

Hans Dieter Hellige

**Transformationen und Transformationsblockaden
im deutschen Energiesystem. Eine strukturgenetische
Betrachtung der aktuellen Energiewende**

artec-paper Nr. 185

November 2012

Erscheint in: Jörg Radtke, Bettina Hennig (Hrsg.):
Die Energiewende nach Fukushima. Beiträge aus der Wissenschaft.
Metropolis Verlag, Marburg 2013

ISSN 1613-4907



artec - Forschungszentrum Nachhaltigkeit
Enrique-Schmidt-Str. 7
Postfach 330 440
28334 Bremen
<http://www.artec.uni-bremen.de>

TRANSFORMATIONEN UND TRANSFORMATIONSBLOCKADEN IM DEUTSCHEN ENERGIESYSTEM. EINE STRUKTURGENETISCHE BETRACHTUNG DER AKTUELLEN ENERGIEWENDE

Hans Dieter Hellige

Der aktuelle Transformationsprozess im deutschen Energiesystem wird von zwei gegensätzlichen Strategiekonzepten bestimmt: Einem stromlastigen zentralistischen Energiepfad, der die dezentrale Erneuerbaren-Produktion in den europaweiten regenerativen, fossilen und atomaren Elektrizitäts-Großhandelsmarkt integriert und der, IKT-gestützt, die Energieströme vorrangig als großskalige Kapitalströme organisiert. Und einem primär als Versorgung konzipierten dezentralen Energiepfad, der die benötigten Strom-, Wärme-, Kälte- und sonstigen Energiebedarfe so weit wie möglich mit einem lokalen bzw. regionalen Energiemix decken will, und der den erforderlichen überregionalen Energieausgleich als einen ebenfalls IKT-vermittelten kooperativen Verbund von Regelenergie- und Speicherkapazität-Anbietern anlegt.

Die folgende historische Längsschnittbetrachtung früherer Transformationsprozesse des deutschen Energiesystems möchte nun zeigen, dass die derzeitige Transformationsblockade zu einem wesentlichen Teil auf Pfadabhängigkeiten und technologischen Schließungen der Vergangenheit beruht und dass die Transformation zu einer klima-, umwelt- gesellschaftsverträglichen Energieversorgung nur gelingen kann, wenn die historisch bedingten technischen Strukturprobleme und Verkrustungen der sozialen Architektur des Energiesystems überwunden werden, die schon frühere Anläufe zu einer Energiewende scheitern ließen.

1. Einleitung
2. Die dezentrale Frühphase der Gas- und Elektrizitätsversorgung
3. Die Aufstiegsphase des großwirtschaftlichen Zentralisierungsmodells
4. Die Durchsetzungsphase des zentralistischen Pfadkonzeptes
5. Die Forcierung des großwirtschaftlichen Pfadkonzeptes in der BRD
6. Die Erneuerung des Pfadkonfliktes und der Transformationsblockade
7. Folgerungen für die aktuelle Transformationsblockade
8. Literatur

1. Einleitung

Der gegenwärtige Transformationsprozess des deutschen Energiesystems wird noch immer überwiegend als bloße Auswechslung der Leitenergien Atomkraft und Kohle diskutiert und zwar vorrangig unter Mengen- und Kostenaspekten. Doch die umfassende Umstrukturierung des „Energimixes“ unter Nachhaltigkeitsaspekten impliziert auch einen grundlegenden Wandel des Pfadkonzeptes, der Energiemarktstrukturen sowie der Akteursfigurationen und Governanceprozesse im Energiebereich. So erfordert der Übergang zu einer klimaverträglichen, Ressourcen schonenden Energieversorgung eine Transformation des bisher vorherrschenden Technologiepfades der Großnetzbildung in Teilsektoren des Energiesystems in Richtung auf eine lokale und regionale Integration von Energieumwandlungsprozessen. Von zivilgesellschaftlichen Anbietern erneuerbarer Energien sind hier im letzten Jahrzehnt wichtige Impulse ausgegangen, ein wirklicher Wandel wird aber noch weitgehend von den etablierten Akteuren blockiert oder unterlaufen. Die gegenwärtige Energiewende leidet offensichtlich unter strukturellen Verkrustungen einer institutionell verfestigten sozialen Architektur der Energieversorgung, die das Ergebnis lang zurückliegender Pfadentscheidungen, technologischer Schließungen und Fehlentwicklungen sind. In dem folgenden Überblick über die Langzeitdynamik des Energiesektors in Deutschland sollen deshalb die pfadgenerierenden gesellschaftlichen Kräfte und deren Einfluss auf die technischen und sozialen Architekturen und Lock-in-Effekte des Energiesystems herausgearbeitet werden. Dabei stehen vor allem zwei herausragende Pfadkonzepte im Zentrum der Betrachtung:

- Das zunächst dominierende dezentrale Versorgungsmodell, das in klein dimensionierten Systemen eine mengenorientierte Skalenökonomie und nach Möglichkeit eine lokale bzw. regionale Kopplung von Energieprozessen mit dem Ziel eines hohen Gesamtwirkungsgrades anstrebt und
- das später vorherrschende zentralistische großwirtschaftliche Konzept, dessen skalenökonomische Strategie auf Aggregatgrößensteigerungen und Großraumvernetzung setzt, die in energetisch weitgehend unverbundenen Teilsektoren des Sekundärenergiemarktes erfolgen.

Die rückblickende Betrachtung unter Nachhaltigkeitskriterien tritt dabei der weiterhin vorherrschenden Fortschrittsauffassung entgegen, wonach die Geschichte

der Energieversorgung in den letzten beiden Jahrhunderten eine einzige von technisch-ökonomischer Effizienzlogik getriebene Aufwärtsentwicklung darstellt, die mit kleinen Anlagen mit schlechtem Wirkungsgrad begann und zu immer effizienteren größeren Energieumwandlungsaggregaten und Versorgungsnetzen als dem gegenwärtigen Höhepunkt der Entwicklung geführt hat. Die energiegeschichtliche Forschung der letzten Jahrzehnte hat vielmehr gezeigt, dass sich die Konkurrenz der zwei gegensätzlichen Pfadkonzepte durch die ganze Energiegeschichte des Industriezeitalters hindurch zog und dass es im Wesentlichen ökonomische und machtpolitische Faktoren waren, die den Ausschlag für die energietechnischen Pfadentscheidungen gaben.¹ In den folgenden Abschnitten sollen die wichtigsten Etappen des Ringens zwischen den beiden Pfadkonzepten skizziert und damit wesentliche historisch bedingte Strukturprobleme, Hemmnisse und Vorbelastungen des aktuellen Transformationsprozesses aufgezeigt werden. Denn die Feststellung eines führenden Energiewirtschaftlers über die ungelösten Aufgaben der Energieversorgung aus dem Jahre 1933 ist auch heute noch aktuell: „Das Ziel richtiger Energiewirtschaftspolitik (bildet) die volle Ausschöpfung aller Möglichkeiten der Energieerzeugung, des -transportes und -verkaufs. Dies umso mehr, als die öffentliche Energiewirtschaft trotz 50- oder gar 100-jährigem Bestehen nur über eine geringe Zahl tragender Ideen verfügt, deren sie durchaus noch nicht Herr wurde.“²

¹ Die folgenden Ausführungen stützen sich auf eigene frühere Arbeiten und Archiv- und Literaturstudien sowie vor allem auf die herausragenden Studien von Gilson und Stier, deren Ergebnisse viel zu wenig in die Energiedebatten eingeflossen sind.

² Schulz 1933, S. 114.

2. Die dezentrale Frühphase der Gas- und Elektrizitätsversorgung

Die zunächst ausschließlich dezentrale Struktur des modernen Energiesystems ergab sich unmittelbar aus den technisch-ökonomischen Restriktionen des Frühstadiums der beiden leitungsgebundenen Sekundärenergien Gas und Elektrizität. Deshalb erfolgte die Einführung der auf der Steinkohlenentgasung und Koksvergasung beruhenden Gasversorgung in Deutschland nach der kurzen Phase isolierter Einzelanlagen ab 1830 zumeist in der Form der städtischen Zentralentechnik mit dem Gaswerk und Gasometer als Produktions-, Speicher- und Verteilzentrum.³ Wegen der hohen Kosten und geringen Reichweite von Niederdruck-Gasleitungen blieb der Versorgungsradius lange Zeit auf kleine und mittlere Städte bzw. Bezirksnetze in Großstädten begrenzt.⁴ Das Leitbild der Gasindustrie war deshalb eine gegenüber der Einzelfeuerung und Petroleumbeleuchtung höherwertige, umweltfreundlichere Licht-, Wärme- und Kraftversorgung für Haushalte, Gewerbe sowie für die städtischen Infrastruktureinrichtungen, insbesondere die öffentliche Straßenbeleuchtung. Neben Wasserversorgungs- und Entsorgungsbetrieben wurden die Gaswerke so ein weiterer Bereich einer am Grundbedarf orientierten „kommunalen Daseinsvorsorge“, die in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts auch Telefonzentralen und Elektrizitätswerken als Vorbild dienten.

Im Gegensatz zur ausgeprägten Lokalbindung der Gasindustrie zielten die Leitbilder der Pioniere der elektrischen Energieversorgung von Beginn an auf eine weiträumige Vernetzung nach dem Vorbild des Telegraphensystems. Elektrizität erschien als die „vorteilhafteste Zwischenmaschine“, die weit entfernte „Naturmotoren“ per „Krafttelegraphie“ zu einem Gesamtsystem verknüpft. Das Stromnetz wurde auch als eine Art Girossystem gesehen, bei der die Elektrizität als universelles Zahlungsmittel zwischen Energieproduzenten und -konsumenten fungiert. Früh tauchten auch Visionen einer elektrischen „Großwirtschaft“ auf, in der in einer einzigen Großanlage alle Kraftquellen eines Landes aus entfernten Kohlerevierern und von Großwasserkraften zentral gesammelt und dann an die Abnehmer verteilt werden.⁵ Aber diesen weit ausgreifenden zentralistischen Visionen setzten die hohen Übertragungsverluste des noch bis nach 1900 dominierenden niedrig gespannten Gleichstroms enge Grenzen. Die deutschen Kraftwerks- und Starkstromanlagenhersteller übernahmen deshalb das Vermark-

³ Dies galt selbst für die frühen, von ausländischen Gasfirmen gegründeten Werke.

⁴ Morgenroth/ Ludwig 1927, S. 573 ff.

⁵ Siehe die Belege hierzu in Hellige 1985, S. 114 ff.

tungsmodell der Edison-Zentrale, das eine halbwegs robuste klein dimensionierte Technik in möglichst vielen Exemplaren zu installieren trachtete. Die soziale Architektur der frühen Elektrifizierung wurde so ebenfalls von der Stadt- bzw. Stadtteil-Zentrale und einem vorwiegend kommunalen Regulierungsregime bestimmt.

Die ungünstige Ausnutzungsdauer der hauptsächlich der Beleuchtung dienenden dezentralen Anlagen führte zu einer Reihe von Folgeinnovationen, mit denen die energetischen und betriebswirtschaftlichen Defizite auf ein erträgliches Maß reduziert werden konnten. Dazu gehörten betriebstechnische Anpassungen wie die Verwendung eines an den jeweiligen Strombedarf anpassbaren Satzes kleiner Maschinen und vor allem die Stromspeicherung mit Akkumulatorenbatterien, mit denen sich Lastspitzen abfangen ließen. Um die große Differenz zwischen Lastspitzen und Lasttälern zu verringern, gingen etliche Betreiber der öffentlichen Licht- und Kraftstromversorgung seit den 1890er Jahren eine strategische Verbindung mit dem Verkehrsbereich ein. Dies geschah zum einen in Form städtischer Straßenbahnen und U-Bahnen und zum anderen durch die Mitversorgung von mit Bleiakku betriebenen Elektromobilen, die bis ca. 1910 noch zahlreicher als Benzinautos waren.⁶

Ein zusätzlicher Ansatz zur Vervollständigung der unvollkommenen Systemlösung der frühen dezentralen Elektrizitätsversorgung bestand in der energetischen Diversifikation. So wurde eine Verbesserung der Brennstoffausnutzung nach 1890 durch erste Verkopplungen von Elektrizitäts-, Heiz-, Kälte- und Lüftungsanlagen in Wohnhäusern, Warenhäusern und Gewerbegebäuden erreicht. Nach 1900 entstanden bereits erste, meist in historischen Stadtkernen gelegene öffentliche Fernheiznetze auf der Basis von Heizkraftwerken. Diese besaßen nicht nur gegenüber Kondensationskraftwerken einen deutlich höheren Gesamtwirkungsgrad, sondern wirkten sich gegenüber den üblichen Einzelfeuerungen auch positiv auf Stadtklima und Wohnverhältnisse aus. Wegen der hohen Kosten der Dampf- bzw. Heißwasserleitungen kamen für die „Städteheizungen“ ausschließlich „Nahkraftwerke“ in Betracht, sie wurden daher meist im kommunalen Querverbund betrieben. Mangel an professioneller Aufgeschlossenheit, höhere Investitionskosten und eine Reihe technischer Anlaufprobleme verzögerten jedoch die Entfaltung der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in der öffentlichen Versorgung.⁷

⁶ Beckmann 1914, S. 1053 ff., 1066 ff.

⁷ Gilson 1994, S. 125 ff.; Hellige 1984, S. 285 f.

Dagegen erlebte die KWK in der industriellen Eigenstromversorgung einen schnellen Durchbruch, denn wegen des gleichzeitigen hohen Bedarfes an Strom und Prozesswärme zogen die Industriebetriebe von Beginn an das im Gegen-druckbetrieb arbeitende Heizkraftwerk dem nur Strom produzierenden Kondensationsverfahren vor. Aufgrund ihres hohen Anteils an der gesamten Stromerzeugung – er betrug vor 1914 nahezu 80 % – machte die industrielle Selbstversorgung damit die lokal integrierte gekoppelte Energieproduktion zum vorherrschenden Typus der gesamten Energieversorgung.⁸ In der Industrie bildete sich so eine energetische Kultur heraus, die sich von der starken Stromfixierung der öffentlichen Energieversorgung unterschied, woraus sich in der Folgezeit Interessenkollisionen und sogar eine Spaltung im deutschen Energiesystem entwickelte.

Die mit energetischen Prozesskopplungen erreichbaren Effizienzsteigerungen wurden nach 1900 in dem Leitbild der „Wärmewirtschaft“ gebündelt, deren Anhänger sich in der Folgezeit in der Ingenieurbewegung der „Wärmewirtschaftler“ zusammenschlossen. Ihr Ziel war die Ablösung der reinen Elektrizitätswerke durch verbrauchsnahe „Energiewerke“ bzw. „Nahkraftwerke“, die durch KWK die gesamte Strom-, Wärme- und Kälteproduktion in verbrauchsnahe Anlagen im Interesse einer maximalen Brennstoffausnutzung kombinierten. Doch diese alternative Pfadkonzeption einer dezentralen Kopplung von Energieprozessen stieß bei Elektroingenieuren und Elektrizitätswirtschaftlern nur auf eine geringe Resonanz, da die Nutzung von „Abwärme“ und Heizungsfragen außerhalb ihrer disziplinären Matrix lagen. Vor allem aber, weil die reinen „Stromverkäufer“ trotz schlechterer thermischer Wirkungsgrade schneller höhere betriebswirtschaftliche Erträge erzielten, während sich die volkswirtschaftlich höherwertige Kraft-Wärme-Kopplung erst nach längerer Zeit rentierte.⁹ Die Chancen für das dezentrale Pfadkonzept verschlechterten sich, als die Einführung des Wechsel- bzw. Drehstromsystems die lokale Barriere der Elektrizitätsversorgung überwand und nun die Großkraftwirtschafts-Visionen der Frühzeit realisierbar wurden.

⁸ Ott/ Herzig 1986, S. IX f.

⁹ Gilson 1994, S. 128 ff.; Hellige 1984, S. 286 ff.

3. Die Aufstiegsphase des großwirtschaftlichen Zentralisierungsmodells

Den Anstoß zum Übergang von der dezentralen Mengen- zur zentralistischen Größenskalierungsstrategie gaben die positiven Erfahrungen, die Betreiber von Wechsel- und Drehstromanlagen sowohl beim Einsatz längerer Verteilungsleitungen als auch mit der dadurch möglichen Verwendung größerer Maschineneinheiten machten. Die dabei erzielten energetischen und betriebswirtschaftlichen Effizienzgewinne bei der Stromproduktion und -verteilung konnten über Strompreissenkungen und neue Elektrizitätsanwendungen zur Anhebung des Stromverbrauchsniveaus und zur Erweiterung des Versorgungsradius genutzt werden, was wiederum die Entwicklung noch größerer Umwandlungsaggregate ermöglichte. Mit den verlustärmeren höher gespannten Kraftübertragungen ließen sich auch weiter von einander entfernte städtische Zentralen miteinander verbinden, so dass sie sich wechselseitig Reserveleistung vorhalten konnten. Darüber hinaus führte die Zusammenschaltung mehrerer Elektrizitätswerke zu einer Erhöhung des Durchmischungsfaktors beim Verbrauch und damit zu einer besseren Ausnutzungsdauer. Die aus der Vergrößerung und Verkopplung von Elektrizitätsanlagen resultierenden sukzessiven technischen und betriebswirtschaftlichen Verbesserungen wurden 1909-18 von dem Leiter der AEG-Kraftwerksabteilung Georg Klingenberg in den Designprinzipien des auf Fernversorgung zielenden stadtfernen Großkraftwerks verallgemeinert und in einigen architektonisch anspruchsvollen Musterzentralen realisiert.¹⁰ Kerngedanke seiner Designphilosophie war die eigendynamische Selbstverstärkung der für das Systemwachstum entscheidenden technisch-ökonomischen Designmerkmale und Leitkriterien, nämlich die fortschreitende auf eine permanente Verbilligung der Stromerzeugung ausgerichtete Größerdimensionierung der Maschinensätze und der Kraftwerksleistungen sowie, unmittelbar daraus folgend, die Tendenz zu einer immer stärkeren Zentralisierung der Elektrizitätsversorgung. Die Notwendigkeit zur permanenten Skalierung des Systems leitete er dabei aus der aus dem Verbrauchsanstieg seit 1900 extrapolierten Verdopplungsrate des Elektrizitätsbedarfs alle 4-5 Jahre ab.¹¹ Diese eingängige Verknüpfung von Wachstumsrate und Größensteigerungs- und Zentralisierungs-Idee wurde im Unterschied zur Primärenergie sparenden Kraft-Wärme-Kopplung, die wegen ihrer Heterogenität und Interdisziplinarität in

¹⁰ Systematische Darstellung des Konzeptes bei Gilson 1994, S. 80 ff.

¹¹ Klingenberg 1916, S. 715.

der Engineering Community nur geringen Widerhall fanden, sehr bald ein Kernbestand des energietechnischen Denkstils.

In der Grundidee dem Adam Smithschen Wachstumsmodell von Rationalisierung, Verbilligung und Marktausweitung folgend, löste sich die Stromproduktion damit von einer bedarfsorientierten Energieversorgung, sie wurde zu einer Elektrizitäts-Warenproduktion mit all ihren Wachstums-, Konzentrations- und Verselbstständigungstendenzen. Energie galt so nicht mehr als endliche, schützenswerte Ressource, sondern als eine Ware wie jede andere, die größtmögliche Gewinne bringen sollte.¹² Mit ihrer auf Aggregatvergrößerungen ausgerichteten Skalenökonomie geriet sie damit aber unter den Druck steigender Fixkostenbelastung, die nur durch stark steigende Ausnutzungsdauern aufgefangen werden konnte. Dazu erzwangen die jeweils immer auf Stromverbrauchszuwachs angelegten vergrößerten Kraftwerksneubauten wegen der anfänglichen Unterauslastung zur schnellen Refinanzierung der Investitionen eine gezielte Ankurbelung von Verbrauch und Anschlussbewegung und beschleunigten so die Elektrifizierung der Gesellschaft. Doch indem sich die Elektrizitätswirtschaft ihren ständig expandierenden Absatzmarkt selber schuf und sich nach und nach von den noch vorhandenen technisch-ökonomischen Lokalschranken befreite, scherte sie auch aus dem Kreis ortsgebundener, im kommunalen Querverbund betreibbarer gekoppelter Energieproduktion aus. Daraus entwickelte sich eine dauerhafte Marktsplattung von Elektrizitäts- und Wärmesektor mit der Folge eines vermehrten Primärenergieverbrauches und deutlich höherer Umweltbelastungen. Die „Systembuilder“ der elektrischen Großversorgung hatten so mit dem System zugleich betriebswirtschaftliche Eigendynamiken und System- und Wachstumszwänge geschaffen, an denen sich die gesamte Energiewirtschaft bis heute abarbeiten sollte.¹³

Da kleinere Anlagenhersteller bei größeren Kraftwerken nicht mehr mithalten konnten, profitierten von der Größensteigerung nur wenige Großunternehmen, so dass es um 1900 zu einem rapiden Konzentrationsschub in der Elektroindustrie und der mit ihr stark liierten privatwirtschaftlichen Elektrizitätswirtschaft kam. Treiber in diesem Prozess waren vor allem die Universalfirmen Siemens und AEG,

¹² Siehe den Bericht von Direktor Meng bei der Hauptversammlung der VdEW, 12.-14.6.1912, Mitteilungen 131 der Vereinigung d. Elektrizitätswerke, Jg. XI, 1912, S. 241 f.

¹³ Dieser folgenreiche Zusammenhang in der Systemkonstruktion wird in Hughes' ansonsten Schule bildendem innovationstheoretischen Ansatz unterschätzt, vgl. Hughes 1983.

die durch die führende Stellung im Starkstromanlagen- und Gründergeschäft wie auch in der elektrotechnischen Massenproduktion alle Skalen- und Synergieeffekte ausschöpfen konnten und dadurch bereits vor dem Ersten Weltkrieg auf ein Duopol zusteuerten. Durch diese Branchenkonstellation entstand in der Elektrowirtschaft ein Entwicklungsblock aus sich wechselseitig fördernden Investitions- und Konsumgüterherstellern und Infrastruktur-Betreibern, der ein eigendynamisches Wachstum erzeugte und einen Schumpeterschen Schwarm neuer Elektrizitätsanwendungen und innovativer Massenprodukte hervorbrachte. Durch eine enge propagandistische Verknüpfung dieser neuen Produktwelt mit der großwirtschaftlichen Elektrifizierung sowie mit suggestiven Visionen einer allelektrischen Versorgung und der Erschließung unerschöpflicher Energieressourcen bestimmte dieser Entwicklungsblock auch sehr bald den öffentlichen Elektrizitätsdiskurs. Dagegen kamen die rational begründeten thermodynamischen Berechnungen und Ressourcenschonungs-Leitbilder der „Wärmewirtschaftler“ nicht an.

In diesem großindustriellen Milieu entstand nach 1900 auch das Konzept der „Großraumverbundwirtschaft“ als eines privat- oder gemischtwirtschaftlich organisierten Ensembles weniger Riesenkraftwerke, die auf größtmöglicher Stufenleiter in nahezu automatischem Betrieb ganze Länder mit Licht, Kraft und Elektrowärme versorgen. Die Großkraftwerke sollten vorrangig in den Kohlerevieren, bei Großwasserkraften oder in Verbrauchsschwerpunkten errichtet werden und als „Landeszentralen“ von wenigen Stellen aus Deutschland einheitlich versorgen.¹⁴ Doch die großen Montankonzerne überließen der Elektroindustrie nicht das ganze Geschäft mit der Kohleveredelung. Durch den Erwerb und Ausbau des RWE im Jahre 1902 wurden sie ein weiterer Treiber der Großkraftversorgung und der Bildung von „Elektrizitätsprovinzen“, so dass es vor allem im Rheinland und in Westfalen noch vor 1914 zu einem heftigen Wettbewerb zwischen den beiden Monopolgruppen um den Anschluss von Versorgungsgebieten kam. In Westfalen bildete sich in Abwehr der RWE-Expansion ein von der AEG unterstützter Zusammenschluss kommunaler Kraftwerke mit einem alternativen gemeinnützigem Versorgungsmodell: Das Gemeinschaftsnetz sollte als „ein großes Ausgleichsreservoir“ dienen, in das jeder Stromlieferant einspeisen durfte und aus dem jeder interessierte Konsument Strom beziehen konnte.¹⁵ Doch das hier

¹⁴ Georg Dettmar vom VDE 1912, zitiert nach Gilson 1994, S. 87.

¹⁵ Hierzu vor allem Todd 1984 und die Aktennotiz der Besprechung Walther Rathenaus mit Hugo Stinnes vom 8.12.1906 sowie weitere Dokumente im Stadtarchiv

erstmalig erwogene regionale Energieaustausch-Konzept konnte sich nicht durchsetzen. Die kommunalen Elektrizitätswerke kamen vielmehr in dem sich verschärfenden Anschlusswettbewerb in den Sog der Expansionsbestrebungen der Großversorger. Diese veranlassten viele Stadtgemeinden mit den „goldenen Zügeln von Dividenden, Aufsichtsratsstaniemen und Konzessionsabgaben“¹⁶ zum Anschluss, so dass das die öffentliche Elektrizitätswirtschaft bis dahin dominierende kommunale Versorgungsmodell einen ersten Rückgang verzeichnete. Zusätzlich kam das dezentral integrierte Pfadkonzept unter Konkurrenzdruck durch die intensiven Bemühungen der Elektrizitätskonzerne, in den noch weitaus größeren Markt der Industrierversorgung einzudringen.

Marktbarrieren verhinderten auch eine energetische Zusammenarbeit der beiden führenden Sekundärenergieträger, obwohl Gasmotoren eine wichtige Rolle bei der Spitzenstromlieferung hätten spielen können und Gas auf dem Wärmemarkt meist viel energieeffizienter war als die Elektrowärme mit ihren extrem schlechten Wirkungsgraden. Die Ursache hierfür lag vor allem in dem scharfen Konkurrenzverhältnis beider Branchen, das mit dem viel späteren Eintritt der Elektrizitätsversorgung in den seit langem von der Gasindustrie beherrschten städtischen Beleuchtungs- und Energiemarkt entstanden war. Vor allem auf Betreiben großer Montankonzerne, die über die umfangreiche Eigennutzung hinaus das riesige öffentliche Absatzpotenzial von Kokerei- und Gichtgasen erschließen wollten, folgte der Gassektor dem Trend zur Fernversorgung. So begann schon vor dem Ersten Weltkrieg die durch den Übergang zu höheren Arbeitsdrücken mögliche Ausbreitung der Gasfernversorgung in verdichteten Stadtregionen, die ihren Höhepunkt aber erst in den 20/30er Jahren mit der Bildung größerer Regionalnetze erlebte. Die örtlichen Gaswerke blieben zwar weitgehend erhalten, sie entwickelten sich jedoch nach und nach zu reinen Gasverteilern der Ferngasverbundwirtschaft. Damit wurde die auf Größensteigerungen und Großnetzbildung ausgerichtete Skalenökonomie in weitgehend separierten Teilsektoren zur bestimmenden Tendenz der Energiewirtschaft in Deutschland. Dies führte neben der gegenseitigen Abschottung des industriellen und öffentlichen Versorgungsgebietes zu einer weiteren, energetische Kopplungen behindernden sektoralen Spaltung im deutschen Energiemarkt.

Bochum, Kreisausschuss des Landkreises Bochum, Spezialakten betr. Elektrizitätswerk, Bd. 495.

¹⁶ Hennicke/ Johnson 1985, S. 15.

4. Die Durchsetzungsphase des zentralistischen Pfadkonzeptes

Vor 1914 hatte sich im deutschen Energiesystem eine heterogene soziale Architektur ohne eine systemführende Instanz herausgebildet. Zwar dominierte mit den vielen kommunalen Elektrizitäts- und Gaswerken und vor allem mit der industriellen Kraftwirtschaft noch eindeutig das dezentrale integrierte Pfadkonzept. Doch dieses wurde von einer schnell expandierenden Großkraftwirtschaft attackiert, die im Westen und Südwesten, in Preußen und Schlesien bereits durch Gebietsmonopole abgesicherte „Elektrizitätsprovinzen“ errichtete.¹⁷ In Bayern und Baden traten erstmals die Teilstaaten als Akteure in Erscheinung, um als Betreiber von Großwasserkraften die Landesversorgung dauerhaft zu sichern. Hier entstand das Konzept einer Kopplung von Wasserkraft- und Kohlestrom mit Vorrang des regenerativen Energieträgers, das in der Folgezeit auch für den Preußischen Staat ein Anlass für den Einstieg in die Elektrizitätsversorgung wurde. In Württemberg bildete sich im Gegensatz zu den Großwasserkraftwerken ein am Bedarf und kommunalen Interessen orientiertes dezentrales Versorgungssystem heraus, das unter Nutzung lokaler Wasserkraft Strom billiger und breiter in der Fläche anbot, als es die großen Staatswerke vermochten. Es trotzte lange der verbrauchssteigernden Dynamik der Großkraftwirtschaft, wurde aber, obwohl voll funktionsfähig, als „Elektrizitätsbalkan Deutschlands“ gescholten, und später gleichgeschaltet.¹⁸

Da diese durch langfristige Konzessionsverträge abgesicherte zersplitterte Versorgungslandschaft die unter geringer Auslastung leidenden großen Elektrizitätsunternehmen am weiteren Ausbau der Großkraftverbundwirtschaft hinderte, bewogen Vertreter der Elektrowirtschaft die Reichsbehörden zur Errichtung eines Reichselektrizitätsmonopols und zu einer darauf gestützten Konzentration der gesamte Stromversorgung auf einige Zentralen der „Reichs-Kraftwerke“ und wenige privat- bzw. gemischtwirtschaftliche Pachtgesellschaften für die Verteilung. Die Liaison aus Reichsfiskus und Elektrizitätskonzernen scheiterte mit ihrer Gesetzesinitiative jedoch an einem breiten Widerstand von Kommunen, industriellen Eigenversorgern und vor allem vom Preußischen Staat, der selber in diesem wichtigen Infrastrukturbereich aktiv werden wollte, um die Elektrifizierung

¹⁷ Dieser Prozess ist am gründlichsten bei Stier 1999 dargestellt.

¹⁸ Stier 1999, Kap. 4.

der von der Privatwirtschaft völlig vernachlässigten ländlichen Regionen voranzutreiben.¹⁹ Angesichts der divergierenden Interessen der verschiedenen Stromproduzentengruppen und Fiskal- bzw. Regulierungsinstanzen war eine gesamtstaatliche Energiepolitik illusorisch. Es kam zu einer massiven Transformationsblockade, bei der sich vor 1914 weder der zentralistische noch der dezentrale Energiepfad durchzusetzen vermochte.

Der Erste Weltkrieg verschob die Gewichte zwischen den Kontrahenten durch einen außerordentlichen Zentralisierungsschub. Für den gewaltigen Energiebedarf der Rüstungsbetriebe und vor allem für die Produktion von Aluminium, Ersatzstoffen und Kriegskemikalien wurden die seinerzeit größten Dampfkraftwerke der Welt auf Braunkohlebasis errichtet und durch ein „Netz von Starkstromstraßen“ verbunden. Mit ihren Weltrekorden bei der Standortleistung und Größe der Turbinensätze sowie mit ihren Hochspannungs-Fernleitungen verkörperten sie das Klingenberg-Konzept der Großkraftversorgung in ihrer reinsten Form. Doch rentabel waren sie anfangs allein durch die Kriegswirtschaft, das größte unter ihnen drohte wegen unerwartet hoher Baukosten und abzusehender Unterauslastung schon bald ein Verlustgeschäft zu werden, es wurde deshalb an das Reich abgestoßen, dem es als Grundstock für die Errichtung einer eigenen Großkraftwerksbasis diente.²⁰

Getragen von starken etatistischen und kriegssozialistischen Strömungen, weiteten Reich und Bundesstaaten insgesamt ihr Elektrizitätswirtschaftliches Engagement im Laufe des Krieges immer weiter aus. Obwohl ihr Anteil zunächst noch weit unter dem der industriellen und kommunalen Kraftwerksbetreiber lag, war der Eintritt der staatlichen Akteure in den Kreis der Großversorger folgenreich für die Machtbalance zwischen den beiden Energiepfaden. Denn als konkurrierende Marktteilnehmer in der öffentlichen Energieversorgung verloren die obersten Regulierungsinstanzen ihre ordnungspolitische Neutralität. Eigene unternehmerische und fiskalische Interessen ließen sie nun näher an die Seite der privat- und gemischtwirtschaftlichen Elektrizitätskonzerne heranrücken, so dass diese bei kriegswirtschaftlichen Interventions- und Regulierungsmaßnahmen eindeutig bevorzugt wurden.²¹ Doch trotz starker Förderung des Ausbaus der Großkraftwirtschaft reichte der staatliche Machtzuwachs nicht aus, um den Pfadkon-

¹⁹ Stier 1999, S. 57 ff., 360 ff.; Hellige 2003, S. 91 ff.

²⁰ Stier 1999, S. 373 ff.

²¹ Stier 1999, S. 518

flikt bereits in den Kriegs- und Nachkriegsjahren zugunsten des zentralistischen Versorgungsmodells zu entscheiden. Denn die energiepolitische Gestaltungskompetenz des Staates wurde zunächst eher geschwächt, da der durch seine neue Doppelrolle nun in Zielkonflikte zwischen seinen unternehmerischen, fiskalischen und regulatorischen Interessen geriet und weil er selber in den heftigen Anschlusswettbewerb der großen öffentlichen Elektrizitätsgesellschaften und Industriekraftwerke hineingezogen wurde. Vor allem wurde der Dauerkonflikt zwischen Reich und Bundesstaaten in die Energiepolitik hineingetragen, der eine gesamtstaatliche Neuordnung der deutschen Energie- bzw. Elektrizitätswirtschaft lange Zeit unmöglich machte.²²

Dass es nicht zu einer raschen Verdrängung des dezentralen ressourcenökonomischen Energieverbundes durch den stromwirtschaftlichen Großverbund kam, lag aber auch an der durch den Weltkrieg radikal verschärften Ressourcenknappheit bei Energieträgern und Rohstoffen. Durch sie rückten „energetische Imperative“ in der Engineering Community wieder ins Zentrum der Aufmerksamkeit. Angesichts der extremen Kohlenknappheit verstärkten die Wärmewirtschaftler ihre Kritik an der energietechnischen und betriebswirtschaftlichen Fehlentwicklung der Fernkraftversorgung. Sie rechneten den Großversorgern vor, dass die durch Großkraftwerke erzielte Senkung des spezifischen Kohleverbrauchs und der Stromerzeugungskosten durch die Übertragungsverluste von ca. 15 % und die sehr hohen Kosten der Fortleitung mehr als aufgewogen würde, ja dass sie wegen der Zurückdrängung der industriellen KWK und der völligen Außerachtlassung des Wärmebedarfes der Haushalte, der 4-6 mal so viel Kohlen verbrauche, gegenüber einem dezentralen integrierten Energiesystem eine weitaus schlechtere Energiebilanz aufweise.²³ Deshalb forderten sie, alle Anlagen grundsätzlich im kombinierten Kraft-Heizbetrieb zu betreiben, mit dem ein Gesamtwirkungsgrad von 80 % und mehr erzielt werde, während die großen Kondensationskraftwerke bestenfalls 15-20 % erreichten.²⁴ Kommunalen Kraftwerksbetreibern gelang es damals tatsächlich, mit neuen, wieder in Stadtnähe gerückten mittelgroßen Anlagen den von hohen Fixkosten belasteten Fernstrompreis zu unterbie-

²² Kehrberg 1997, S. 63 ff.; Stier 1999, S. 230 ff.

²³ E. Voigt auf der VdEW-Hauptversammlung 1916, in Mitt. d. VdEW Nr. 184, S. 9-13; Gilson 1994, S. 128 ff.

²⁴ A. Margolis in Mitt. d. VdEW Nr. 330, 1923, S. 38 f.

ten und teilweise sogar die Elektrizitätsversorgung mit einer Abdampflieferung für Gewerbebetriebe oder einer Stadtteil- bzw. Städteheizung zu verbinden.²⁵

Den Höhepunkt ihres Einflusses auf den Energiediskurs erreichten die Anhänger einer vorrangig auf Bedarfsorientierung und Ressourcenschonung setzenden Energieversorgung 1919/20 in den Debatten um eine gesamtstaatliche Neuordnung des Energiesektors durch ein „Reichs-Energiegesetz“ und ein „Reichs-Elektrizitätsgesetz“. Diese zielten auf eine gemeinwirtschaftliche Organisation der Kohle-, Gas- und Elektrizitätswirtschaft, um so die endlichen Energievorräte bestmöglich zu verwerten, statt sie durch Konkurrenz und Verbrauchsanreize sinnlos zu vergeuden.²⁶ Doch diese erste und bislang letzte Chance einer umfassenden integrierten Regelung des deutschen Energiesystems scheiterte an der Ablehnungsfront der Elektrizitäts-Großversorger in Reich, Einzelstaaten und Privatwirtschaft. Infolge staatskapitalistischer Eigeninteressen und institutioneller Differenzen ohne tatsächliche Gestaltungskompetenz ausgestattet, kippten Reichsfiskus und Länderbehörden ein Energie-Mantelgesetz und begnügten sich mit einem Elektrizitätsgesetz, das ohne jemals verabschiedete Ausführungsbestimmungen nur auf dem Papier stand. Die staatlichen Instanzen überließen die Steuerung der Energiepolitik so einem gnadenlosen Verdrängungswettbewerb der Energieanbieter und Elektrizitätsversorger.

Nach dem kurzen Aufblühen gerieten Wärmeökonomie und dezentrale integrierte Versorgungskonzepte ab 1924/25 wieder in die Defensive, als der extreme Kohlenmangel der Kriegs- und Nachkriegsjahre, wie üblich auf Energiemärkten, in eine „Energieschwemme“ umschlug. Angesichts der Überproduktion von Kohle sowie des neu erschlossenen Angebots von Braunkohle, Erdöl und Wasserkraft wurde den Wärmewirtschaftlern nun betriebswirtschaftlich schädliche „Kalorienjägerei“ vorgeworfen, die im Gegensatz zu Produktionssteigerungen und der Rationalisierung von Produktionsprozessen keine Gewinne abwerfe.²⁷ Noch mehr geriet das dezentrale Pfadkonzept durch den Aufbau der Verbundwirtschaft und der sich daraus ergebenden forcierten Ausdehnung der Versorgungsgebiete der Großversorgung unter Druck. Denn die privaten und staatlichen Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) sahen sich wegen des schlechten Auslastungsgra-

²⁵ Siehe den Artikel „Großkraftwerk Klingenberg“ in *Elektrizitätswirtschaft*, 26 (1927), Nr. 436, S. 282; Gilson 1994, S. 196 f.

²⁶ Wissell 1919, S. 35 ff.; Kehrberg 1997, S. 79 f.; Stier 1999, S. 383 ff.

²⁷ Laaser 1925, S. 263; Hellige 1984, S. 287; Gilson 1999, S. 137 ff.

des der Großkraftwerke und vor allem der mangelnden Rentabilität des mit großem Investitionsaufwand errichteten Hochspannungsleitungsnetzes genötigt, kommunale Kraftwerke und industrielle Eigenversorger zum Rückzug aus der Elektrizitätserzeugung zu drängen. Als Druckmittel dienten dabei die durch das Übertragungsnetz erlangte Netzhoheit, die Abhängigkeit der isolierten Anlagen von Reservelieferungen und nicht zuletzt die Nutzung der Regulationsmacht im Eigeninteresse der Staatsunternehmen.

Der Anteil der Kommunen an der öffentlichen Elektrizitätserzeugung sank so zwischen 1913 und 1930/31 von 37 % auf 13 %, während die großen EVUs im gleichen Zeitraum von 17 % auf 37 % und die Staatswerke von wenigen Prozent auf 25 % anstiegen.²⁸ Durch die Offensive der Verbundunternehmen stieg der industrielle Strombezug aus dem öffentlichen Netz von 30 % auf über 50 % des Industriestrombedarfes, während gleichzeitig der Anteil der Industriekraftwerke an der gesamten deutschen Stromerzeugung zwischen 1925 und 1945 von knapp 70 % auf unter 50 % sank.²⁹ Da die EVUs vor allem auf die Übernahme der industriellen Grundlast abzielten, war diese Anteilsverschiebung mit einer beachtlichen Reduzierung der Kraft-Wärme-Kopplung verbunden. Es wurde so deutlich, dass die Rentabilität der Großkraftversorgung längerfristig nur durch eine Zurückdrängung gekoppelter Energieproduktion möglich war.

Dadurch kam es aber zu einer Umkehrung der energiewirtschaftlichen Zielsetzungen der Fernversorgung: Hauptzweck war nun nicht mehr wie zu Beginn die Senkung des spezifischen Brennstoffeinsatzes durch größere Maschinen und die Verbilligung des Stroms durch größere Durchmischung und höhere Ausnutzungsdauern, sondern eine bessere Auslastung der mit hohen Fixkosten belasteten kapitalintensiven Erzeugungs- und Verteilungsanlagen.³⁰ Vor allem das für die Durchsetzung der Verbundwirtschaft errichtete überproportional teure Übertragungsnetz, das weit über die Hälfte der Gesamtinvestitionen der Großversorger verschlang, musste erst nachträglich durch eine Ausweitung der Abnehmer-schaft wirtschaftlich gemacht werden, wodurch sich wiederum das Rentabilitäts-dilemma erhöhte. Denn durch die Zentralisation und damit verbundene weitere Größensteigerungen des Erzeugungs- und Verteilungssystems wurde die techno-

²⁸ Bruche 1977, S. 44; Gröner 1975, S. 68.

²⁹ Faradi 2004, S. 181 ff.

³⁰ Gilson 1994, S. 204 ff.

logisch bedingte hohe Kapitalintensität noch gesteigert und das Gesamtsystem immer unelastischer.³¹

Der daraus entstehende Zwang zu einem Anschluss möglichst vieler Verbraucher verschärfte in den 20er Jahren auch den Expansionswettbewerb unter den Großversorgern, es kam zu dem berüchtigten „Elektrokrieg“, bei dem die großen Elektrizitätskonzerne in einem wildwüchsigen Konzentrations- und Monopolisierungsprozess die bis dahin noch unversorgten Gebiete „annektierten“.³² Der Anschluss folgte nicht energetischen, ja nicht einmal betriebswirtschaftlichen Kalkülen, sondern war in erster Linie machtpolitisch motiviert. Denn, wie der Nestor der Elektrizitätswirtschaftslehre Ruppert Schneider nachwies, brachten Größensteigerungen über 20 MW keine wesentlichen technischen und ökonomischen Skalierungsgewinne mehr, die Spitzenlast wurde nur um 5 % gesenkt und der Reservefaktor sogar wieder angehoben.³³ Der Annexionswettlauf endete 1927/28 mit dem „Reichselektrofrieden“ in einer vollständigen Aufteilung der Versorgungsgebiete unter den größten EVUs, die sich mit der „AG für deutsche Elektrizitätswirtschaft“ ein „Super-Gebietskartell“³⁴ schufen, das, obwohl ein privatrechtlicher Zusammenschluss, durch die Beteiligung der staatlichen Konzerne den Charakter eines Systems geschlossener elektrizitätswirtschaftlicher Territorialherrschaften bekam.

Damit entschied letztlich die „Vermischung von normensetzender Kompetenz des Staates und eigener Unternehmertätigkeit“³⁵ über die soziale Architektur des deutschen Energiesystems der folgenden Jahrzehnte. Diese wurde geprägt von der Systemführerschaft eines Oligopols von wenigen Groß-EVUs, die, gestützt auf ihr gebündeltes Übergewicht in der Erzeugung und die Verbundleitungen als Machtfaktor, und rechtlich abgesichert durch Gebietsmonopole, in der Folgezeit die Grundlinien der Elektrizitätspolitik und indirekt auch der Energiepolitik bestimmten. Da auch die Elektrizitätswirtschaftslehre Großkraftwirtschaft und Großraumverbundwirtschaft nun als nicht mehr hinterfragbares wissenschaftliches Paradigma dogmatisierte und dezentral integrierte Versorgungskonzepte weitgehend ausklammerte, kam es Ende der 20er Jahre zu einer technologischen

³¹ Gilson 1994 S. 208 f.; Hellige 1986, S. 147.

³² Stier 1999, S. 426 ff.

³³ Siehe die Zusammenfassung der Kritik von Schneider bei Gilson 1994, S. 209 ff.

³⁴ Gröner 1975, S. 223; Stier 1999, S. 320 ff.

³⁵ Stier 1999, S. 324 ff., 518.

Schließung.³⁶ Der Pfadkonflikt war damit erst einmal entschieden, und dies nicht als Ergebnis einer öffentlichen energiepolitischen Debatte, sondern durch einen massiven Verdrängungswettbewerb unter Mitwirkung des Staates als Zentralisierungshelfer.

Die von den Großversorgern erreichte faktische Monopolstellung wurde durch die rechtliche Regelung des Energiesektors, die sie infolge der extremen Unterauslastung ihrer kaum amortisierten Anlagen während der Weltwirtschaftskrise selber angemahnt hatte, noch einmal deutlich gestärkt. Die NS-Regierung war selber durch den internen Zielkonflikt der NSDAP zwischen einem lokalen Autarkieansatz mit kleinindustrieller Energieproduktion und einem rüstungs- bzw. wehrwirtschaftlich orientierten Konzept eines Stromautobahnnetzes zur „Verklammerung des Reiches“ gelähmt. Sie überließ das Gesetzesvorhaben daher weitgehend dem EVU-nahen Reichswirtschaftsminister Schacht.³⁷ Obwohl der bei seinem Programm einer durchgreifenden „Flurbereinigung“ wegen des Widerstandes des Kommunalflügels der NSDAP einige Abstriche hinnehmen musste, kamen die Elektrizitätskonzerne ihrem Ziel eines Dreiklassensystems näher, in dem die Großkraftwerksbetreiber die Grundlastversorgung erhalten, während den regionalen und lokalen Unternehmen nur die weniger lukrative Deckung der Spitzen- und Reservelast und Verteilung bleiben sollte. In der Präambel des 1935 verabschiedeten „Energiewirtschaftsgesetzes“ (EnWG) wie im Regelungsinstrumentarium wurde die Verbundwirtschaft als Leitziel verankert und das vorrangig auf ein auf Anlagenvergrößerung, Marktausweitung und Großvernetzung setzendes skalenökonomisches Strategiekonzept nun gesetzlich vorbereitet. Die Tendenz zu einer verbrauchssteigernden Angebotspolitik wurde noch durch das Leitziel der rein strom- bzw. gaswirtschaftlichen Billigkeit und ein Tarifsysteem verstärkt, das den Mehrverbrauch preislich begünstigte.

Andere Energiepfade, vor allem Strategien zur Energiemehrfachnutzung in Koppelprozessen waren zwar nicht ausgeschlossen, hatten aber nur geringe Durchsetzungschancen. Die Wärmewirtschaftler, die sich von der Neuordnung der Energiewirtschaft eine „Energiereform“ erhofft hatten, die das „Durch- und Gegeneinander der verschiedenen Energiearten“ beendete und bei dem größten Verbrauchssektor ansetzte, dem Wärmebedarf in Haushalten und Industrie,

³⁶ Gilson 1994 S. 239 ff.

³⁷ Hierzu und zum Folgenden ausführlich Hellige 1985, bestätigt und ergänzt durch Stier 1999, S. 443 ff., ähnliche Ergebnisse auch bei Kehrberg, S. 154 ff., 175 ff.

fanden mit ihren Plädoyers gegen die unwirtschaftlichen „transkontinentalen Fernkraftpläne“ und für dezentrale „Nahkraftwerke“ überhaupt kein Gehör.³⁸ Vielmehr wurde im Interesse einer optimalen Auslastung der kapitalintensiven Großkraftwerke und Verbundleitungen, die die Hauptlast von Aufrüstung und Wehrwirtschaft tragen sollten, über Ausführungsbestimmungen die Umschichtung der industriellen Eigenstromerzeugung zur öffentlichen Elektrizitätsversorgung noch forciert.³⁹ Das EnWG zementierte die Aufspaltung von industriellem und öffentlichem Energiesektor und verhinderte so die energetische Ausnutzung der riesigen, ohnehin anfallenden Prozesswärmepotenziale für die Allgemeinversorgung. Ebenso schottete es durch die separate Regulierung zweier Teilsektoren des gesamten Energiemarktes die verschiedenen Energieträger energierechtlich von einander ab. Als ein wesentlich auf betriebswirtschaftliche Skaleneffekte, auf Konzentration und Großnetzbildung zielendes rechtliches Förderinstrumentarium für zwei Teilmärkte war es eigentlich gar kein Energiewirtschaftsgesetz, denn es betrachtete die deutsche Energiewirtschaft als Ganzes, wie Erich Schulz 1935 konstatierte, nur als „die Summe von einzelnen technisch und betrieblich hoch entwickelten Gas- und Elektrizitätswerken“.⁴⁰

Noch während des Zweiten Weltkrieges kam es daher zu Initiativen von Kommunalvertretern und kritischen Energiereformern innerhalb der Ingenieur-Community für eine Revision des EnWG. Der Rüstungsminister Todt wollte gegen die „Energiepolitik mit Aktienpaketen“ wieder ingenieurmäßige Optimierungsstrategien zur Geltung bringen. Er favorisierte den Ausbau von Groß- und Kleinwasserkraften, Windenergie sowie vor allem von städtischen Fernheizsystemen und industrieller KWK, die er in einem künftigen, den gesamten Energiesektor regelnden „Reichsenergiegesetz“ verbindlich machen wollte.⁴¹ Doch derartige energetisch motivierte Pläne waren angesichts der Kriegslage illusionär und hatten wegen der inzwischen erlangten Dominanz der Großversorger auch keine Chance, sie wurden von Todts Nachfolger Albert Speer auch sofort wieder fallengelassen.

³⁸ Siehe dazu Hellige 1986, S. 130 f.

³⁹ Hierzu besonders Faradi 2004.

⁴⁰ Schulz 1936, S. 4.

⁴¹ Siehe dazu Hellige 1986, S. 143 ff. und Wirtschaftsgruppe Energieversorgung: Plan über den Technischen Ausbau der deutschen Elektrizitätsversorgung, 1. Bd. Ausbauplan 1941, Bundesarchiv R 43/II, Nr. 344.

Die langfristigen Planungen der Elektrizitätskonzerne und der Reichsstelle für Elektrizitätswirtschaft gingen ohnehin in die Gegenrichtung, den Aufbau einer kontinentalen „Großraum-Verbundwirtschaft“. In der ersten Stufe sollten alle Stein- und Braunkohlenreviere und Großwasserkräfte des Reiches über 220 kV „Reichssammelschienen“ verbunden und in der zweiten Stufe über 400 kV Höchstspannungsgleichstromübertragungen (HGÜ) die Wasserkräfte Norwegens, Frankreichs und Spaniens sowie die Kohlereviere Polens, des Balkans und der Ukraine der Versorgung des Reiches dienstbar gemacht werden. Die Planungen für ein kontinentales Stromautobahnnetz knüpften zwar an den Generalplan Olivens für ein ganz Europa umfassendes Höchstspannungsnetz von 1930 an, gaben ihm aber eine offen energieimperialistische Stoßrichtung.⁴²

Nach dem Vorbild der Elektrizitätswirtschaft entwickelten auch die Ferngasversorger Pläne für die Errichtung einer nationalen „Gasverbundwirtschaft“, als deren innerer Kern ein alle Kohlenreviere und Schwerindustrie- und Rüstungszentren des Reiches verbindender Stammring aus Hochdruckleitungen mit Speicherfunktion gedacht war. Durch Stichleitungen ins ganze Reichsgebiet sollte das „Deutsche Gasringnetz“ schließlich den gesamten „deutschen Großgasraum“ zusammenfassen.⁴³ Mit diesen wahnwitzigen Planspielen für eine nationale und kontinentale Neuordnung der „Elektro-Geographie“ und des „Großgasraumes“ wurde das expansive Konzept der Großraumverbundwirtschaft am Ende Bestandteil hegemonialer Herrschaftsinteressen des NS-Staates. Letztere verschwanden zwar mit dem Ende des NS-Regimes, nicht dagegen die Konzepte für eine großtechnische Großraumbewirtschaftung aller energetischen Potenziale des Kontinents.

⁴² Fischer 1941; Menge 1941; Heeseman 1941/1959; Stier 1999, S. 440 f., 482 ff.

⁴³ Reichsgruppe Energiewirtschaft, Ausschuss für Gasverbundwirtschaft, Bericht vom 25.3.1938, Landesarchiv Berlin, Bestand Deutscher Gemeindetag, 4.2.1, Nr.2.

5. Die Forcierung des großwirtschaftlichen Pfadkonzeptes in der BRD

Wie nach dem Ersten Weltkrieg wurde auch nach dem Zweiten eine Neuordnung der westdeutschen Energiewirtschaft durch das inzwischen gefestigte großwirtschaftliche Energieregime verhindert und die Ordnungspolitik den „alten Cliques-Interessen“ der großen staatlichen und gemischt-wirtschaftlichen Elektrizitätskonzerne und der energieintensiven Industrie angepasst. Durch den Unternehmensstatus wirksamer politischer Kontrolle enthoben und als staatliche bzw. öffentlich-rechtliche Unternehmen von effektiver staatlicher Regulierung ausgenommen, genossen sie eine privilegierte Sonderstellung.⁴⁴ Aufgrund der von ihnen 1957 erwirkten Befreiung von kartellrechtlicher Aufsicht konnten sie ihre exklusiven Konzessionsverträge, Gebietskartelle und Demarkationsabsprachen unvermindert beibehalten. Wie es bei der Ordnungspolitik zu einer „Wiederkehr des Gleichen“ kam, so gelang es den Elektrizitätskonzernen auch jetzt wieder, energiepolitische Alternativen abzublocken.⁴⁵ Angesichts der großen Kohle- und Energieknappheit bis Mitte der 50er Jahre verzeichneten KWK und Fernheizsysteme zwar einen raschen Wiederaufstieg. Fritz Marguerre erneuerte 1951 seine Forderung, statt verbrauchsferner Großkraftwerke künftig nur noch energiesparende dezentrale Heizkraftwerke zu errichten und auch die industrielle Eigenerzeugung in die öffentliche Versorgung einzubeziehen.⁴⁶ Doch erneut schlug die temporäre „Energilücke“ ab 1955 um in ein Überangebot an Kohle, Gas und verstärkt Erdöl, zu denen in den 60er Jahren noch Erdgas und Kernenergie hinzukamen. Angesichts des „Energieüberflusses“ wurde die kurze Renaissance des dezentral integrierten Energiepfades durch die Großversorger und die ihnen folgende Energiepolitik gezielt ausgebremst. Dies geschah über die ab 1965 subventionierte Kohleverstromung, die nun forcierte Umschichtung der industriellen Eigenerzeugung auf die öffentlichen EVUs und die Behinderung örtlicher Heizkraftwerke durch eine Mindestgrößenbegrenzung bei Kraftwerksblöcken.

Der in den 20er Jahren begonnene, aber in den 30igern durch die Einführung der Hochdrucktechnik in Industriekraftwerken aufgehaltene Rückgang der Eigenstromerzeugung hatte sich im Zweiten Weltkrieg wieder verstärkt. Der eigentliche Niedergang erfolgte aber erst in den 60er/70er Jahren infolge einer gezielten Zurückdrängung durch die EVUs mit Unterstützung der Energieaufsicht. So-

⁴⁴ Hennicke/ Johnson 1985, S. 15 ff.; Stier 1999, S. 492 ff.; Künsberg 2012, S. 205 f.

⁴⁵ Stier 1999, S. 494; Becker 2010, S. 44 ff.; Künsberg 2012, S. 63 ff.

⁴⁶ Marguerre 1951, S. 346, 348 ff.; Zängl 1989, S. 230 ff.

wohl durch intern zu Lasten der Tarifkunden subventionierte Sondervertragspreise für industrielle Abnehmer, aber auch durch ein breites Spektrum von Behinderungspraktiken, zu denen die Verweigerung von Reserveleistung bzw. überhöhte Reservestromkosten sowie die Ablehnung der Durchleitung und der Überstromabnahme gehörten, wurden viele kleine und mittlere Industriekraftwerke aus dem Markt gedrängt.⁴⁷ Dadurch halbierte sich zwischen 1950 und 1990 der Anteil der Eigenanlagen an der industriellen Bedarfsdeckung auf nur noch 25 %, ihr Anteil an der Gesamtstromerzeugung sank zwischen 1960 und 1976 von knapp 40 % auf 18 %, wobei nur noch ein Drittel mit KWK erzeugt wurde.⁴⁸ Angesichts der Ölpreiskrise in den 70er Jahren verwiesen die Industriekraftwerksbetreiber auf die mögliche Verdopplung oder Verdreifachung ihrer KWK-Strom-Leistung (11-16 GW), doch sie unterlagen trotz Unterstützung durch Kartellamt und Monopolkommission bei den Verhandlungen mit den öffentlichen Versorgern im Jahre 1979.⁴⁹ Der immer weitergehende Rückzug der Industrie aus der Elektrizitätserzeugung veränderte die Akteurskonstellation grundlegend, denn als Kostgänger der öffentlichen Versorgung lag ihr Hauptinteresse nun hauptsächlich in einer tariflichen Bevorzugung der Großabnehmer und in möglichst billigen Strompreisen. Vor allem die energieintensive Großindustrie schloss eine Allianz mit den großen EVU, die durch diese Interessenbündelung ihre Machtstellung in der Energiepolitik bedeutend ausbaute.

Auch in der öffentlichen Versorgung sank der Kuppelstromanteil seit den 60er Jahren beträchtlich. Zwar bauten die kommunalen EVUs in den ersten beiden Nachkriegsjahrzehnten die Heizkraftleistung kontinuierlich aus, konnten jedoch bei weitem nicht mit dem Leistungsanstieg der reinen Stromproduktion mithalten. Seit den 60er Jahren stagnierte der Anteil der öffentlichen Fernwärmeverversorgung am Wärmemarkt bei 5-6 % und stieg nach den beiden Ölkrisen zeitweise auf über 8 %. Anfang der 80er Jahre wurde kurze Zeit selbst von der Bundesregierung die Nutzung der Abwärme der Kraftwerke, die rechnerisch fast dem gesamten Niedertemperaturbedarf der Bundesrepublik entsprach, als das sinnvollste Energiespar- und Arbeitsbeschaffungsprogramm gepriesen.⁵⁰ Dass dies möglich war, bewies das „Flensburger Energiekonzept“, das nach skandinavischen

⁴⁷ Hennicke/ Johnson 1985, S. 23; Faradi 2004, S. 179 ff., 192 ff.

⁴⁸ Hörner 1979, S. 63 ff.; Tätigkeitsbericht der Vereinigung Industrielle Kraftwirtschaft 1983/84, S. 32 f. und vor allem Faradi 2004, S. 177 f., 192 f.

⁴⁹ Hörner 1979, S. 74; Specht 1983, S. 653 f.; siehe auch Künsberg 2012, S. 79 ff.

⁵⁰ Siehe die Quellen in Hellige 1986, S. 146 f., 155 und den Spiegel-Artikel „Fernwärme für die halbe Republik“ vom 3.4.1981.

Vorbildern eine ganze Stadt völlig auf kostengünstige, den CO₂-Ausstoß massiv senkende Fernwärme umstellte. Eine Kooperation mit einem dänischen EVU ermöglichte dabei eine saisonal optimale Austarierung von Strom- und Wärmeproduktion.⁵¹ Doch dazu waren die deutschen EVUs nicht bereit, da sie die mit den Kernkraftwerken neu geschaffenen großen Lasttäler mit der Nachtspeicherheizung füllen wollten. Mit den gleichzeitig mit der Elektrowärme auf dem Wärmemarkt vordrängenden Erdgas-Firmen erreichten die beiden 'Edelenergien' zusammen so in nur zwei Jahrzehnten einen Anteil von über 30 %. Damit wurde neben der dezentralen industriellen Eigenversorgung ein weiterer Bereich ressourcensparender, CO₂ reduzierender gekoppelter Energieerzeugung zugunsten einer besseren betriebswirtschaftlichen Auslastung der an großen Überkapazitäten leidenden Großkraftwerke aufgegeben. So landet, wie es selbst das Energieflussbild für 2010 belegt, trotz all der Verbesserungen des Kraftwerksprozesses noch immer nur ein kleiner Teil der von fossilen und nuklearen Kraftwerken eingesetzten Primärenergie als Nutzenergie beim Kunden, fast $\frac{3}{4}$ gehen für Umwandlungs- und Leitungsverluste und den Eigenbedarf der Kraftwerke verloren.

Wurde das dezentrale Pfadkonzept von der staatlichen Energiepolitik und Regulierung kaum gefördert und vielfach behindert, erfuhr die Größensteigerungs- und Zentralisierungsstrategie der Großversorger sowohl durch eine konzentrationsfreundliche Genehmigungspraxis als auch durch die massive Förderung der Atomenergie intensive Unterstützung. Da die Kosten der AKWs anfangs etwa zehnmal so hoch wie die der Kohlekraftwerke waren und nur durch den Übergang zu größeren Blockeinheiten gesenkt werden konnten, kam es in zwischen 1968 und 1974 zu einem schnellen Upscaling von 300-MW- zu 1000- und 1300-MW-Blöcken, dem auch die Kohlekraftwerke bis auf 700 MW und 1000 MW folgten.⁵² In den Planungen wurden 1970 für AKWs bereits 2000- und 3000-MW-Blöcke angepeilt, in den USA und der Sowjetunion erwartete man seinerzeit sogar 5000- bis 10000-MW-Einheiten in den 90er Jahren. Die Grundlage für diese Größensteigerung bildeten Modellrechnungen, die die sprunghaften Schübe in Trendkurven glätteten und mit der seit den 50er/60er Jahren zum „ehernen Gesetz“ erhobenen Verdopplungsrate des Stromverbrauches im Zehnjahreszeitraum verknüpften.⁵³ Doch zunehmende Inflexibilität in der Fahrweise, die entstehende Hyperkomplexität der Regelung und vor allem die überproportional steigenden

⁵¹ Prinz 1982, S. 155 ff.

⁵² Siehe hierzu vor allem Radkau 1989a, S. 382 f.; Radkau 1989b, S. 349 ff.

⁵³ Steiner 1953, S. 284; weitere Belege bei Hellige 1985, S. 113 f.

Investitionskosten bewirkten, dass sich der reale Prozess nicht an die Modellkonstruktion hielt und die Blockgrößen in der Regel bei 1000 MW stagnierten und 1300-1450 MW nicht mehr überschritten.⁵⁴

Insgesamt war die auf Größensteigerungen basierende skalenökonomische Strategie, die zeitweise zu *relativen* Einsparungen im Brennstoffverbrauch und bei den Baukosten der Erzeugungsanlagen geführt hat, an ihre Grenzen gekommen. Die ungenutzten verfügbaren Reserven sanken nicht, wie erwartet, auf 10-15 %, sondern stiegen gerade aufgrund der Größensteigerungen seit den 70er Jahren wieder an und lagen mit über 30-40 % in den 80er Jahren über den Werten der 30er. Der spezifische Wärmeverbrauch verbesserte sich nicht proportional zum Größenanstieg der Kraftwerksaggregate, sondern stagnierte seit Mitte der 70er Jahre. Auch die Anlagekosten sanken nicht durch den Bau immer größerer Blöcke; im Gegenteil, die aufgrund langer Planungs- und Bauzeiten überproportional steigenden Kosten im Großanlagenbau machten frühere Einsparungen wieder zunichte.⁵⁵ Diese eindeutigen Anzeichen für „diseconomies of scale“ führten jedoch nicht zu einem Strategiewechsel zu kleineren Anlagen. Denn die großen Atom- und Kohleblöcke, die von kleineren Herstellern nicht gebaut und von kleineren EVUs nicht betrieben werden konnten, sicherten der in der „Kraftwerksunion“ 1968 zusammengelegten Kraftwerkssparte von Siemens und AEG und den Groß-EVU weiterhin die Monopolstellung.⁵⁶ Denn Größensteigerung der Kraftwerksaggregate, monopolistische Konzentration der Herstellerindustrie und Zentralisierung der Elektrizitätsversorgung standen noch immer wie schon in den Anfängen der Großkraftwirtschaft in einem engen strategischen Zusammenhang. Zur Absicherung der Rentabilität der unter Leistungsüberhang und extrem hohen Fixkosten leidenden Großblöcke erwirkten Hersteller und Betreiber über das Bundeswirtschaftsministerium 1964 den „300-Megawatt-Erlass“, der den Bau kleinerer Kraftwerke untersagte. Die Regelgröße sollte 1973 sogar noch auf 600 MW für konventionelle und auf 1200 MW für Kernkraftwerke angehoben werden, doch dies ließ sich nicht mehr durchsetzen.⁵⁷

⁵⁴ Radkau 1989b, S. 350; Hellige 1985, S. 112 ff.

⁵⁵ Siehe dazu Hellige 1985, S. 123 ff. und 1986, S. 142 ff.; Hennicke/ Johnson 1985, S. 44, 146 ff.

⁵⁶ Bruche 1977, S. 95; Radkau 1989a, S. 302 ff.

⁵⁷ Zängl 1989, S. 267 ff.; Hennicke/ Johnson 1985, S. 99 f.

Dennoch war es den Großversorgern gelungen, Energieregulierung, Energieprognosen und Energiepolitik weitestgehend auf das großwirtschaftliche zentralistische Pfadkonzept auszurichten.⁵⁸ Die Betreiber verbrauchsferner Großkraftwerke und der übergeordneten Übertragungsnetze verfügen seitdem unangefochten über die Systemführung, während kommunale und regionale Versorger, meist zu bloßen Verteilern degradiert, nur eine Randstellung einnehmen. Die im Zuge der von der EU erzwungenen marktliberalen Deregulierung erfolgte Neufassung des Energiewirtschaftsgesetzes von 1998 hob zwar die Gebietskartelle und Demarkationsabsprachen auf, sodass die rechtlich fixierten elektrizitätswirtschaftlichen Territorialherrschaften der Groß-EVU formal aufgelöst wurden. Doch beeinträchtigten der Wettbewerb und die Entkopplung von Erzeugung, Netzbetrieb und Absatz kaum ihre Führungsrolle im Energiesystem und ihre auf Marktbeherrschung und Leitungshoheit im Übertragungsnetz beruhende Monopolstellung. Diese wurde 1997-2002 sogar noch durch die größte Fusionswelle der deutschen Elektrizitätsgeschichte und eine massive Lobbyarbeit extrem gesteigert.⁵⁹ Die Marktliberalisierung verstärkte zudem die Ausrichtung auf ausschließlich betriebswirtschaftliche Renditeziele mit drastisch erhöhten Verzinsungsansprüchen und machte über die Strombörsen die Energien zusätzlich zur Spekulationsware. Sie führte zudem zur Absenkung der EVU-Investitionen in Anlagen und Übertragungsnetze auf den Stand der 60er Jahre. Da neue Größensteigerungen keinen Sinn mehr machten und sich vor allem eine Erneuerung des AKW-Kraftwerksparks wegen der stark gestiegenen Investitionskosten betriebswirtschaftlich nicht rentierte, verharren die Großversorger technologisch und strukturell in Stagnation und begnügten sich damit, die Machtbasis durch eine maximale Laufzeitenverlängerung zu erhalten, die ihren seit langem amortisierten Atom- und Kohleblöcken entscheidende Konkurrenzvorteile gegenüber den erst im Neuaufbau befindlichen erneuerbaren Energien sicherte. Nach dem Atomausstieg von 2002 erwarben sie zwar in größerem Umfang Konzessionen für Offshore-Windparks, betrieben die Vorhaben aber derart dilatorisch, planlos und unkoordiniert, dass sie von deren technischen, finanziellen und organisatorischen Problemen nach dem Atomausstieg von 2011 völlig überrascht wurden. Ihre große ferne Hoffnung war und ist seit den 1950er Jahren die Kernfusion, da sich deren extreme Energiedichte und Konzentration auf wenige Größtaggregate am meisten mit ihrem zentralistischen Monopolstreben deckt.

⁵⁸ Siehe Traube/ Ullrich 1982, Teil I.

⁵⁹ Becker 2010, S. 100 ff. Der Anteil der EVU-Großkraftwerke an der Gesamtleistung schwankte um 80%.

Mit diesem hartnäckigen Strukturkonservatismus unterschied sich das deutsche Energiesystem diametral von einem anderen großen Infrastruktursystem, dem weltweiten Computernetz, wo es seit den späten 60er Jahren zu einem radikalen Wandel der sozialen Architektur und einem äußerst erfolgreichen Downscalings- und Dezentralisierungsprozess kam. Auch hier herrschte seit den 50igern eine von dem Monopolisten IBM getragene Größensteigerungsstrategie vor, die ebenfalls mit einem Wachstumsgesetz, dem Grosch's Law, begründet wurde. Doch die von Großrechenzentren dominierte zentralistische Netzarchitektur wurde durch das historisch außergewöhnliche Zusammenkommen von militärstrategischen Interessen an einer Dezentralisierung ausfallgefährdeter Zentralknoten und gegen die Großrechnerwelt aufbegehrenden Countercultures abgelöst von einer nun mit dem Moore's Law gesteuerten Miniaturisierungs- und Dezentralisierungsstrategie. So wurden im Computing und der Computerkommunikation statt der Großrechenzentren Minicomputer, PCs und Lokale Netzwerke bestimmend. Die soziale Systemarchitektur wandelte sich mit der Verfügung der Nutzer über eigene Computerressourcen von hierarchisch-zentralistischen *Versorgungsnetzen* mit Verteilfunktion und Systemführerschaft der Großversorger zu dezentral-selbstorganisierten *Austauschnetzen* relativ gleichberechtigter Teilnehmer bzw. Server im Internet.⁶⁰ Da die Massenausbreitung des ursprünglichen Militärforschungsnetzes Internet nicht über kommerzielle Skalenökonomien oder öffentlich-rechtliche Monopole erfolgte, sondern über den Wissenschaftssektor, konnten sich hier die eigendynamischen Kräfte von User Communities voll entfalten. Erst im letzten Jahrzehnt ist mit dem „Cloud Computing“ ein Architekturkonzept erschienen, das eine radikale *Rezentralisierung* der Computerkommunikation in wenigen global operierenden Großserverfarmen führender IT-Konzerne anstrebt. Bei der Strategie, die gesamte Informationsverarbeitung und -speicherung wieder aus den dezentralen Endgeräten in weit entfernte, mit einander vernetzte Großrechenzentren zurückzuverlagern, beruft man sich ausdrücklich auf das historische Vorbild des Zentralisierungsprozesses der Elektrizitätsversorgung. Doch ist es dort seit 2000 gerade zu einer gegenläufigen Entwicklung gekommen, zu einer Oppositionsbewegung gegen die zentralistischen Strukturen der etablierten Energiemonopole, wobei man sich hier vor allem auf das erfolgreiche Organisationsmodell des Internet beruft.⁶¹

⁶⁰ Zum technischen und sozialen Architekturwechsel siehe Hellige 2008 und 2009, S. 136 ff.

⁶¹ Siehe den Überblick in Hellige 2012.

6. Die Erneuerung des Pfadkonfliktes und der Transformationsblockade

Ausgelöst durch die Ölpreiskrisen der 70er Jahre, die Anti-AKW- und Ökologiebewegung kam es seit 1980 zu einer ersten „Energiewende“-Debatte, die auf den Ausbau klein dimensionierter dezentraler erneuerbarer Energien und lokaler Kraft-Wärme-Kopplung setzte und damit das Steuer wieder von der zentralistischen Größen- zur dezentralen Mengen- Skalierungsstrategie umwerfen wollte. Institutionell zielte die neue „Energiepolitik von unten“ vor allem auf eine Rekommunalisierung der Energieversorgung auf der Grundlage von städtischen Heizkraftwerken bzw. Blockheizkraftwerken in dünn besiedelten Gebieten.⁶² Die bisherige auf Absatzmengensteigerung angelegte Angebotspolitik sollte über bedarfsorientierte kommunale Energiedienstleistungen auf Energieeinsparung umgestellt werden. Doch es folgten nicht viele Kommunen den Modellprojekten von Flensburg, Heidenheim und Schönau, denn die Energieverteilerrolle war durch den Erdgasboom noch lukrativer und vor allem risikofreier geworden.

Die Windenergie und noch mehr die Solarthermie, Photovoltaik und Biomasse, die von dem atomlastigen staatlichen Förderregime gezielt vernachlässigt worden waren, spielten in den 70/80igern nur eine marginale Rolle.⁶³ Die noch recht disparaten Erneuerbaren-Energie-Initiativen wurden erst durch das vom Umweltminister Klaus Töpfer initiierte Stromeinspeisungsgesetz von 1991 gebündelt, das die rot-grüne Regierung 2000 mit dem „Erneuerbaren-Energien-Gesetz“ und 2002 mit dem „Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz“ noch einmal deutlich ausweitete. Hierdurch entstand quer zur etablierten Versorgungsstruktur mit über einer Million privater Einzelakteure und einer Vielzahl von Energiegenossenschaften ein bürgergesellschaftlicher Energiesektor, der sich sehr bald für die großwirtschaftlichen EVUs in mehrfacher Hinsicht zu einem Störpotenzial entwickelte. Denn er senkt die Benutzungsdauer der Grundlastkraftwerke, so dass diese zunehmend weniger wirtschaftlich werden, und erweist sich wegen der schlechteren Vorhersehbarkeit des Energieangebotes und des gleichzeitigen Schwankens von Energieerzeugung und -verbrauch zunehmend als ein Störfaktor für die zentrale Netzregulierung. Vor allem aber stellt die Rückkehr zu dezentralen Selbstversorgungsstrukturen die bisherige top-down geregelte Arbeitsteilung der Netzinstanzen und mit ihr die Systemführung der Großversorger infrage, da sich die genos-

⁶² Siehe hierzu vor allem die Energiewenden-Leitstudien von Krause/ Bossel 1980 und Hennicke/ Johnson 1985 und allgemein Mautz/ Byzio/ Rosenbaum 2008.

⁶³ Zur Windenergie siehe vor allem Heymann 1995, S. 362 ff.

senschaftlichen Solar- und Windparks vor allem in den vielen 100%-Erneuerbaren Energieinitiativen zunehmend von dem überregionalen Elektrizitätsnetz unabhängig machen wollen. Dies birgt vor allem für die großen EVUs die Gefahr, dass sie sich langfristig von Gigawattstundenverkäufern zu reinen Residuallastanbietern mit deutlich sinkenden Renditen entwickeln.

Die sich als Gegenmodell zu den „elektrischen Weitverkehrsnetzen“ verstehenden „lokalen Energienetze“ sind vom Ansatz her als dezentrale selbstorganisierte Austauschnetze gleichberechtigter Energieproduzenten- und -konsumenten angelegt. Ihr Hauptziel besteht in einer möglichst weitgehenden lokalen Selbstversorgung mit erneuerbaren Energien, das sie vor allem über eine Kopplung verschiedener regenerativer Energien, eine vermehrte Integration von Kraft-, Wärme- und Kälteversorgung und nicht zuletzt durch Anreize für Energieeinsparungen anstreben. Um die Lastschwankungen von Wind- und Solarenergie durch einen optimierten „regenerativen Energiemix“ auszugleichen, der erst einmal die *internen* Regel- und Speicherpotenziale ausschöpft, kooperieren sie untereinander über „virtuelle Kraftwerke / Speicher“ und schließen sich teilweise zu einem regionalen Verbund mit einem kommunalen EVU zusammen.

Zusätzliche Impulse zur Dezentralisierung der etablierten Governance-Strukturen gehen in der letzten Zeit von den Kommunen selber aus, die vielfach nach Auslaufen von Konzessionsverträgen wieder aktiv ins Versorgungsgeschäft einsteigen. In der derzeitigen ökologisch motivierten Rekommunalisierungswelle übernehmen kommunale und regionale EVUs z.T. bereits eine Steuerungs- und Vermittlungsrolle zwischen den privaten und genossenschaftlichen Prosumer-Gruppen.⁶⁴ Die lokalen Energienetzwerke und Stadtwerkeverbände werden dabei immer stärker auch von der Kommunal- und Regionalpolitik unterstützt, da sich diese von der Umlenkung der Energieflüsse von fernen Großversorgern auf die regionale Selbstversorgung mit erneuerbaren Energien zugleich eine Umlenkung der Kapitalflüsse zugunsten einer regionalen Wertschöpfung versprechen. Die „Neue Energiewirtschaft aus eigener Kraft“ erweitert sich damit zu einer strukturpolitischen Förderung der „Nahwirtschaft“ und zu einer zivilgesellschaftlichen Wiederbelebung vernachlässigter Regionen, wodurch die ökologisch und klimapolitisch ausgerichteten Bewegungen für eine Energie-Autonomie bzw. -Autarkie erst den notwendigen gesellschaftspolitischen Rückhalt bekommen.

⁶⁴ Siehe u.a. Holtmeier 2011; Matthes 2011 und Adam/ Einhellig/ Herzig 2012.

In dieser zivilgesellschaftlichen dezentralen Energiekultur entstand nach 2000 auch das Leitbild einer Internet-artigen Gesamtstruktur der vielen privaten und genossenschaftlichen „lokalen Energienetze“. Wie das Internet der Informationen die hierarchisch-zentralistischen Computernetzwerk-Architekturen durch ein dezentral gesteuertes, weitgehend von den Nutzern selbst organisiertes Servernetz ablöste, so soll das „Internet der Energien“ dem bisherigen zentral gesteuerten, überwiegend von Großaggregaten belieferten Versorgungsnetz das Modell eines dezentral gesteuerten Austauschnetzes gleichberechtigter Energieproduzenten und -konsumenten entgegenstellen.⁶⁵ Das zunächst weitgehend auf der Ebene *sozialer* Energiesystem-Architekturen diskutierte Internet-Leitbild fand in den letzten fünf Jahren über die Energieinformatik auch verstärkt Eingang in energietechnische Diskurse über Microgrid-, Local Grid- und Powerweb-Architekturen. Obwohl durchaus die technisch-physikalischen Grenzen der Internet-Metapher bei Energieversorgungsnetzen gesehen werden, bemühen sich diese Ansätze durch die Anlehnung an dezentrale Steuerungsmethoden, Funktionsschichtung, Netzneutralität, Peer-to-Peer-Prinzipien, autonome LAN-Strukturen und Energie-Gateways die erhöhten Komplexitätsprobleme eines zunehmend heterogenen, vorwiegend auf erneuerbaren Energien beruhenden hybriden Energiesystems zu lösen, um so die Resilienz des Gesamtsystems zu erhöhen.⁶⁶

Doch parallel zu den lokalorientierten Energienetz-Initiativen kam es schon früh noch im alternativen Spektrum zu Überlegungen, alle erneuerbaren Energiequellen in einem gesamteuropäischen Supernetz auf HGÜ-Basis zusammenzuschließen.⁶⁷ Das zivilgesellschaftlich orientierte Leitbild des „Internets der Energien“ als Infrastruktur einer „Energiepolitik von unten“ wurde dann ab 2007 von großwirtschaftlichen Akteuren aufgegriffen und im Sinne der traditionellen „Energiepolitik von oben“ reinterpretiert. Aus ihrer Global-Player-Perspektive fokussieren sie die Energiewende vor allem auf großdimensionierte Wind- und Solaranlagen-Konglo-

⁶⁵ Die Idee der Demokratisierung der Energiestruktur durch die Errichtung eines „Worldwide Energy Web“ als Zusammenschluss von lokalen Energienetzen wurde 2002 durch Jeremy Rifkin als Programm einer auf erneuerbaren Energien beruhenden Dritten Industriellen Revolution popularisiert.

⁶⁶ Siehe hierzu besonders das Berkeley-Konzept von Katz und Culler: He/ Reutzel/ Jiang/ Katz u.a. 2008; Katz/ Culler u.a. 2011; Keshav/ Rosenberg 2011; vgl. auch das Konzept von 100 dezentralen selbstbilanzierenden Smart Grids zur Entlastung des Übertragungsnetzes vom Bilanzkreis EEG bei Fenn/ Metz 2012.

⁶⁷ Hier sind vor allem die 100%-Erneuerbaren-Großraumszenarien von Gregor Czisch und Detlev Matthiesen von 2005 bzw. 2007 zu nennen, siehe allgemein Mautz/ Byzio/ Rosenbaum 2008, S. 148 ff.

merate wie den Bau des europäischen Nord- und Ostsee-Offshore-Netzes und dem noch gigantischeren Desertec-Projekt in Nordafrika und dem Nahen Osten. Überhaupt soll die Wind- und Solarenergie-Produktion durch eine starke geografische Spreizung und die weiträumige Organisation des Energieausgleichs erst auf ein großwirtschaftliches Niveau angehoben werden. Alle regenerativen Energiegroßpotenziale, vor allem aber auch die außerdeutschen fossilen und atomaren Großkraftwerke sollen dann über Höchstspannungs-Dreh- oder Gleichstromleitungen zu einem kontinentalen „Supergrid“ als Dreh- und Angelpunkt eines integrierten europäischen Energiebinnenmarktes verkoppelt werden.⁶⁸ Der gesamteuropäische Stromhandel und großskalige energietechnische Monokulturen erhalten hierbei eindeutigen Vorrang vor dem regionalen Erneuerbaren-Energiemix.⁶⁹ Träger dieser europäischen Großraumverbundwirtschaft soll, wie es das Oettinger-Konzept der EU vorsieht, eine aus Großkonzernen geformte neue „Superbranche“ sein, die mit Global Playern wie Gazprom und EXXON mithalten kann.

Auch der deutsche Netzausbau, insbesondere der Netzentwicklungsplan 2012 der Bundesnetzagentur, dient zu einem großen Teil dem Wandel des Übertragungsnetzes zur Großhandelsplattform für erneuerbaren und konventionellen Strom im europäischen Binnenmarkt. Die Mehrzahl der geplanten Leitungen ist dabei stark überdimensioniert, da im Widerspruch zum Erneuerbare-Energien-Gesetz ein Parallelbetrieb der großen Kohlekraftwerke unterstellt wird, selbst wenn die Windenergie für die Versorgung ausreichen sollte.⁷⁰ Die Realisierung eines solchen kontinentalen Stromautobahnnetzes würde aber nicht nur die Klassengesellschaft von Erzeugern und Verteilern und von Grundlast- und Spitzen- bzw. Reservelastanbietern in der Energieversorgung beibehalten und die Dominanz der Großversorger und der Übertragungsnetzebene im Energiesystem sichern, sie würde aufgrund der extrem hohen Kapitalintensität und Fixkostenbelastung auch die verbrauchssteigernde Angebotspolitik einer allelektrischen Versorgung wieder voll beleben.

⁶⁸ Siehe hier die BDI-Denkschrift von 2010 und Bundesministerium der Wirtschaft, *Energiewende in Deutschland*, Februar 2012.

⁶⁹ Nach der Analyse von Jarass/ Obermair 2012, S. 202 dient der Leitungsneubau in Europa bislang nur zu 27 % den Erneuerbaren, zu 35 % dem Stromhandel und zu 38 % den konventionellen Kraftwerken und anderen Zielen.

⁷⁰ Siehe den genauen Nachweis bei Jarass/ Obermair 2012, S. 198 ff., 221.

Die soziale Architektur dieses großwirtschaftlichen „Internets der Energien“ entspräche dem „Cloud Computing“ im informationellen Internet, das die großen Contentanbieter ebenfalls aus einem freien Austauschnetz wieder zu einem zentral von wenigen Großserverfarmen aus geführten Informationsversorgungsnetz umfunktionieren wollen. Die Energiegroßversorger gedenken damit gleichsam die bisherige dezentrale Entwicklung des Internets zu überspringen, um so über das Supernetz von Stromautobahnen ihre Systemführerschaft weiterhin zu sichern. Und wie Google und Facebook möchten sie im „Energienetz 2.0“ durch eine intelligente Verbrauchsüberwachung und -steuerung per „Smart Grids“ ihre Kontrolle möglichst direkt oder über zuarbeitende Serviceunternehmen bis zum Endkunden ausbauen.⁷¹ Durch die Konvergenz von Energie- und Informationstechnik in einer integrierten hierarchischen „Energiedateninfrastruktur“ könnten sich so auch die Überwachungspotenziale wechselseitig verstärken, denn das „Internet der Energien“ werde alle „Informationen über aktive Erzeugungsanlagen, Verbrauchverhalten und Lastflüsse erfassen, um so Stromnetze, Kraftwerke und Verbraucher effizienter steuern zu können“. Wie im Web 2.0 und im Cloud Computing entstünde dann auch hier eine asymmetrische Transparenz, bei der der Strombezieher sein Nutzungsverhalten in Form von „hoch aufgelösten Zählerdaten“ offenlegen muss, ohne selber Einblick in das Geschäftsgebaren der Betreiber der Marktplattformen, der Strombörsen und der Energiegroßanbieter zu erhalten.⁷²

Der Streit zwischen dem großwirtschaftlichen Energieversorgungsmodell „power to the global players“ und dem nahwirtschaftlichen Selbstversorgungsmodell „power to the people“ ist wie im informationellen Internet noch nicht entschieden. Der revitalisierte Pfadkonflikt zwischen der dezentralen Mengen- und der zentralistischen Größenskalierungsstrategie hat wie in früheren Jahrzehnten zu einer Transformationsblockade geführt. Städte, Kommunen und einige Bundesländer unterstützen im Interesse einer Regionalisierung der Wertschöpfungsketten die Initiativen zur Dezentralisierung der Versorgungsarchitektur. Die Sympathie der Bundespolitik, insbesondere die des traditionell eng mit den großen EVUs und den industriellen Großverbrauchern kooperierenden Wirtschaftsministeriums gehört dagegen mehr den großdimensionierten Konzepten, da diese vermeintlich schneller zum Ziel einer zu 100 % erneuerbaren Versorgung führen. Dem dient auch die Schaffung einer auf den integrierten Europäischen Strombinnenmarkt zuge-

⁷¹ Siehe hierzu vor allem Luppa/ Tiede 2010; Appelrath/ Kagermann 2012, S. 125 ff.

⁷² Luppa/ Tiede 2010, S. 65; Schneider 2009, S. 37 f.; Appelrath/ Kagermann 2012, S. 160 ff., 170, 172 ff.; Hellige 2012.

schnittenen, die großen EVUs und Konzerne begünstigenden Informationsarchitektur des künftigen „Smart grid“, über das regionale Energiehändler die dezentralen Erzeugungsmengen und Speicherkapazitäten zu Bündelprodukten aggregieren sollen, die dann über die Strombörsen dem Großhandelsmarkt zur Verfügung gestellt werden. Obwohl auch hierbei wieder die typischen Komplexitätsprobleme und Kostensteigerungen großtechnischer Projekte zu erwarten und bereits zu erkennen sind, werden die Risiken im Interesse der Erhaltung der großwirtschaftlichen Strukturen des Energiesystems bewusst in Kauf genommen. Und auch diesmal scheint der Pfadkonflikt zwischen dezentraler „crowd energy“ und zentralistischer „cloud energy“ nicht durch einen offenen Energiediskurs, sondern auf interessen- und machtpolitischer Ebene entschieden zu werden.

7. Folgerungen für die aktuelle Transformationsblockade

Die durch die Klimadebatte und Ressourcenengpässe angestoßene und durch den „definitiven“ Atomausstieg forcierte Transformation des deutschen Energiesystems zu einer überwiegend regenerativen Energieversorgung wird durch eine Reihe von strukturellen Verkrustungen und ökonomischen Eigendynamiken blockiert, die zu einem wesentlichen Teil auf Pfadabhängigkeiten und technologischen Schließungen der Vergangenheit zurückzuführen sind. Die Überwindung der Transformationsblockade kann deshalb m.E. nur gelingen, wenn die historischen Vorbelastungen und Strukturverwerfungen erkannt und aufgearbeitet werden. Dazu gehören vor allem ein Umbau der sozialen Architektur der Energieversorgung, die Aufhebung der vielfältigen sektoralen Brüche im Energiesystem und eine Umstellung der Systemregelung sowie ein Wandel des rechtlichen Regulierungssystems und der Energiepolitik.

Die im Laufe des letzten Jahrhunderts entstandene soziale Architektur des Energiesystems beruht wesentlich auf der Ausbeutung der hohen Energiedichte fossiler und atomarer Energieträger, der Dominanz zentraler Großaggregate und der Systemführung der Großversorger. Sie eignet sich damit nur schlecht für die dezentrale Nutzungsweisen erfordernde geringe Leistungsdichte der Erneuerbaren. Die Bemühungen zur Behebung dieser Inkompatibilität zielen deshalb auf eine großtechnische Bündelung von Wind- und Solaranlagen und zu regenerativen Fernversorgungssystemen, doch diese sind mit hohen technischen und wegen der Fixkostenintensität auch wirtschaftlichen Risiken behaftet. Die Rückkehr von der zentralistischen Größen- zur dezentralen Mengenskalierungsstrategie und der Übergang zu dezentralen Organisationsstrukturen erscheint deshalb unumgänglich. Nur durch die Überwindung des strukturellen Zusammenhangs von Energie- und Kapitalkonzentration können auch die in den Erneuerbaren enthaltenen Potenziale einer wieder stärker dezentralen Wertschöpfung voll genutzt werden.

Die im Interesse einer umfassenden Dekarbonisierung dringend gebotene optimierte Energieverwendung durch Nutzungskaskaden und Prozesskopplungen wird nicht nur durch die Stromlastigkeit und Großversorgungsmentalität des dominierenden Pfadkonzeptes behindert, sondern vor allem durch die mehrfachen sektoralen Spaltungen im deutschen Energiesystem. So muss für eine

rationellere Energienutzung mithilfe von Power-to-Heat und Power-to-Gas-Konzepten vor allem die für das deutsche Energiesystem konstitutive Versäulung des Energiemarktes in separate Elektrizitäts-, Gas-, Mineralölmärkte mit jeweils eigenen Großnetz-Infrastrukturen durchbrochen werden, die auch wesentlich für die weitgehende gegenseitige Abschottung von Strom-, Wärme- und Verkehrsenergiemarkt verantwortlich ist. Angesichts der extrem hohen Kosten von großvolumigen Langzeitspeichern für die bei der Wind- und Sonnenenergie anfallenden Stromüberschüsse drängen sich die Kombination von Strom- und Wärme-/ Kälte-Produktion und die Zusammenarbeit unterschiedlicher Energieträger als Alternativen geradezu auf. Die lokale und regionale integrierte Energieversorgung wird schließlich durch die historisch entstandene Aufspaltung in den öffentlichen und industriellen Energiesektor sowie durch die unter betriebswirtschaftlichem Kalkül von den EVUs durchgesetzte Zurückdrängung der industriellen KWK wesentlich beeinträchtigt. Da die weitere energiepolitische Privilegierung der Industrie und von Teilen der Wirtschaft auf Kosten der Haushalte und Kleinverbraucher gesellschaftspolitisch nicht länger tragfähig ist, wird sich die Industrie als größte Verbrauchsgruppe künftig wieder aktiver an der Eigenversorgung beteiligen müssen. Sie kann dabei, wie es viele historische und aktuelle Beispiele im In- und Ausland bewiesen haben, eine wichtige Rolle bei der vollen Ausschöpfung des Erneuerbaren-Energieangebotes durch „Industrielle Symbiosen“, kombinierte Prozess-/ Fernwärmesysteme und Hybridheizungskonzepte spielen.

Die Dezentralisierung bedingt auch eine Neuordnung der bisherigen im Verbund der vier großen Regelzonen top-down organisierten Systemregelung des Elektrizitätsnetzes. Die durch die vermehrte Bidirektionalität der Energieflüsse und Volatilität der erneuerbaren Energien komplexer gewordene Sicherstellung der Systemdienstleistungen ist langfristig nur durch zusätzliche dezentral organisierte Selbststeuerungsmechanismen zu bewältigen. Die Netzregelung im „Internet der Energien“ muss von *unten* neu aufgebaut werden, soll sie nicht einem hochriskanten hyperkomplexen Energiedaten-Infrastrukturnetz anvertraut werden, das alle Energie- und Informationsflüsse und Geschäftsprozesse als Bestandteil des „global vernetzten Internet der Dinge, Daten und Dienste“ organisiert.⁷³ Dabei wächst den lokalen Energiesystemen die Aufgabe zu, die Netzlast durch internen Austausch, lokale elektrische und thermische Speicherung, KWK- und Hybridsysteme soweit wie möglich *intern* zu regeln und für den erforderlichen Zusatzbedarf

⁷³ Appelrath/ Kagermann 2012, S. 10.

sich direkt oder indirekt an einer rentablen Bereitstellung von Residuallast zu beteiligen. Die nach wie vor für den Energieausgleich und die Sicherung der Systemdienstleistungen erforderliche Zentralebene sollte dabei idealerweise langfristig als gemeinsame Ressource der Dezentrale fungieren und nicht wie bisher die soziale Architektur des Energiesystems dominieren.

Die Governance in der deutschen Elektrizitätswirtschaft leidet seit jeher unter der Aufteilung der Zuständigkeiten für den Energiesektor auf konkurrierende *politische* Regelzonen. Zu dem historischen Dauerkonflikt von Reich/Bund, Ländern und Kommunen kommt seit den 90er Jahren der Gegensatz zwischen dem traditionell zuständigen Wirtschaftsministerium als Hauptstütze des großwirtschaftlichen fossilen und atomaren Energieregimes und dem teils engagiert, teils halbherzig dezentrale Erneuerbaren-Strukturen fördernden Umweltministerium. Dies hat seit 2000 zu einem nicht kompatiblen rechtlichen Regelungsinstrumentarium geführt, denn aus dem Kompromiss zwischen sozialdemokratischer Energiemonopolpolitik und grüner Anti-Atom- und Erneuerbaren-Politik ergaben sich die konfligierenden Gesetzesregelungen des EnWG und des EEG. Vertreter der alten Strukturen wollen deshalb das EEG „marktwirtschaftlich“ in das EWG integrieren, d.h. die Erneuerbaren deckeln und nur nach Bedarf zuschalten, um sich eine rentable Grundlast und die Systemführung zu erhalten. Als strategischer Ansatzpunkt dient dabei vorrangig der Wechsel vom Förderkonzept zum Quotenmodell, da letzteres, obwohl in mehreren Ländern gescheitert, am besten die Wiederherstellung der vollen Souveränität der Energiekonzerne verspricht. Dagegen bemühen sich die Vertreter der neuen Strukturen, allerdings bisher vergeblich, um eine Anpassung des neoliberalen EnWG an den ökologischen Geist des EEG. Dieser den energiewirtschaftlichen Strukturwandel lähmende Governance-Konflikt *EE-Konformität der Marktstrukturen contra Marktkonformität der EE-Stromerzeugung* ließe sich aber nur durch eine konsequent dem Klimaziel und der Ressourcenschonung verpflichtete Energiepolitik überwinden.⁷⁴

Dazu bedürfte es seitens der Politik eines ausgewogenen Masterplans für die Energiewende und einer den Prozess steuernden neutralen Vermittlungsinstanz, die nicht vorab für die Großversorger Partei ergreift, sondern für eine Austarierung der lokalen Produktion und Speicherung mit dem überregionalen Energie-

⁷⁴ Vgl. zum Recht der Energiewende auch den Beitrag von Schlacke/ Kröger sowie ausdrücklich für die Einrichtung eines Energieministeriums den Beitrag von Kemfert in diesem Band.

ausgleich sorgt. Sie dürfte nicht durch eine gezielte Standortdifferenzierung bei den erneuerbaren Energien, das Vorziehen eines überdimensionierten Stromautobahnnetzausbaus und die Förderung eines massiven Ausbaus neuer Kohlekraftwerke wie bisher dem stromwirtschaftlichen Großverbund Vorrang vor dem dezentralen integrierten Energieverbund verschaffen. Dabei wäre es vordringlich, die noch immer ungebrochene Angebotspolitik im Energiebereich endlich durch neue, den *absoluten* Verbrauch senkende Energiedienstleistungsmodelle abzulösen. Schließlich müsste das staatliche Energieregime darauf hin wirken, die bisherige Großanbieter-genehme *Energie-Teilsektoren*politik zu einer wirklichen *Energiepolitik* umzugestalten. Dazu wäre eine zielführende Koordination der Multiakteurskonstellation erforderlich, d.h. ein wirkliches Transition-Management statt des bislang vorherrschenden Transition-Mismanagements, das im Interesse der Industrieförderung die Lasten und Risiken der Energiewende und selbst noch die Kosten des verschleppten Netzausbaus und des Managementversagens einseitig auf Privat- und Kleinverbraucher abwälzt und so das gesellschaftliche Großprojekt des Aufbaus einer nachhaltigen Energieversorgung gegen die Wand zu fahren droht. Doch Macht und Strukturkonservatismus der EVUs und Opportunismus der Politik werden wohl auch diesmal wieder einen Sieg des stromlastigen zentralistischen Energiepfades bewirken und so das Ziel einer klimagerechten Energieversorgung der Systemdynamik großskaliger Energiekapitalströme unterordnen.

8. Literatur

- Adam, R./ Einhellig, L./ Herzig, A. (2012): Energiewirtschaft in der Energiewende: Können bestehende Geschäftsmodelle überleben? *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 62, 9, S. 8 ff.
- Appelrath, H.-J./ Kagermann, H./ Mayer, C. (2012): Future Energy Grid. Migrationspfade ins Internet der Energie, acatech-Studie, Februar 2012.
- BDI (Hg.) (2010): Internet der Energie: IKT für Energiemärkte der Zukunft. Die Energiewirtschaft auf dem Weg ins Internetzeitalter, BDI initiativ 1.1.2010.
- Becker, P. (2010): Aufstieg und Krise der deutschen Stromkonzerne, Bochum.
- Beckmann, H. (1914): Die Bedeutung der Elektromobile für den Stromabsatz der Elektrizitätswerke, *Elektrotechnische Zeitschrift*, 35, 46, S. 1053 ff.; 47, 1066.
- Bruche, G. (1977): Elektrizitätsversorgung und Staatsfunktion, Frankfurt a. M.
- Faridi, A (2004): Der regulierende Eingriff des Energiewirtschaftsgesetzes in den Wettbewerb zwischen öffentlicher und industrieller Stromerzeugung in den 30er Jahren, *Zeitschrift für Unternehmensgeschichte*, S. 173 ff.
- Fenn, B./ Metz, D. (2012): Smart Grids 2020 – eine Vision der Chancen und Risiken für Verteilnetze, *Jahrbuch Anlagentechnik für elektrische Verteilungsnetze*, S. 1 ff.
- Fischer, R. (1941): Großraum-Verbundwirtschaft, *Zeitschrift des VDI*, S. 711 ff.
- Gilson, N. (1994): Konzepte von Elektrizitätsversorgung und Elektrizitätswirtschaft, Stuttgart.
- Gröner, H. (1975): Die Ordnung der deutschen Elektrizitätswirtschaft, Baden-Baden.
- He, M. M./ Reutzel, E. M./ Jiang, X./ Katz, R. u.a. (2008): An Architecture for Local Energy Generation, Distribution, and Sharing, *IEEE Energy, Proceedings of the IEEE Energy 2030 Conference*, November 2008.
- Heesemann, S. (1959): Die Charakteristik der Reichssammelschiene. Geschichte, Aufbau und Funktion, Ing. Diss. Berlin 1959 (Neufassung der Diss. von 1942).
- Hellige, H. D. (1984): Die gesellschaftlichen und historischen Grundlagen der Technikgestaltung als Gegenstand der Ingenieurausbildung, *Technikgeschichte*, S. 276 ff.
- Hellige, H. D. (1985): Die Größensteigerung von Elektrizitätsversorgungssystemen, *Lehren & Lernen, Berufsfeld Elektrotechnik*, H. 6, S. 111 ff.
- Hellige, H. D. (1986): Entstehungsbedingungen und energietechnische Langzeitwirkungen des Energiewirtschaftsgesetzes von 1935, *Technikgeschichte*, S. 123 ff.
- Hellige, H. D. (2003): Dauerhaftes Wirtschaften contra Wirtschaftsliberalismus: Die Entstehung von Rathenaus Wirtschaftsethik, in: Hense, K.-H./ Sabrow, M. (Hg.), *Leitbild oder Erinnerungsort? Neue Beiträge zu Walther Rathenau*, Berlin, S. 85 ff.
- Hellige, H. D. (2008): Die Geschichte des Internet als Lernprozeß, in: Kreowski, H.-J. (Hg.), *Informatik und Gesellschaft*, Münster, S. 121 ff.

- Hellige, H. D. (2009): Skalenökonomische Mengeneffekte der Informationstechnik und ihr Einfluss auf den Ressourcenverbrauch, in: Weller, I. (Hg.), *Systems of Provision & Industrial Ecology*: artec-Paper 162, S. 135 ff.
- Hellige, H. D. (2012): Cloud oder Crowd im Internet der Informationen und der Energien?, artec-Paper 182.
- Hennicke, P./ Johnson, J./ Kohler, S./ Seifried, D. (1985): *Die Energiewende ist möglich*, Frankfurt.
- Heymann, M. (1995): *Die Geschichte der Windenergienutzung 1890-1990*, Frankfurt a. M, New York.
- Hörner, G. (1979): *Möglichkeiten und Grenzen der Kraft-Wärme-Kopplung*, VDI-Berichte Nr. 338, S. 61 ff.
- Holtmeier, G. (2011): *Stadtwerke: Neue Marktfaktoren – neue Chancen*, *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 61, 7, S. 20 ff.
- Hughes, T. P. (1983): *Networks of Power. Electrification in Western Society 1880-1930*, Baltimore.
- Jarass, L./ Obermair, G. M. (2012): *Welchen Netzbau erfordert die Energiewende?*, München.
- Katz, R./ Culler, D. E. u.a. (2011): *An Information-Centric Energy Infrastructure, Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 1, S. 7.
- Kehrberg, J. O. C. (1997): *Die Entwicklung des Elektrizitätsrechts in Deutschland*, Frankfurt a. M.
- Keshav, S./ Rosenberg, C. (2011): *How Internet Concepts and Technologies Can Help Green and Smarten the Electrical Grid*, *Computer Communication Review*, S. 109 ff.
- Krause, F./ Bossel, H./ Müller-Reißmann, K. F. (1980): *Energiewende. Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran*, Frankfurt a. M.
- Künsberg, A. v. (2012): *Vom „Heiligen Geist der Elektrizitätswirtschaft“*, Berlin.
- Laaser, E. (1925): *Der Sinn der Wärmewirtschaft*, *Archiv für Wärmewirtschaft*, S. 261 ff.
- Luppa, K./ Tiede, I. (2010): *IKT als Basis für Smart Metering und das Internet der Energie*, in: Köhler-Schulte, C. (Hg.), *Informations- und Kommunikationstechnologie in der Energiewirtschaft*, Berlin, S. 65 ff.
- Marguerre, F. (1951): *Verbrauchsorientierte Elektrizitätswirtschaft, Elektrizitätswirtschaft*, 12, S. 345 ff.
- Matthes, F. C. (2011): *Energiewende in Deutschland – Der Weg in die Umsetzung*, *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 61, 9, S. 2-5.
- Mautz, R./ Byzio, A./ Rosenbaum, W. (2008): *Auf dem Weg zur Energiewende*, Göttingen
- Menge, A. (1942): *Die Reichssammelschiene (R.S.S.)*, [Typoskript vom 26.4.1942, Bibliothek des Deutschen Museums München].

- Morgenroth, W./ Ludwig, B. (1927): Gasindustrie, Handwörterbuch der Staatswissenschaften, 4. Aufl., Bd. IV, S. 573 ff.
- Ott, H. (Hg.) (1986): Statistik der öffentlichen Elektrizitätsversorgung Deutschlands 1890-1913, St. Katharinen.
- Prinz, W. (1982): Das Flensburger Modell, in: Hatzfeld, H. u.a. (Hg.), Kohle. Konzepte einer umweltfreundlichen Nutzung, Frankfurt a. M., S. 155 ff.
- Radkau, J. (1989a): Aufstieg und Krise der deutschen Atomwirtschaft 1945-1975, Reinbek.
- Radkau, J. (1989b): Technik in Deutschland, Frankfurt a. M.
- Rifkin, J. (2002): The Hydrogen Economy: The Creation of the Worldwide Energy Web and the Redistribution of Power on Earth, New York.
- Schulz, E. (1933): Ungelöste Aufgaben der öffentlichen Energiewirtschaft, Archiv für Wärmewirtschaft, S. 113 ff.
- Schulz, E. (1936): Staat und Energiewirtschaft, Archiv für Wärmewirtschaft, S. 1 ff.
- Specht H. (1983): Eigenerzeugung elektrischer Energie. Probleme beim Fremdbezug, Elektrotechnische Zeitschrift, 104, 13, S. 652 ff.
- Steiner, H. (1953): Tendenzen der Stromverbrauchsentwicklung, Elektrizitätswirtschaft, 11, S. 283 ff.
- Stier, B. (1999): Staat und Strom, Ubstadt-Weiher.
- Todd, E. N. (1984): Technology and interest group politics: Electrification of the Ruhr, 1886-1930, Diss., University of Pennsylvania.
- Traube, K./ Ullrich, O. (1982): Billiger Atomstrom?, Reinbek.
- Wissell, R. (1919): Praktische Wirtschaftspolitik, Berlin.
- Zängl, W. (1989): Deutschlands Strom: Die Politik der Elektrifizierung von 1866 bis heute, Frankfurt a. M.