig Nachfrage nach Wärme, aber große Potenziale z.B. nach regenerativ erzeugtem Wasserstoff oder Liquefied Natural Gas (LNG) für den Fahrzeug-, Schiffs- und Flugverkehr besteht. Folglich könnte eine andere Kopplungsform als die oben skizzierte Wärmeschiene in bestimmten Gebieten ebenfalls erfolgversprechend und effizient sein. Hier bedarf es nach Auffassung der IG BCE detaillierter regionaler Abschätzungen und Potenzialuntersuchungen.

Fünftens sollen die Haupthemmnisse, also v.a. die Letztverbraucherregelungen für Wärme, geändert werden. Richtig ist, dass bei einem systemübergreifenden Ansatz die regulatorischen Rahmenbedingungen in den jeweiligen Sektoren betrachtet werden müssen. Bislang sind die größtenteils getrennten Märkte und Infrastrukturen für Strom, Gas und Wärme mit jeweils eigenen gesetzlichen Regelungen, Umlagen und Preissystemen ausgestattet. Um einen fairen Wettbewerb und einen flexiblen Einsatz der verschiedenen Energieträger in den unterschiedlichen Nutzungsbereichen zu ermöglichen, halte ich einen diskriminierungsfreien, technologieoffenen Systemansatz für unerlässlich.

Sechstens ist es richtig, Flexibilitätspotenziale auf freiwilliger Basis bei energieintensiven Unternehmen zu aktivieren. Im regulatorischen Rahmen muss dieses unbedingt berücksichtigt werden. Allerdings könnte der Einbezug von Flexibilitätspotenzialen zu anderen Bewertungen der Effizienz miteinander im Wettbewerb stehender Technologien führen. Hier bedarf es systemischer Lösungsansätze.

Siebtens bleibt die zeitliche Dimension der Sektorenkopplung wichtig. Sollte bereits im Rahmen des jetzigen, fossil dominierten Strom-Mixes eine Elektrifizierung vorangetrieben werden und Technologien wie Power-to-Heat, die Elektromobilität oder Upstream-Emissionsreduktionsansätze in das System integriert werden? Oder bedarf es erst eines größeren „Über“-Angebots von Strom aus Erneuerbaren Energien, das in ausreichendem Maß wirtschaftlich am Markt zur Verfügung steht und nicht wie heute subventioniert werden muss?

Achtens wäre zudem eine Einschätzung des Zustands der Volkswirtschaft insgesamt notwendig, d.h. ob sich die Ökonomie im Gleichgewicht oder in einer Rezession befindet. Industriepolitische Eingriffe haben in unterschiedlichen Konjunkturphasen unterschiedliche Wirkungen und sollten vorab genaueren auf ökonomische, soziale und ökologische Folgen analysiert werden (Cambridge Economics 2016). Bestimmte Anreize wirken eher in Boomphasen, andere eher in Rezessionszeiten.

Politische Konsequenzen aus gewerkschaftlicher Sicht

Die IG BCE plädiert für wirklich technologieoffene Ansätze zur Weiterentwicklung der Energiewende, die kurzfristig an industriellen Strukturen ansetzen und dabei die mittel- und langfristige Perspektive nicht vernachlässigen.

Damit es nicht nur bei schönen Visionen bleibt, müssen wir bereits heute aktiv werden anstatt technologische Entwicklungen auf die lange Bank zu schieben.

Im Innovationsforum Energiewende e. V. haben wir entsprechend gehandelt. Unter dem Motto „Gemeinsam fürs Ganze – Vorrang für Speicher und Netze“ haben wir dieses Jahr eine Informationskampagne durchgeführt. Konkret geht es dabei um den Ausbau von erneuerbaren Energieanlagen im Zusammenspiel mit Netzen und Speichern sowie fossilen Back-Up-Kapazitäten.

Bereits in den vorangegangenen Jahren wurden im Rahmen unserer Veranstaltungen des Öfteren Pilotprojekte und Feldversuche zu Fragen der Sektorenkopplung wie Power-to-heat oder Power-to-X diskutiert (vgl. <http://www.innovationsforum-energiewende.de/innovationen/>).

Dahinter steht die größere Frage nach einer Strategie für die Energiewende. Wir haben uns dafür entschieden, gemeinsam dieses Ziel zu verfolgen.

Denn uns geht es:

- Um die Zusammenarbeit der unterschiedlichen Akteure über die klassischen Branchengrenzen hinweg
- Um die Kooperation von Gewerkschaft, Vorständen und Betriebsräten
- Um das Verständnis der Energiewende als ein gesellschaftliches Gemeinschaftswerk sowie
- Um den Einsatz für den Erhalt und die Weiterentwicklung integrierter Wertschöpfungsketten.

Deutschland hat positive Erfahrungen mit einem Mix an Energieträgern gemacht. Es liegen Erfahrungen mit Technologieoffenheit vor, so dass kurz- und mittelfristig Ziele und Umstrukturierungen erfolgen konnten.

Neben Innovationen bei Einzeltechnologien stehen nun die Weiterentwicklung des Gesamtsystems und dessen bessere Integration im Zentrum. Das Zusammenspiel von Erzeugungs- und Lastmanagement, die Verknüpfung der Energienetze (Strom, Wärme, Gas) sowie die Integration von Speichern chemischer Energieträger (Gas, Wasserstoff usw.) rücken die Systemtechnik

deutlich stärker in den Fokus als bisher. Die Digitalisierung leistet erheblich Beiträge zur Synchronisation von Angebot und Nachfrage.

Da der systemintegrierte Ansatz der kosteneffiziente ist, kommen nach Ansicht der IG BCE künftig Systemdienstleistungen entscheidende Rollen zu.

Die Sektorenkopplung müsste mittels marktlicher Prozesse gestaltet sowie um forschungs- und industriepolitischer Ansätze ergänzt werden. Folglich sollte Forschung nicht nur pfadabhängig definiert werden, sondern auch Nebenbereiche mit einbeziehen und unterstützen.

Ohne EEG-Umlage sind Power-to-X-Konzepte bereits heute teilweise wirtschaftlich umsetzbar; allerdings abhängig von der regulatorischen Gestaltung anderer Rahmenbedingungen etwa im Verkehrsbereich. Deshalb sind systemische Lösungen gefragt. Entscheidend ist die Frage, wie wir dabei Sektorenkopplung preislich sichtbar machen.

Entsprechend der starken industriellen Kompetenz und außenwirtschaftlichen Verflechtung der Volkswirtschaft sollten Ansätze der Sektorenkopplung verstärkt in die globale Entwicklung der Energie- und Wirtschaftssysteme einbezogen werden. Der Anschluss an technologische internationale Entwicklungen ist wesentlich für das Gelingen der deutschen Energiewende. Technologieverbote sind oftmals Modernisierungsverbote und damit Effizienzkiller.

Deutschland kann und sollte mit Innovationen effiziente energie- und klimapolitische Lösungen entwickeln und anbieten. Diese Aktivitäten sind wichtig für zukünftigen Wohlstand und die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen – und somit für die Sicherung der Beschäftigung. Innovationen sind indes mit Anlaufkosten und Umstellungen verbunden – zudem brauchen sie Aussicht auf Wirtschaftlichkeit. Die neue Phase der Energiewende braucht ein die Wertschöpfungsstufen übergreifendes Denken und Handeln, von Verbrauchern und Erzeugern, Werkstoffproduzenten und Landwirten, Handwerkern und Händlern. Neben verlässlichen Rahmenbedingungen ist ein investitionsfreundliches Umfeld Basis für Innovationen.



Prof. Dr. Ulrich Wagner
Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik,
Technische Universität München

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Wagner studierte von 1976 bis 1981 in Bogotá und an der Technischen Universität (TU) München Elektrotechnik. Er promovierte an der TU München zum Thema „Energieausbeute von Traktionsbatterien“.
Von 1987 bis 1995 war er Geschäftsführer der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. Seit 1995 ist Herr Wagner Wissenschaftlicher Leiter dieser Organisation. Darüber hinaus war er von 1988 bis 1995 Lehrbeauftragter an der TU München in den Bereichen „Lastoptimierung und Energiespeicherung“ sowie „Elektrischer Straßenverkehr“. Seit 1995 ist er Ordinarius am Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik der TU München. Von 2010 bis 2015 war er dort beurlaubt und als Vorstand für Energie und Verkehr im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt tätig. Herr Wagner ist Mitglied in zahlreichen Gremien, z.B. im Forum für Zukunftsenergien, Bayerische Akademie der Wissenschaften und acatech.



Dr.-Ing. Serafin von Roon
Geschäftsführer, Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH

Serafin von Roon (1975) ist seit 2011 Geschäftsführer der Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH in München.

Er studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der TU München und arbeitete anschließend als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. 2012 promovierte er an der TU München zu dem Thema „Auswirkungen von Prognosefehlern auf die Vermarktung von Windstrom“. Serafin von Roon war 2014-2015 Lehrbeauftragter der FH Kufstein und ist seit 2016 Lehrbeauftragter der TU München. Darüber hinaus engagiert er sich in nationalen und internationalen Arbeitsgruppen wie z.B. vom VDE, Acatech und der internationalen Energieagentur. Seine Tätigkeitsschwerpunkte sind energiewirtschaftliche System- und Marktanalysen, Lastflexibilisierung in der Industrie, Geschäftsmodellentwicklung sowie regionales und industrielles Energiemanagement.

Elektrifizierung des Endenergieverbrauchs – Motivation und Herausforderungen

Prof. Dr. Ulrich Wagner & Dr.-Ing. Serafin von Roon

Durch das Klimaabkommen von Paris (COP21) im Dezember 2015 wurde die Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 °C, im Vergleich zur Durchschnittstemperatur vor der Industrialisierung offizielles Ziel Deutschlands [1]. Grundsätzlich kann das Ziel der dafür notwendigen Dekarbonisierung durch drei mögliche Strategien erreicht werden, wie aus Abbildung 1 ersichtlich.

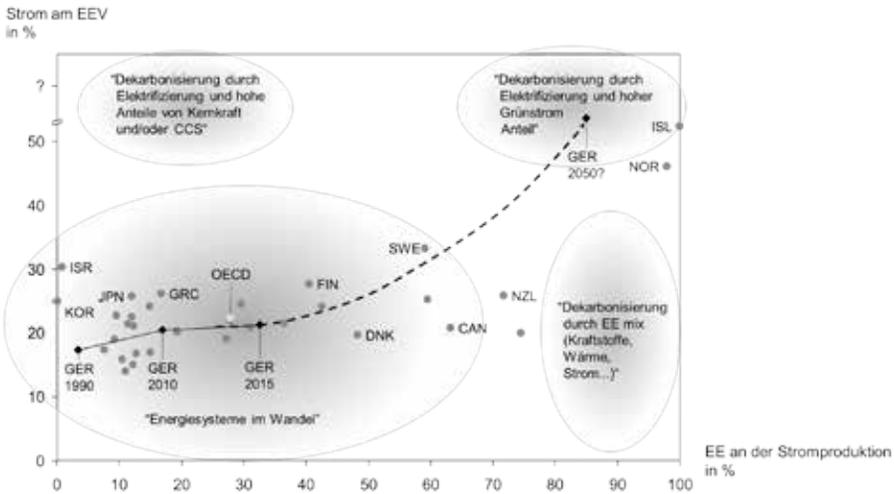


Abb. 1: OECD Länder auf dem Weg zur Elektrifizierung [2]

Da der Atomausstieg bis 2022 beschlossen ist und die Carbon Capture and Storage (CCS) in Deutschland vorerst nicht zum Zuge kommen wird, muss der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch bis 2050 auf 60 % steigen, um die Ziele der Bundesregierung bei der Reduktion der Treibhausgase (THG) um 80 % realisieren zu können [3]. Dieses Reduktionsziel ist voraussichtlich zur Erreichung der COP21-Ziele noch nicht einmal ausreichend. Bei isolierter Betrachtung der energiewirtschaftlichen Sektoren Strom, Wärme und Verkehr ist eine Minderung der CO₂-Emissionen durch eine Kombination aus Effizienzmaßnahmen und einen vermehrten Einsatz von erneuerbaren Energien zu erreichen. Abbildung 2 zeigt, dass der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch in den Wärme- und Verkehrssektoren stagniert, während im Stromsektor der Ausbau der erneuerbaren Energien kontinuierlich gesteigert werden kann und somit in diesem Sektor eine Zielerreichung als machbar erscheint.

Der Schluss liegt nahe, bei hohen Anteilen von erneuerbaren Energien im Stromerzeugungsmix mit diesem Strom fossile Energieträger im Endenergiemix der Sektoren Wärme und Verkehr zu substituieren und somit zu einer Dekarbonisierung auch in diesen Sektoren beizutragen. Im Diskussionspapier

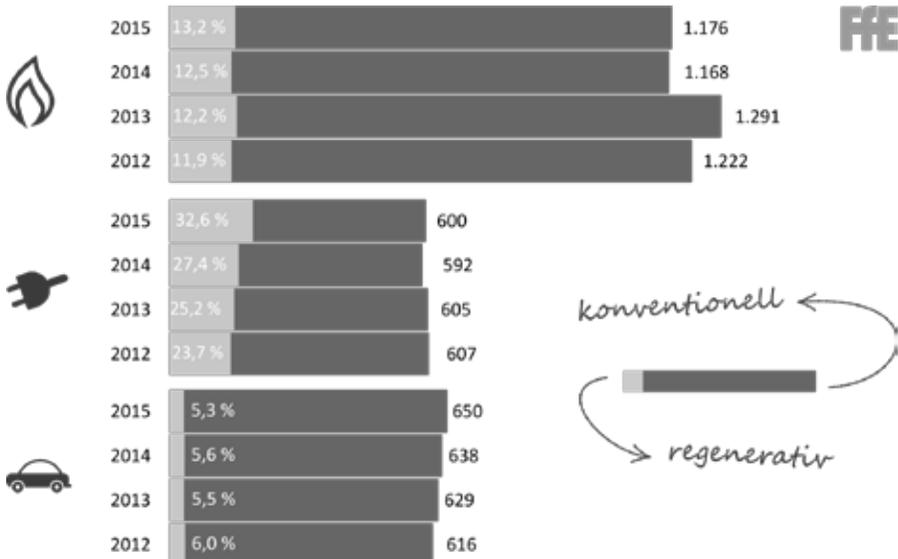


Abb. 2: Anteile der Erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch für die Sektoren Strom, Wärme und Verkehr in TWh von 2012 bis 2015 [4, 5]

„Grünbuch Energieeffizienz“ vom August 2016 greift das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) diese Strategie auf: „Um die Dekarbonisierung (...) zu erreichen, ist der Einsatz von erneuerbarem Strom in allen Sektoren notwendig“ [6]. Dies kann durch Methoden der Sektorkopplung wie z. B. die Elektrifizierung von Endverbrauchern oder Power-to-Gas (PtG) erreicht werden. In dem Projekt Merit-Order der Energiespeicher 2030 [7] konnte gezeigt werden, dass bevor Power-to-gas zum Einsatz kommt erst noch eine Vielzahl anderer Maßnahmen zum Zuge kommt, wenn die Zielfunktion die Minimierung der Kosten ist. Da die elektrische Sektorkopplung zu einer Erhöhung des Stromverbrauchs führt, entsteht ein direkter Konflikt zum Ziel der Bundesregierung, bis 2050 den Bruttostromverbrauch um 25 % gegenüber 2005 zu senken [3, 8]. Um diesen Widerspruch aufzulösen wurde in [9] vorgeschlagen, in der Diskussion geeigneter Ziele zur Entwicklung des Stromverbrauchs zwischen herkömmlichen Stromverbrauch und Koppelstrom zu unterscheiden. Eine Elektrifizierung des Endenergieverbrauchs ist allerdings keine vollkommen neue Strategie, wie auch die Beispiele Norwegen und Island in Abbildung 1 zeigen. Neben der Dekarbonisierung kann die Erhöhung des Anteils von Strom am Endenergieverbrauch auch die folgenden Ziele verfolgen:

1. Erhöhung der Effizienz der Endenergieanwendungen (z.B. Einsatz von Wärmepumpen)
2. Steigerung der Flexibilität im Stromerzeugungssystem (z.B. Einsatz von Power-to-Heat in Fernwärmenetzen nach § 13 Abs. 6a EnWG (Entwurf) zur Förderung des Einbaus von PtH Modulen in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen)

3. Senkung der Importabhängigkeit (z.B. ursprünglich die von Better Place verfolgte Elektromobilitätsstrategie in Israel)
4. Senkung der lokalen Emissionen (z.B. das Verbot von verbrennungsmotorisch betriebenen Zweirädern in chinesischen Metropolen)
5. Senkung der Gesamtkosten der Energiebereitstellung (z.B. in Norwegen, wo aufgrund günstiger Bedingungen für Wasserkraft sehr geringe Stromgestehungskosten bestehen)

Hieraus ergibt sich, dass im Zuge einer Elektrifizierung zunächst Maßnahmen ergriffen werden sollten, die mehrere der aufgeführten Vorteile in sich vereinen. Hierbei ist vor Allem der Einsatz von Effizienztechnologien wie Wärmepumpen im Wärmesektor und Elektromobilität im Straßenverkehr hervorzuheben, da beim Austausch von konventionellen Techniken durch diese Effizienztechniken der Endenergieverbrauch bereits erheblich gesenkt wird. Ein weiterer Vorteil ist, dass gerade Power-to-Heat und Elektromobilität dem Stromversorgungssystem zusätzliche Flexibilität bereitstellen, die es wiederum erleichtert die hohen Anteile fluktuierender Erzeugung besser zu integrieren. In [7] wurde beispielsweise gezeigt, dass bis 2030 neben der Lastflexibilisierung in der Industrie Power-to-Heat der günstigste Weg ist, im Stromerzeugungssystem die notwendige Flexibilität bereitzustellen.

Kritisch wird häufig angemerkt, dass bei einem bestehenden Kraftwerkspark zusätzlicher Stromverbrauch zunächst durch die konventionellen Kraftwerke gedeckt wird und dies somit i.d.R. zu höheren CO₂-Emissionen der Stromerzeugung führt. Da die durch den Koppelstrom verdrängten Energieträger im Wärme- und Verkehrssektor allerdings nicht dem EU ETS unterliegen, müssen die zusätzlichen CO₂-Emissionen des dem ETS unterliegenden Kraftwerksparks an anderer Stelle wieder eingespart werden, da eine Obergrenze der CO₂-Emissionen im Bereich der Kraftwerke definiert ist.

Bei den Herausforderungen, die sich durch eine verstärkte Elektrifizierung ergeben, kann zwischen der Anwenderseite und dem Elektrizitätsversorgungssystem unterschieden werden.

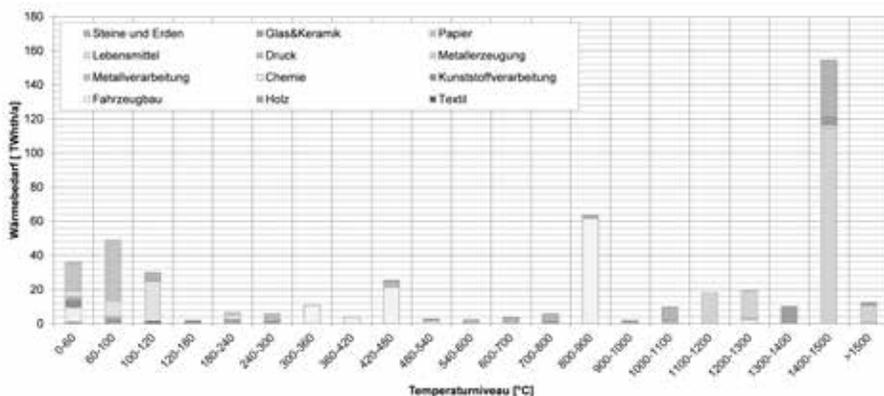


Abb. 3: Industrieller Prozesswärmebedarf nach Temperaturniveau [10]

Dem Wärmeverbrauch kann in Deutschland die Hälfte des Endenergieverbrauchs zugeschrieben werden (vgl. Abb. 2). Hiervon haben wiederum Haushalte und Industrie jeweils einen Anteil von etwa 40 % (Basis 2014). Hierbei ist allerdings zu beachten, dass in der Industrie 90 % auf Prozesswärme entfällt. Wie in [Abbildung 3](#) zu erkennen ist, entfällt ein Großteil des Wärmeverbrauchs auf Temperaturniveaus deutlich über 100 °C. Dieser Umstand reduziert deutlich die Einsatzmöglichkeiten der Wärmepumpentechnik wie [Abbildung 4](#) verdeutlicht.

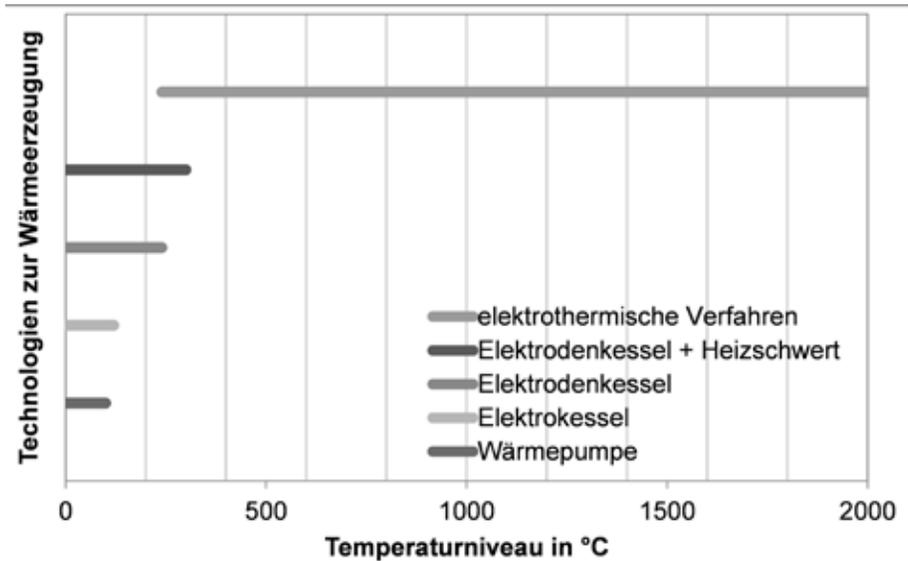


Abb. 4: Einsatzmöglichkeiten elektrischer Wärmeerzeugungstechnologien nach Temperaturniveau [10]

Weitere Aspekte können das Potenzial zur Elektrifizierung einschränken. Der Brennstoff wird als Rohstoff für die Reaktion benötigt, wie es beispielsweise bei der Koksherstellung (Redoxreaktion) der Fall ist. Die Elektrifizierung einzelner Verfahren ist mit einem Umstieg auf ein anderes, strombasiertes Verfahren verbunden und hätte einen Anlagenneubau zur Folge. Beispielsweise ist hier die Rohstahlerzeugung im Hochofen zu nennen. Stahl mit gleicher Qualität wie im Hochofen kann prinzipiell auch im Lichtbogenofen erzeugt werden. Allerdings ist die Vorschaltung einer Direktreduktionsanlage zur Eisenschwammerzeugung oder die Verwendung von Stahlschrott notwendig. Zudem wäre ein Anlagenneubau mit sehr hohen Investitionen verbunden. Das führt jedoch dazu, dass diese Prozesse in der Praxis kein Elektrifizierungspotenzial aufweisen. In [10] werden daher die Prozesse Koksherstellung, Stahlerzeugung im Hochofen, Primärkupferherstellung, Glaserzeugung und einzelne Prozesse der Grundstoffchemie wie die Methan- und Ammoniakproduktion für das praktische Elektrifizierungspotenzial ausgeschlossen. Somit verbleibt ein Elektrifizierungspotenzial von 180 TWh/a was lediglich 13 % des industriellen Endenergieverbrauchs für

Prozesswärme ausmacht. Die größte Herausforderung aus Anwendersicht sind jedoch sicherlich die damit verbundenen Kosten. Abbildung 5 zeigt die Merit-Order der Elektrifizierung. Das heißt auf der Abszisse ist das energetische Elektrifizierungspotenzial aufgetragen und auf der Ordinate die dazugehörigen Kosten, die dem Anwender im Falle einer Umstellung im Vergleich zu einer gängigen fossilen Referenztechnologie entstehen. Hierbei sind sowohl die notwendigen Investitionen als auch die variablen Kosten berücksichtigt (aktuelle Energiepreise in den jeweiligen Sektoren). Kosten mit einem positiven Vorzeichen bedeuten, dass dem Anwender Mehrkosten durch den Endenergiewechsel entstehen.

Spezifische Differenzkosten der Elektrifizierung
[ct/kWh]

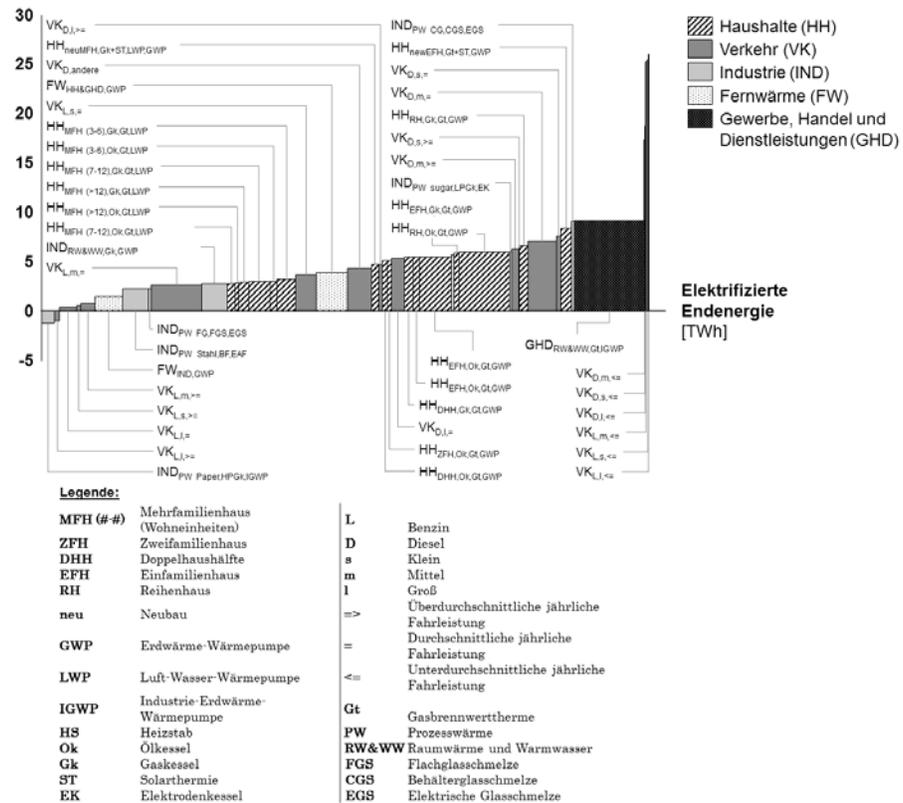


Abb. 5: Merit Order der Elektrifizierung 2050 [2]

Es wird deutlich, dass bei den bestehenden Strompreisen eine aus Anwendersicht getriebene Elektrifizierung aus wirtschaftlichen Gründen nicht zu erwarten ist. Hierzu müssten Verbraucherpreise für Strom noch deutlich sinken. In Bereichen mit besonders hohen Umstellungskosten ist wohl auch in diesem Fall nicht mit einer Umstellung zu rechnen und im Falle einer voll-

ständigen Dekarbonisierung ist hier alternativ ein Einsatz von erneuerbaren Brennstoffen zu prüfen.

Für eine Elektrifizierung ist zudem die Akzeptanz für die Umsetzung bei den Anwendern zwingend notwendig. Hierbei hat sich in der Vergangenheit gezeigt, dass gerade hieran häufig die Umsetzung der gesteckten politischen Ziele gescheitert ist, wie z.B. bislang die energetische Sanierung des Gebäudebestands. Ein weiteres Beispiel ist die mangelnde Umsetzung von Effizienzmaßnahmen in der Industrie trotz hoher Renditen, da die Prioritäten in der Industrie häufig in anderen Bereichen liegen.

Als noch größere Herausforderung einer hohen Elektrifizierungsrate können die damit notwendigen Änderungen des Elektrizitätsversorgungssystems sein. Für eine erfolgreiche Dekarbonisierung des Energiesystems müsste der Ausbau der erneuerbaren Energien (und der Netze) entsprechend Schritt halten. In Deutschland erfolgt der weitere Ausbau vor allem durch Windkraft und Photovoltaik. Eine einfache Abschätzung soll die Herausforderung verdeutlichen. Selbst unter der Annahme, dass neue Windkraftanlagen auf 4.000 Vollbenutzungsstunden kommen und PV-Anlagen weiterhin etwa 1.000 Vollbenutzungsstunden haben, müsste bei gleichbleibendem energetischem Mix aus Windkraft und Photovoltaik für die Umstellung der bis dato noch nicht mit erneuerbaren Energien bereitgestellten Stromerzeugung die Leistung der Windkraft zusätzlich um den Faktor 3,6 und die Photovoltaik zusätzlich um den Faktor 1,6 ausgebaut werden. Hierbei ist dann noch nicht der zusätzliche Koppelstrom im Falle einer Elektrifizierung berücksichtigt. Neben den Herausforderungen der Systemintegration der fluktuierenden Erzeugung z.B. durch einen Ausbau von Speichern ist vor allem der damit notwendige Ausbau der Stromnetze als kritisch zu betrachten, da die bisher notwendigen Infrastrukturprojekte bereits auf hohe Akzeptanzprobleme treffen. Diese einfache Rechnung verdeutlicht, dass eine nahezu vollständige Elektrifizierung des Endenergieverbrauchs wohl nicht auf Basis der aktuell favorisierten Techniken der erneuerbaren Energien realisiert werden kann. Auch in diesem Fall kann die Ergänzung mit erneuerbaren Brennstoffen, die zu einem großen Teil importiert werden könnten, eine mögliche Lösung sein.

Eine weitergehende Elektrifizierung der Energieanwendung ist unverzichtbar, da Strom in Deutschland der Energieträger mit dem höchsten Anteil an regenerativen Energien ist und bleiben wird. Das eingangs hervorgehobene funktionierende ETS und der in so einem System an Bedeutung gewinnende Stromaustausch über Ländergrenzen hinweg zeigen zudem, dass die Strategie einer zunehmenden Elektrifizierung des Endenergieverbrauchs zur Dekarbonisierung nur in einem europäischen Rahmen gelingen kann.

Quellen

- [1] Bals, C.; Kreft, S.; Weischer, L.: Wendepunkt auf dem Weg in eine neue Epoche der globalen Klima- und Energiepolitik – Die Ergebnisse des Pariser Klimagipfels COP 21. Bonn: Germanwatch e.V., 2016
- [2] Guminski, A.; von Roon, S.: Transition towards an All-Electric System – A Merit-Order of Electrification. In: The 15th IERE General Meeting & German Forum. Berlin, 2015.
- [3] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Ein gutes Stück Arbeit Energie der Zukunft – Vierter Monitoring-Bericht zur Energiewende. Berlin 2015
- [4] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland – Unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat). Berlin 2016.
- [5] In Anlehnung an: Corradini, R.; Conrad, J.; Samweber, F.: Wärme- und Verkehrswende weiterhin nicht sichtbar. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE), 2016. URL: <https://www.ffe.de/publikationen/609> (besucht am 8.4.2016).
- [6] Grünbuch Energieeffizienz – Diskussionspapier des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2016.
- [7] Pelling, Christoph; Schmid, Tobias; et al.: Merit Order der Energiespeicherung im Jahr 2030 - Teilbericht: Technoökonomische Analyse Funktionaler Energiespeicher. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE), 2016
- [8] Bradshaw, A.; Erdmann, U.; Münch, W.; Pittel, K.; Rehtanz, C.; Sedlbauer, K.; Umbach, E.; Wagner, U.: Priorisierung der Ziele – Zur Lösung des Konflikts zwischen Zielen und Maßnahmen der Energiewende in: Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft. München: Eberhard Umbach, 2015.
- [9] Guminski, Andrej; von Roon, Serafin: Dekarbonisierung des deutschen Energiesystems durch sinkenden oder steigenden Stromverbrauch? in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen (Ausgabe 10/2016) - Zeitschrift für Energiewirtschaft, Recht, Technik und Umwelt. Essen: etv Energieverlag GmbH, 2016. ISSN 0720-6240
- [10] Gruber, Anna; Biedermann, Franziska; von Roon, Serafin: Industrielles Power-to-Heat Potenzial in: Vortrag bei der IEWT 2015 in Wien. München: Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH, 2015



Stefan Wenzel

Minister für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Niedersachsen

Geboren am 5. Mai 1962 in Nakskov / Dänemark, verheiratet, 3 Kinder. Besuch der Grundschule in Resse, Abitur in Mellendorf/Wedemark. Zwei Jahre Beschäftigung als Waldarbeiter und in der Landwirtschaft. Studium der Agrarökonomie an der Georg-August-Universität in Göttingen, einjähriger Aufenthalt in Südamerika, Fraktionsgeschäftsführer im Landkreis Göttingen. Bis 1998 Gesellschafter eines Groß- und Einzelhandels mit Wein aus ökologischem Anbau. Kommunalpolitisch tätig von 1986 bis 2006. Seit 1998 Mitglied des niedersächsischen Landtages. Von 2004 bis zum Jahr 2013 Fraktionsvorsitzender (Grüne). Seit dem 19. Februar 2013 Minister für Umwelt, Energie und Klimaschutz in Niedersachsen.

Wege zur Sektorkopplung rasch beschreiten

Stefan Wenzel

1. Einleitung

Mit dem Klimaschutzabkommen von Paris im Jahre 2015 hat die Weltgemeinschaft die Ziele für den Klimaschutz gesetzt. Zum ersten Mal wurde in einem völkerrechtlichen Abkommen verbindlich vereinbart, die Erderwärmung auf deutlich unter 2°C im Vergleich zur vorindustriellen Zeit zu begrenzen. Die Risiken und Folgen des Klimawandels können aber nur wirksam begrenzt werden, wenn der Anstieg der Erderwärmung nicht mehr als 1,5°C beträgt. Entsprechend gilt es zügig den Treibhausgasausstoß zu minimieren und den Energiesektor weitgehend zu dekarbonisieren. Dabei geht es darum einen ökonomisch und ökologisch effizienten Weg zu finden, mit dem Umwelt- und Klimaschutz, Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit erreicht werden kann.

Die Energiewende fokussiert sich bisher immer noch zu sehr auf den Bereich der Stromerzeugung. Hier sind schon große Erfolge erzielt worden, beispielsweise wurden 2015 in Niedersachsen 40,1 Prozent des Stroms mittels Sonne, Wind, Biomasse und Wasser erzeugt. Zugleich haben aufgrund der Überkapazitäten im fossil-nuklearen Kraftwerksbestand und des starken Ausbaus der Erneuerbaren Energien Maßnahmen des Einspeisemanagements und des Redispatches in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen. Einige Netze in Nord- und Ostdeutschland konnten den Strom nicht jederzeit aufnehmen und nach Süddeutschland weiterleiten, wo er dringend benötigt wird. Demzufolge werden beispielsweise Windkraftanlagen vermehrt abgeregelt, während fossile Kraftwerke zumeist oberhalb des must-run produzieren. Es entstanden dadurch unnötige Kosten. Es blieben auch viel zu oft Stromerzeugungspotentiale aus Erneuerbaren Energien ungenutzt.

Der Ausbau der Stromnetze ist ein wichtiger, im Vergleich zu anderen Maßnahmen kostengünstiger Teil der Energiewende, um die Aufnahmekapazität von Strom aus Erneuerbaren Energien zu erhöhen. Zugleich ist er nicht der einzige Baustein der Energiewende.

Wichtig für die Begrenzung der Erderwärmung ist die gemeinsame Organisation von Klimaschutz und Energieversorgung. Sektorkopplung ist der richtige Lösungsansatz. Eine gemeinsame Vernetzung der bisher noch viel zu oft getrennten Bereiche Strom, Wärme und Verkehr ist daher dringend geboten. Es gilt den Strom, vor allem den überschüssigen Strom, von einem Sektor in den anderen Sektor zu überführen. Erst wenn dieses Ziel erreicht wird, kann von einer gelungenen Energiewende gesprochen werden.

2. Neue Infrastrukturen durch Sektorkopplung

2.1. Speicher

Da die Energienachfrage im Allgemeinen von starken Schwankungen geprägt ist, beruhen alle Energieversorgungssysteme zu jeder Zeit auf dem Prinzip der Energiespeicherung. Das gilt für fossile Energieträger wie Kohle, Erdgas und Erdöl wie auch für regenerative Energien wie Biomasse, solare Energie, Geothermie und heute Wasserstoff. Lediglich die verwendeten Technologien ändern sich. Im aktuellen Energieversorgungssystem speichern wir hauptsächlich noch Primärenergie, während wir in einem künftig auf nahezu ausschließlich erneuerbaren Energien beruhenden Energieversorgungssystem eher Strom, Biogas und auch Wasserstoff oder synthetisches Methan speichern werden.

Ein Energiespeicher beinhaltet immer drei Prozessschritte: Einspeichern (Laden), Speichern und Ausspeichern (Entladen); wobei der primäre Energiespeicher nur einmal geladen und entladen werden kann, wohingegen der sekundäre Energiespeicher sich durch seine Fähigkeit auszeichnet, mehrfach geladen und entladen werden zu können.

Darüber hinaus ist eine Unterscheidung zu treffen zwischen sektoralen Energiespeichern, die rein in einem Energiesektor zum Einsatz kommen. Das Ein- und Ausspeichern erfolgt bidirektional im selben Sektor (Stromspeicher, Wärmespeicher, Kraftstoffspeicher). Sektorübergreifende Energiespeicher können hingegen in einem oder mehreren Energiesektoren zum Einsatz kommen und unidirektional und/oder bidirektional arbeiten. Ein- und Ausspeichern geschieht dabei nicht notwendigerweise im selben Energieanwendungssektor (Power-to-Gas, Power-to Heat, Power-to-Liquid, Elektromobilität).

Ein Sonderfall ist der Gasspeicher der im Prinzip ein sektoraler Speicher ist, der aber in allen Energieanwendungssektoren (Strom, Wärme und Verkehr) zum Einsatz kommen kann.

Hinsichtlich des Speicherbedarfs in einem auf dargebotsabhängigen erneuerbaren Energien basierenden Stromversorgungssystem ist zwischen Kurzzeitspeicherung zum Ausgleich kurzfristiger Schwankungen bei der Nachfrage sowie beim Dargebot der Erneuerbaren Energien (z.B. Tag-/Nacht-Rhythmus) sowie Langzeitspeicherung zur Absicherung gegen Dunkelflauten zu unterscheiden. Speicher können darüber hinaus wichtige Systemdienstleistungen zur Gewährleistung der Netzstabilität übernehmen. Um künftig große Mengen regenerativer Energie speichern zu können, bedarf es zudem entsprechender Infrastrukturen wie z.B. Kavernen zur Speicherung von Gas. Entsprechend gilt es vorhandene Speicher möglichst zu erhalten und im erforderlichen Umfang neue zu schaffen.

2.2. Fern- und Nahwärmenetze

Es ist das erklärte Ziel der Bundesregierung und der Niedersächsischen Landesregierung Energie im Jahr 2050 weitestgehend auf der Basis erneu-

erbarer Energien zur Verfügung zu stellen. Dem aus Wind und PV Anlagen erzeugten Strom kommt dabei eine tragende Rolle zu – insbesondere bei verstärktem Einsatz neuer Technologien im Bereich der Sektor Kopplung.

Schlüsseltechnologien im Wärmebereich werden hier Wärmepumpen im häuslichen Bereich sowie Großwärmepumpen in der Industrie und für Fernwärmenetze sein. Technisches Potential liegt ferner bei der Nutzung von Elektrodenkesseln als Power to Heat Anlagen und in der Nutzung von Abwärme aus der Industrie, beispielsweise als Ersatz für vorhandene Kohlekraftwerke.

Die Erreichung der gesetzten Klimaziele und die Etablierung der Schlüsseltechnologien machen es notwendig, eine langfristige Infrastruktur für die Versorgungssicherheit von erneuerbarer Energie zu schaffen. Hier kommt vorhandenen und neuen Netzen eine zentrale Bedeutung zu. Über Fernwärmenetze wird überschüssige Wärme von Wärme Hot Spots an Wärmesenken geliefert. Die Netze werden bis zum Jahr 2050 einerseits einen Zubau erfahren, andererseits werden vorhandene Wärmenetze transformiert oder ersetzt werden müssen. Wärmenetze alter Prägung zur Nutzung von z.B. Wärme aus Großkraftwerken sind hinsichtlich ihrer Ausdehnung und dem transportierten Temperaturgradienten deutlich größer dimensioniert als die in Zukunft benötigten Netze. Fernwärmenetze der Zukunft werden hinsichtlich ihrer Infrastruktur und des Wärmegrades deutlich kleiner bemessen sein müssen.

Entscheidend für die breite Akzeptanz von Fernwärmenetzen ist jedoch auch die Konkurrenz zu dem örtlichen Gasversorger. Die Zustimmung zum Fernwärmenetz – egal ob im privaten oder im gewerblichen Bereich – wird sich in erster Linie über den Preis definieren. Die Politik ist hier gefragt, einen Ausgleich in der Wettbewerbssituation zwischen Fernwärme aus erneuerbaren Energien, strombasierten Heizungen und Erdgas zu finden.

2.3. Stromnetz/Netzausbau

Langfristig betrachtet kann die Sektorkopplung, zum Beispiel beim Einsatz von Power to X (PtX) dazu beitragen den Stromnetzausbaubedarf zu dämpfen. Bei der Abstimmung der Nutzung der Infrastrukturen und Festlegung des Bedarfs wird es zukünftig erforderlich sein auch die Netzentwicklungspläne Strom und Gas stärker miteinander zu verzahnen. Kurzfristig ist ein planvoller Ausbau der Stromnetze für den Umbau der Stromversorgung auf der Basis von erneuerbaren Energiequellen bei gleichzeitiger Reduzierung der Überkapazitäten bei nuklearen und kohlebefeuerten Kraftwerken dringend erforderlich. Der Abtransport großer Mengen von Windstrom aus Offshorewindkraftanlagen in der Nordsee als auch aus Windkraftanlagen Onshore, der in den Küstenländern Niedersachsens und Schleswig-Holsteins erzeugt wird, erfordert die bauliche Umsetzung und dringende Inbetriebnahme der Netzausbauprojekte aus dem Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG) und dem Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG). Dadurch ist Niedersachsen stärker als jedes andere Bundesland vom Netzausbau im Höchstspannungsbereich und bei den landseitigen Netzanbindungen von

Offshore-Windparks betroffen. Aktuell befindet sich eine Vielzahl der notwendigen Niedersächsischen Drehstromprojekte in den Genehmigungsverfahren, wobei im vergangenen Jahr 2016 für eine Anzahl von Projekten die Planfeststellungsbeschlüsse erlassen wurden und weitere im Jahr 2017 folgen werden. Niedersachsen erwartet von den Übertragungsnetzbetreibern einen zügigen Bau der bereits genehmigten Projekte und eine rechtzeitige Inbetriebnahme.

2.4. Flexibler Lastenausgleich

Die Einspeisung und Weiterleitung von Strom aus volatiler Erzeugung erfordert ein leistungsfähiges und sicheres Stromversorgungssystem. Dazu ist es notwendig auch die Verbraucherseite mit in das Netzmanagement einzubeziehen. Die Flexibilisierung der Stromnutzung kann somit neben dem Netzausbau zur Netzstabilität und zur Versorgungssicherheit beitragen. Insbesondere Industrie und Gewerbe können hierzu einen wichtigen Beitrag leisten, indem sie Stromlasten, die sich zeitlich verschieben lassen, für verschiedene Anwendungsfälle im Stromversorgungssystem anbieten. Und durch die strombasierte Sektorkopplung können die Flexibilisierungspotentiale sowohl im Bereich der Unternehmen als auch im Bereich der privaten Haushalte noch deutlich erweitert werden.

Zentrale Voraussetzung für ein flexibles und dynamisches Lastmanagement ist jedoch ein intelligentes Energienetz (Smart Grid) mit entsprechender Informations- und Kommunikationstechnologie und einer ganzheitlichen netzebenen-übergreifenden Organisation. Dazu müssen Standards entwickelt werden zur Steuerung von flexiblen Lasten sowie für Anreize zur Flexibilisierung des Strombezugs. Mit dem Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende wurden 2016 die technischen Voraussetzungen für Maßnahmen des Last- und Erzeugungsmanagements für mehr Flexibilität im Stromnetz geschaffen. Damit können zahlreiche Anwendungsfälle im Smart Grid mittels intelligenter Messsysteme bedient werden.

3. Chancen durch Sektorkopplung?

3.1. Wärmemarkt (Power to Heat, Dämmung, KWK-Anlagen)

Mit dem Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz (NAPE) wurden bereits im Dezember 2014 neue Anreize für Effizienzinvestitionen durch eine Vielzahl von Einzelmaßnahmen und weiterführenden Arbeitsprozessen geschaffen. Die ambitionierten Ziele des Energiekonzepts geben aber vor, dass das Tempo weiterhin gesteigert wird und die bestehenden Energieeffizienzpotenziale noch besser genutzt werden müssen. Bereits jetzt muss daher eine weitergehende, mittel- bis langfristige Energieeffizienzstrategie mit einem Zeithorizont bis 2050 definiert werden. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) hat mit dem Grünbuch Energieeffizienz Leitfragen und Thesen zu den zentralen Handlungsfeldern und Herausforderungen für die

langfristige Senkung des Energieverbrauchs formuliert. Zu den wichtigsten fünf Handlungsfeldern zählt auch die Sektorkopplung.

Bis zum Jahr 2050 will die Bundesregierung einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand realisieren. Um dieses Ziel zu erreichen, muss der Anteil der erneuerbaren Energien am Wärmeverbrauch erhöht und der Energiebedarf von Gebäuden verringert werden.

Ohne eine erfolgreiche Energiewende im Wärmesektor ist ein erfolgreicher Klimaschutz in Deutschland daher unmöglich. Die Energiewende erfordert vor allem einen Umbau der Wärmeversorgung und eine deutliche Verringerung des Wärmebedarfs.

Mit 56 Prozent entfällt der größte Anteil des Endenergieverbrauchs in Deutschland auf den Wärmesektor. Auf Raumwärme und Warmwasser entfallen dabei 32 Prozent, auf Prozesswärme 24 Prozent. Der Anteil der erneuerbaren Energien im Wärmemarkt lag dagegen 2015 noch bei etwa 13 Prozent. Das Ziel der Bundesregierung, den Mindestanteil der erneuerbaren Energien am Wärme- und Kältebedarf auf 14 Prozent bis zum Jahr 2020 zu steigern, dürfte daher auch erreicht werden. Doch die langfristigen Ziele sind ambitionierter: Durch eine Kombination aus Energieeinsparung und Einsatz erneuerbarer Energien will die Bundesregierung den Primärenergiebedarf von Gebäuden bis 2050 um rund 80 Prozent gegenüber 2008 senken. Um die ehrgeizigen Ziele des Energiekonzeptes im Gebäudebereich bis 2050 zu erreichen, sind weitere Investitionen in energieeffiziente Sanierung und erneuerbare Wärme notwendig.

Mit der Energieeffizienzstrategie Gebäude hat die Bundesregierung eine Strategie für den Gebäudesektor vorgelegt. Sie integriert den Strom-, Wärme- und Effizienzbereich und schafft damit einen Handlungsrahmen für die Energiewende im Gebäudebereich.

Langfristig ist dann ein deutlich stärkerer Zubau an Wärme aus Erneuerbaren Energien erforderlich. Mit dem bestehenden Instrumentarium werden noch nicht ausreichend Gebäudeeigentümer erreicht und Impulse für energieeffiziente Bauinvestitionen gesetzt. Die bisherigen Anreize schaffen noch keine ausreichende Dynamik, auch im Wärmemarkt auf Erneuerbare umzusteigen. Verschiedene Hemmnisse erschweren die Wärmewende und sie kommt nur schleppend in Gang. Es stellt sich daher die Frage, wie Energieeffizienz und erneuerbare Energien optimal miteinander verbunden werden und wie eine effiziente Sektorkopplung gestaltet werden kann.

Soll die Wärmeversorgung vollständig dekarbonisiert werden, kann künftig nur noch Wärme aus Erneuerbaren Energien genutzt werden. Neben der Biomasse, Solarthermie und Tiefengeothermie sind das Elektrische Wärmepumpen betrieben mit Strom aus erneuerbaren Kraftwerken sowie Gaswärmepumpen betrieben durch Gas, das über Power-to-Gas-Anlagen auf Basis von regenerativ erzeugtem Strom gewonnen wurde. Denkbar ist, die Solarthermie in größeren Einheiten in Nahwärmenetze einzubinden.

Die Ausbaupotenziale für die Deckung der Wärme durch Erneuerbare Energien sind begrenzt. Soll der verbleibende fossile Endenergiebedarf durch Gas-Brennwertkessel oder KWK-Anlagen auf Basis von Gas aus P2G-Anlagen gedeckt werden, wäre zur Erzeugung der benötigten Gasmengen

ein erheblicher zusätzlicher Strombedarf erforderlich. Dieser zusätzliche Strombedarf im Wärmesektor muss durch Effizienzmaßnahmen reduziert werden. Für eine erfolgreiche Dekarbonisierung des Wärmemarktes sind Effizienzmaßnahmen im Gebäudebestand daher die Voraussetzung.

Ein wesentliches Hemmnis für den Einsatz von Erneuerbarem Strom auf Wärme und Verkehr ist die starke Belastung des Strompreises. Klimafreundliche Maßnahmen sind künftig sektorübergreifend zu harmonisieren, um das Missverhältnis bei der Umlage- und Abgabenlast auf dem Strompreis und der Belastung fossiler Energien zu ändern.

3.2. Chancen für die Industrie

Ziele des Energiekonzepts der Bundesregierung sind die Steigerung der erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung auf mind. 80 Prozent bis 2050 und die Reduktion der Treibhausgasemissionen um 80 Prozent bis zum Jahr 2050. Diese Ziele erfordern einen weitgehenden Ersatz fossiler Primärenergieträger durch erneuerbare Energien und eine Effizienzsteigerung in allen Sektoren. Der durch erneuerbare Energien gewonnene Strom wird zum neuen Primärenergieträger.

Im November 2016 veröffentlichte das BMWI eine Energieeffizienzstrategie Gebäude, welche auch die Fragen der Sektor Kopplung von Strom- und Wärme im Gebäudebereich berücksichtigte. Für den Industriebereich steht eine solche Strategie bisher aus.

Eine derartige Strategie für den Industriebereich zu entwickeln, wäre jedoch lohnend. Beim Brennstoffverbrauch – und somit bei der Einsparung von CO₂ Emissionen - der Bereiche Industrie und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen liegt ein erhebliches Einsparpotential vor. Der Brennstoffverbrauch beträgt für den Sektor Industrie immerhin 20 Milliarden Kilowattstunden, für den Sektor Gewerbe Handel und Dienstleistungen 33 Milliarden Kilowattstunden (Quelle Studie "Energieeffizienz: Potentiale, volkswirtschaftliche Effekte und innovative Handlungs- und Förderfelder für die Nationale Klimaschutzinitiative").

Unbeschadet dass auch in der Industrie für Treibhausgaseinsparungen der Grundsatz „efficiency first“ gilt, können diese auch dadurch erreicht werden, dass Strom aus erneuerbaren Quellen mehr und mehr fossile Energieträger ersetzt.

Möglichkeiten für eine verstärkte Sektor Kopplung in der Industrie unter Nutzung von Strom als neuen Primärenergieträger liegen zunächst in der direkten Elektrifizierung bei der Befriedigung des Wärmebedarfs über Power to Heat Anlagen. Das gilt vor allem für Niedertemperaturwärme (Elektrodenkessel, Wärmepumpen) und Prozesswärme. Technisches Potential liegt darüber hinaus in der strombasierten Umwandlung von elektrischer Energie in synthetische Flüssigbrennstoffe über Power to Liquid Anlagen und in synthetisches Methan oder synthetischen Wasserstoff über Power to Gas Anlagen.

Entscheidend für die Marktentwicklung und Akzeptanz der neuen Technologien in der Industrie ist allerdings der Wettbewerb zu den fossilen Kon-

kurrenzenergeträgern. Die praktische Durchsetzung der Dekarbonisierung industrieller Prozesse per Sektor Kopplung hängt in erster Linie vom Strompreis ab. Solange die Gefährdung des Klimas durch CO₂ –Emissionen bei der Preisbildung für Energieverbräuche nur eine untergeordnete oder gar keine Rolle (z. B. im Verkehr) spielt, werden strombasierte Nutzungen ein deutlich höheres Kostenniveau ausweisen als die fossiler Brennstoffe. Die Politik ist hier gefragt, einen Ausgleich in der Wettbewerbssituation zwischen dem Strom aus erneuerbaren Energien und den fossilen Energieträgern zu finden.

Nicht zuletzt setzt eine gelingende Dekarbonisierung industrieller Prozesse Ausbau und Anpassungen im Bereich der Infrastruktur voraus, Stichworte Flexibilität, Versorgungssicherheit und Netze. In diesem umfassenden Innovationsprozess liegt eine große Chance für die deutsche Industrie. Sektorkopplung fordert die Industrie auch auf, neue Technologien und Prozesse zu entwickeln, die den Verbrauch fossiler Energieträger und die Emission von Kohlenstoff in die Atmosphäre minimiert, im Optimum substituiert. Da dies ein weltweit geltendes Erfordernis ist, kann sie so eine Rolle als Technologieführer anstreben und sich für die zukünftigen Herausforderungen an globalen Märkten positionieren.

3.3. Power-to-X

Power-to-X bietet alle Möglichkeiten der Sektorkopplung. Power-to-Heat (Einsatz im Wärmesektor); Power-to-Liquid (Einsatz im Verkehrssektor) und Power-to-Gas.

Dabei bietet Power-to-Gas die größte Anwendungsbreite. Für das Power-to-Gas-Konzept müssen verschiedene Technologien ineinandergreifen. Zu den wichtigsten Verfahren zählen dabei die Elektrolyse und die Methanisierung. Die Wasserelektrolyse zur Erzeugung des Wasserstoffs ist der Kernprozess des Power-to-Gas-Konzepts. Die Wasserstoffherzeugung ist damit ein Baustein der Sektorkopplung Power-to-Gas.

In einem Elektrolyseur wird Strom aus erneuerbaren Energien dazu genutzt, um Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zu zerlegen. Wasserstoff kann bis zur Erreichung der zulässigen Konzentration von derzeit zwei Volumenprozent direkt in die bestehende Erdgasinfrastruktur eingespeist und in dieser gespeichert und verteilt werden. Ebenso ist die direkte Verwendung des Wasserstoffs beispielsweise in industriellen Prozessen möglich.

Der vollständige Prozess Power-to-Gas bedeutet, Strom aus erneuerbaren Energien über Wasserstoff in Methan umzuwandeln. Dabei wird der regenerativ erzeugte Wasserstoff aus der Elektrolyse unter Nutzung von Kohlendioxid in einer nachgeschalteten Methanisierung in Methan überführt. Besonders effizient ist die Kombination eines Elektrolyseurs mit einer Biogasanlage. Auf diese Weise kann der Kohlendioxidanteil des Biogases für die Methanisierung genutzt werden.

Das erneuerbare Gas kann in der Gasinfrastruktur transportiert und gespeichert und anschließend in den verschiedenen Anwendungsbereichen genutzt werden.

Dabei ist nicht nur die Kopplung des Stromsektor mit dem Wärmesektor (Erdgasnutzung zu Wärmeversorgung) sondern auch die Kopplung mit dem Verkehrssektor (Gasfahrzeuge, Brennstoffzellenfahrzeuge) möglich. Bei Bedarf kann das Gas auch wieder verstromt werden. Power-to-Gas ist somit eine sektorübergreifende Systemlösung zur Integration erneuerbarer Energien in das Energiesystem. Damit kann Power-to-Gas dazu beitragen, die CO₂-Emissionen in verschiedenen Verbrauchssektoren zu reduzieren.

Als Stromspeicher kann Power-to-Gas dazu beitragen, die durch Wind- und Sonnenenergie zunehmenden Schwankungen in der Stromerzeugung auszugleichen und nicht direkt in das Stromnetz integrierbaren Strom langfristig nutzbar zu machen.

3.4. Power-to-Chem (Wasserstoff im industriellen Sektor)

Für die Wasserelektrolyse gibt es verschiedene technologische Verfahren, die im Hinblick auf eine Integration in die Systemlösung Power to Gas bzw. bei der direkten Verwendung des Wasserstoffs beispielsweise in industriellen Prozessen weiter optimiert werden müssen.

4. Sektorkopplung im Verkehrsbereich

4.1. Elektromobilität

Die Elektromobilität wird als einer der zentralen Lösungen für eine dekarbonisierte, effiziente und nachhaltige Mobilitätsentwicklung diskutiert.

Abhängig vom jeweiligen Antriebskonzept ergibt sich eine direkte Kopplung zwischen Stromsektor und Verkehrssektor (Elektromobilität) oder eine Kopplung mit dem Zwischenschritt der Wasserstoffherzeugung (Brennstoffzellenmobilität).

Neben der notwendigen Minderung der Treibhausgasemissionen bis 2050 um mindestens 80 Prozent gegenüber 1990, wird für den Verkehrssektor eine Reduktion des Endenergieverbrauchs um rund 40 Prozent bis 2050 gegenüber 2005 angestrebt. Eine zunehmende Elektrifizierung des Straßenverkehrs kann zur Erreichung dieser Ziele beitragen. Da elektrisch betriebene Fahrzeuge gegenüber Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor wesentlich effizienter sind.

Elektrisch betriebene Fahrzeuge haben gegenüber Fahrzeugen mit konventionellem Antrieb weitere Vorteile. Sie stoßen lokal keine Emissionen in Form von Treibhausgasen oder Luftschadstoffen aus und verursachen bei geringen Geschwindigkeiten auch weniger Lärmemissionen.

Zur Ausnutzung der Potenziale der Kopplung zwischen Stromsektor und Verkehrssektor ist es jedoch erforderlich, die Elektrofahrzeuge intelligent in das Energiesystem einzubinden und ausschließlich erneuerbare Energien zur Ladung der Fahrzeuge zu nutzen.

Eine flächendeckende und bedarfsgerechte Infrastruktur zur Erzeugung, Speicherung und Verteilung bestimmt bei allen Kraftstoffoptionen maßgeb-

lich deren Erfolg bei der Durchsetzung. Für die Beladung von Elektrofahrzeugen ergeben sich hier besondere Optionen:

- konventionelles konduktives Laden über Ladesteckdosen und Ladekabel,
- induktives Laden über Ladespulen,
- Batteriewechsel

Bei der Kopplung zwischen Stromsektor und Verkehrssektor ist zur Einbindung von Elektrofahrzeugen in das Energieversorgungssystem zudem die Ladestrategie von großer Bedeutung. Man versteht hier unter dem Begriff "unidirektionales Laden – Grid-to-Vehicle" (gesteuert oder ungesteuert) die Entnahme von elektrischer Energie aus dem Stromnetz und Speicherung im Elektrofahrzeug. Die Zukunft geht hier, insbesondere im nicht öffentlichen und halböffentlichen Raum, hin zum gesteuerten Laden, bei dem ein Steuersignal vorgibt, wann idealer Weise geladen werden soll. Mit dem Ziel, in Zeiten von erhöhter Stromeinspeisung von Erneuerbaren Energien (Wind und PV) zu laden oder bei auftretenden Netzengpässen, die Ladung zeitlich zu verschieben.

Größerer Forschungsbedarf besteht noch im Bereich des bidirektionalen Ladens – Vehicle-to-Grid. Hier ist neben dem herkömmlichen Ladevorgang in die Batterie die Möglichkeit der Rückspeisung von elektrischer Energie aus der Fahrzeugbatterie in das Stromnetz vorgesehen.

4.2. Biokraftstoffe (Biodiesel, Bioethanol, Biokerosin)

Biomasse muss gezielt dort eingesetzt werden, wo sie für das Energiesystem den größten Nutzen bringt und wo deren Substitution durch alternative Dekarbonisierungsoptionen am teuersten wäre.

Daraus ergibt sich für den Verkehrssektor, dass Biomasse zunehmend im Luft-, See- und Schwerlastverkehr genutzt werden sollte, da hier keine kostengünstigen CO₂-neutralen Alternativen verfügbar sind. Erneuerbare Kraftstoffe wie Power-to-Liquids benötigen sehr viel erneuerbaren Strom und sind aus heutiger Sicht noch deutlich teurer als konventionelle Kraftstoffe.

Biokraftstoffe der 1. Generation sollten nur übergangsweise genutzt werden. Es ist jedoch allenfalls ein geringer Anstieg von Biodiesel und Bioethanol zu erwarten, weil Elektromobilität bei PKW und LKW und auch LNG im Schwerlastverkehr künftig günstigere Alternativen sein werden. Mittel- bis langfristig sind Biokraftstoffe der 2. und 3. Generation erforderlich. Sie erschließen eine breitere Biomassebasis und weisen eine hohe Flächeneffizienz auf. Forschung und Entwicklung sind auf diesem Sektor weiter erforderlich.

Bei der Dekarbonisierung des Flugsektors ist eine starke Zunahme der Nutzung von Biokerosin zu erwarten, da Alternativen – wie Brennstoffzellen und Batterien beim Flugverkehr noch nicht marktreif zur Verfügung stehen.

5. Einige notwendige Änderungen der regulatorischen Rahmenbedingungen

Um die Sektorkopplung voranzubringen, bedarf es nicht allein technologischer Entwicklungen und Demonstrationsprojekte. Von wesentlicher Bedeutung sind darüber hinaus konsistente tarifäre und regulatorische Rahmenbedingungen, damit auch adäquate Anreize bestehen, die strombasierte Sektorkopplung tatsächlich vor Ort umzusetzen. Andernfalls werden die privaten Haushalte sowie die Unternehmen davor zurückschrecken, bspw. ein Elektroauto oder eine Wärmepumpe anzuschaffen bzw. in eine Power-to-Heat-Anlage zu investieren. Es bedarf somit eines grundsätzlichen Überdenkens der bislang sehr heterogenen und wenig zielkonformen Ausgestaltung der staatlichen Preisbestandteile in den einzelnen Verbrauchssektoren.

Dies betrifft insbesondere die Verteilung der Förderkosten für erneuerbare Energien und den Emissionshandel. Anhand dieser beiden Instrumente lässt sich besonders prägnant zeigen, dass die bisherige Ausgestaltung eine strombasierte Sektorkopplung ausbremst und nicht unterstützt. So unterliegt bspw. ein Elektroauto dem Emissionshandel, weil im Strompreis im Allgemeinen entsprechende Aufschläge enthalten sind. Ein Auto auf Basis eines Verbrennungsmotors dagegen nicht, weil der Benzin- und Dieserverbrauch bislang nicht in den Emissionshandel integriert ist. Dies gilt auch für die Förderkosten für den Ausbau der erneuerbaren Energien. Das Elektroauto trägt diese anteilig über die EEG-Umlage, das Auto auf Basis eines Verbrennungsmotors dagegen nicht. Im Ergebnis wird die politisch gewünschte Verbreitung des Elektroautos durch die inkonsistente Ausgestaltung der staatlichen Preisbestandteile bei den einzelnen Energieträgern ausgebremst. Gleiches gilt um Übrigen auch für die Wettbewerbsposition von Strom im Wärmesektor.

Für eine stärkere Marktdurchdringung der strombasierten Sektorkopplung bedarf es somit einer neuen und vor allem gerechteren Aufteilung der Förderkosten für erneuerbare Energien. Dies bedeutet im Kern, dass auch der Verbrauch fossiler Energieträger in den Sektoren Wärme und Mobilität an den Ausbaukosten für erneuerbare Energien beteiligt wird. Zugleich muss der Emissionshandel weiter gestärkt und auf alle Sektoren ausgeweitet werden. Ein funktionierendes CO₂-Preissystem, sinnvollerweise mit einem Mindestpreis gekoppelt, würde sicherstellen, dass die jeweils geringsten spezifischen CO₂-Vermeidungskosten anfallen.

6. Fazit

Das Gelingen der Energiewende und ihre Akzeptanz hängen entscheidend vom Gelingen der Sektorkopplung ab. Angesichts der Grenzen der Erzeugung von Erneuerbaren Energien muss zum Energiesparen eine deutliche Effizienzsteigerung hinzutreten, damit die Klimaziele erreicht werden können. Die Energiewende darf keine Stromwende bleiben. Das wäre zu kurz

gesprungen. Es gilt die anderen Sektoren ebenso auf Erneuerbare umzustellen. Während wir bereits fast ein Drittel des Stroms in Deutschland regenerativ erzeugen, beträgt der Anteil der Erneuerbaren am Primärenergieverbrauch keine 13 Prozent. Das zeigt, wie groß der Handlungsbedarf und wie groß das Potential ist.

Angesichts der zunehmenden Abregelung von erneuerbarer Erzeugung ist es einerseits wichtig, lokale Überkapazitäten in der konventionellen Stromerzeugung abzubauen, Übertragung von Reststrommengen auf Atomkraftwerke im Netzausbaubereich zu verhindern und den konventionellen Must-Run auf das technisch und sicherheitsmäßig erforderliche Maß zu senken. Andererseits ist es unerlässlich, dass wir uns mehr und mehr hin zu einer Stromwirtschaft entwickeln und Strom für Mobilität und Wärmeerzeugung nutzen. Dies ist auch eine Frage der Akzeptanz, denn es ist den Verbraucherinnen und Verbrauchern nur schwer zu erklären, dass sie für nicht genutzten Strom im großen Umfang zahlen müssen. Da ist es weit besser die Sektorkopplung schnell voranzutreiben und die anderen Sektoren angemessen an der Finanzierung des Ausbaus der Erneuerbaren zu beteiligen. Zurecht wird Strom aus fossilen Quellen mit den Kosten für Treibhausgaszertifikate belastet, was dann auch die Nutzer von E-Autos und Power-to-heat Anlagen tragen müssen. Warum dies aber bei Benzin und Diesel und bei Erdöl und -gas nicht der Fall ist, bleibt unerklärlich.

Wir müssen mit dem Ausbau der Erneuerbaren und der Sektorkopplung zügig vorankommen. Je schneller und besser wir sind, desto eher können wir Schluss machen mit der Kohleverstromung.



Dr. Hans-Jürgen Witschke
Vorsitzender der Geschäftsführung, DB Energie GmbH

Dr. Hans-Jürgen Witschke, Jahrgang 1958, ist seit 07/2004 Vorsitzender der Geschäftsführung der DB Energie GmbH, einem Unternehmen der Deutschen Bahn AG. Seit 01/2010 ist er Mitglied des Executive Boards der Deutschen Bahn. Des Weiteren ist er u. a. Mitglied des Vorstands des Forum für Zukunftsenergien e. V. sowie des Verbands der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e. V. (VIK) und Vorsitzender der Energiekommission des Senats der Wirtschaft. Darüber hinaus hat er ein Aufsichtsratsmandat außerhalb des DB Konzerns bei der EnBW Kernkraft GmbH (EnKK) inne.

Nach dem Studium der Betriebswirtschaftslehre und akademischer Tätigkeiten an der Universität zu Köln war er in unterschiedlichen Funktionen für die Ruhrkohle AG tätig. Nach der Übernahme durch die Harpen AG übernahm er die kaufmännische Geschäftsführung in der Dachgesellschaft Harpen Wärme GmbH. Seit seinem Wechsel zur Deutschen Bahn 1998 bekleidete er verschiedene leitende Funktionen im Bereich Finanzen und Controlling des Personenverkehrs.



René Müller
Arbeitsgebietsleiter Regulierungsmanagement, DB Energie GmbH

René Müller wurde 1983 in Karl-Marx-Stadt geboren und ist seit Juli 2016 Arbeitsgebietsleiter für das Regulierungsmanagement bei der DB Energie GmbH. Ein zentraler Schwerpunkt seiner Arbeit ist es, die energiewirtschaftlich-regulatorischen Rahmenbedingungen so zu gestalten und im Unternehmen zu nutzen, dass mehr Verkehr auf die Schiene kommt. Dazu gehören thematisch die Umsetzung regulatorischer Anforderungen im Unternehmen und die Interessensvertretung des Unternehmens gegenüber Behörden, Verbänden und Politik. Zudem bearbeitet er teamübergreifende Fragestellungen rundum das Thema Bahnstromzugangmodell der DB Energie GmbH.

Herr Müller studierte an der Technischen Universität Dresden Wirtschaftsingenieurwesen und arbeitete nach seinem Studienabschluss als Projektmanager bei der TenneT TSO GmbH. Dort hatte er die fachliche Verantwortung für die Weiterentwicklung des internationalen Engpassmanagements und besetzte die zugehörigen Lenkungskreise bestehend aus europäischen Netzbetreibern und Strombörsen. In dieser Funktion war er auch für die Vertretung des Unternehmens gegenüber der Europäischen Kommission und ACER sowie nationalen Behörden, Verbänden und Politik verantwortlich.

Die Deutsche Bahn als Frontrunner im Bereich Sektorkopplung

Dr. Hans-Jürgen Witschke & René Müller

Die Energiewende ist ein zentrales Vorhaben unserer Politik in Europa und vor allem auch in Deutschland. Für viele deutsche Politiker ist es gar die größte Herausforderung seit der Wiedervereinigung. Im Kern besteht die Energiewende darin, die Nutzung fossiler Energieträger zunehmend durch erneuerbare Energien zu ersetzen. Damit aus der bisherigen Stromwende auch eine echte Energiewende wird, gilt es, nicht nur die Stromerzeugung auf erneuerbare Energien umzustellen – auch die Sektoren Wärme, Kälte und Verkehr sollen zukünftig ihre Leistungen über die Nutzung von erneuerbaren Energien erbringen.

1. Was ist Sektorkopplung?

Eine vielversprechende Lösung zur Erreichung des vorgenannten Ziels ist die Sektorkopplung. Sektorkopplung bedeutet im Kontext dieses Artikels die Elektrifizierung der Sektoren Wärme, Kälte und Verkehr. Strom wird dann auch ganz wesentlich dazu genutzt, um Wärme-, Kälte- und Verkehrsleistungen zu erbringen und wird damit zunehmend zur „Primärenergie“ für diese drei Sektoren. In diesem, von der Politik angestrebten Zielzustand führt eine Stromwende auch zu der gewünschten, alle o.g. Sektoren umfassenden Energiewende.

2. Bedeutung der angestrebten Sektorkopplung für die Energiewende

Die Sektorkopplung ist daher ein sehr effektives Instrument zur Sektor übergreifenden Erreichung von Klimaschutz- und Umweltschutzziele. Die Verkehrswende wird damit ein zentraler und unverzichtbarer Bestandteil für den Erfolg der Energiewende. Zugleich ist die Sektorkopplung aber auch ein technisch dringend notwendiges Instrument zur erfolgreichen Durchführung der Energiewende. Denn ein steigender Anteil erneuerbarer Energien an der Gesamtstromerzeugung führt zunächst einmal zu einem sehr fluktuierenden Stromangebot. Gleichzeitig kann das System der Stromversorgung nur dann stabil gehalten werden, wenn Stromerzeugung und Stromverbrauch jederzeit in Einklang gebracht werden. Ein System, das zunehmend von nicht regelbaren volatilen Erzeugungseinheiten geprägt ist, hat daher einen hohen Flexibilitätsbedarf. Es ist vor diesem Hintergrund sinnvoll, das System zu vergrößern, um es widerstandsfähiger zu machen. Eine durch erneuerbare Energien verursachte Fluktuation auf der Einspeiseseite kann so auf mehrere Schultern verteilt werden.

Die Politik fährt hier zweigleisig – sie stärkt einerseits den Strombinnenmarkt und erhöht so die Anzahl der Marktakteure, welche Volatilität im System auf-

nehmen bzw. ausgleichen können. Eine entscheidende Restriktion sind dabei aber die grenzüberschreitenden Leitungen zwischen den Mitgliedern der EU und den weiteren elektrischen Nachbarstaaten, wozu natürlich auch Schweiz und Norwegen zählen. Das energetische Zusammenwachsen Europas im Bereich der Stromversorgung hat bei gegebener Infrastruktur daher eine natürliche Grenze. Über ein intelligentes und grenzüberschreitend koordiniertes Engpassmanagement kann man dieser Grenze möglichst nahekommen. Verschieben kann man diese natürliche Grenze jedoch nur über zusätzliche Netzinfrastruktur. Die Politik (und die Netzbetreiber) setzen daher ebenfalls auf ein zweites, sehr effektives Instrument zur Flexibilisierung des Systems – die Sektorkopplung. Auch über dieses Instrument könnten zusätzliche Akteure aus den Sektoren Verkehr, Wärme und Kälte in das System der Stromversorgung kommen – und mit Ihnen neue, zusätzliche Flexibilitätsoptionen.

3. Das öffentliche Netz in 2016: Mangelnde Flexibilität & hohe Kosten

Das System der öffentlichen Versorgung weist wie eingangs erwähnt einen hohen Flexibilitätsbedarf auf. Gleichzeitig zeigt es heute jedoch viele Symptome mangelnder, aktuell noch nicht verfügbarer Flexibilität. So ist das Auftreten von negativen Strompreisen am deutschen Spotmarkt nicht mehr als ganz ungewöhnlich einzustufen. Im Jahr 2015 gab es an 25 Tagen des Jahres Stunden mit negativen Preisen. Die Stromerzeuger bekommen an der Strombörse für diese Stunden nicht nur keinen Deckungsbeitrag bezahlt – Strom erhält in dieser Zeit sogar den Status von „Sondermüll“, für dessen Entsorgung der Stromverkäufer noch teuer bezahlen muss. Negative Preise sind daher ein Ausdruck von mangelnder Flexibilität auf Angebots- und Nachfrageseite. Ein weiteres Indiz für mangelnde Flexibilität ergibt sich beim Blick auf die zunehmenden Stromtransportprobleme in Deutschland. Infolge der Energiewende gibt es mittlerweile einen sehr ausgeprägten Stromtransportbedarf von den erneuerbaren Erzeugungseinheiten im Norden Deutschlands zu den großen Verbrauchszentren im Süden Deutschlands. In Abwesenheit einer auf diese Situation ausgelegten Netzinfrastruktur müssen die Übertragungsnetzbetreiber auf Redispatch-Maßnahmen zurückgreifen, um drohende Leitungsüberlastungen zu verhindern. Dies allein ist noch kein Symptom für fehlende Flexibilität im System. Die Übertragungsnetzbetreiber sind heute jedoch zunehmend mit der Tatsache konfrontiert, dass viele für den Redispatch notwendige Einheiten in Süddeutschland aufgrund fehlender Kostendeckung bereits ihre Stilllegung bei der Bundesnetzagentur angezeigt haben. Die Übertragungsnetzbetreiber können diese Einheiten nur dadurch für den dringend notwendigen Redispatch verfügbar halten, indem sie hohe Vorhaltekosten für diese Kraftwerke zahlen. Darüber hinaus kontrahieren die deutschen Übertragungsnetzbetreiber weitere Kraftwerkskapazitäten im Ausland, um den Redispatchbedarf vollständig zu decken. Die systemische Flexibilität der öffentlichen Stromversorgung wird in Deutschland daher an bestehenden Marktmechanismen vorbei teuer erkaufte bzw. über im Ausland kontrahierte Kraftwerke „importiert“. Vor dem Hintergrund dieser angespann-

ten Situation soll im Folgenden dargelegt werden, welche Flexibilitätsbeiträge die Deutsche Bahn bereits heute für das öffentliche Netz bereitstellt und welche weiteren Beiträge zukünftig möglich sind.

4. Power-To-Mobility: DB als Frontrunner im Bereich Sektorkopplung

Bereits im Jahr 1912 wurde der Grundstein für das heutige 16,7 Hz Bahnstromnetz und die damit verbundene Elektrifizierung des Eisenbahnverkehrs gelegt. Die Bahn kann sich also zu Recht als Frontrunner dafür bezeichnen, Verkehrsleistung mittels Sektorkopplung über die Nutzung von Elektrizität zu erbringen. Was in vielen Studien und Fachbeiträgen als „Power-To-Mobility“ oder „Vehicle-To-Grid“ bezeichnet und als entscheidender Grundpfeiler für eine erfolgreiche Energie- und Verkehrswende angeführt wird, das macht die Bahn mittlerweile schon seit über 100 Jahren. Die Deutsche Bahn kann daher auf einen riesigen Wissens- und Erfahrungsschatz im Bereich Sektorkopplung zurückgreifen und leistet bereits heute einen großen Beitrag zum Gelingen unserer Energiewende.

Flexibilitätsbeiträge der DB

Auch das System der Bahnstromversorgung hat einen sehr hohen eigenen Flexibilitätsbedarf. Während Triebfahrzeuge nach Erreichen der Reisegeschwindigkeit einen vergleichsweise geringen Leistungsbedarf haben, erreichen Triebfahrzeuge ihren maximalen Leistungsbedarf im Augenblick des Anfahrens und während der Beschleunigung. Speziell in Zeiten des Pendelverkehrs in den frühen Morgen- und Abendstunden ist das Bahnstromsystem daher extremen Lastschwankungen ausgesetzt. Die in der Bahnstromversorgung vorhandene Flexibilität ermöglicht einen zuverlässigen Ausgleich dieser Schwankungen und ist damit ein entscheidender Faktor für einen sicheren Betrieb des Bahnstromsystems.

Im Sinne der Sektorkopplung kann die vorhandene Flexibilität im Bahnstromsystem jedoch auch dem Netz der öffentlichen Versorgung zugutekommen. So ist der Güterverkehr der Deutschen Bahn bereits heute in der Lage, seine eigenen Lastspitzen zeitlich so zu verlagern, dass sie außerhalb der im Netz insgesamt auftretenden Höchstlast entstehen. Im Ergebnis trägt der Güterverkehr der Deutschen Bahn damit zu einer spürbaren Verstetigung der Stromnachfrage bei. Dieses auch als „netzdienlich“ bezeichnete Stromverbrauchsverhalten reduziert die täglichen Lastschwankungen und verringert daher die im System zusätzlich vorzuhaltende Flexibilität.

Zudem hat DB Energie ein Projekt initiiert, um den Übertragungsnetzbetreibern konkrete Systemdienstleistungen zur Verfügung stellen zu können. Mit Blick auf die bestehenden Nord-Süd Probleme beim Stromtransport ergibt sich in der Bahnstromversorgung ein interessantes Potential. Das Bahnstromnetz ist über verschiedene, in ganz Deutschland verteilte Umrichter- und Umformerwerke mit dem öffentlichen Netz verbunden. Diese Verbindungsstellen werden in der Bahnstromversorgung genutzt, um bei Bedarf zusätzli-

che Energie aus dem öffentlichen Netz zu beziehen. DB Energie kann dabei genau festlegen, über welchen Umrichter / Umformer der Strombezug in welchem Teil Deutschlands aus dem öffentlichen Netz stattfindet. Über einen aus Sicht des öffentlichen Netzes netzdienlichen Strombezug kann DB Energie bei Bedarf eine örtliche Lastverlagerung durchführen. Der eigene Strombezug wird dann schwerpunktmäßig auf die Umrichter / Umformer verteilt, die bestehende Transportengpässe im Übertragungsnetz entlasten.

Neben der genannten Redispatch-Dienstleistung sind die Übertragungsnetzbetreiber darüber hinaus aber noch auf eine weitere, sehr wesentliche Systemdienstleistung angewiesen – die Bereitstellung von Regelleistung, um die Netzfrequenz zu jeder Zeit stabil bei 50 Hertz halten zu können. Gerade in einem System, das sich auf ein Erzeugungsportfolio mit einer kontinuierlich abnehmenden Anzahl regelbarer Kraftwerkseinheiten zubewegt, wird die jederzeit stabile Frequenzhaltung zukünftig eine große Herausforderung sein. DB Energie untersucht daher, inwiefern sich Bahnstromkraftwerke an der Erbringung von Regelleistung für das öffentliche Netz beteiligen können.

Klimaschutz bei DB

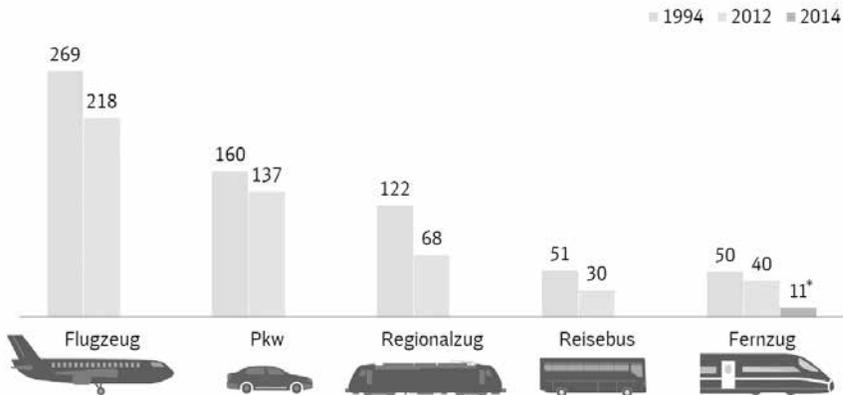
Der Klimaschutz ist seit Jahren Teil des Kerngeschäftes der Deutschen Bahn. Mit dem ersten Klimaschutzprogramm von 1990 bis 2014 hat die DB ihre auf die Verkehrsleistung bezogenen CO₂-Emissionen um 60 Prozent gesenkt und hat den Klima- und Umweltschutz zu einem zentralen Punkt in der DB Konzernstrategie „DB 2020“ gemacht. Ein wesentliches Ziel, bis zum Jahr 2020 die spezifischen CO₂-Emissionen gegenüber 2006 um über 20 Prozent zu senken und den Ökostromanteil im Bahnstrommix auf 35 Prozent zu erhöhen, konnte bereits vorzeitig erreicht werden. Deshalb hat sich die DB neue verbindliche Ziele gesetzt. Die spezifischen CO₂-Emissionen sollen bis 2020 - im Vergleich zu 2006 - um 30 Prozent gesenkt werden. Der Ökostromanteil im DB-Bahnstrommix soll nunmehr bis 2020 bei 45 Prozent liegen. So leistet die DB einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der internationalen Klimaziele von Paris und bekennt sich zu ihrer gesellschaftlichen Verantwortung.

Mit aktuell 42 Prozent ist der Anteil an erneuerbaren Energien in der Bahnstromversorgung deutlich höher als im gesamten deutschlandweiten Strommix. Der elektrische Schienenverkehr hat somit schon heute von allen Verkehrsträgern den mit Abstand höchsten Anteil an erneuerbaren Energien. Um den Einsatz der erneuerbaren Energien weiter zu steigern, hat die Deutsche Bahn in den vergangenen Jahren langfristige Bezugsverträge über Lieferungen von Strom aus Wasserkraftwerken und aus Windparks abgeschlossen.

Der im Vergleich höhere Anteil an erneuerbaren Energien im Bahnstrommix ermöglicht beispielsweise, dass die S-Bahn in Hamburg seit Anfang 2010 ausschließlich mit erneuerbaren Energien betrieben wird. Auch im Fernverkehr profitieren die Kunden deutschlandweit von den Klimaschutzschritten: Seit April 2013 stammt die Energie für den Antrieb der Fernverkehrszüge der DB zu rund 75 Prozent aus erneuerbaren Energien. Wie in nachfolgender Abbildung dargestellt weist der schienengebundene Personenverkehr daher auch im Hinblick auf die CO₂-Bilanz eine Spitzenposition im Vergleich zu den

übrigen Verkehrsträgern auf. Zur Abrundung der Mobilitätsangebote bietet die Deutsche Bahn weitere CO₂-freie Reisemittel an: An den Bahnhöfen stehen insgesamt rund 600 Pkw mit Elektroantrieb von „Flinkster“ bereit und in mehr als 50 Städten können Kunden insgesamt über 9.000 Fahrräder von „Call a Bike“ ausleihen.

Spezifische CO₂-Emissionen im Personenverkehr
Angaben in Gramm CO₂ pro Person und Kilometer



Quelle: Ifeu 2013, Datenbank Umwelt & Verkehr (Bezugsjahr 2012), * Wert DB-Fernverkehr: DB Umwelt (Bezugsjahr 2014)

Die CO₂-Emissionen werden darüber hinaus auch durch einen effizienteren Energieeinsatz gesenkt. Nah- und Fernverkehrszüge werden durch moderne, mit energiesparenden Technologien ausgestattete Fahrzeuge ersetzt, welche die beim Bremsen gewonnene Energie in das Bahnstromnetz zurückspeisen. Rund 1.220 Gigawattstunden Strom sparen Schienenfahrzeuge durch Rückspeisung von Bremsenergie. Die Rückspeisequote liegt damit bei 13 %.

5. Zentrale Faktoren für eine erfolgreiche Sektorkopplung

Die Sektorkopplung ist ein sehr komplexes Unterfangen. Der Erfolg der Sektorkopplung ist mit dem Gelingen der Energiewende eng verbunden. Beides wird nur gelingen, wenn jeder Sektor in einem mindestens ähnlichen Regulierungsrahmen agieren kann. Am Beispiel des elektrifizierten Schienenverkehrs kann man nachvollziehen, dass dieser ähnliche Rahmen im Moment noch nicht geschaffen wurde. Der Schienenverkehr als umweltfreundlicher aber auch energieintensiver Verkehrsträger ist durch steigende staatlich induzierte Umlagen auf Energie stark belastet. Als einziger Verkehrsträger trägt der elektrisch betriebene Schienenverkehr vollständig seine CO₂-Kosten im Rahmen des europäischen Emissionshandels. Die Gesamtbelastung der Deutschen Bahn durch Steuern, Abgaben und Umlagen auf ihren Energieverbrauch belief sich im Jahr 2015 auf über 480 Millionen EUR. Die übrigen, mit dem Schienenverkehr im intermodalen Wettbewerb stehenden Verkehr-

sträger, sind von diesen klimapolitisch motivierten Kostenbelastungen nicht betroffen. Diese ungleiche Kostenverteilung führt paradoxerweise dazu, dass gerade der energieeffiziente und klimaverträgliche Schienenverkehr in seiner Wettbewerbsfähigkeit gegenüber anderen Verkehrsträgern benachteiligt wird. Diese beispielhaft am elektrischen Schienenverkehr aufgezeigte Situation weist damit auf zentrale Hindernisse für eine verstärkte Sektorkopplung insgesamt hin. Aus Sicht der Deutschen Bahn sind folgende Punkte entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung der Sektorkopplung:

Harmonisierter Politikansatz

Ein harmonisierter, alle Politikfelder umfassender Politikansatz erscheint notwendig, damit das Energiemedium Strom in einen fairen Wettbewerb mit den im Verkehrs- und Wärmebereich verbreiteten Energiemedien Kohle, Öl und Gas treten kann.

Fortentwicklung der Steuern-, Abgaben- und Umlagensystematik

Die Steuer-, Abgaben- und Umlagensystematik sollte im Hinblick auf mögliche Implikationen geprüft werden, die den klimapolitischen Zielen zuwiderlaufen könnten. Vor diesem Hintergrund sollte über eine Verbreiterung der Finanzierungsbasis für Kosten aus CO₂-Emissionen, Kosten zur Förderung erneuerbarer Energien und Kosten des sicheren Netz- und Systembetriebs nachgedacht werden.

CO₂-Emissionshandel als zentrales Steuerungsinstrument

Im Moment bestehen in den verschiedenen Sektoren unterschiedliche Anreizsysteme zur CO₂-Vermeidung. Solange hier kein „Level playing field“ besteht, ist der elektrisch betriebene Schienenverkehr von Kosten des Emissionshandel zu entlasten.

Der angestrebte Grad der Sektorkopplung sollte frühzeitig definiert werden

Die Sektorkopplung ist nicht nur energetisch effizient, sondern ist auch ökonomisch effizient zu gestalten. Die Elektrifizierung aller Sektoren sollte daher im Gleichklang mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien und des Netzausbaus erfolgen.

Im Rahmen der aktuellen Energiewende sind Spannungen zwischen den Sektoren „Erzeugung“ und „Netzausbau“ nicht zu übersehen. Damit aus diesen Spannungen keine Brüche werden, sollten sich die gekoppelten Sektoren mit ähnlicher Geschwindigkeit in die gleiche Richtung bewegen, um die Ziele einer übergreifenden Sektorkopplung von Energie, Verkehr, Wärme und Kälte zu erreichen.



Prof. Dr. Franz-Josef Wodopia
Geschäftsführer, Verein der Kohlenimporteure e. V.

Herr Wodopia wurde am 12. Dezember 1957 in Heidelberg geboren. 1981 legte er seine Diplom-Prüfung in Volkswirtschaftslehre ab, 1985 promovierte er zum Doktor der Wirtschaftswissenschaften (rer. pol.) an der Universität Heidelberg.

Im Jahr 1986 trat er seinen Dienst beim Gesamtverband Steinkohle (GVSt), Essen, an. 1989 wechselte er zur IG BCE, Hannover, zuletzt als Leiter der Abteilung „Bergbau und Energiewirtschaft“.

Vom 1. Juli 2005 bis zum 31. Dezember 2015 war er Hauptgeschäftsführer, seit dem 1. Mai 2006 auch Geschäftsführendes Vorstandsmitglied des GVSt, Essen.

Seit dem 1. Januar 2016 ist Herr Wodopia Geschäftsführer des Vereins der Kohlenimporteure e. V. (VDKi), Hamburg

Von 2000 bis 2007 hatte er eine Professur für Wirtschaftswissenschaften für Ingenieure an der Technischen Hochschule Georg Agricola in Bochum inne; seit 2007 ist er dort Honorarprofessor.

Herr Wodopia ist Vorsitzender des Marktausschusses der Europäischen Vereinigung für Stein- und Braunkohle (EURACOAL), Brüssel und Mitglied der BDI-Ausschüsse Energie- und Klimapolitik sowie Rohstoffpolitik.

Die Sektorkopplung – Retter der Energiewende oder Irrweg?

Prof. Dr. Franz-Josef Wodopia

Sektorkopplung - ein nützliches Konzept?

Die Suche nach dem Begriff „Sektorkopplung“ bringt mit der einschlägigen Suchmaschine Google von Anfang des Jahres 2000 bis Ende 2015 gut 1.000 Treffer. Im Jahr 2010 war die Zahl der Treffer einschließlich Fehlzählungen noch zweistellig. Im Jahr 2016 wurde dieser Begriff gut 3.000-mal gesucht. Im Juni 2016 wurde die Studie „Sektorkopplung durch die Energiewende“ von Prof. Quaschnig zeitgleich mit einer Erklärung von Greenpeace veröffentlicht. Die „Sektorkopplung“ ist anscheinend erst kürzlich in Mode gekommen. Daniel Wetzel bringt es in der Welt vom 10.06.2016 auf den Punkt: „Das neue Modewort heißt „Sektorkopplung““.

Insofern überrascht die Selbstverständlichkeit, mit der die Notwendigkeit der Sektorkopplung im politischen Raum neuerdings propagiert wird. Zum gängigen Vokabular der Energiewirtschaft oder der Wirtschaftswissenschaften gehört der Begriff jedenfalls nicht. Im Gabler Wirtschaftslexikon findet man weder „Sektorkopplung“ noch „Sektorenkopplung“. Dies ist auch nicht überraschend. In einer Marktwirtschaft erfolgt die „Kopplung“ von Teilmärkten über den Preismechanismus. Nur wo ein Marktversagen zu diagnostizieren ist, könnte eine Ergänzung der Marktkräfte erforderlich sein, doch haben sich als „Rezept“ die oben genannten Begriffe in der Fachliteratur auch nicht gefunden. Dafür findet man den Begriff „strukturelle Kopplung“ im Vokabular der Zentralverwaltungswirtschaft, auch Planwirtschaft genannt.

Das Prägen neuer Begriffe macht in der postfaktischen Gesellschaft zwangsläufig stutzig. Für Kurt Biedenkopf bedeutet postfaktisch in der Politik schlicht und einfach die Strategie der Interessenwahrung (Handelsblatt vom 2.1.2017). Geht es bei der Sektorkopplung also nur um die Interessenwahrung der Lobbyverbände der Ökoindustrien? Oder treffen bisher benutzte Begriffe den Sachverhalt nicht mehr richtig? Sind neue Fakten oder neue Meinungen maßgeblich für das Prägen dieses neuen Begriffes?

Eine faktenbasierte Energiepolitik setzt voraus, dass die Sektorkopplung nicht meinungsgetrieben propagiert, sondern faktenbasiert diskutiert wird. Dies wiederum setzt nicht nur eine saubere Definition des Begriffes, sondern auch eine Begründung für die Notwendigkeit einer Sektorkopplung voraus. Im Weißbuch „Ein Strommarkt für die Energiewende“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie wird folgende Definition verwendet: „Sektorkopplung – auch Power-to-X genannt – ist die Nutzung von erneuerbarem Strom im Wärmesektor (Power-to-Heat), im Verkehrssektor (Power-to-Mobility) und in industriellen Prozessen (Power-to-Industry).“ Die Sektorkopplung ist also ein Vehikel, um die erneuerbaren Energien in andere Sektoren zu tragen.

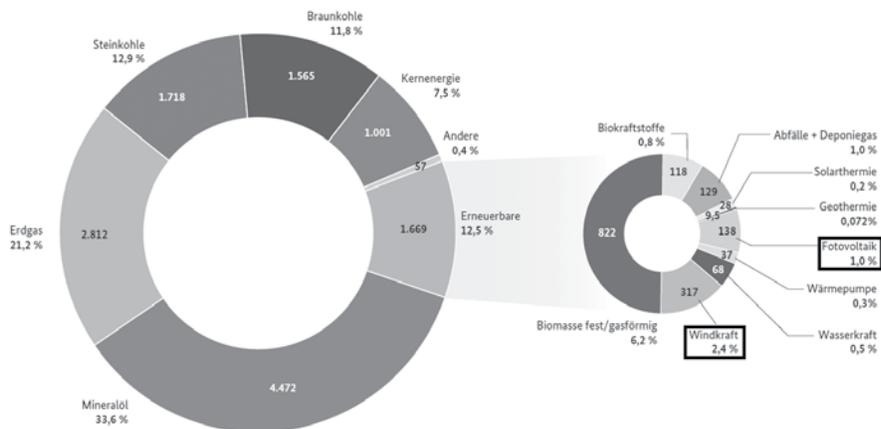
Zu diesem faktenbasierten Teil der Definition gesellte sich in der politischen Realität allerdings auch noch ein politisches Ziel, das implizit mit diesem Begriff verwendet wird: durch fehlende Balance zwischen Förderpolitik für

erneuerbare Energien und Netzausbau gibt es sogenannten „Überschussstrom“ aus erneuerbaren Energieträgern. Um zu verhindern, dass Anlagen abgeregelt werden müssen oder der weitere Ausbau der erneuerbaren Energien gebremst werden müsste, sollen andere Märkte als „Senke“ genutzt werden können.

Hier zeigt sich ein entscheidender Mangel der Energiewende: die Erforschung und der Ausbau der Speichertechnologien haben auch nicht ansatzweise mit der Förderung der erneuerbaren Energieträger Schritt gehalten. Deren Leistung ist großen natürlichen Schwankungen unterworfen. Es gibt einige wenige Tage im Jahr, an denen Sonne und Wind so gut wie gar nicht verfügbar sind. Auch an diesen Tagen muss die Höchstlast abgedeckt werden können. Mit Lastflexibilisierung (Abschalten von Kühllhäusern oder Elektrolyseprozessen) alleine geht das nicht. Eine ein- bis zweiwöchige „Dunkelflaute“ kann verlässlich nur mit Speichern und Kraftwerken beherrscht werden. Zur Illustration des enormen Speicherbedarfs muss man sich in einem Gedankenexperiment mit Status quo-Annahmen zum Energieverbrauch vorstellen, dass zur Abdeckung der Jahreshöchstlast während einer ein- bis zweiwöchigen „Dunkelflaute“ 1.700- bis 3.400-mal das größte deutsche Pumpspeicherkraftwerk Goldisthal benötigt würde. Dies entspricht einem Investitionsvolumen von 1,1 bis 2,1 Billionen Euro. Das Problem der fluktuierenden Leistung der erneuerbaren Energieträger bürdet der Energiewende eine gewaltige finanzielle Belastung auf. Ist die Sektorkopplung die Lösung dafür?

Um die Realitätsnähe des Ansatzes der Sektorkopplung zu überprüfen, muss die Relation von Strom aus erneuerbaren Energieträgern und des Primärenergieverbrauchs (PEV) im Wärmesektor und im Verkehrssektor betrachtet werden. 2015 deckten die erneuerbaren Energien 12,5 % des PEV ab, davon wiederum war die Hälfte Biomasse. Auf Fotovoltaik und Windenergie entfielen nur 2,4 % des PEV (Abbildung 1). Angesichts dieses geringen Potenzials und

Primärenergieverbrauch in Deutschland 2015 (13.293 PJ*)



Quelle: BMWi, Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Arbeitsgruppe erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)

Abb. 1: Primärenergieverbrauch in Deutschland 2015

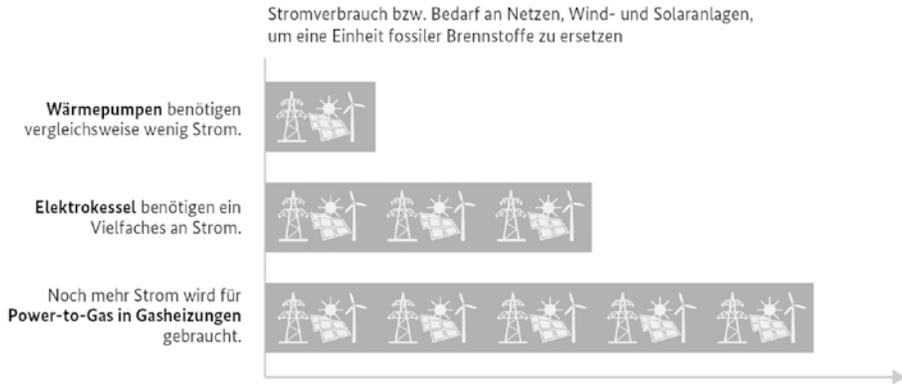
eines Anteils von Öl und Gas am PEV von über 50 % muss die Frage erlaubt sein, ob die Sektorkopplung wirklich Entwicklungsmöglichkeiten für die Sektoren Wärme und Verkehr bietet, oder ob nicht nur Probleme einer schlecht koordinierten Regulierung im Elektrizitätssektor geheilt werden sollen.

Die eingangs zitierte Studie „Sektorkopplung durch die Energiewende“ gibt Hinweise darauf. Sie enthält dramatische Annahmen zur Energieverbrauchsentwicklung, die mit normativen Forderungen verknüpft sind. Einige Beispiele: „Voraussetzung sind ambitionierte Effizienzmaßnahmen. Der motorisierte Straßenverkehr muss fast vollständig elektrifiziert werden. Gegen 2025 müssen dafür die Produktion von Fahrzeugen mit Benzin- und Dieselmotoren eingestellt und für den Güterverkehr wichtige Fernstraßen mit Oberleitungen versehen werden. Im Wärmebereich dürfen ab dem Jahr 2020 keine neuen Gas- oder Ölheizungen sowie KWK-Anlagen installiert werden. Aus Effizienzgründen wird künftig der überwiegende Anteil der Raumwärme durch Wärmepumpen gedeckt.“ Auffällig ist, wie häufig Begriffe wie „müssen“ oder „dürfen“ in einer wissenschaftlichen Studie auftauchen. Nur unter sehr einschränkenden Annahmen stiege im Rahmen einer Sektorkopplung der Stromverbrauch von derzeit rund 600 TWh auf gut 1.300 TWh an. Würden die unterstellten Effizienzmaßnahmen nicht umgesetzt, stiege der Strombedarf auf bis zu 3.000 TWh an. Aus Sicht des Verfassers der Studie wäre es „unrealistisch“, diese Stromerzeugung in absehbarer Zeit klimaneutral zu decken.

„Im Impulspapier Strom 2030. Langfristige Trends – Aufgaben für die kommenden Jahre“ des BMWi werden die Hemmnisse für eine Sektorkopplung diskutiert. Als Hemmnis wird insbesondere benannt: „Strom trägt mehr Umlagen, Entgelte und Abgaben für die Finanzierung der Energiewende als Brennstoffe, insbesondere für Wärme.“ Als Lösungsoption wird vorgeschlagen: „diejenigen Sektoren, die ihre CO₂-Emissionen durch die Nutzung von erneuerbaren Energien-Strom senken, tragen angemessen zur Finanzierung des Energiesystems bei. Dies verbessert die Wettbewerbsbedingungen von erneuerbaren Energien-Strom und ermöglicht seinen marktgetriebenen Durchbruch in anderen Sektoren.“

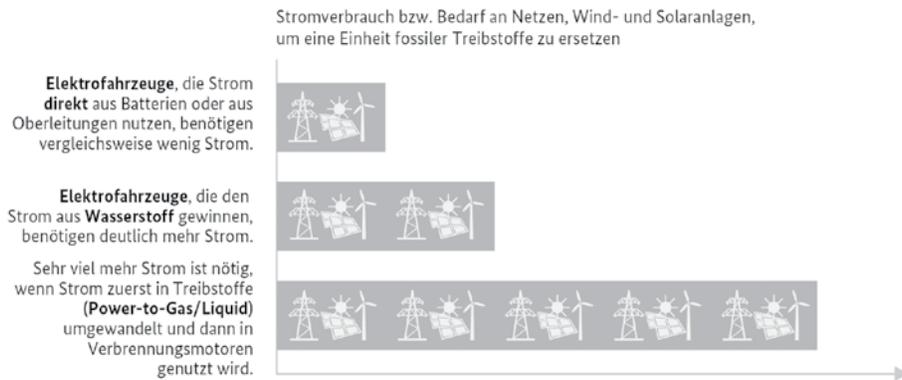
Letztlich ist das aber nur ein anderer Umlagemechanismus. Würden alle Sektoren dem Europäischen Emissionshandel unterliegen, würde dem Markt die Möglichkeit überlassen, eine Wechselwirkung zwischen Teilmärkten herbeizuführen, sofern dies ökonomisch sinnvoll ist. Die Energiewende war bislang fast ausschließlich auf den Stromsektor fokussiert und ließ die CO₂-Emissionen in den deutlich größeren Verbrauchssektoren Wärme und Verkehr im Wesentlichen außen vor.

Tatsächlich werden in der politischen Diskussion genau diese Fragestellungen vermehrt aufgeworfen. Beispielhaft genannt sei die Arbeit der Arbeitsgruppen der Plattform Strommarkt und der Plattform Energieeffizienz. In einer gemeinsamen Sitzung von Arbeitsgruppen der beiden Plattformen wurde am 21.11.2016 Sektorkopplung als „effiziente“ Nutzung von erneuerbaren Energien-Strom für Wärme, im Verkehr und in Industrieprozessen definiert. Die nachfolgenden Abbildungen verdeutlichen diesen Sachverhalt.



Quelle: BMWi, Impulspapier „Strom 2030“

Abb. 2: Stromverbrauch verschiedener Technologien, um eine Einheit fossiler Brennstoffe in der Wärmeversorgung zu ersetzen



Quelle: BMWi, Impulspapier „Strom 2030“

Abb. 3: Stromverbrauch verschiedener Technologien, um eine Einheit fossiler Treibstoffe im Verkehr zu ersetzen

Power-to-Gas in Gasheizungen und Verbrennungsmotoren ist hochgradig ineffizient. Entscheidende Elemente einer Sektorkopplung fallen zumindest derzeit weg. Wenn hier von Effizienz gesprochen wird, so ist im Übrigen ausschließlich technische Effizienz gemeint. Die Vertreter der oben genannten Arbeitsgruppe nehmen an, dass diese „meist“ auch kosteneffizient seien. Elektrolyseure sind ineffizient und können die CO₂-Emissionen sogar erhöhen; doch heißt dies noch nicht, dass die favorisierten technisch effizienteren Alternativen Elektromobilität und Wärmepumpen dann auch ökonomisch effizient sind. Dies muss sich vielmehr als Marktergebnis einer sektorübergreifenden Klimapolitik ergeben.

Bevor ein neues Instrument wie die Sektorkopplung eingeführt wird, muss zunächst ein Level Playing Field in der Energiepolitik geschaffen werden. Sobald alle Verbrauchssektoren gleichermaßen zur CO₂-Minderung heran-

gezogen werden, entscheidet allein der Markt, ob tatsächlich die Elektromobilität und nicht mehr der Verbrennungsmotor die Technik der Zukunft ist oder ob Power-to-Gas eine wettbewerbsfähige Alternative für flexible Bestandskraftwerke ist. In einer Marktwirtschaft würde es sich erübrigen, diese Alternativen im Einzelnen politisch zu diskutieren und entsprechende Fördermodelle vorzuschlagen.

Fazit: Voraussetzung für das Gelingen der Energiewende ist nicht die Sektorkopplung, sondern eine sektorübergreifende Klimapolitik, die im Ergebnis zu einer stärkeren Verbindung der Teilmärkte Strom, Wärme, Verkehr und Industrie führen kann.

Relevanz der Stromerzeugung aus Steinkohle für die Sektorkopplung

Es wurde bereits darauf hingewiesen (siehe Abbildung 1), dass der Anteil der erneuerbaren Energien am PEV sehr gering ist. Wenn nun dem Stromsektor, dem kleinsten der Sektoren Strom, Wärme und Verkehr die Aufgabe übertragen wird, Strom aus erneuerbaren Energieträgern in die anderen Systeme zu transferieren, so wird sich die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern vervielfachen müssen – ohne dass klar wäre, wo noch in diesem Umfang Ausbaugelände vorhanden sind. Dazu brauchen wir zudem deutlich größere Back-up-Kapazitäten, um die Stromerzeugung aufrecht zu erhalten. In einem Interview mit der Welt vom 2.1.2017 zitiert der RWE-Chef Rolf Martin Schmitz Studienergebnisse, denen zu Folge für eine Sektorkopplung Back-up-Kapazitäten in Höhe von 60.000 MW notwendig wären. Bei einer marktwirtschaftlichen Ausgestaltung der Energiewende kann auf bestehende fossile Kraftwerke deshalb nicht verzichtet werden. Steinkohlekraftwerke sind mittlerweile in der Lage, in der Teillast auf 20 % oder weniger der Nennlast herunter zu fahren. Damit sind sie sogar deutlich besser als GuD-Kraftwerke. Lediglich die Laständerungsgeschwindigkeit ist nicht ganz so hoch. Im Vergleich zu offenen Gasturbinen haben Kraftwerke mit einem Dampfprozess - und dazu gehören auch GuD-Kraftwerke - zwangsläufig schlechtere Kaltstartzeiten. Dafür haben sie aber einen deutlich höheren Wirkungsgrad als offene Gasturbinen. Hinzu kommt noch der enorme Verschleiß der Gasturbinen im Lastwechselbetrieb. Bislang jedenfalls gab es noch keine Großinvestitionen in große und moderne offene Gasturbinen. Vielmehr ist nur ein Fall bekannt geworden, in dem im Hinblick auf den enormen Verschleiß der Turbinen eine Vielzahl kleiner Gasmotoren angeschafft wurde. Hier sind allerdings die Investitionskosten deutlich höher als bei einer Turbine. Dies ist eine Alternative, die grundsätzlich erst nach Einsatz von Bestandskraftwerken infrage kommen kann – jedenfalls bei marktwirtschaftlicher Ausgestaltung.

Grundsätzlich ist Erdgas zwar emissionsärmer als Steinkohle. Bei ganzheitlicher Betrachtung der direkten und indirekten Emissionen (inklusive Förderung und Transport der Energieträger) der Stromerzeugung aus Erdgas und Steinkohle verändert sich der Emissionsunterschied der fossilen Energieträger jedoch erheblich zu Gunsten der Steinkohle.

Eine Literaturstudie des renommierten Beratungsunternehmens Pöyry Management Consulting aus dem Jahr 2016 hat neben den direkten auch die indirekten Treibhausgasemissionen der Stromgewinnung durch Steinkohle- und Gaskraftwerke im Auftrag des Vereins der Kohlenimporteure betrachtet. Hierbei wurde auch die für den Ausgleich der Einspeiseschwankungen der erneuerbaren Energien besonders wichtige Teillast betrachtet. Im Rahmen der Analyse wurden umfassende internationale Studien zu den Emissionen in Förderung und Transport von Steinkohle und Erdgas verglichen und ausgewertet. Werden diese indirekten Treibhausgasemissionen zu denen der Stromerzeugung in den Kraftwerken addiert, zeigt sich unter Berücksichtigung des Kohle- und Gasbezugsmixes für Deutschland in 2014, dass unter Teillast die gesamten Treibhausgasemissionen der Stromgewinnung bei den offenen Gasturbinen um bis zu 76% höher liegen als bei modernen Steinkohlekraftwerken.

Bezieht man also die Treibhausgasemissionen mit ein, die bei der Förderung und dem Transport der beiden Energieträger entstehen, so ist die Teillast-Stromerzeugung durch moderne Steinkohlekraftwerke zum Ausgleich der variierenden Einspeiseleistungen der erneuerbaren Energien sowie der schwankenden Stromnachfrage für den aktuellen deutschen Kraftwerkspark die deutlich klimafreundlichere Alternative zu offenen Gasturbinen. Diese stehen zwar ebenfalls kurzfristig für den Lastausgleich zur Verfügung, verursachen aber im Teillastbetrieb erhebliche Wirkungsgradeinbußen und Nachteile für die Klimabilanz. Auch bei den direkten Emissionen, ohne Berücksichtigung von Förderung und Transport des Brennstoffs, stößt eine offene Gasturbine im Teillastbetrieb bis zu 29% mehr Treibhausgase aus als ein Steinkohlekraftwerk.

Die effizienten Gas-und-Dampf-Kraftwerke (GuD) werden unter den aktuellen Marktbedingungen nur mit finanzieller Förderung wie durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz 2016 in Verbindung mit einem Wärmebedarf gebaut. Die bestehenden Steinkohlenkraftwerke werden im Rahmen einer Sektorkopplung bei ganzheitlicher Betrachtung eher an Bedeutung gewinnen müssen.



Alf Henryk Wulf
Vorsitzender des Vorstandes, GE Power AG

Herr Alf Henryk Wulf, geboren 1962 in Kiel, leitet die GE Power AG als Vorsitzender des Vorstandes. Nach dem Studium der Elektrotechnik an der Technischen Universität München und einem MBA an der École de Management in Lyon stieg er 1991 bei der Alcatel ein, wo er 2003 in den Vorstand berufen wurde. 2006 folgte die Ernennung zum Stellvertretenden Vorstandsvorsitzenden. Von 2009 an saß Herr Wulf dem Vorstand der Alcatel-Lucent Deutschland AG vor, bis er im April 2012 den Vorsitz des Vorstandes der früheren ALSTOM Power AG (nun GE Power AG) übernahm.

Sektorkopplung – Baustein für Klimaschutz und technologischen Fortschritt

Alf Henryk Wulf

Die Umsetzung der Klimaschutzanforderungen bedeutet erhebliche Veränderungen für Gesellschaft, Bürger und Unternehmen. Vor diesem Hintergrund entstand die Energiewende als Mittel zu einer sicheren, bezahlbaren, klimaschonenden und nachhaltigen Zukunft der deutschen Energieversorgung. Darüber hinaus soll das Pariser Klimaabkommen Maßnahmen zur Reduzierung der CO₂-Emissionen weltweit umsetzen, um die globale Erwärmung auf 1,5 °C zu begrenzen. Trotz der deutschen und globalen Klimaschutzbemühungen ist es jedoch klar, dass die bisherigen CO₂-Einsparungen nicht ausreichen werden, um die Klimaziele zu erreichen.

Effektiveres klimapolitisches Handeln ist notwendig und weitere Emissionsreduktionen sind unabdingbar. Für die erfolgreiche Umsetzung der Klimaziele müssen somit grundlegende Veränderungen und Emissionsreduktionen nicht nur im Stromsektor sondern in allen Energienutzungsbereichen erreicht werden. Denn etwa 46 Prozent der deutschen Treibhausemissionen entfallen zwar auf die Energiewirtschaft, das Emissionsminderungspotenzial in den Bereichen Verkehr, Industrie, Haushalte, Gewerbe und Handel ist aber größer und demnach genauso wichtig (54 Prozent).¹

Zudem stehen wir der Herausforderung gegenüber, dass die CO₂-Minderung in den Sektoren Wärme und Mobilität aktuell deutlich niedriger ist als im Energiesektor. Global betrachtet war 2010 der Gebäudesektor für 32 Prozent der Energienachfrage verantwortlich.² Im Bereich Mobilität und Verkehr steigen die Treibgasemissionen in Europa seit 1990 im Gegensatz zu anderen Sektoren sogar weiterhin an.³

In diesem Kontext stellt die Sektorkopplung eine Chance dar, durch vernetzte, energieeffiziente Technologien die Energielandschaft mitzuprägen und dadurch konsequent zur Treibhausvermeidung bzw. –Neutralisierung beizutragen. Unser Fokus sollte es sein, die Energieeffizienz weiter zu verbessern und das Emissionsminderungspotenzial in allen Sektoren auszuschöpfen. Entsprechende technologische Lösungen stehen bereits zur Verfügung, weitere Konzepte werden noch erarbeitet und auf den Markt gebracht. Dafür muss aber auch ein begleitender, flexibler regulatorischer Rahmen entwickelt werden, der eine system- und kostenoptimale Gestaltung der Sektorkopplung gewährleistet.

Schlüsselthemen für Sektorkopplung

Eine erfolgreiche Sektorkopplung ist ein vielschichtiges Konzept: sie umfasst mehr als nur eine erhöhte Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien. Dazu gehören eine Reihe von bestehenden und neuen Flexibilitätsanwendungen, eine holistische Gesamt-systemoptimierung sowie eine multidimensionale, sektorenübergreifende Vernetzung von Technologien.

Auf diesem Wege werden erhebliche Energieeffizienz- und Synergieeffekte sowie die Senkung der CO₂-Emissionen in den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität kosteneffizient und im gewünschten Umfang erzielt.

GE arbeitet kontinuierlich an der Erforschung und Entwicklung neuer innovativer Lösungen mit denen die größten Beiträge zu einer effektiven, pragmatischen und erfolgreichen Dekarbonisierung geleistet werden können. In diesem Kontext wird untersucht, welche Technologien und Ansätze in Zukunft eine Schlüsselrolle bei der Umsetzung der Sektorkopplung in Deutschland spielen werden. Folgende Themenbereiche haben wir bislang identifiziert:

- **Digitalisierung und Vernetzung:** Insbesondere die Digitalisierung und Vernetzung sind zwei logische Optionen bei der Umsetzung der Sektorkopplung. Sie realisieren dezentrale Erzeugungsstrukturen und bieten neue Möglichkeiten, vorhandene Kapazitäten auszunutzen. Die Erfassung, Analyse und Auswertung von Energieverbrauchsdaten sind zudem eine wichtige Grundlage für die optimale Nutzung der verfügbaren Ressourcen, denn sie schaffen Transparenz, steigern die Energieeffizienz und Produktivität, und flexibilisieren das Energiesystem. Ebenso verbindet die Cloud-basierte Plattform Predix™ von GE Ströme von Maschinendaten mit leistungsstarker Analytik, womit gezielte Einblicke ermöglicht und Entscheidungen getroffen werden können, um Anlagen und Prozesse effizienter zu betreiben
- **Energiespeicher:** Auch Energiespeicher auf verschiedenen Netzebenen sind als eine für die Sektorkopplung relevante Flexibilisierungsoption in verschiedenen Leistungsklassen sinnvoll einsetzbar. Die Kombination von Windanlagen mit Batteriespeichern ermöglicht etwa eine kurzfristige Energiespeicherung und verhindert im Wesentlichen auf diesem Wege Stromschwankungen und damit verbundene Belastungen des Stromnetzes. Genauso nützlich sind Batteriespeicher bei Photovoltaikanlagen. Beispielhaft hierfür ist schon heute die von GE unterstützte sonnen GmbH, deren neue Sonnenbatterie hybrid – eine kombinierte Batterie-Wechselrichter-Lösung – es ermöglicht, Solarstrom entweder sofort im Haushalt zu nutzen, in der Batterie zu speichern oder in das Stromnetz einzuspeisen.
- **Pumpspeicher:** Darüber hinaus stellen Pumpspeicher eine weitere Flexibilisierungsoption dar. Oft liegt die Stromerzeugung durch Windkraftanlagen je nach Windstärke deutlich oberhalb oder unterhalb des Bedarfs. Integrierte Pumpspeicher, beispielsweise bei Windenergieanlagen, gleichen diese häufigen Wechsel zwischen Engpässen und Überschüssen bei der Stromversorgung aus. Eine solche Kombination ist im Naturstromspeicher Gaildorf zu finden, einem gemeinsamen Projekt der Max Bögl Wind AG und GE Renewable Energy.
- **Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und Wärmepumpen:** Gasheizkraftwerke mit KWK-Lösungen erzeugen Strom und Wärme gleichzeitig und setzen dadurch neue Maßstäbe in Sachen Flexibilität und Umweltverträglichkeit. Sie sind hocheffizient (Wirkungsgrad von über 90 Prozent),

was gegenüber früheren Fossilkraftwerken zu rund 70 Prozent weniger CO₂-Emissionen führen kann. In dieser Hinsicht wird das Gasheizkraftwerk Kiel, in dem 20 Jenbacher Gasmotoren von GE eingesetzt werden, einen wichtigen Grundstein für eine schrittweise, jedoch konsequente Dekarbonisierung des Energiesystems. Auch in kleinerem Maßstab wird Energieeffizienz über den Einsatz von Wärmepumpen erzielt, welche dem Außenbereich die Wärme entziehen und Gebäude dann preiswert und ökologisch mit Heizwärme versorgen.

- **Hybridkraftwerke:** In ähnlicher Weise liefern Hybridkraftwerke Beweis dafür, wie konventionelle und erneuerbare Energien, Erzeugung sowie Verbrauch bedarfsgerecht synchronisiert werden können. Hybridkraftwerke gewinnen elektrische Energie, Treibstoff und/oder Wärme aus verschiedenen Primärenergieträgern. Ein Hybridkraftwerk mit Stromspeicher kann die elektrische Energie aus regenerativen Energiequellen bedarfsgerecht ins Stromnetz einspeisen. Es vereinigt Wind, Sonne sowie Biomasse zu einem Verbund und ermöglicht die gewonnene elektrische Energie rund um die Uhr und planbar zur Stromerzeugung zu nutzen. Im Vergleich zu der getrennten Erzeugung von Wärme und Strom mit konventioneller Heizung und externem Strombezug sparen die Anlagen Primärenergie von rund 30 Prozent ein.

Politische Empfehlungen

Wie bereits oben erläutert, stehen zahlreiche mögliche Technologien für die Umsetzung der Sektorkopplung zur Verfügung. Einige Technologien befinden sich in der Forschungsphase, andere sind noch nicht entdeckt. Dennoch besteht zurzeit eine Vielfalt an energie- und klimapolitischen Instrumenten, die nicht immer im Einklang mit den Zielen der Sektorkopplung stehen. In diesem Kontext ist die erforderliche Weiterentwicklung und Markteinführung bzw. -Verbreitung dieser Technik schwer vorstellbar.

Eines ist klar: Nur eine systemische und ganzheitliche Betrachtung in Sachen Sektorkopplung kann den Erfolg, die Nachhaltigkeit und die Akzeptanz der verschiedenen notwendigen Umsetzungsmaßnahmen gewährleisten. Wir plädieren daher für eine Prüfung dieser Instrumente, um Hemmnisse für die erfolgreiche Umsetzung der Sektorkopplung festzustellen. Ziel der Gesetzgeber sollte es dabei sein, Verbesserungen für optimale Rahmenbedingungen anzustreben, die Klarheit, Zuverlässigkeit und Investitionssicherheit gewährleisten.

Des Weiteren sollte die Grundprinzipien für den Erfolg der Sektorkopplung auf europäischer Ebene abgestimmt bzw. verankert werden. Ein nationaler Alleingang in der Energiepolitik ist zu vermeiden, weil klimapolitische Erfolge nur im internationalen Maßstab zu erreichen sind. Vor allem Instrumente, welche die Kohärenz innerhalb der EU und die Flexibilität auf Ebene der Mitgliedstaaten gleichermaßen erhalten, sollten angestrebt werden. Somit wird gewährleistet, dass deutsche *Best Practices* in Sachen Sektorkopplung auf EU-Ebene übertragen werden können.

Darüber hinaus sind die folgenden drei Punkte zu beachten:

1. Technologieoffenheit

Der Begriff Sektorkopplung sollte nicht nur den Erzeugungsmarkt der erneuerbaren Energien umfassen. Der Zubau der Anlagen von erneuerbaren Energien zur Erreichung der Klimaschutzziele ist zwar wesentlich, stellt aber auch beträchtliche Herausforderungen dar. Dazu zählen beispielsweise der hohe Investitionsaufwand sowie die Raumnutzungskonkurrenz. In diesem Kontext stehen bereits andere Ansätze nach dem heutigen Stand der Technik als ergänzende Brückentechnologien zur Verfügung: z.B. KWK-Anlagen, Retrofit-Maßnahmen, Brennstoffzellen, Power-to-Gas-Lösungen sowie der Einsatz von klimafreundlicheren fossilen Brennstoffen wie Erdgas. Daher gilt es: jeder Austausch älterer Technologien gegen neue Technologien bringt unsere Anstrengungen im Klimaschutz entscheidend weiter.

Folglich sollte der Gesetzgeber die Sektorkopplung pragmatisch gestalten und die Technologieoffenheit als Grundprinzip festlegen. Sie dient der system- und kostenoptimalen Ausgestaltung von Sektorkopplung, Entwicklung von Märkten sowie dem flexiblen, effizienzbasierten Einsatz von technologischen Lösungen. Wichtig ist die Technologieoffenheit insbesondere für steuerbare Lasten, welche einen wesentlichen Beitrag zur besseren Auslastung des Stromnetzes und zur Entlastung des Netzausbaus leisten. Unternehmen sollten deswegen die Freiheit haben, nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu entscheiden, welche Energieträger für einzelne Anwendungen einsetzbar sind. Somit werden diverse Energiesysteme verknüpft und folglich auch wichtige Synergien geschaffen.

2. Abgaben und Steuern

Es sollten mehr ökonomische Anreize zum Wechsel von fossilen Brennstoffen zu Strom aus erneuerbaren Energiequellen geschaffen werden. Aufgrund der unterschiedlichen Steuern, Umlagen oder Abgaben in der Stromwirtschaft bleibt der Stromverbrauch von erneuerbaren Energien und dessen Einsatz in den Bereichen Wärme und Mobilität nach wie vor wenig wettbewerbsfähig. Der Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte steigt an, ist aber bei 13,2% (2015) immer noch relativ gering.⁴ In diesem Kontext sollte es nicht überraschend sein, dass der Betrieb von elektrischen Wärmepumpen zum Beispiel teurer ist als Wärmeproduktion mit Erdgas und Heizöl. Hierbei ist eine Neujustierung von Energiesteuern, Umlagen und Abgaben sehr wichtig, um faire Rahmenbedingungen für die für die Sektorkopplung wichtigen Technologien zu schaffen.

3. Digitalisierung und Vernetzung

Die Digitalisierung des Energiesystems muss im Rahmen der Sektorkopplung eine wichtige Rolle spielen. Die unter dem Oberbegriff der Digitalisierung disku-

tierten Anwendungsbeispiele reichen von virtuellen Kraftwerken bis zu digitalen Windanlagen. Vernetzte Maschinen treiben Optimierung voran, steigern Effizienz und reduzieren CO₂-Emissionen. Das Internet der Dinge (IoT) kann zu einer verstärkten Beteiligung der Kunden an der Steuerung der Stromnachfrage führen. In ähnlicher Weise kann durch das IoT eine gezielte Echtzeitkommunikation mit intelligenten Energienetzen erfolgen, um Betriebsmuster je nach Spitzenbedarfen anzupassen.

Um das Potenzial der Digitalisierung in der Sektorkopplung auszuschöpfen, brauchen wir geeignete Ansätze, unter anderem:

- **Ausbau der digitalen Infrastruktur:** Eine flächendeckende Breitbandinfrastruktur – beispielweise Glasfaser – ist erforderlich, um im Zeitalter des IoT eine schnelle Datenübertragung und den Zugang sowohl in Städten als auch in ländlichen Regionen zu gewährleisten.
- **Grenzüberschreitender Verkehr von Daten:** Unerlässlich zur Schaffung neuer datengesteuerter Modelle und zum Erfolg des IoT sind Datenströme – laut Studien haben diese sogar zu einem zehnpromtigen Wachstum des globalen BIP innerhalb eines Jahrzehnts beigetragen.⁵ Verbraucher von Produkten wie beispielweise Predix ermächtigen Industrial-Internet-Dienstleister in der Regel damit, Maschinendaten zur Lieferung der vereinbarten Dienstleistungen und für Produktverbesserungen, Sicherheit sowie Forschung zu verwenden. Ohne einen grenzüberschreitenden Datenverkehr könnte es schwierig oder sogar unmöglich sein, diese Daten zu sammeln. Zudem befinden sich Industrial-Internet-Ingenieure oft in globalen Hubs, in denen der Zugriff auf Aggregatdaten eine essentielle Rolle spielt – sowohl zur Abstimmung der Funktionalität einer Flotte von intelligenten Maschinen als auch zur Gewinnung von wichtigen Einblicken für Gerätoptimierungen.
- **Ausgewogenheit zwischen Datenschutz und datenbasierter Wirtschaft:** Datenschutz ist ein wesentlicher Fokusbereich für das Industrial Internet, eine Gefährdung der Datensicherheit stellt aber ein geringes Risiko dar. Die meisten gesammelten Daten aus vernetzten Flugzeugmotoren, Lokomotiven, oder Gasturbinen betreffen nur den Betrieb der Maschine selbst. Diese Technologien sind nicht darauf ausgerichtet, Verbraucherinformationen zu sammeln oder zu verkaufen. Folglich sollte das Industrial Internet anders als Business-to-Consumer (B2C) Interaktionen, bei denen aufgrund der direkten Verbraucherbeteiligung das Risiko der Datenvermarktung höher ist, reguliert werden.

Nur eine ausgewogene, pragmatische Sektorkopplung kann die notwendigen und erwünschten Beiträge zur erfolgreichen Dekarbonisierung leisten. Bedeutende Fortschritte können durch den Einsatz bestimmter Schlüsseltechnologien erzielt werden. Digitalisierung, Technologieoffenheit und zuverlässige politische Rahmenbedingungen sind dabei unersetzlich. Bei GE stehen wir bereit, die Impulse aus Paris als Ausgangspunkt zu nutzen, um Innovation und Forschung im Bereich Sektorkopplung voranzutreiben.

Fußnoten

- ¹ Umweltbundesamt, Übersicht zur Entwicklung der energiebedingten Emissionen und Brennstoffeinsätze in Deutschland 1990 – 2014, verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/uebersicht_zur_entwicklung_der_energiebedingten_emissionen_und_brennstoffeinsaetze_in_deutschland_1990-2014_web.pdf
- ² Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, Gutachten zum Thema „Der Umzug der Menschheit: Die transformative Kraft der Städte“, verfügbar unter: http://www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/hauptgutachten/hg2016/wbgu_hg2016.pdf
- ³ Europäische Umweltagentur, Greenhouse Gas Emissions from Transport, verfügbar unter: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-greenhouse-gases/transport-emissions-of-greenhouse-gases-6>
- ⁴ Umweltbundesamt, Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien, verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/energieverbrauch-fuer-waerme#textpart-2>.
- ⁵ McKinsey Global Institute Research, Digital Globalization: The New Era of Global Flows, verfügbar unter <http://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/digital-globalization-the-new-era-of-global-flows>.

