



Verbreitung radikaler Systeminnovationen Fallbeispiel Stromversorgung Deutschland

Jens Clausen

Impressum

Autoren / Autorinnen:

Jens Clausen (Borderstep Institut) | clausen@borderstep.de

Projektdurchführung:

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH

Clayallee 323

14169 Berlin

Zitiervorschlag:

Clausen, J. (2019). Verbreitung radikaler Systeminnovationen. Fallbeispiel Stromversorgung Deutschland. Berlin: Borderstep Institut.

Titelbild:

© Karsten Würth, unsplash

Zuwendungsgeber:

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Innovations- und Technikanalyse (ITA)

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Inhaltsverzeichnis

1	Fallauswahl und Methode	1
2	Die Stromerzeugung in Deutschland	3
2.1	Hintergrund.....	3
2.2	Die Entwicklung der Energiewende in Deutschland	4
3	Der Einsatz von politischen Steuerungsinstrumenten.....	8
3.1	Ziele.....	8
3.2	Förderung von Forschung und Innovation.....	9
3.3	Ordnungsrechtliche und ökonomische Instrumente.....	9
3.4	Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit der Stromerzeugung.....	13
3.5	Information, Kommunikation und Weiterbildung.....	16
3.6	Controlling, Berichterstattung und Management der Transformation.....	16
4	Erkenntnisse zur Governance der Transformation.....	17
4.1	Der Gegenstand der Transformation.....	17
4.2	Pfadabhängigkeiten	17
4.3	Akteurskonstellationen.....	18
5	Fazit.....	20
6	Quellen.....	23

1 Fallauswahl und Methode

Die Zielsetzung des Projektes „Go“ besteht darin, Handlungskonzepte und Governance-Mechanismen für die aktivierende und koordinierende Rolle des Staates für umweltentlastende radikale Systemtransformationen zu erarbeiten. Die Forschung des Borderstep Instituts zur Diffusion von grundlegenden Umweltinnovationen in Deutschland hat wiederholt gezeigt, dass sich diese nur sehr langsam verbreiten. Etwa zwei Drittel der in den letzten 30 Jahren eingeführten umweltentlastenden Produkt- und Dienstleistungsinnovationen konnten bisher nur kleine Marktnischen unter 15 % Verbreitungsgrad erreichen (Clausen & Fichter, 2019). Zum anderen zeigen empirische Untersuchungen, dass insbesondere radikale Systeminnovationen und deren Komponenten sich nur sehr langsam verbreiten oder gar komplett scheitern (Fichter & Clausen, 2013). Dies wird darauf zurückgeführt, dass besonders mit dem Blick auf komplexe soziotechnische Systeme die Förderung von Umweltinnovationen weitgehend unsystematisch verläuft und dass der einsetzbare Instrumentenmix nicht optimal koordiniert wird.

Die Herangehensweise des Projektes basiert auf einem dreistufigen Prozess:

- AP 1: einer empirischen Erhebung der Erfolge, Misserfolge und Erfahrungen bisheriger Versuche der koordinierenden und aktivierenden Rolle des Staates bei radikalen umweltentlastenden Systeminnovationen,
- AP 2: einer diskursiven Auseinandersetzung mit den empirischen Ergebnissen in zunächst getrennten, später integrierten Diskussionsrunden von Akteuren aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft sowie
- AP 3: der Entwicklung eines Vorgehens für eine wirksame Umweltinnovationspolitik zur Förderung der Systemtransformation im Bereich der gebäudebezogenen Wärmeversorgung.

Für Forschungsfragen, für die die Grenzen zwischen dem untersuchten Phänomen und seinem Kontext nicht klar gezogen werden können, bietet sich ein Fallstudien-Design an (Yin, 2014). Für die Verbreitung radikaler Systeminnovationen konnten nur wenige erfolgreiche Fallbeispiele identifiziert werden. Es handelt sich also um extreme Fälle (Bennett & Elman, 2006), deren Untersuchung auch über den spezifischen Kontext hinaus wertvolle Erkenntnisse über die relevanten Treiber und Hemmnisse liefern können.

Die vorliegende Fallstudie Stromversorgung in Deutschland dient im Rahmen von AP 1 der Erhebung der Erfolge, Misserfolge und Erfahrungen eines staatlichen Versuches der Herbeiführung einer grundlegenden Veränderung, nämlich der Steigerung des Anteils erneuerbarer Energiequellen in der Stromerzeugung. Die angestrebte Veränderung ist dabei

- umweltentlastend, weil sie die deutschen CO₂-Emissionen durch das Zurückdrängen fossiler Energieträger wirksam reduziert,

- radikal, weil im Laufe mehrerer Jahrzehnte ein fossiles und zentral ausgerichtetes Stromversorgungssystem zurückgedrängt wurde und ein dezentrales und regeneratives Stromversorgungssystem entstand, welches heute ca. 40 % des Stroms produziert,
- eine Systemtransformation, weil in der Stromversorgung nicht nur die Energiegewinnung, sondern auch die Speicherung und Verteilung neu organisiert werden müssen.

Die Analyse des Fallbeispiels basiert auf Desktop-Research.

Für den Aufbau der Fallstudie wird folgender thematischer Aufbau verwendet:

- In welchem regionalen System und mit welchem Erfolg wurde die Systeminnovation umgesetzt? (Kapitel 2.1)
- In welchem zeitlichen Ablauf und in welchen Schritten wurde die Systeminnovation umgesetzt? Welche Schlüsselereignisse, z.B. aufgrund von Veränderungen in der „Landschaft“, fanden statt? Sind kontingente (zufällige) Ereignisse zu beobachten? Wurden windows of opportunity (Gelegenheitsfenster) – bewusst oder unbewusst - genutzt? (Kapitel 2.2)
- Wie hat der Staat die Entstehung der Innovation sowie besonders ihre Verbreitung gefördert? Welche politischen Instrumente wurden eingesetzt? Wie haben sie die Wirtschaftlichkeit der Innovation beeinflusst? (Kapitel 3)
- Wie ist das Kosten-Nutzen Verhältnis zu beurteilen? Ist die Veränderung des soziotechnischen Systems für die Nutzenden mit der Notwendigkeit von Verhaltensänderungen oder Unsicherheiten verbunden? (Kapitel 4.1)
- Welche Pfadabhängigkeiten und Hemmnisse standen oder stehen dem Wandel entgegen? (Kapitel 4.2)
- Welche Akteure haben die Veränderung unterstützt? Sind Kooperationsstrategien zu beobachten? Wer sind bzw. waren die zentralen Gegner der Transformation? (Kapitel 4.3)

Im Fazit (Kapitel 5) wird die Koordination des Managements der Förderung und Verbreitung der verschiedenen Teilinnovationen sowie die Orchestrierung des Einsatzes politischer Instrumente beleuchtet. Weiter wird abschließend ein Resümee in Bezug auf die Übertragbarkeit von Lektionen gezogen, die aus dem Beispiel gelernt werden können.

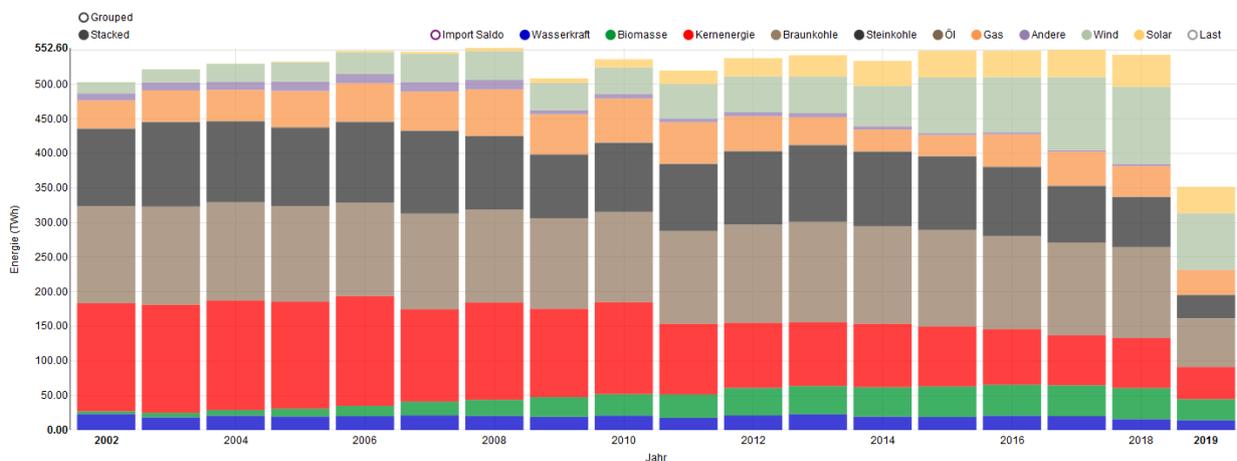
2 Die Stromerzeugung in Deutschland

2.1 Hintergrund

Deutschland ist mit ca. 83 Mio. Einwohnern das bevölkerungsreichste Land Europas. Seine Fläche beträgt seit der Wiedervereinigung im Jahr 1990 ca. 357.000 km² und die Bevölkerungsdichte liegt bei ca. 232 Einwohnern pro km². Die Bundesrepublik Deutschland besteht aus 16 Bundesländern.

Die Stromerzeugung basierte in den 1950er und 1960er Jahren auf Kohlekraftwerken. 1960 trug die Steinkohle 54,8 % zur Stromerzeugung bei, die Braunkohle 27,6 % und die Wasserkraft 10,9 %. Die ersten nennenswerten Mengen Kernenergie wurden 1969 mit 2,2 % der Stromerzeugung eingespeist, ihr Anteil stieg bis 1990 auf etwa ein Drittel der Stromproduktion (Statistik der Kohlenwirtschaft e.V., 2019). Die Erzeugung von erneuerbarem Strom stieg von 3,6 % im Jahr 1990 über 6,6 % im Jahr 2000 (Statistik der Kohlenwirtschaft e.V., 2019) und 19,3 % im Jahr 2010 auf 2018 etwa 41 % (Fraunhofer ISE, 2019).

Abbildung 1: Jährliche Stromerzeugung in Deutschland



Quelle: Fraunhofer Energy Charts (2019), Nettoerzeugung von Kraftwerken zur öffentlichen Stromversorgung. Datenquelle: 50 Hertz, Amprion, Tennet, TransnetBW, Destatis, EEX. letztes Update: 6 September 2019 11:16

Obwohl der Umschwung zu erneuerbaren Energien in den letzten 30 Jahren eigentlich nur in der Stromerzeugung stattfand, wird der Prozess gemeinhin als Energiewende bezeichnet. Vorangetrieben wurde sie von einer langen Reihe von Bundesregierungen. Die erste Phase der F&E-Förderung begann unter der sozialliberalen Koalition unter Helmut Schmidt (SPD). Um das Jahr 1990 wurden unter Helmut Kohl (CDU) die ersten Programme zur Förderung des Markteinstiegs verabschiedet. Die rot-grüne Koalition unter Gerhard Schröder (SPD) setzte mit dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) das zentrale Gesetz durch, mit dem die Verbreitung von Windkraft, Bioenergie und Photovoltaik in den Massenmarkt Fahrt aufnahm. Die Aktivitäten der „Klimakanzlerin“ Merkel (CDU) waren stark vom jeweiligen Koalitionspartner abhängig. Besonders die neoliberale Ausrichtung der schwarz-

gelben Koalition des 2. Kabinetts Merkel führte in den Jahren von 2009 bis 2013 zu starken Einbrüchen im Wachstum der erneuerbaren Stromerzeugung und hatte den weitgehenden Exodus der deutschen Photovoltaikindustrie zur Folge. Gegenwärtig hat die sogenannte große Koalition faktisch ein Moratorium des Windenergieausbaus eingeleitet.

2.2 Die Entwicklung der Energiewende in Deutschland

Die **Ölkrise** in 1973 und 1979 führten auch in Deutschland zu hoher öffentlicher Aufmerksamkeit für die Energieversorgung. Die durch die Publikation des ersten Berichtes des Club of Rome „Grenzen des Wachstums“ (1972), den Fahrt aufnehmenden Ausbau der Kernenergie und viele andere Anlässe mehr entstandene Umweltbewegung widmete sich mit Vehemenz dem Energiethema. Auf dem alternativen Umweltfestival in Berlin wurden im Sommer 1978 erste Biogasanlagen, Windkraftmaschinen und Solarkollektoren ausgestellt (Dokumentationsgruppe des Umweltfestivals, 1979, S. 135ff).

Während in der Folgezeit eine langsam wachsende **Gruppe grüner Erfinder und Unternehmensgründer** Technologien zur Nutzung von Windkraft, Sonnenenergie, Erdwärme und Bioenergie sukzessive weiterentwickelte und dafür auch immer wieder erfolgreich öffentliche Fördermittel einwarb, leisteten die Stromversorger mit ihrem Verband, dem VDEW, kontinuierlich über Jahrzehnte Widerstand.

Widerstand gegen die Energiewende 1: Schon die auf öffentlichen Druck vom Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMFT) angestoßene Entwicklung der **Großwindanlage Growian** mit dem Hauptauftragnehmer MAN war für die Stromversorger Teil einer Widerstandsstrategie. So erklärte Günther Klätte, damals Vorstandsmitglied der Rheinisch Westfälischen Elektrizitätswerke (RWE), schon 1981 auf einer RWE-Hauptversammlung: „*Wir brauchen Growian (große Windanlagen), um zu beweisen, daß es nicht geht*“ und führte weiter aus, „*daß Growian so etwas wie ein pädagogisches Modell sei, um Kernkraftgegner zum wahren Glauben zu bekehren*“ (Die Welt, 1981). Auch der damalige Forschungsminister Hans Matthöfer stand dem Projekt ähnlich zweckpessimistisch gegenüber: „*Wir wissen, daß es uns nichts bringt. Aber wir machen es, um den Befürwortern der Windenergie zu beweisen, daß es nicht geht.*“ (Johansen, 1982). Die Grünen sahen die Anlage denn auch damals schon als Feigenblatt der Elektrizitätswirtschaft. Eigentlich war der Versuch zu beweisen, dass es nicht geht, Anfang der 1980er Jahre ohnehin schon zu spät, denn mit breiter Unterstützung aus der Wissenschaft war in Dänemark durch die Lehrergruppe der alternativen Tvind-Schulen mit Kosten von ca. 900.000 € der Bau der Windmühle "Tvindkraft" 1977 abgeschlossen worden, die mit einer Leistung von 900 kW konzipiert wurde (CICD, 2002; Oelker, 2005) und noch heute in Betrieb ist.

Die Entwicklung ging dann auch weiter. Nach dem **Unfall von Tschernobyl** wurde 1989 ein erstes Bundesförderprogramm, das **100-MW-Windkraft-Programm**, in Gang gesetzt.

Widerstand gegen die Energiewende 2: Widerstand verschiedener Akteursgruppen stoppte aber zunächst die ersten Versuche zur Verabschiedung eines Stromeinspeisungsgesetzes. Unterstützt durch Windenergieakteure aus ihren Heimatregionen traten die beiden CDU-Abgeordneten Erich Maaß (Wilhelmshaven) und Peter Harry Carstensen (Nordstrand) schon länger für eine stärkere Förderung der Windenergie ein. Sie erarbeiteten einen Gesetzentwurf und gingen mit ihrem Vorhaben mit Unterstützung des Forschungsausschusses, aber ohne Absprache mit der Fraktionsspitze, an die

Öffentlichkeit (Clausen, 2017, S. 11). Sie erhielten zwar Unterstützung aus der Öffentlichkeit, trafen aber bei Energiepolitikern in der Fraktion, dem Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi), der Energiewirtschaft sowie bei der Lobby des Verbandes der Elektrizitätswirtschaft e. V. (VDEW) auf Widerstand. Die Initiative wurde **mit dem Argument gestoppt, dass für Technologien mit nur geringem Marktchancen keine Subventionen gezahlt werden sollten** (Hirschl, 2007, S. 130). 1988 schloss sich der der CSU-Abgeordnete Matthias Engelsberger der Initiative für bessere Einspeisevergütungen an. Die Tatsache, dass Strom aus seinem ererbten Wasserkraftwerk mit nur 8 Pfennig pro kWh vergütet wurde führte dazu, dass Engelsberger sich als „billiger August“ der Energieversorger fühlte (Berchem, 2006). Aber auch eine von Engelsberger 1988 erarbeitete Fassung einer Förderrichtlinie konnte von ihm in der Unionsfraktion nicht durchgesetzt werden. Dies gelang erst im Trubel der Wiedervereinigung im Herbst 1990.

Aber auch auf Seite der Befürworter erneuerbarer Energien tat sich einiges. 1989 gründete Hermann Scheer Eurosolar. Mit der Gründung des BEE wurde im Dezember 1991 der zentrale Verband der erneuerbaren Energien gegründet, aus Sicht von Jochimsen (2011), um das Stromeinspeisungsgesetz zu sichern und auszubauen.

Nicht zuletzt durch die Situation, dass durch das Stromeinspeisungsgesetz die Frage des Absatzes geklärt war und mit dem 1991 aufgestockten 250-MW-Programm sowie der parallelen Förderung durch die Länder Anlagen auskömmlich finanziert werden konnten, befand sich die Windbranche für einige Jahre im Aufwind. Die durch die Klagen des VDEW entstandenen Unsicherheiten wirkten sich jedoch ab 1994 auf die Branche aus. Allein von 1995 bis 1996 ging der Umsatz der deutschen Windkraftunternehmen um 25 % zurück (Bruns, Köppel, Ohlhorst & Schön, 2008, S. 61).

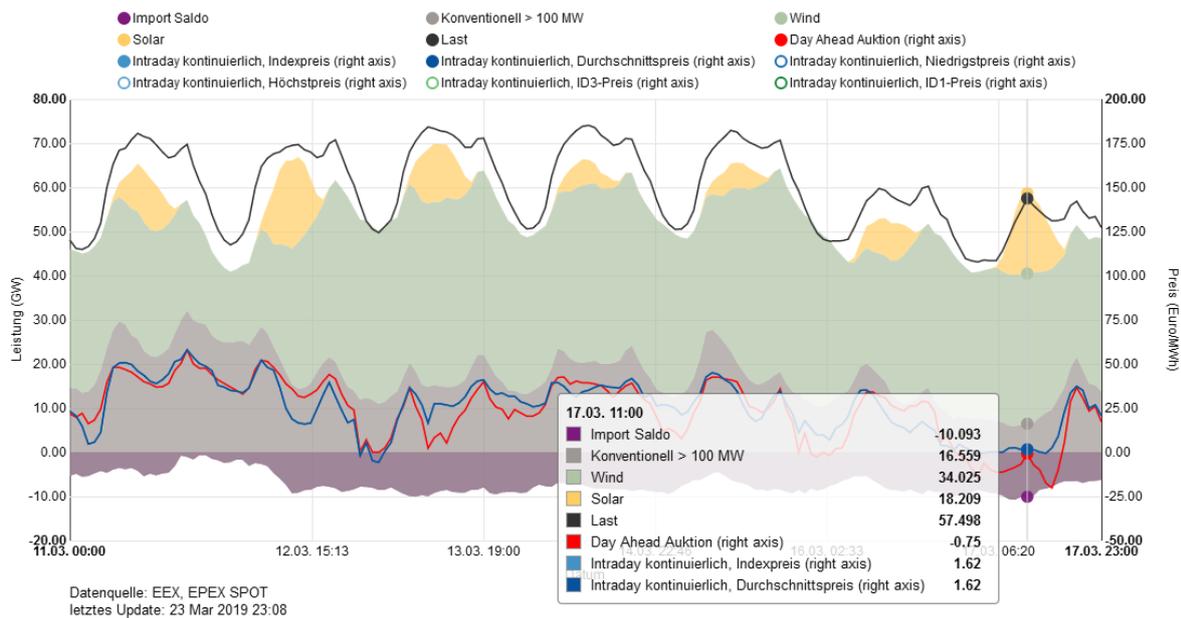
1998 kam die rot-grüne Regierung unter Gerhard Schröder an die Macht und beschloss im Jahr 2000 das zentrale Gesetz für den weiteren Verlauf der Energiewende, das **Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)**. Nach seinem Inkrafttreten nahm die Verbreitung von Windkraftanlagen, Bioenergienutzung und Photovoltaik deutlich an Fahrt auf.

Zu dieser Zeit begannen auch erste Planungen für Offshore Windparks, in deren Folge die begrenzten Kapazitäten der Leitungsnetze zunehmend offensichtlich wurden (Bruns et al., 2008, S. 83). Von Anfang an war auch klar, dass Offshore-Windparks den ökonomischen Charakter der Windbranche verändern würden. Aufgrund der enormen Investitionssummen war wahrscheinlich, dass sich in diesem Geschäftsfeld kapitalstarke Großunternehmen engagieren würden, wie dies z.B. in England auch bereits zu beobachten war (Geels et al., 2016).

Die Windkraft an Land wie auch die Photovoltaik entwickelten sich nach dem Beschluss des EEG über eine Reihe von Jahren sehr positiv. Die PV wuchs zwischen 2009 und 2011 allerdings so stark, dass eine kritische Diskussion über die Folgekosten aufgrund der EEG-Umlage begann. Mit der Debatte um die EEG Novellierung 2011 startete dann ein von konkurrierenden Interessengruppen beeinflusster politischer Prozess, der sich zunehmend von umweltpolitischen Zielen entfernte und teilweise mit populistischen Argumenten befeuert wurde. Auf der einen Seite stand die EE-Branche mit ihren Verbänden, für die das Erreichen der Ausbauziele nicht nur wirtschaftlich profitabel ist, sondern die diese auch gemeinsam mit dem Umweltverbänden und den Akteuren des Klimaschutzes weiter aus

umweltpolitischen Gründen verteidigen. Auf der anderen Seite stehen zum einen populistische Politiker wie Peter Altmaier (CDU), der öffentlichkeitswirksam Anfang 2013 eine Strompreisbremse fordert, zum anderen Energiekonzerne, die zunehmend zu Recht um den Weiterbetrieb ihrer Kern- und Kohlekraftwerke fürchten. Am Beispiel der Woche 11 in 2019 lässt sich aufzeigen, dass in windreichen Zeiten die Windkraft die sogenannte Grundlast weitgehend aus dem Markt drängt und die Börsenpreise phasenweise negativ werden.

Abbildung 2: Stromproduktion und Börsenstrompreise in Deutschland in Woche 11 in 2019



Quelle: Fraunhofer Energy Charts (2019), in der Woche 11 in 2019 wurden 66,1 % der Stromproduktion regenerativ erzeugt.

Mitte 2019 steht Deutschland an einem Punkt der durch vier Entwicklungen gekennzeichnet ist:

- Der Atomausstieg ist beschlossen und das letzte Atomkraftwerk geht 2022 vom Netz.
- Der Kohleausstieg ist von der Kohlekommission für 2038 vorgeschlagen, seine Vorverlegung auf 2030 wird von der einflussreichen Bürgerbewegung FridaysForFuture gefordert und liegt durchaus im Bereich des Möglichen.
- Der weitere Ausbau der Windenergie oder anderer erneuerbarer Energien in relevanter Größenordnung ist gegenwärtig eher unwahrscheinlich, da die EEG-Novellen kaum noch wirtschaftliche Anreize schaffen und zudem die ordnungsrechtlichen Einflüsse der in den Bundesländern nun geltenden Abstandsregelungen den Ausbau der Windenergie unattraktiv, wenn nicht unmöglich machen.
- Die Photovoltaik (PV) erlebte zwar 2018 wieder einen deutlichen Aufschwung, der Zubau stieg von ca. 1,7 auf 2,9 MWp (BSW Solar, 2019), aber der PV-Deckel von 52 GM installierter Leistung

rückt näher. Nach Erreichen des Deckels in 2021 könnte die Errichtung großer PV-Anlagen wirtschaftlich wieder unattraktiv werden.

Während also aufgrund der politischen Beschlüsse Atomkraft und Kohle wegfallen, bremst die Politik den Ausbau der Erneuerbaren. Eine erhebliche Versorgungslücke mit Strom deutet sich damit für das Ende des nächsten Jahrzehnts an.

Mit Spannung ist zu verfolgen, wie die weitere Entwicklung sich gestaltet. Die logische Position der Betreiber von Kern- und Kohlekraftwerken muss sein, den Ausbau der Erneuerbaren bis zur Stilllegung ihres letzten Kraftwerkes so weit als möglich weiter zu behindern, um so die noch erzielbare Restprofitabilität so weit als möglich abzuschöpfen.

Eine auf Klimaschutz und Versorgungssicherheit gerichtete Politik wiederum müsste den Ausbau so schnell wie möglich vorantreiben, um die vollständige Versorgung durch die Erneuerbaren möglichst bis ca. 2035 sicherzustellen. Dabei ist umzugehen mit der Abhängigkeit der Erneuerbaren Wind und Sonne von Wetterbedingungen. Für eine zeitlich ununterbrochene Versorgung mit Strom muss bis 2035 also entweder noch eine Restkapazität an Gaskraftwerken vorhanden sein, die Entwicklung von Großbatterien für mehrwöchige Speicherung von Windstrom in TWh-Größenordnung sprunghafte Fortschritte machen oder Power-to-Gas Kapazitäten in der Größenordnung vieler GW aufgebaut werden, um den bei hohen Überkapazitäten anfallenden Überschussstrom energetisch verwerten zu können.

3 Der Einsatz von politischen Steuerungsinstrumenten

Der Einsatz politischer Steuerungsinstrumente zur Steuerung der Energiewende erfolgte unsystematisch und einerseits abhängig von kontingenten (zufälligen) Ereignissen wie z.B. der Beschluss des Stromeinspeisungsgesetzes, das quasi im Schatten der Wiedervereinigung durchgesetzt wurde, und der Beschluss des 2. Atomausstiegs nach der Reaktorkatastrophe von Fukushima. Eine gewisse Kontinuität ist von 1990 bis 2010 zu beobachten. Nach diesem Zeitpunkt begann einerseits auf interessenpolitischen Beweggründen, andererseits aus populistischen Gründen (Strompreisbremse) ein Gerangel um die Zukunft der Energiewende, in der die CDU-geführte Bundesregierung Deutschland gegenwärtig in eine Situation mit eher unklarer Energiezukunft hereinführt.

3.1 Ziele

Das zentrale Ziel für den Ausbruch aus der fast nur auf Kohle basierenden Stromversorgung der 1960er Jahre bestand in der Reduktion der Abhängigkeit von Erdölimporten, die 1979 immer noch 50 % des Primärenergiebedarfs von Deutschland deckten (Bundesministerium für Forschung und Technologie, 1980, S. 18). Um dieses Ziel zu erreichen, wurden einige Unterziele festgelegt (Bundesministerium für Forschung und Technologie, 1980, S. 19ff):

- Rationelle Energieverwendung in der Gebäudeheizung, im Verkehr, durch effiziente Kraftwerkstechnologien und effiziente Haushaltsgeräte,
- Steigerung der Verwendung heimischer Kohle incl. der Umwandlung von Kohle in flüssige und gasförmige Brennstoffe,
- Nutzung neuer Energiequellen wie Sonnenenergie, Umweltwärme (über Wärmepumpen) und Windenergie, von der aber nur ein geringer Beitrag zur Energieversorgung besonders in abgelegenen Gebieten erwartet wird,
- Nutzung der Kernenergie.

Diese Ziele der Energiepolitik haben sich in den letzten 40 Jahren weiterentwickelt. Von der Nutzung der Kernenergie wurde durch die Atomausstiege von 2002 und 2011 Abstand genommen, sie soll 2022 auslaufen. Der Kohleausstieg wurde erstmals im Bericht der Kohlekommission (Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“, 2019) terminiert. In der aktuellen Nachhaltigkeitsstrategie (Die Bundesregierung, 2018, S. 54, 56) finden sich folgende Zielsetzungen mit Relevanz für die Stromproduktion:

- Erneuerbare Energien - Zukunftsfähige Energieversorgung ausbauen: Anteil des Stroms aus erneuerbaren Energiequellen am Bruttostromverbrauch: Anstieg auf mindestens 35 % bis 2020, auf mindestens 50 % bis 2030 und auf mindestens 80 % bis 2050
- Klimaschutz - Treibhausgase reduzieren: Treibhausgasemissionen: Minderung um mindestens 40 % bis 2020, um mindestens 55 % bis 2030, um mindestens 70 % bis 2040 und um 80 bis 95 % - bis 2050 jeweils gegenüber 1990

3.2 Förderung von Forschung und Innovation

Seit den 1970er Jahren wurde die Entwicklung von Technologien zur Erzeugung regenerativen Stroms durch die Bundesregierung gefördert. Seit 1977 adressiert die Bundesregierung mit den Energieforschungsprogrammen kontinuierlich zentrale Fragen der Energiepolitik und dabei auch die erneuerbaren Energien. In den späten 1970er und den 1980er Jahren standen dabei Zuschüsse zu F&E-Projekten im Mittelpunkt, u.a. für eine BMFT-Förderung von 27 Mil. € für Growian (Radtke, 2015).

Die Fördergeber stellten im Anschluss an das Growian-Experiment aber fest, dass nicht nur die Entwicklung neuer Windkraftkonzepte, sondern auch die Verbesserung von Zuverlässigkeit und Robustheit der langsam größer werdenden Anlagen der Förderung bedurfte, die jetzt auch erstmals Windenergie-Startups wie Enercon oder der Husumer Schiffswerft zu Gute kamen (Bruns et al., 2008, S. 37). Außerdem wurden zunehmend die Entwicklung von Bioenergie, Solarenergienutzung und Geothermie gefördert.

Die kontinuierliche Förderung von Forschungsprojekten zu Windenergie, Bioenergie, Sonnenergie, Geothermie, Wasser- und Wellenkraftwerken zieht sich kontinuierlich durch die bisher sieben Energieforschungsprogramme. Wurden im Jahr 2006 noch ca. 130 Mio. € in die Förderung der Forschung zu erneuerbaren Energien investiert, stieg dieser Wert 2017 auf über 400 Mio. € an (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2018a, S. 6).

Im laufenden 6. Energieforschungsprogramm wurden im Jahr 2017 insgesamt 547 Mio. € für Energieforschungsprojekte neu bewilligt. Die größten Förderbereiche der Energieforschung waren (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2018b, S. 12):

- Windenergie mit 95,97 Mio. €,
- Energieoptimierte Gebäude und Quartiere mit 93,36 Mio. €,
- Photovoltaik mit 89,31 Mio. €,
- Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen mit 55,03 Mio. €,
- Stromnetze und Netzintegration erneuerbarer Energien mit 45,96 Mio. €,
- Speicher mit 38,19 Mio. €,
- Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie mit 28,57 Mio. €.

In den nächsten Jahren wird die Energieforschung weiter aufgestockt werden (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2018c, S. 8).

3.3 Ordnungsrechtliche und ökonomische Instrumente

Schon 1984 erarbeitete Schleswig-Holstein „Richtlinien für die Auslegung, Aufstellung und für das Betreiben von Windenergieanlagen“ um die **Genehmigungspraxis** zu vereinheitlichen, ohne dabei aber zunächst die räumliche Verteilung zu regeln (Bruns et al., 2008, S. 39).

Seit 1989 kamen als wirksame Fördermaßnahmen Zuschüsse im Rahmen verschiedener Programme zur Errichtung von Windkraftanlagen und PV-Anlagen dazu. Auf Bundesebene entstand das **100-Megawatt-Windkraft-Programm**, in dessen Rahmen ein Zuschuss von 8 Pfennig auf jede erzeugte Kilowattstunde gezahlt wurde und das am 10.3.1989 in Kraft trat. Das Programm wurde 1991 auf 250 MW aufgestockt (Bruns et al., 2008, S. 38, 46).

Parallel engagierten sich einige Bundesländer, vor allem die windreichen Flächenländer Niedersachsen und Schleswig-Holstein, in der **Windkraftförderung**. Die fördertechnisch oft mögliche Kombination von Bundes- und Landesmitteln resultierte in einer wirkungsvollen Anschubfinanzierung. Erstmals wurde von Überförderung gesprochen (Bruns et al., 2008, S. 38), angesichts der Umsatz- und Gewinnmöglichkeiten traten neue Akteure in den Markt ein und die entstehende Konkurrenz führte zu technologischen Fortschritten.

Als Folge einer Reihe kontingenter Ereignisse, zu denen nicht zuletzt die deutsche Wiedervereinigung gehörte (Clausen, 2017), wurde 1990 das **Stromeinspeisungsgesetz (StrEG)** vom Bundestag beschlossen und im Bundesgesetzblatt (Bundesrepublik Deutschland, 1991) verkündet. Es trat am 1. Januar 1991 in Kraft und verpflichtete die Stromversorgungsunternehmen zur Abnahme erneuerbar erzeugten Stroms in ihrem Versorgungsgebiet sowie dazu, einen festgelegten Mindestpreis zu zahlen (Bruns 43).

In den Jahren 1993 bis 1995 war der **Höhepunkt der Förderung der Windenergie durch die Bundesländer**, die ihre Förderaktivitäten danach auf Biomasse und Solarthermie verlagerten (Bruns et al., 2008, S. 47). Das Auslaufen der Landesförderung hatte keine ernsthafte Rückwirkung auf die Windkrafthersteller, da die Einspeisevergütung in Verbindung mit Kostensenkungen in der Herstellung die rentable Errichtung der Anlagen weiter möglich machte.

Widerstand gegen die Energiewende 3: Nachdem das Stromeinspeisungsgesetz beschlossen worden war, begann 1994 die Energiewirtschaft daran zu arbeiten, das Gesetz wieder zu beseitigen. Eine **Normenkontrollklage** gegen das Gesetz wurde vorbereitet, aber letztlich nicht termingerecht eingereicht. Die Energiekonzerne entschlossen sich dann, den zivilrechtlichen Weg zu versuchen. Koordiniert durch den VDEW kürzten einzelne Stromversorger einzelnen Erzeugern die vorgegebene Vergütung (Bruns et al., 2008, S. 59), worauf letztere klagten. Dies Vorgehen stieß in der Öffentlichkeit allerdings auf starke Kritik. Das Ziel des VDEW und seiner Mitglieder, eine Entscheidung des Bundesverfassungsgerichtes herbeizuführen, wurde aber erreicht. Der Kartellsenat des BVerfG urteilte jedoch im Oktober 1996, das Stromeinspeisungsgesetz verstoße nicht gegen die Verfassung (Oelker, 2005, S. 382). Kurz nach der Novellierung des StrEG im Mai 1998 reichte die Preussen-Elektra erneut **Klage gegen die Rechtmäßigkeit der Einspeisevergütungen** mit der Begründung regionaler Ungleichheiten ein. Letztlich wurde das Urteil des BVerfG aus 1996 am 13.3.2001 durch den EuGH bestätigt (Oelker, 2005, S. 382). Da das Urteil grundsätzliche Bedeutung hatte, war nun auch ein Vorgehen gegen das inzwischen eingeführte EEG nicht mehr möglich.

1997 begann die schwarz-gelbe Regierungskoalition die Arbeit an der **Novellierung des StromEinspG**. Wirtschaftsminister Rexroth (FDP) versuchte, eine Begrenzung der Aufnahme von Windstrom durchzusetzen und wirkte auf eine Absenkung der Vergütung hin (Köpke, 2005, S. 329). Der BEE und die

anderen Verbände der erneuerbaren Energien wie auch der SPD Bundestagsabgeordnete Hermann Scheer mit Eurosolar begannen darauf die „Aktion Rückenwind“. Auf einer Demonstration in Bonn wurde erstmal auch durch die Gewerkschaften auf die Bedeutung der in den EE-Unternehmen entstandenen Arbeitsplätze hingewiesen. An der Kundgebung nahmen aufgrund der guten Aussichten der Bioenergie nun auch der Bauernverband sowie Abgeordnete aus allen im Bundestag vertretenen Parteien teil. Letztlich wurde die Novellierung nach einer Patt-Abstimmung im Energiearbeitskreis der CDU/CSU nicht mehr fertig (Clausen, 2017, S. 13).

Durch die Bundestagswahl 1998 kam die rot-grüne Koalition unter Gerhard Schröder an die Macht. Schon im Januar 1999 startete das von Hermann Scheer (SPD) initiierte **100.000-Dächer-Programm** mit Fokus auf die Photovoltaik. Scheer erhielt für seine aktive Rolle in der Vorbereitung der Energiewende 1999 den „alternativen Nobelpreis“.

Widerstand gegen die Energiewende 4: Die SPD hatte als Wirtschaftsminister den parteilosen Werner Müller durchgesetzt, einen Mann von RWE und VEBA, der nach seiner Ministertätigkeit als Vorstandsvorsitzender zu Ruhrkohle wechselte. Müller präferierte im neuen **Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)** keine Einspeisevergütung, sondern Quotensysteme. Obwohl sich das Ministerium mit Abgeordneten der Koalitionsfraktionen auf zentrale Punkte verständigt hatte, legte letztlich das Ministerium einen Entwurf vor, den andere Ressorts als „Wortbruch zu vorangegangenen Absprachen“ bezeichneten (Hirschl, 2007, S. 144).

Als Reaktion entwarfen Abgeordnete der Regierungsfractionen einen eigenen Gesetzentwurf. Sie griffen dabei auf den Ministeriumsentwurf zurück, änderten den Geltungsbereich (Aufnahme von Geothermie und Grubengasnutzung) und nahmen Besserstellungen bei den Vergütungssätzen vor (Hirschl, 2007, S. 144). In dieser Zeit traten die RWE AG und der BDI als strikte Gegner der Vorlage auf. Die Preussenelektra, das am meisten von der bisherigen Regelung betroffenen EVU, begrüßte jedoch die neue Umlageregelung. Auch der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) setzte sich demonstrativ für das EEG ein und stellt sich gegen seinen Dachverband, den Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) (Hirschl, 2007, S. 145). Hintergrund waren sogenannte Helferinteressen, da viele VDMA-Mitgliedsunternehmen dem durch die EE-Branche profitierenden Maschinenbau angehörten. Die Industrie sprach also nicht mehr mit einer Stimme, was ihre Durchsetzungsfähigkeit einschränkte. Die Kritiker fanden in der rot-grünen Koalition letztlich kein Gehör, am 25. Februar 2000 wurde das Gesetz im Bundestag, am 17. März im Bundesrat beschlossen und trat am 1. April 2000 in Kraft (Clausen, 2017, S. 14).

Im Jahr 2001 wurde durch die EU die „Richtlinie zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitäts-Binnenmarkt“ beschlossen (Bruns et al., 2008, S. 67). Die Mitgliedsstaaten mussten sich nun Ausbauziele setzen und für Deutschland wurde ein Anteil von 12,5 % an der Stromerzeugung in 2010 festgelegt.

In verschiedenen **Novellierungen** wurde das EEG im Laufe der Zeit verändert, wobei sich die verschiedenen politischen Konstellationen und die sie tragenden Interessengruppen niederschlugen.

In der **Novellierung 2004** wurden Anforderungen der EU in das EEG eingearbeitet und von der CDU/CSU im Vermittlungsausschuss eine Reduzierung der Fördersätze von Windkraftanlagen er-

reicht. Weiter wurde die Stellung der Betreiber von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien gegenüber den örtlichen Netzbetreibern verbessert.

Die **Novellierung 2008** sah erste Maßnahmen zum Netzmanagement vor, um die Überlastung der Stromnetze zu vermeiden. Außerdem wurde für die Photovoltaik-Vergütung eine gleitende Degression eingeführt.

Widerstand gegen die Energiewende 5: Mit der **Novellierung 2011** führte die schwarz-gelbe Koalition das Marktprämien Modell ein und senkte auf breiter Front die Einspeisevergütung. Mit der sogenannten **Photovoltaik-Novelle von Juni 2012** senkte sie die Vergütungssätze für die Photovoltaik weiter ab und legte eine Begrenzung des Gesamtausbauziels für die geförderte Photovoltaik in Deutschland auf 52 GW fest, nach deren Erreichen die Einspeisevergütung entfällt. Der PV-Bestand Mitte 2012 lag bei 27 GW und der jährliche „Ausbaukorridor“ wurde auf 2,5 bis 3,5 GW festgelegt. Das EEG wurde so erstmal von einem Förderinstrument zu einem Instrument, welches den Ausbau der erneuerbaren Energien begrenzt. Heute ist bei einem PV-Anlagenbestand von ca. 46 GW (BSW Solar, 2019) absehbar, dass der PV-Deckel etwa in 2021 erreicht wird, wodurch der Bau großer PV Anlagen wieder sehr unattraktiv werden könnte.

Im Frühjahr 2013 stellte der damalige Bundesumweltminister und heutige Minister für Wirtschaft und Energie Peter Altmaier weitere Reformvorschläge zum EEG als „Strompreisbremse“ zur Deckelung der EEG-Umlage vor“ (Anonym, 2012).

Den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien sah die von der 2013 gewählten schwarz-roten Koalition beschlossene **EEG-Novellierung 2014** künftig innerhalb eines gesetzlich festgelegten Ausbaukorridors vor, mit dem 40 bis 45 % erneuerbare Energien an der Stromerzeugung im Jahr 2025 und 55 % und bis 60 % im Jahr 2035 erreicht werden sollten. Die Begrenzung des Wachstums sollte mit einer Reihe von Maßnahmen erreicht werden:

- Bei der Windenergie liegt der Zielkorridor bei einem jährlichen Nettozubau von 2.400 MW bis 2.600 MW. Werden mehr Windräder errichtet, sinken die Vergütungen entsprechend stärker („atmender Deckel“). Repowering ist hiervon ausgenommen. Eine Länderöffnungsklausel ermöglichte länderspezifische Regeln über Mindestabstände von Windkraftanlagen zur Wohnbebauung, die sich mittelfristig als wirksame Maßnahme zur Begrenzung des Ausbaus der Windenergie erweisen sollten.
- Der Ausbaupfad der Offshore-Windenergie wurde auf 6,5 GW im Jahr 2020 festgesetzt.
- Bei der Photovoltaik wurde der selbst produzierte und selbst verwendete Eigenstrom mit einer Abgabe belastet („Sonnensteuer“).
- Der Zubau der Bioenergie wurde auf 100 MW im Jahr begrenzt und überwiegend auf Anlagen zur energetischen Verwertung von Abfall- und Reststoffen eingeschränkt.
- Für Freiflächen-Photovoltaik wurde ab 2017 die feste Einspeisevergütung durch ein Ausschreibungsverfahren ersetzt.

In der **Novellierung 2017** erfolgte ein grundsätzlicher Systemwechsel vom Modell der Einspeisevergütungen hin zum Ausschreibungsverfahren, der bereits mit dem im EEG 2014 im Bereich der Photovoltaik-Freiflächenanlagen als Pilotprojekt getestet worden war. Zudem wurde erstmals der Ausbau der erneuerbaren Energien nach oben gedeckelt.

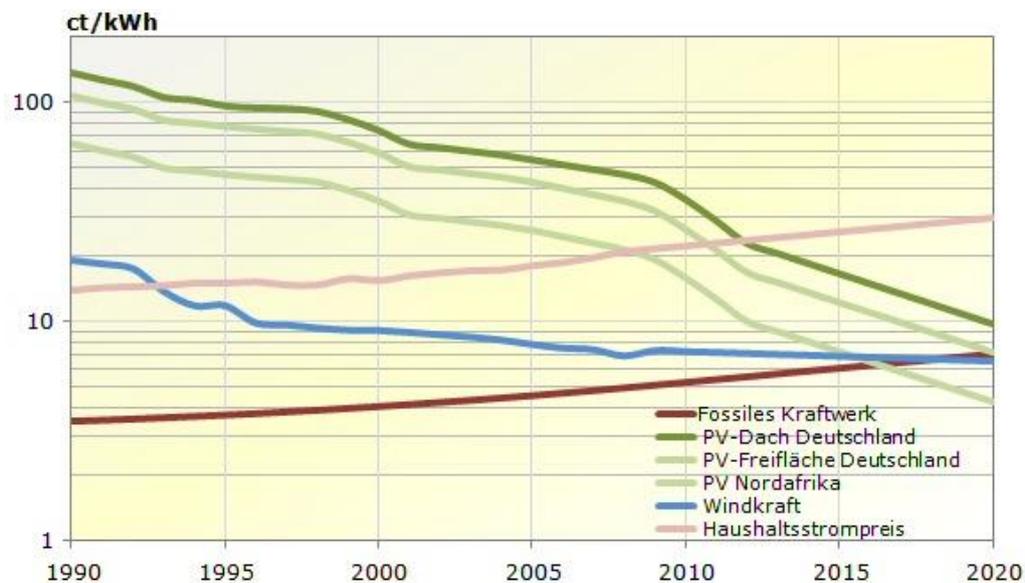
3.4 Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit der Stromerzeugung

Die primäre Variable für die Wirtschaftlichkeit der erneuerbaren Stromversorgung sind die Stromgestehungskosten. Im Jahr 1990 lagen die Gestehungskosten für eine kWh Strom aus Windkraft (Onshore) bei ca. 20 Cent/kWh, mit Photovoltaik erzeugter Strom schlug mit mehr als einem Euro pro kWh zu Buche (Quaschnig, 2011). Implizit lag der Förderung der erneuerbaren Energien schon lange die Absicht zu Grunde, durch Skaleneffekte die Kosten zu reduzieren. Explizit wird das Ziel geringer volkswirtschaftlicher Kosten seit der Novellierung des EEG in 2004 in der Begründung zum Gesetz erwähnt (Die Bundesregierung, 2004, S. 14):

„Schließlich ist es auch Zweck des Gesetzes, die Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien zu fördern, um durch technische und wirtschaftliche Innovationen im Interesse geringer volkswirtschaftlicher Kosten und eines verbesserten Umweltschutzes eine weiter verbesserte Effizienz zu erreichen.“

Forschung und Entwicklung wie auch Skaleneffekte führten zu technischen Verbesserungen und einer effizienteren Produktion der Energieanlagen. Quaschnig (2011) dokumentiert für PV und Windenergie eine deutliche Kostendegression:

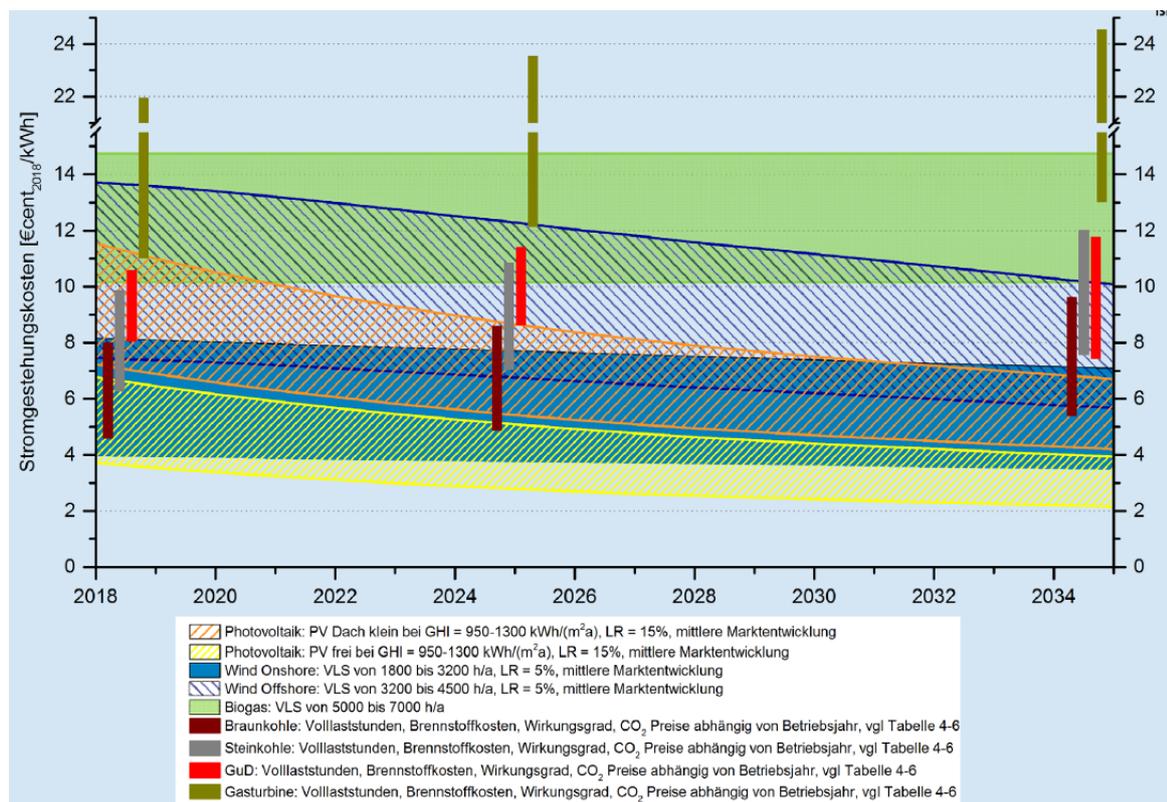
Abbildung 3: Entwicklung der Stromgestehungskosten für neue Kraftwerke von 1990 bis 2010 und Projektion bis 2020



Quelle: Quaschnig (2011)

Mit Blick auf das beginnende Jahr 2018 errechnet das Fraunhofer ISE eine schon heute bestehende Wirtschaftlichkeit neuer Anlagen der großen PV wie auch der Onshore-Windenergie gegenüber Braun- wie auch Steinkohlenkraftwerken. Bei diesen Rechnungen wurde ein CO₂-Zertifikatspreis von 5,30 EUR/t CO₂ angenommen. Schon Ende 2018 lag dieser aber bei ca. 20 EUR/t CO₂ und bis Juni 2019 stieg er auf 25 EUR/t CO₂. Die in die folgende Prognose eingeflossenen zukünftigen Werte sind eine Spanne von 12,5 bis 32 EUR/t CO₂ für das Jahr 2025 und 30 bis 70 EUR/t CO₂ für das Jahr 2035. Angesichts einer an Fahrt gewinnenden Diskussion um eine CO₂-Steuer, für die Steuersätze von 25 bis 180 EUR/t CO₂ vorgeschlagen wurden und die bei konsequenter Anwendung gleichzeitig ein Mindestniveau für den Zertifikatspreis darstellen müsste, ist von einer gegenüber der in Abbildung 4 dargestellten Entwicklung deutlich schneller eintretenden Wirtschaftlichkeit auszugehen.

Abbildung 4: Lernkurvenbasierte Prognose von Stromgestehungskosten erneuerbarer Energien und konventioneller Kraftwerke in Deutschland bis 2035



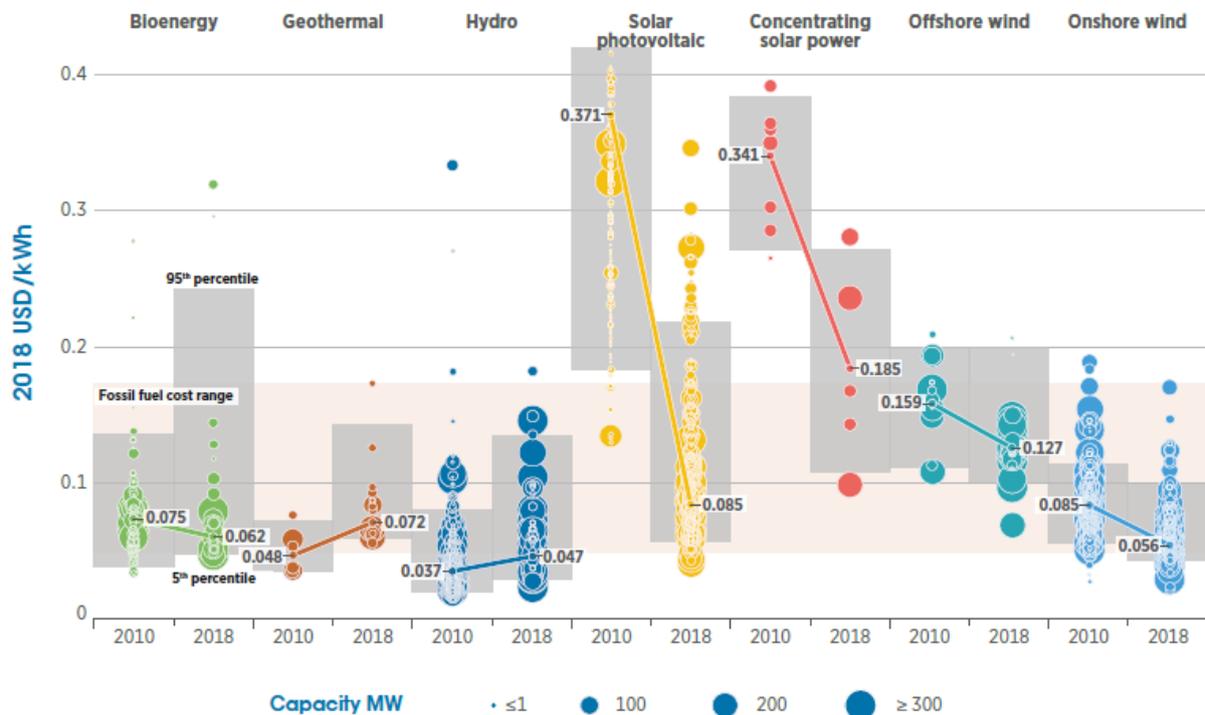
Quelle: Kost, Shammugam, Jülch, Nguyen & Schlegl (2018, S. 24), Berechnungsparameter in Tabelle 1 bis 6. Der LCOE-Wert pro Bezugsjahr bezieht sich jeweils auf eine Neuanlage im Bezugsjahr.

Dass zwischen 2010 und 2018 in den USA 40 % aller Kohlekraftwerke geschlossen wurden, wird von der Süddeutschen Zeitung neben der steigenden Konkurrenzfähigkeit von Gaskraftwerken auch auf deutlich niedrigere Kosten von Windkraftwerken und PV-Anlagen zurückgeführt (Werner, 2018).

Die International Renewable Energy Agency (2019, S. 12) dokumentiert regelmäßig die Gestehungskosten verschiedener erneuerbarer Stromerzeugungstechnologien und setzt diese in Relation zu den

Gestehungskosten fossiler Stromerzeugung, die auf 5 US-Cent/kWh bis 17 US-Cent/kWh geschätzt werden. In der weltweiten Analyse wird deutlich, dass es mit Ausnahme solarthermischer Kraftwerke und Offshore-Wind um die Wettbewerbsfähigkeit zentraler Erzeugungstechnologien bereits gut bestellt ist.

Abbildung 5: Globale nivellierte Kosten von Technologien der erneuerbaren Stromerzeugung, 2010-2018



Quelle: International Renewable Energy Agency (2019, S. 12)

Mit Blick auf die Zukunft besteht eine Reihe von Unsicherheiten in Bezug auf die Entwicklung der Stromkosten. Zwar stellt die EEG-Umlage aufgrund der extrem gesunkenen Erzeugungskosten für Windkraft an Land und PV-Strom kaum noch ein Kostenrisiko dar, aber durch die sowohl zeitlich (bei Sonne oder Wind) wie auch räumlich (Wind eher in Norddeutschland, PV eher im Süden) konzentrierte Erzeugung entstehen sowohl räumliche Verteilungsprobleme wie auch zeitliche Steuerungs- und Speicherprobleme, deren technische und wirtschaftliche Lösung noch nicht sicher prognostiziert werden kann. Je nach Art und Aufwand der zu wählenden Lösungen sind dabei beim weiteren Ausbau der erneuerbaren Stromversorgung auf 100 % weitere Kosten zu erwarten, die die Entwicklung des Strompreises beeinflussen werden.

3.5 Information, Kommunikation und Weiterbildung

Information und Kommunikation hat in der nun fast 40-jährigen Geschichte der Diffusion erneuerbarer Energietechnologien immer wieder eine Rolle gespielt. Die Akteure der Kommunikation waren für die unterschiedlichen Technologien jeweils andere.

So wurden z.B. Informationen über Bioenergie vornehmlich von Landwirtschaftsministerium und der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe verbreitet (Clausen, Fichter, Winter & Gryschka, 2011, S. 6, 15, 35).

Für Photovoltaik und Solarthermie geht die Öffentlichkeitsarbeit u.a. vom Branchenverband BSW-Solar aus. Aber auch andere Akteure wie die Deutsche Bundesstiftung Umwelt wurden aktiv, wie z.B. durch die Förderung der Informationskampagne „Solar – Na klar!“ Anfang des Jahrtausends (Clausen, 2009, S. 16).

Die Windkraft an Land wurde schon aufgrund ihrer hohen Sichtbarkeit intensiv diskutiert. Hersteller, aber auch viele Kommunen und Verbände informierten, wichtig waren aber auch zahlreiche Informationskampagnen zu einzelnen Windkraftprojekten, für die Investoren gesucht wurden (Clausen et al., 2011, S. 61).

Mit Blick auf den Solarmarkt waren auch Weiterbildungsaktivitäten von Belang. So mussten sowohl Elektriker wie auch Installateure für die Installation von Solarthermie- und PV-Anlagen weitergebildet werden (Clausen, 2009, S. 18)

3.6 Controlling, Berichterstattung und Management der Transformation

Durch die regelmäßigen Berichte des Bundesministeriums für Umwelt (BMU) „Erneuerbare Energien in Zahlen“, die über viele Jahre erschienen und später durch das BMWi weitergeführt wurden (beispielhaft Bundesministerium für Umwelt, 2011; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2015, 2016, 2017) sowie durch zahlreiche Detailberichte zur Entwicklung von Technologien sowie zur Entwicklung von Preisen und Kosten waren Politik, Wirtschaft und Gesellschaft seit dem Inkrafttreten des EEG durchweg in der Lage, sich über den aktuellen Stand der Energiewende zu informieren. Auf das oft chaotische und von widersprüchlichen Interessen geleitete Management der Energiewende durch die Politik hat das durchaus umfangreiche Controlling allerdings wenig Einfluss gehabt (vgl. Abschnitt 3.3).

4 Erkenntnisse zur Governance der Transformation

4.1 Der Gegenstand der Transformation

Das Ziel der Transformation ist die Umstellung der Stromerzeugung in Deutschland von fossilen auf regenerative Energiequellen. Der **Gegenstand der Transformation** ist das gesamte System zur Erzeugung, Verteilung und Speicherung von Strom. Auch die Nutzung von Strom verändert sich, da zum einen aufgrund der Volatilität der Stromerzeugung aus den in Deutschland verfügbaren volatilen Quellen und zum anderen aufgrund zusätzlicher Verbraucher wie Elektroautos und Wärmepumpen die zeitliche Synchronisation von Erzeugung und Verbrauch Veränderungen des Verbrauchsverhaltens zur Folge haben wird.

Das **Kosten-Nutzen-Verhältnis** der durch die Transformation ausgelösten Veränderungen folgt weitgehend dem typischen Muster einer erfolgreichen Skalierung. Zunächst ist von Bedeutung, dass sich der Nutzen der Stromversorgung durch die Transformation nicht verschlechtern sollte. Dieser Nutzen besteht aus der Verfügbarkeit von Strom sowie einer hohen Versorgungssicherheit. Die Frage, ob durch eine Stromversorgung auf Basis erneuerbarer Stromquellen genügend Strom mit hoher Versorgungssicherheit und angemessenen Kosten bereitgestellt werden kann, war und ist in dem politischen Gerangel der letzten Jahrzehnte ein permanent kontrovers diskutiertes Thema (beispielhaft Anonym, 2012; Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2010), welches vermutlich auch nur dadurch endgültig geklärt werden kann, dass durch Erfahrung mit steigendem Regenerativanteil die Versorgungssicherheit praktisch nachgewiesen wird. Die Debatte um den Strompreis wird dadurch komplex, dass neben den Stromgestehungskosten die Frage der Internalisierung externer Umweltkosten die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit stark beeinflussen würde. Dieser Kostenfaktor hat seine Ursache jedoch außerhalb des Energiesystems und könnte nur durch eine normative Politik im Energiesystem wirksam werden.

Weiter sind eine hohe **Kompatibilität mit Verhaltensroutinen** sowie **Vertrauen in die Innovation** von Bedeutung für die Akzeptanz eines Stromversorgungssystems auf Basis erneuerbarer Stromquellen. Kompatibilität ist insoweit gegeben, als funktionale Unterschiede zwischen „grünem“ und „braunem“ Strom nicht existieren. Das Vertrauen in die Innovation wiederum hängt von der bereits oben angesprochenen Versorgungssicherheit ab und ist Gegenstand im gleichen Diskurs, der auch die **Unsicherheiten** im Kontext der Transformation behandelt.

4.2 Pfadabhängigkeiten

Zahlreiche technische, ökonomische, organisatorische und rechtliche sowie auch einige nutzungsbezogene Pfadabhängigkeiten sind im Kontext der Transformation der deutschen Stromversorgung zu einer regenerativen Stromversorgung zu überwinden. Bedeutende technische Pfadabhängigkeiten lagen aus der Perspektive des Prozessbeginns in den 1970er Jahren im Mangel an Wissen und Technologien zum Aufbau einer regenerativen Stromversorgung. Die zentrale ökonomische Pfadabhängigkeit waren die enormen Werte, die in die existierenden Kraftwerke investiert waren sowie der

Wert, den das Geschäftsmodell der Versorgung der Bevölkerung und der Wirtschaft mit den Strukturen der damals noch existierenden regionalen Versorgungsmonopole hatte. Organisatorische Pfadabhängigkeiten standen dem Umbau der Versorgungsstrukturen von regionalen Monopolen zu dezentralen Marktstrukturen entgegen. Rechtliche Pfadabhängigkeiten lagen in der bis zum Inkrafttreten des Stromeinspeisungsgesetzes unklaren Rechtslage kleiner Stromerzeuger und taten sich im Laufe des Transformationsprozesses im Kontext vieler Einzelfragen auf. Zentral war auch die Abschaffung der regionalen Monopole durch die Strommarktliberalisierung 1998. Nutzungsbezogene Pfadabhängigkeiten könnten im weiteren Verlauf des Transformationsprozesses dort wirksam werden, wo z.B. durch den verpflichtenden Einbau von Smart-Metern und durch zeitliche Eingriffe in die Stromnutzung erstmals in dem bereits 40-jährigen Prozess direkt in die Schnittstelle zu den Stromnutzern eingegriffen werden muss.

Die **Kosten des Umbaus** sind sicher nicht unwesentlich, letztlich aber kaum zu bestimmen. Die Initiative neue soziale Marktwirtschaft ließ ausrechnen: „Eine vierköpfige Familie zahlt somit bis 2025 direkt und indirekt über 25.000 Euro für die Energiewende“ (DICE Consult, 2016, S. 4), was in Anbetracht der Umstellung eines zentralen gesellschaftlichen Versorgungssystems gar nicht einmal unangemessen erscheint. Die Bundesregierung (2017) beantwortet eine kleine Anfrage zu den Kosten der Energiewende im Jahr 2017 wie folgt:

„Die Energiewende transformiert und modernisiert die deutsche Energieversorgung grundlegend. Hierfür fließen Investitionen v. a. in den Ausbau der erneuerbaren Energien, die Steigerung der Energieeffizienz und den Ausbau der Stromnetze. Allerdings wären auch ohne die Energiewende Investitionen in erheblichem Umfang erforderlich gewesen, z. B. für die Ertüchtigung von Netzen oder für den Neubau von Kraftwerken. Die Kosten der Energiewende lassen sich folglich nicht dadurch ermitteln, indem einzelne Kostenpositionen des heutigen Stromsystems bzw. des Strompreises (EEG-Umlage, Netzentgelte, etc.) summiert werden.“

Berücksichtigt man zusätzlich, dass ein Wirtschaftssektor mit fast 400.000 Beschäftigten aufgebaut werden konnte (Edler & Blazejczak, 2016, S. 22) und in Anbetracht möglicher externer Effekte die Wirtschaftlichkeit der hohen Investitionen in Relation zum Business-as-usual Szenario kaum abgeschätzt werden kann, wird absehbar, dass vielleicht die Kosten berechnet, ihre Angemessenheit aber kaum je abgeschätzt werden können.

4.3 Akteurskonstellationen

Im Prozess der Energiewende in Deutschland stehen sich seit fast 40 Jahren zwei relativ klar abzugrenzende Lager gegenüber. Diese haben sich zwar im Laufe der Zeit verändert, sind im Zentrum aber nach wie vor erkennbar.

Auf der einen Seite sind dies die früheren Versorgungsmonopolisten der Energiewirtschaft, besonders die „großen Vier“ RWE, E-On, Vattenfall und EnBW, zusammen mit konservativen Parteivertre-

tern von CDU, CSU und FDP. Über hohe Beteiligungen einiger Kommunen wie z.B. der Stadt Essen an RWE finden sich auch Gruppen von Aktionären auf dieser Seite.

Auf der anderen Seite findet sich eine seit 40 Jahren wachsende Gruppe von Befürwortern der erneuerbaren Energien, die sich zunächst um die damalige Umweltbewegung, die in Gründung befindliche Partei der Grünen sowie um eine Gruppe von Wissenschaftlern, Erfindern und Unternehmensgründern formierte. Diese Gruppe wuchs im Laufe der Zeit durch eine zunehmende Zahl von Menschen, die Regenerativkraftwerke selbst betrieb oder an solchen beteiligt war. Der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) profitierte rasch von dem besonders mit Fokus Windkraft florierenden Maschinenbau und scherte schon früh aus der transformationskritischen Industriephalanx aus (vgl. Abschnitt 3.3).

Aufgrund sich verändernder politischer Großwetterlagen kam es unter der rot-grünen Koalition 1998 bis 2005 zu einem deutlichen Impuls zu Beschleunigung der Transformation, unter der neoliberalen schwarz-gelben Koalition 2009 bis 2013 dagegen wurden Veränderungen wieder gebremst und zurückgefahren. Gegenwärtig deutet sich durch die FridaysForFuture Jugendbewegung eine neue Veränderung der politischen Großwetterlage an.

Das Fortschreiten der Energiewende ist gegenwärtig für die Bevölkerung von höchster Priorität. So finden 92 % den Ausbau der erneuerbaren Energien wie Sonnen- oder Windenergie eher wichtig oder sehr wichtig (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hrsg.), 2019, S. 30). Dass der Ausstoß von Treibhausgasen wie zum Beispiel Kohlendioxid (CO₂) in Deutschland schnell und deutlich abnimmt, ist den Befragten dabei sogar etwas wichtiger als dass die Kosten sozial gerecht verteilt werden (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hrsg.), 2019, S. 31).

5 Fazit

Die Systeminnovation regenerative Stromversorgung besteht aus einer großen Zahl von Teilinnovationen, die durch vielfältige staatliche Aktivitäten gefördert wurden. Parallel wurde durch den Atomausstieg und durch den laufenden Kohleausstieg der Ausstieg aus der konventionellen Stromerzeugung organisiert.

Tabelle 1: Maßnahmen zur Entwicklung der erneuerbaren Stromversorgung in Deutschland

Förderung der Entstehung von Innovationen und Nischen	Destabilisierung und Rückbau nicht-nachhaltiger Systeme
<p>C1: Forschung und Entwicklung, Wissen</p> <p>Durch sieben Energieforschungsprogramme wird die Entwicklung der Erneuerbare-Energie-Technologien seit den 1970er Jahren mal mit weniger, mal mit mehr Mitteln vorangetrieben.</p>	<p>D1: Ordnungsrecht, Steuern und Abgaben</p> <p>Sowohl mit dem Stromeinspeisungsgesetz (1990) wie mit dem EEG (2000) kamen Instrumente zum Einsatz, die sowohl starke ökonomische Wirksamkeit entwickelten, über den Einspeisevorrang aber auch eine wirksame ordnungsrechtliche Verpflichtung enthielten.</p>
<p>C2: Pilotanwendungen und Pilotmärkte</p> <p>Durch große Pilotanwendungsprogramme (250 MW-Wind, 1.000 Dächer u.a.m.) wurden einzelne Technologien gezielt an die Skalierung herangeführt.</p>	<p>D2: Grundsätzlich neue Regeln</p> <p>Nicht nur durch den Einspeisevorrang und die Vergütungsregelung wurden im Strommarkt grundsätzlich neue Regeln eingeführt, auch die Marktliberalisierung 1998 stellt eine solche grundsätzlich neue Regel dar. Durch die Atomausstiege 2002 und 2011 sowie durch den geplanten Kohleausstieg werden weitere neue Regeln geschaffen.</p>
<p>C3: Kosten-Nutzen Verhältnis</p> <p>Das Kosten-Nutzen-Verhältnis zu beurteilen ist schwierig. Während die Nutzungsmöglichkeiten des Produktes Strom bisher durch die Energiewende nicht vermindert bzw. beeinträchtigt wurden, stieg der Strompreis durch die EEG-Umlage deutlich an. Dieser Anstieg wird jedoch vorübergehenden Charakter haben, da durch Skaleneffekte PV- wie auch Windstromanlagen zusehends wettbewerbsfähig mit fossilen Kraftwerkstechnologien werden.</p>	<p>D3: Reduzierung von Subventionen und F&E</p> <p>Die Subventionierung des Steinkohlebergbaus wurde Ende 2018 eingestellt. Die Subventionierung des Braunkohleabbaus sowie die Energiesteuervergünstigungen für Kohle bleiben zunächst bestehen (Umweltbundesamt (Hrsg.), 2016).</p>
<p>C4: Gründungsförderung</p> <p>Zwar wurde die Bedeutung von Unternehmensgründungen für die Energiewende immer deutlicher (Bersch, Egelin & Faustmann, 2014; Clausen, 2004; Fichter et al., 2014; Fichter & Olteanu, 2019), die gezielte Förderung hat aber erst spät im Prozess eingesetzt.</p>	<p>D4: Veränderungen in Netzwerkstrukturen</p> <p>Der Einfluss der großen Energieerzeuger auf einige politische Parteien ist nach wie vor groß. Durch die Gründung und das Wachstum von Verbänden im Umfeld der regenerativen Stromerzeugung wurden Netzwerkstrukturen aber ausgewogener.</p>

<p>C5: Finanzierung</p> <p>Die Finanzierung der Energiewende erfolgte zum einen aus dem Staatshaushalt (Forschungsmittel, Förderungsprogramme), und andererseits über die Stromkunden (EEG-Umlage).</p>	
<p>C6: Legitimität und Unterstützung</p> <p>Die Unterstützung durch die Bevölkerung für die Energiewende war immer wieder und ist auch gegenwärtig sehr hoch. Besonders durch das populistische Argument hoher Kosten (DICE Consult, 2016) und die Strompreisbremse (Anonym, 2012) konnte die Legitimität phasenweise reduziert werden.</p>	
<p>C7: Ziele und Einfluss auf Orientierungen</p> <p>Die Ziele der Bundesregierung zur Erhöhung des Anteils des Stroms aus erneuerbaren Energiequellen am Bruttostromverbrauch lautet gegenwärtig mindestens 35 Prozent bis 2020, mindestens 50 Prozent bis 2030 und mindestens 80 Prozent bis 2050. Sie wurden bisher stets übererfüllt und gelten in Kreisen der Befürworter der Energiewende als nicht hinreichend ambitioniert.</p>	
<p>C8: Erbringung staatlicher Dienstleistungen</p> <p>Keine bekannt.</p>	

Die Entwicklung der Stromversorgung in Deutschland ist aus Sicht der Transformationsforschung an einigen Stellen lehrreich.

Zum einen bestätigt sich, dass ein **gutes Kosten-Nutzen Verhältnis** bzw. in diesem Fall zutreffender, die durch die EEG-Umlage erzielte **hohe Wirtschaftlichkeit** die Verbreitung der regenerativen Energieanlagen fördert. Führt diese Wirtschaftlichkeit auf Seiten der Anlagebetreiber allerdings zu höheren Kosten auf Seite der Stromverbraucher, so entsteht das Potenzial für eine populistische Auseinandersetzung und den durch Interessengruppen angeheizten Widerstand der Betroffenen.

Weiter ist eine hohe **Kompatibilität mit Verhaltensroutinen** des Gegenstandes der Transformation von Bedeutung. Im Falle des Produktes Strom ist Funktionsäquivalenz von „grünem“ und „braunem“ Strom gegeben, so dass das Produkt kompatibel ist. **Unsicherheit** ist auch in der Auseinandersetzung um die Energiewende ein wesentliches Argument. Zwar ist die Versorgungssicherheit des deutschen Stromsystems bisher hervorragend (Hintemann & Clausen, 2018, S. 38), das Argument der Unsicherheit spielt aber in der Auseinandersetzung um den weiteren Ausbau der Erneuerbaren eine zentrale Rolle, gegenwärtig meist verknüpft mit der räumlich und zeitlich begrenzten Verfügbarkeit der Regenerativen. Zudem lässt die zögerliche Ausbaustrategie der Bundesregierung in Bezug auf Wind und PV erwarten, dass mit Fortschreiten des Atom- und Kohleausstiegs das Argument u.U. zusätzlich Nahrung bekommt.

Eine konsequente Umsetzung der Ziele und ein wirksames **Management der Transformation** sind mit Blick auf die Energiewende in Deutschland kaum zu beobachten. Durch wechselnde Mehrheiten im Bundestag, wechselnde Koalitionsregierungen und aufgrund einer äußerst aktiven Lobby von Gegnern der Energiewende, die seit 40 Jahren durchgängig Widerstand leistet, gleicht die Energiewende eher einem langandauernden Gerangel und es fehlt ihr trotz hoher Zustimmung der Bevölkerung an einem stabilen parteiübergreifenden politischen Konsens.

6 Quellen

- Anonym. (2012). *Energiewende sichern – Kosten begrenzen* Vorschlag zur Einführung einer Strompreis-Sicherung im EEG. Berlin. Zugriff am 20.5.2019. Verfügbar unter: https://web.archive.org/web/20130203035722/http://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Erneuerbare_Energien/Strompreissicherung_20130128.pdf
- Berchem, A. (2006, September 22). Ökostrom: Das unterschätzte Gesetz. *Zeit Online*.
- Bersch, J., Egel, J. & Faustmann, D. (2014). *Potenziale und Hemmnisse von Unternehmensgründungen im Vollzug der Energiewende Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie*. Mannheim. Zugriff am 6.5.2015. Verfügbar unter: <http://www.bmwi.de/DE/Mediathek/publikationen,did=639222.html>
- Bruns, E., Köppel, J., Ohlhorst, D. & Schön, S. (Hrsg.). (2008). *Die Innovationsbiographie der Windenergie: Absichten und Wirkungen von Steuerungsimpulsen* (Innovationsforschung). Berlin, Münster: LIT.
- BSW Solar. (2019). *Statistische Zahlen der deutschen Solarstrombranche (Photovoltaik)*. Zugriff am 24.5.2019. Verfügbar unter: https://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/user_upload/bsw_faktenblatt_pv_2019_3.pdf
- Bundesministerium für Forschung und Technologie. (1980). *Was geht uns Forschung an?*. Bonn.
- Bundesministerium für Umwelt. (2011). *Erneuerbare Energien in Zahlen - Nationale und internationale Entwicklung*. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Zugriff am 19.4.2016. Verfügbar unter: http://www.renewable-energy-concepts.com/fileadmin/user_upload/download-infos/broschuere_ee_zahlen_2011.pdf
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hrsg.). (2019). *Umweltbewusstsein in Deutschland 2018. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage*. Berlin. Zugriff am 31.5.2019. Verfügbar unter: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/umweltbewusstsein_2018.pdf
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2015). *Erneuerbare Energien in Zahlen - Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2014*. Berlin. Zugriff am 7.3.2016. Verfügbar unter: <https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/erneuerbare-energien-in-zahlen-2014,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2016). *Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2015*. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Zugriff am 18.1.2017. Verfügbar unter: http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/erneuerbare-energien-in-zahlen-2015.pdf?__blob=publicationFile&v=6
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2017). *Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2016*. Berlin. Zugriff am 1.6.2018. Verfügbar unter: https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Berichte/erneuerbare-energien-in-zahlen-2016.pdf?__blob=publicationFile&v=12
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2018a). *Bundesbericht Energieforschung 2018. Forschungsförderung für die Energiewende*. Berlin.

- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2018b). *Innovation durch Forschung. Erneuerbare Energien und Energieeffizienz: Projekte und Ergebnisse der Forschungsförderung 2017*. Berlin. Zugriff am 18.9.2018. Verfügbar unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/innovation-durch-forschung-2017.html>
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2018c). 7. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung Einleitung. Innovationen für die Energiewende. Zugriff am 20.9.2018. Verfügbar unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/Energieforschung/energieforschung-7-energieforschungsprogramm.html>
- Bundesrepublik Deutschland. (1991, Januar 1). *Gesetz über die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien in das öffentliche Netz (Stromeinspeisungsgesetz)*.
- CICD. (2002). Tvindkraft Windmill. Zugriff am 24.4.2019. Verfügbar unter: <https://www.cicd-volunteerinafrica.org/activism/tvindkraft>
- Clausen, J. (2004). *Umsteuern oder Neugründen? die Realisierung ökologischer Produktpolitik in Unternehmen*. Norderstedt: Books on demand.
- Clausen, J. (2009). *Feldvermessungsstudie Klimaschutz- region Hannover Überblick über das Praxisfeld und die Fokusbereiche Solarthermie und Ökostrom*. Hannover. Zugriff am 16.9.2016. Verfügbar unter: <http://www.fk2.uni-oldenburg.de/wenke2/download/FeldvermessungsstudieEnergie3-1.pdf>
- Clausen, J. (2017). *Stromeinspeisungsgesetz und EEG. Fallstudie im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy*. Berlin. Zugriff am 28.3.2017. Verfügbar unter: https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/2017-03-e2g-fallstudie_eeg_borderstep.pdf
- Clausen, J. & Fichter, K. (2019). The diffusion of environmental product and service innovations: Driving and inhibiting factors. *Environmental Innovation and Societal Transitions*. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.01.003>
- Clausen, J., Fichter, K., Winter, W. & Gryschka, B. (2011). *Materialband 10: Diffusionsverläufe von Nachhaltigkeitsinnovationen Diffusions-Fallprofile Regenerative Energien*. Berlin.
- Deutsche Energie-Agentur GmbH. (2010). *dena-Netzstudie II – Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015-2020 mit Ausblick auf 2025*. dena-Netzstudie. Berlin: Deutsche Energie-Agentur GmbH. Zugriff am 9.7.2014. Verfügbar unter: <http://www.dena.de/publikationen/energiesysteme/dena-netzstudie-ii.html>
- DICE Consult. (2016). *Kosten der Energiewende*. Düsseldorf. Zugriff am 27.5.2019. Verfügbar unter: https://www.insm.de/fileadmin/insm-dms/text/soziale-marktwirtschaft/eeg/INSM_Gutachten_Energiewende.pdf
- Die Bundesregierung. (2004). *Konsolidierte Fassung der Begründung zu dem Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) vom 21. Juli 2004 BGBl. 2004 I S. 1918*. Bonn. Zugriff am 4.7.2018. Verfügbar unter: https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Gesetze-Verordnungen/eeg_begruendung_2004.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- Die Bundesregierung. (2017). *Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Steffen Kotré, Dr. Heiko Heßenkemper, Dr. Bruno Hollnagel, weiterer Abgeordneter und der*

- Fraktion der AfD – Drucksache 19/126 –. Berlin. Zugriff am 27.5.2019. Verfügbar unter: <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/002/1900285.pdf>
- Die Bundesregierung. (2018). *Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Aktualisierung 2018*. Berlin. Zugriff am 20.5.2019. Verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975292/1559082/a9795692a667605f652981aa9b6cab51/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-aktualisierung-2018-download-bpa-data.pdf?download=1>
- Die Welt. (1981, Februar 28). Die grünen Growiane. *Die Welt*, S. 9.
- Dokumentationsgruppe des Umweltfestivals. (1979). *Wer keinen Mut zum Träumen hat, hat keine Kraft zum Kämpfen. Eine Dokumentation des Alternativen Umweltfestivals Berlin (4. Juni – 16. Juli 1978)*. Berlin.
- Edler, D. & Blazejczak, J. (2016). *Beschäftigungswirkungen des Umweltschutzes in Deutschland im Jahr 2012*. Dessau-Roßlau. Zugriff am 27.5.2019. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/uiib_01_2016_beschaefigungswirkungen_des_umweltschutzes_in_deutschland_2012.pdf
- Fichter, K. & Olteanu, Y. (2019). *Green Startup Monitor 2018*. Berlin. Zugriff am 27.5.2019. Verfügbar unter: <https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2019/03/GreenStartupMonitor2018.pdf>
- Fichter, K., Weiß, R., Bergset, L., Clausen, J., Hein, A. & Tiemann, I. (2014). *Analyse des Unterstützungssystems für grüne Unternehmensgründungen in Deutschland: Endbericht zu Arbeitspaket 2.1 im Vorhaben StartUp4Climate*. Oldenburg und Berlin: Universität Oldenburg, Borderstep Institut Berlin.
- Fraunhofer ISE. (2019). Jährliche Stromerzeugung in Deutschland. *Energy Charts*. Zugriff am 18.5.2019. Verfügbar unter: https://www.energy-charts.de/energy_de.htm?source=all-sources&period=annual&year=all
- Geels, F. W., Kern, F., Fuchs, G., Hinderer, N., Kungl, G., Mylan, J. et al. (2016). The enactment of socio-technical transition pathways: A reformulated typology and a comparative multi-level analysis of the German and UK low-carbon electricity transitions (1990–2014). *Research Policy*, 45(4), 896–913. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.01.015>
- Hintemann, R. & Clausen, J. (2018). *Bedeutung digitaler Infrastrukturen in Deutschland. Chancen und Herausforderungen für Rechenzentren im internationalen Wettbewerb*. Berlin: Borderstep Institut. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit.
- Hirschl, B. (2007). *Erneuerbare Energien-Politik: Eine Multi-Level Policy-Analyse mit Fokus auf den deutschen Strommarkt (Energiepolitik und Klimaschutz. Energy Policy and Climate Protection)*. Berlin.
- International Renewable Energy Agency. (2019). *Renewable Power Generation Cost in 2018*. Abu Dhabi. Zugriff am 3.6.2019. Verfügbar unter: <https://www.irena.org/publications/2019/May/Renewable-power-generation-costs-in-2018>
- Jochimsen, U. (2011). *Wie das Stromeinspeisungsgesetz entstand und sich die erneuerbaren Energien in Deutschland durchsetzten*. Potsdam. Zugriff am 24.1.2017. Verfügbar unter: <http://www.ulrich-jochimsen.de/files/Stromeinspeisungsgesetz.pdf>
- Johansen, A. (1982, Dezember 13). Erfolg für das erste Aufwindkraftwerk der Welt. *Die Welt*, S. 12.

- Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“. (2019). *Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ Abschlussbericht*. Berlin. Zugriff am 19.5.2019. Verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/A/abschlussbericht-kommission-wachstum-strukturwandel-und-beschaeftigung.pdf?__blob=publicationFile
- Köpke, R. (2005). Aufwachen nach Tschernobyl. Energiealternativen Jetzt! *Windgesichter* (S. 324–331). Dresden.
- Kost, C., Shammugam, S., Jülch, V., Nguyen, H.-T. & Schlegl, T. (2018). *Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien. März 2018*. Freiburg. Zugriff am 20.5.2019. Verfügbar unter: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2018_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf
- Oelker, J. (2005). *Windgesichter. Aufbruch der Windenergie in Deutschland*. Dresden: Sonnenbuch. Verfügbar unter: <http://www.sonnenbuch.de/windgesichter/start.htm>
- Quaschnig, V. (2011). Der Klima-wandel kommt erst nach der nächsten Wahl. *Sonne Wind & Wärme*, (2), 10–12.
- Radtke, K. (2015, Mai 29). Älteste Großwindkraftanlage der Welt feiert 40. Geburtstag. Zugriff am 26.4.2019. Verfügbar unter: <https://w3.windmesse.de/windenergie/news/18511-aelteste-grosswindkraftanlage-der-welt-feiert-40-geburtstag>
- Statistik der Kohlenwirtschaft e.V. (2019). Statistik der Kohlenwirtschaft. Zugriff am 18.5.2019. Verfügbar unter: <https://kohlenstatistik.de/17-0-Deutschland.html>
- Umweltbundesamt (Hrsg.). (2016). *Umweltschädliche Subventionen in Deutschland*. Dessau-Roßlau. Zugriff am 13.1.2017. Verfügbar unter: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uba_fachbroschuere_umweltschaedliche-subventionen_bf.pdf
- Werner, K. (2018, Juli 8). Trumps nächster Kampf. *Süddeutsche Zeitung*.