



# FALLSTUDIE

## Wärmenetze in Dänemark

Fallstudie im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy

Valentin Tappeser, Carina Fromm (adelphi)

Stand: April 2017

### Projektleitung

#### **adelphi research gemeinnützige GmbH**

Alt-Moabit 91  
14193 Berlin

T +49 (0)30-89 000 68-0  
F +49 (0)30-89 000 68-10

[www.adelphi.de](http://www.adelphi.de)  
[office@adelphi.de](mailto:office@adelphi.de)

### Projektpartner

#### **Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gemeinnützige GmbH**

Clayallee 323  
14169 Berlin

T: +49 (0)30 - 306 45 1000

[www.borderstep.de](http://www.borderstep.de)  
[info@borderstep.de](mailto:info@borderstep.de)

#### **IZT - Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gemeinnützige GmbH**

Schopenhauerstr. 26  
14129 Berlin

T: +49 (0) 30 80 30 88-0

[www.izt.de](http://www.izt.de)  
[info@izt.de](mailto:info@izt.de)

**Abbildung Titel: Bill Ebbensen – CC by Attribution 3.0**

**evolution2green wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.**



## Die Fallstudie im Überblick

| Steckbrief   |  |
|--|--|
| <b>Titel der Fallstudie</b>  | <b>Wärmenetze in Dänemark</b>  |
| <b>Kurzbeschreibung</b>  | Seit den 1970er Jahren wurde das dänische Fernwärmesystem kontinuierlich ausgebaut und versorgt heute ca. 60 % der Gebäude. Dezentrale Strukturen, Kraft-Wärme-Kopplung und zunehmend auch die Nutzung erneuerbarer Wärmequellen sind wesentliche Aspekte des Systems. |
| <b>Thematische Eignung</b>   | Die Transformation des dänischen Wärmesystems gilt als Vorzeigebispiel für die erfolgreiche Etablierung einer hocheffizienten, und zunehmend auch aus erneuerbaren Energien gespeisten Wärmeversorgung.  |
| <b>Geografische Bezugsebene</b>  | National<br>Dänemark   |
| <b>Umsetzungs- bzw. Diffusionsstadium</b>                              | Stabilisierungsphase   |
| <b>Geschwindigkeit</b>   | Mittel bis langsam<br>Heute dominantes Heizsystem, breite gesellschaftliche Unterstützung  |
| <b>Transformationsstrategie</b><br>(Effizienz, Konsistenz, Suffizienz) | Effizienz / Konsistenz   |
| <b>Wichtigste Erfolgsfaktoren</b>                                      | Kommunale Verantwortung und genossenschaftlich Strukturen<br>Langfristige, investitionsfreundliche Rahmenbedingungen durch Subventionen, Preisdeckelung und Infrastrukturförderung<br>Hohe Besteuerung fossiler Brennstoffe  |
| <b>Relevanteste Pfadabhängigkeiten und Hindernisse</b>                 | In den 1960er und 1970er Jahren bestand eine politische Präferenz für nukleare Energie, die jedoch schon 1979 weitestgehend überwunden wurde, ohne dass die Technologie zur Anwendung kann.  |

# Inhaltsverzeichnis

|   |            |
|---|------------|
| <b>Die Fallstudie im Überblick</b>  | <b>II</b>  |
| <b>Inhaltsverzeichnis</b>   | <b>III</b> |
| <b>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis</b>  | <b>IV</b>  |
| <b>Abkürzungsverzeichnis</b>  | <b>IV</b>  |
| <b>1 Ziel und Methodik</b>  | <b>5</b>   |
| <b>2 Auswahl der Fallstudie</b>   | <b>6</b>   |
| <b>3 Wärmenetze in Dänemark</b>   | <b>7</b>   |
| 3.1 Hintergrund und Rahmenbedingungen   | 7          |
| 3.2 Wesentliche Entwicklungen und Meilensteine  | 7          |
| 3.2.1 Aufbau des Fernwärmesystems und zunehmende Abhängigkeit von Erdöl (1903 bis 1973) | 7          |
| 3.2.2 Energiekrisen und Expansion (1973 – 1990)   | 8          |
| 3.2.3 Umbau, Konsolidierung und Liberalisierung (1990 – 2006)                           | 9          |
| 3.2.4 Neue Horizonte (2006 – 2017)  | 9          |
| 3.3 Erfolgsfaktoren im Transformationsprozess   | 10         |
| 3.3.1 Veränderungsidee und Lösungsvorschläge  | 10         |
| 3.3.2 Transformationsprozess  | 11         |
| 3.3.3 Akteure und ihre Qualifikationen  | 12         |
| 3.3.4 Zeitaspekte   | 14         |
| 3.4 Tabellarische Zusammenfassung   | 15         |
| <b>4 Relevanz für die Transformation zu einer Green Economy in Deutschland</b>          | <b>19</b>  |
| <b>Literaturverzeichnis</b>   | <b>20</b>  |

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Beispielgrafik

Fehler! Textmarke nicht definiert.

Tabelle 1: Beispieltabelle

Fehler! Textmarke nicht definiert.

## Abkürzungsverzeichnis

|              |   |
|--------------|---|
| <b>DBDH</b>  | Dänischer Fernwärmeausschuss (Danish Board of District Heating)                             |
| <b>DEA</b>   | Dänische Energieagentur (Danish Energy Agency)  |
| <b>DEF</b>   | Danish Electric Utility Association   |
| <b>EPC</b>   | Energy Policy Committee   |
| <b>E2G</b>   | Evolution2Green   |
| <b>IRENA</b> | Internationale Agentur für Erneuerbare Energien (International Renewable Energy Agency)     |
| <b>KWKs</b>  | Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen  |
| <b>MoC</b>   | Models of Change  |
| <b>OOA</b>   | Organisation für Information über Kernergie (Organization for Information on Nuclear Power) |
| <b>OVE</b>   | Dänische Organisation für erneuerbare Energien (Danish Organization for Renewable Energy)   |
| <b>SDP</b>   | Sozialdemokratische Partei Dänemark (Social Democratic Party)                               |

## 1 Ziel und Methodik

Das Projekt Evolution2Green wird von adelphi gemeinsam mit dem Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung und dem Borderstep Institut durchgeführt. Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung thematisiert das Vorhaben Transformationspfade hin zu einer Green Economy und die Gestaltung von Pfadwechseln.

Im dritten Arbeitspaket des Projektes erfolgt die Erstellung von 20 bis 25 Fallstudien erfolgreicher, bzw. potentiell erfolgreicher Transformationsprozesse. Zentrale Zielstellung ist die Identifikation von Erfolgsfaktoren für eine Transformation zu einer Green Economy und die Herausarbeitung lösungsorientierter Handlungs- und Steuerungsansätze. Betrachtet werden Beispiele in den Transformationsfeldern Mobilität, Wärmeenergie und Rohstoffe, sowie übergreifende Fälle von besonderer Relevanz<sup>1</sup>. Die Erstellung und Analyse der Fallstudien erfolgt nach dem Models of Change (MoC) Ansatz (Kristof 2010), der im Rahmen des ersten Arbeitspakets dieses Vorhabens projektspezifisch operationalisiert und um Perspektiven aus der Politik- und Wirtschaftswissenschaft, mit besonderem Fokus auf die Multilevel Perspektive (Geels 2002, 2011; Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) 2011) erweitert wurde (Kahlenborn, Tappeser und Chichowitz 2016).

Basis der Fallstudien sind neben Vorarbeiten der drei Institute in den jeweiligen Feldern umfangreiche Analysen der Literatur und der verfügbaren Internetquellen. In einzelnen Fällen erweitern Experteninterviews die Datengrundlage.

Primäres Ergebnis je Transformationsbeispiel ist eine Beschreibung der zentralen Erfolgsfaktoren entlang der MoC-spezifischen Analysekategorien Akteure und ihre Qualifikationen (1), Veränderungsidee und Lösungsvorschläge (2), Zeitaspekte (3) und Veränderungsprozesse (4) vor dem Hintergrund fallspezifischer Landschaftsmerkmale und Rahmenbedingungen, wobei nur die relevantesten Faktoren im Text behandelt werden.

Das vorliegende Papier stellt die Fallstudie „Wärmenetze in Dänemark“ vor. Kapitel 2 Erläutert dabei zunächst die Auswahl der Fallstudie anhand definierter Kriterien. Kapitel 3 beinhaltet die eigentliche Studie, aufgegliedert in einen, insbesondere auf Rahmenbedingungen und Landschaftseigenschaften eingehende Abschnitt (3.1), Erfolgsfaktoren im Transformationsprozess (Abschnitt 3.2)<sup>2</sup> und eine tabellarische Zusammenfassung (Abschnitt 3.3). Kapitel 4 nimmt eine Bewertung der Relevanz des Falls für die Transformation hin zu einer Green Economy in Deutschland vor.

<sup>1</sup> Die Auswahl der Fallstudien erfolgte anhand von Auswahlkriterien, die in einem separaten Operationalisierungspapier entwickelt wurden. Sie umfassen unter anderem: Praktikabilität, Thematische Eignung, Diversifizierung, disruptiver Prozess, Erfolg im Lock-out des alten Pfades, Relevanz im deutschen Kontext, Veränderung des Regimes, Nachvollziehbarkeit der Akteurs- Konstellationen, Komplexität und Breitenwirksamkeit

<sup>2</sup> Aus Gründen der Leserlichkeit erfolgt die Darstellung in einer vom Analyseansatz abweichenden Reihenfolge. So wird zunächst auf Erfolgsfaktoren in Bezug auf Veränderungsidee und Lösungsvorschläge, danach auf Merkmale des Transformationsprozesses (im MoC-Ansatz Veränderungsprozesse) und schließlich auf Akteure und ihre Qualifikationen sowie Zeitaspekte eingegangen.

## 2 Auswahl der Fallstudie

In der vorliegenden Fallstudie wird die Transformation des Wärmesystems in Dänemark analysiert. Ausgehend von einer, mit der damaligen Situation in Deutschland vergleichbaren - größtenteils auf fossilen Energieträgern basierenden - gebäudeindividuellen Wärmeversorgung mit ersten Fernwärmenetzen in den Großstädten entwickelte sich Dänemark zwischen 1950 und heute zu einem internationalen Vorreiter bei der Integration von Fernwärme und erneuerbaren Energien in das Energie- und Wärmesystem. Waren 1950 weniger als 10 % der Haushalte an ein Wärmenetz angeschlossen, werden inzwischen 63 % der Haushalte in Dänemark mit Fernwärme versorgt – über 40 % davon aus regenerativen Energiequellen (Danish Energy Agency (DEA) 2015). Wesentliche Meilensteine des Prozesses sind der Ausbau des Netzes nach der Ölkrise in den 1970er Jahren, die Umstrukturierung in den 1990er Jahren, sowie die zunehmende Integration und Förderung solar gewonnener Wärme ab 2006 (Danish Board of District Heating (DBDH) und DEA o.J.). Dabei standen zunächst Energieeffizienz und Versorgungssicherheit im Vordergrund. Später kam die Umstellung auf regenerative Energieträger und die stärkere Verzahnung des Wärme und des Stromsystems mit hohem Anteil fluktuierender Windenergie hinzu. Das Beispiel folgt somit sowohl einer Effizienz- als auch zunehmend einer Konsistenzstrategie (Behrendt, Göll und Korte 2016).

Als schon recht weit fortgeschrittener und gut dokumentierter Prozess in einem europäischen Nachbarland trägt das Beispiel zur Diversifizierung der ausgewählten Fallbeispiele bei, die sich vielfach noch in früheren Phasen befinden. Die Komplexität und die Größe des betrachteten Systems sowie die strukturelle Tiefe des Transformationsprozesses versprechen hohes Lernpotential in Bezug auf Erfolgsfaktoren von Transformationsprozessen in sozio-technischen Systemen im Allgemeinen und eine Wende hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung im Spezifischen. Die fast vollständige Verdrängung von gebäudeindividuellen Ölheizungen in diesem Beispiel lässt einen erfolgreichen Lock-Out alter Pfade erkennen. Gleichzeitig lässt sich nachzeichnen, wie sich sowohl soziale Innovationen und Organisationsmodelle, als auch spezifische Technologien aus einer Nische heraus in das Regime bewegt haben.

Diese Gegebenheiten sprechen für eine detaillierte Analyse der Entwicklung des dänischen Fernwärmesystems, um beispielhaft wichtige Rahmenbedingungen und Faktoren für eine erfolgreiche Transformation hin zu einer Green Economy herauszuarbeiten.

---

## 3 Wärmenetze in Dänemark

---

### 3.1 Hintergrund und Rahmenbedingungen

---

Die Energie- und Wärmeversorgung in Dänemark litt lange unter der Problematik, dass das Land kaum über eigene Energiequellen wie Kohle, Öl oder Gas verfügte, sodass schon im 19. Jahrhundert die Forschung zu alternativen und erneuerbaren Energiequellen (insb. Wind) vorangetrieben wurde. Versorgungsengpässe während der beiden Weltkriege prägten die Wahrnehmung einer gefährlichen Abhängigkeit von Importen, was dazu führte, dass Diskussionen um die Energie- und Wärmeversorgung immer auch einen starken Fokus auf Versorgungssicherheit hatten, was sich insbesondere während der Ölkrisen in den 1970er Jahren verdeutlichte (Eikeland und Inderberg 2016).

Eine weitere wichtige Rahmenbedingung besteht in den Spezifika des politischen Systems in Dänemark. Eine lange Tradition von Minderheitsregierungen erforderte schon seit Mitte des 19. Jahrhunderts die Aushandlung von Kompromissen mit der politischen Opposition, was ein sehr konsensorientiertes politisches System zur Folge hatte (Chittum und Østergaard 2014). Gleichzeitig spielen dezentrale, ursprünglich bäuerliche Strukturen seit Anfang der konstitutionellen Monarchie eine wichtige Rolle im politischen System. Eine Vielzahl öffentlicher Güter, darunter auch erste Stromnetze, wurde lange von aus der Bauernbewegung entstandenen Genossenschaften bereitgestellt, was sich bis heute in der kleinteiligen Struktur der Energieversorger und (Wärme-)Netzbetreiber widerspiegelt, die oftmals noch genossenschaftlich organisiert und in gemeinsamen Besitz von Bürgern und Kommunen sind (ebd.).

Auf die Bauernbewegung zurückzuführen ist auch die traditionell sehr aktive Zivilgesellschaft in Dänemark, die sich mehrfach verstärkt in die energiepolitische Diskussion eingemischt hat.

Die Rahmenbedingungen innerhalb derer sich das dänische Wärmesystem entwickelt hat sind somit nicht direkt mit der deutschen Situation vergleichbar, wo die Versorgungsstruktur zentralisierter und die Gasnetze wesentlich besser ausgebaut sind als in Dänemark vor 60 Jahren.

---

### 3.2 Wesentliche Entwicklungen und Meilensteine

---

Der Aufbau und die Transformation des dänischen (Fern-)Wärmesystems lässt sich grob in vier Phasen einteilen, die im Folgenden kurz skizziert werden.

#### 3.2.1 Aufbau des Fernwärmesystems und zunehmende Abhängigkeit von Erdöl (1903 bis 1973)

Obwohl die Marktdurchdringung bis in die 1960er Jahre hinein gerade außerhalb der großen Städte noch recht gering war, haben Wärmenetze in Dänemark eine lange Tradition. Schon 1903 wurde das erste Wärmenetz zur Nutzung der Wärmeenergie einer Müllverbrennungsanlage in Kopenhagen aufgebaut. In den darauffolgenden Jahrzehnten entwickelten sich in den großen Städten zahlreiche Systeme, die größtenteils durch Abwärme aus der Stromproduktion in kleinen, durch die Gemeinden oder lokale Genossenschaften betriebenen, Diesel-Blockheizkraftwerken (Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen; KWKs) gespeist wurden und in der Regel als gemeinnützige Unternehmungen ohne Gewinnmargen operierten (Danish Energy Authority 2005).



Während des zweiten Weltkriegs wurden Kraftstoffengpässe auch durch den Zubau von Kohle- und Holzboilern überbrückt, die nach Ende des Krieges als Überschusskapazität Anlass für einen weiteren Ausbau des Fernwärmenetzes gaben (DBDH o.J.). Nach dem Krieg wurden kleinere KWKs zunehmend durch größere Kraftwerke als Stromquelle ersetzt, was zu einer zunehmenden Entflechtung des Strom- und Wärmesystems führte. Während sowohl im Strom- als auch im Wärmemarkt deutliche Zentralisierungstendenzen zu beobachten waren (zwischen 1940 und 1970 ist die Anzahl der Kraftwerke von über 400 auf 20 zurückgegangen) blieb die kleinteilige Struktur aus kommunalen und genossenschaftlichen Versorgern jedoch weitestgehend erhalten (Eikeland und Inderberg 2015).<sup>3</sup> Nicht zuletzt aufgrund der Tradition genossenschaftlicher Energiegewinnung, insbesondere aber wegen der Möglichkeit, kostengünstiges Schweröl als Energiequelle zu verwenden, wurden bis Anfang der 1970er Jahre in über 200 Städten und Ortschaften Fernwärmenetze installiert, die ca. 20 % der Gebäude in Dänemark mit Wärme versorgten.<sup>4</sup> Gleichzeitig stieg jedoch auch der Energieverbrauch und die Abhängigkeit von Erdöl rapide an. Während Kohle 1950 noch den Hauptenergieträger darstellte, betrug der Anteil von Öl am nationalen Energieverbrauch 1972 über 90 % (DEA 2010; DBDH, DEA und State of Green 2015).

### 3.2.2 Energiekrisen und Expansion (1973 – 1990)

Da Dänemark bis Anfang der 1970er Jahre kaum über eigene Öl- oder Gasquellen verfügte, war das Land nahezu vollständig von Importen abhängig, als zahlreiche OPEC-Mitglieder<sup>5</sup> 1973 mit der Drosselung der Fördermenge die erste Ölkrise auslösten. In der Folge wurde, ähnlich wie in anderen Industriestaaten, die nationalstaatliche Steuerung der Energieversorgung erheblich ausgebaut. Zur Sicherung der Versorgung legte die damalige Regierung mit Unterstützung der großen Energieversorger 1976 den ersten dänischen Energieplan vor, der auf zentrale Versorgungsstrukturen, sowie Kohle- und Kernenergie setzte, von weiten Teilen der Bevölkerung und vielen kleineren Energieversorgern und Netzbetreibern jedoch sehr kritisch bewertet wurde. Im selben Jahr entwickelte eine Gruppe renommierter Wissenschaftler, getragen von einer wachsenden, zivilgesellschaftlichen Antiatombewegung, einen alternativen Energieplan, der sich für eine dezentrale und langfristig auf erneuerbaren Energien basierende Energie- und Wärmeversorgung sowie den Ausbau von Wärmenetzen und kleinen KWKs aussprach (Eikeland und Inderberg 2015). In den Folgejahren, in Bezug auf Fernwärmenetze jedoch insbesondere mit dem im Zuge der zweiten Ölkrise verabschiedeten Wärmeversorgungsgesetz von 1979 und seinen Nachfolgern, schwenkte die staatliche Energiepolitik zunehmend auf diesen Kurs ein.

Zwischen 1979 und 1990 standen zwar weiterhin Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit im Vordergrund der dänischen Energiepolitik, die zur Reduktion der Abhängigkeit von Öl vor allem auf Kohleenergie setzte. Dezentrale Wärmenetze und erneuerbare Energien wurden jedoch an zahlreichen Stellen gefördert. Mit dem Wärmerversorgungsgesetz wurde zunächst ein umfassender Planungsprozess etabliert, in dem die Kommunen gemeinsam mit lokalen Energieversorgern und unter Aufsicht der Zentralregierung Gas- und Fernwärmazonen deklarierten, um die jeweils günstigste Versorgungsmöglichkeit zu gewährleisten und eine Versorgungsinfrastruktur für die anlaufende Erdgasförderung aus der Nordsee zu schaffen. Gleichzeitig wurde das bis dahin informell bestehende Gemeinnützigkeitsprinzip

<sup>3</sup> Größere Kraftwerke wurden zumeist in Verbundprojekten entwickelt und von mehreren Versorgungsunternehmen gemeinsam getragen.

<sup>4</sup> Gebäudeindividuelle Ölheizungen, die die bestehenden Kohleöfen nach dem zweiten Weltkrieg weitestgehend ablösten, waren auf wesentlich teureres, leichtes Heizöl angewiesen.

<sup>5</sup> Organisation ölexportierender Länder (hier insb. Algerien, Irak, Katar, Kuwait, Libyen, Saudi-Arabien und die Vereinigten Arabischen Emirate)

für die Wärmeversorgung gesetzlich verankert und dem im selben Jahr gegründeten Energieministerium weitreichende Befugnisse zur Regulierung des Wärmemarktes eingeräumt. Der zweite offizielle Energieplan von 1981 (Energiplan 81) beinhaltete weiterhin Szenarien für Nuklearenergie, sah aber auch dezentrale Versorgungsstrukturen und den Ausbau der Fernwärmenetze vor. Ein Jahr später wurde auf Basis des Wärmeversorgungsgesetzes eine Anschlusspflicht für Gebäudeeigentümer in den Gas- und Fernwärmezonen an das jeweilige Netz eingeführt. 1983 wurde ein zweiter, alternativer Energieplan veröffentlicht, der sich erneut für den Ausbau erneuerbarer Energien und dezentraler KWKs stark machte. 1986 traf das Energieministerium schließlich eine Abmachung mit den Energieunternehmen, die dazu verpflichtet wurden, kleine KWK-Anlagen mit einer Gesamtleistung von 450 MW zu installieren. In Kombination mit Steuern auf fossile Energieträger, Forschungsgeldern für erneuerbare Energien und Subventionen für den Aufbau von Wärmenetzen und KWKs konnte der Anteil von Fernwärme in Dänemark so zwischen 1973 und 1990 von ca. 20 auf etwa 40 % verdoppelt werden, während der Anteil von kombinierter Strom und Wärmeproduktion von 29 auf 55 % gesteigert wurde. Obwohl Kohle zu Ende der 1980er Jahre als Brennstoff dominierte, machten erneuerbare Energien (Biomasse) 1990 immerhin schon ca. 22 % der Energie in den Wärmenetzen aus (Mortensen und Overgaard 1992; DEA 2015).

### 3.2.3 Umbau, Konsolidierung und Liberalisierung (1990 – 2006)

Ende der 1980er Jahre wurden Umwelt- und Klimaschutz sowohl aufgrund der Entwicklungen auf internationaler Ebene, als auch mit der Übernahme des Umwelt- und des Energieministeriums durch die sozialliberale Partei (Radikale Venstre) 1988 zu einem immer wichtigeren Politikziel in Dänemark. Ein ganz wesentlicher Meilenstein war diesbezüglich der 1990 verabschiedete dritte Energieplan, Energi 2000, der auch Green Plan getauft wurde. Der Ausbau umweltverträglicher Energieträger, wozu sowohl erneuerbare, als auch Erdgas zählten, stand hierbei im Vordergrund. Gleichzeitig wurde das Wärmeversorgungsgesetz novelliert um den Ausbau dezentraler KWKs voranzutreiben. Es wurde ein neues, projektbasiertes Planungssystem etabliert, mit dem in drei Phasen zunächst große, kohle- und gasbetriebene Wärmekraftwerke zu gasbetriebenen KWKs umgewandelt wurden (1990-1994), um dann auch mittlere (1994-1996) und kleinere (1996-1998) Anlagen auf Gas, Stroh, Holz, oder andere Biomasse umzustellen. 1993 wurden die Energieversorger zudem im Rahmen eines Biomasseabkommens dazu verpflichtet, bis zum Jahr 2000 1,2 Mio. Tonnen Stroh und 0,2 Mio. Tonnen Holzhackschnitzel für die Wärmegewinnung zu nutzen (DEA 2015). 1996 folgte ein vierter Energieplan (Energi 21), der Ziele für das Energiesystem bis 2030 formulierte, nicht zuletzt auf Druck der EU-Kommission jedoch auch auf eine Liberalisierung des Energiesektors in Dänemark hinwirkte. Nach einem Regierungswechsel 2001 wurde die Deregulierung des Strommarktes weiter vorangetrieben und die Unterstützung für erneuerbare Energien zurückgefahren. Im Fernwärmenetz, dessen Wachstum nach 1996 deutlich abflachte, bis 2005 jedoch einen Marktanteil von 52 % erreichte, konnte der Anteil erneuerbarer Energien zwischen 1990 und 2005 trotzdem von ca. 22% auf 35 % gesteigert werden, während der Anteil von Kohle von 44 auf 22 % um ca. die Hälfte reduziert wurde. Der KWK-Anteil stieg im selben Zeitraum von 55 auf 82 % (Code 2 2014).

### 3.2.4 Neue Horizonte (2006 – 2017)

Die mit dem Regierungswechsel 2001 eingeläutete Phase der Deregulierung, die die Privatisierung öffentlicher Stromversorger ermöglichte und mit massiven Kürzungen von Mitteln für Forschung und Entwicklung einherging, führte zu erheblicher Kritik, auch von Seiten der Industrie. Ähnlich wie in den 1970er Jahren veröffentlichte der dänische Ingenieursverband IDA 2006 einen Energieplan 2030 als Alternative zur kaum existenten Energiestrategie der Regierung. Kurz darauf verkündete der damalige Ministerpräsident Fogh Rasmussen eine Kehrtwende in der Energiepolitik hin zu einer verstärkten Förderung erneuerbarer Energien,

die ab 2008 mit der Energievereinbarung 2008-2011 auch umgesetzt wurde. Aufgrund wachsender Bemühungen bei der Dämmung von Gebäuden kam der Fernwärmesektor durch den sinkenden Wärmeabsatz zunehmend unter Druck. Im selben Jahr finanzierte der Fernwärmeverband eine Studie mit dem Titel Wärmeplan Dänemark, die die Erfolge des Fernwärmesektors bei der Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen hervorhob und Szenarien für eine Halbierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes bis 2020 und einen nahezu klimaneutralen Wärmesektor bis 2050 bei gleichzeitiger Kosteneinsparung entwickelte. und sich nachhaltig in der dänischen Energiepolitik niederschlug (Eikeland und Inderberg 2015).

Im Rahmen von Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsprojekten wie dem vom dänischen Innovationsfonds geförderten Forschungszentrum zur „Fernwärme der vierten Generation“ (4DH) wird seitdem an Strategien gearbeitet, um das Fernwärmesystem weiter auszubauen und gleichzeitig die Anteile erneuerbarer Energieträger bei der Wärmeproduktion zu erhöhen. Im Vordergrund stehen hierbei die Absenkung der Zu- und Ablauftemperaturen, bzw. die Umstellung auf „kalte“ Netze um Transportverluste zu verringern sowie Solar- und Geothermie besser in die Systeme integrieren zu können, aber auch der Ausbau saisonaler Speicher und die Nutzung von Wärmepumpen, um den Strom- und Wärmemarkt vor dem Hintergrund sinkender Wärmeproduktion aus fossil betriebenen KWKs und einem höheren Anteil von Windenergie besser miteinander zu verknüpfen. Gleichzeitig wurde der Anteil von Biomasse an der Wärme- und Stromproduktion kontinuierlich erhöht. Zwischen 2001 und 2012 hat sich beispielsweise der Einsatz von Holzpellets auf knapp 2 Mio. Tonnen jährlich verfünffacht. Solare Wärme hat zwar bisher nur einen Marktanteil von 0,4 %, mit 577 MW<sub>th</sub> installierter Kapazität großer Anlagen hat sich Dänemark jedoch zu einem internationalen Marktführer entwickelt (Mauthner et al. 2016).

---

### 3.3 Erfolgsfaktoren im Transformationsprozess

---

#### 3.3.1 Veränderungsidee und Lösungsvorschläge

Veränderungsideen und Lösungsvorschläge für die Transformation des dänischen Energie- und Wärmesystems haben sich über die Jahrzehnte verändert und standen sich zum Teil auch unvereinbar gegenüber. Am erfolgreichsten und relevantesten in diesem Kontext war die schon im ersten alternativen Energieplan von 1976 postulierte Idee einer dezentral organisierten, auf kleinen KWKs und Wärmenetzen aufbauenden, sowie langfristig auf erneuerbaren Energien basierenden Energieversorgung. Eine wichtige Rolle spielte dabei die Ausgangslage einer extrem hohen Abhängigkeit von Importen und geringen eigenen Vorkommen an Kohle, Gas und Öl. Sowohl das gesellschaftspolitische Umfeld, als auch die schon bestehende, kleinteilige Struktur der Energieversorger machten das von der Regierung und großen Energieversorgern zunächst präferierte Alternativszenario nuklearer Energie wesentlich weniger attraktiv und durchsetzungsfähig, während eine dezentrale und effiziente Versorgungsinfrastruktur sowohl Versorgungssicherheit, als auch Kompatibilität mit bestehenden Strukturen und aktuellen Diskursen versprach. Durch die Nutzung wesentlicher Kennzahlen, Annahmen und Szenarien aus dem zuvor veröffentlichten Energieplan der Regierung bestand zudem eine kaum von der Hand zu weisende Anschlussfähigkeit an existierende Planungen auf Seiten der Regierung, die schließlich einige am alternativen Energieplan beteiligte Autoren dazu einlud, an der Erstellung des offiziellen Energieplans der Regierung von 1981 mitzuwirken (van Est 1999).

Die im weiteren Prozessverlauf angewandten Instrumente waren vielfältig und für den Transformationserfolg von hoher Bedeutung. Das 1979 mit dem Heat Supply Act eingeführte Planungssystem ist hierbei ebenso zu nennen, wie Steuern, Subventionen, Sektorvereinbarungen und ordnungsrechtliche Pflichten und Verbote. Die Subventionen dienten insbesondere

der Förderung von dezentralen KWKs sowie der Nutzung von Brennstoffen aus regenerativer Erzeugung und gehen in ihren Grundzügen auf den Energieplan von 1981 zurück. Beispielsweise wird Elektrizität aus Biomasse subventioniert. Gleichzeitig ist Biomasse als Wärmequelle von der Besteuerung ausgenommen, während fossile Brennstoffe einer besonderen Besteuerung unterliegen, sodass die Strom- und Wärmeenergiegewinnung auf Basis von Biomasse aus Kraft-Wärme-Kopplung extrem wettbewerbsfähig ist (DEA 2015). Während das etablierte Planungssystem mit Fernwärme- und Gaszonen, Anschlusspflichten und technologiespezifische Steuern und Subventionen durchaus klare Entwicklungslinien für die Umstrukturierung der Wärmeversorgung vorgeben, spielte Flexibilität im Prozess ebenfalls eine wichtige Rolle. Sozioökonomische Kosten-Nutzen-Analysen an neuralgischen Punkten im Planungsprozess auf kommunaler Ebene haben immer wieder Kurskorrekturen ermöglicht, aber auch das übergeordnete System wurde mehrfach an sich verändernde Rahmenbedingungen angepasst. Gegen Ende der 1980er Jahre, als die Preise für fossile Brennstoffe sanken, wurden die Steuern auf Öl, Gas und Kohle beispielsweise kurzfristig erhöht, um das Preisniveau zu halten (DEA 2015). So konnten generelle Leitplanken für die Entwicklung festgelegt, aber auch auf Innovationen und unerwartete Entwicklungen eingegangen werden.

Von besonderer Bedeutung im Prozess war (und ist) zudem die Verankerung des Nonprofit-Prinzips in der Wärmeversorgung, das die Betreiber von Wärmenetzen und -kraftwerken dazu verpflichtet, die erwirtschafteten Gewinne vollständig in die Infrastruktur und den Ausbau der Netze zu reinvestieren. Einerseits konnte so die Instandhaltung und Ausweitung des Netzes gesichert werden, andererseits konnten sich die Bürgerinnen und Bürger auf stabile Bedingungen verlassen, was die Beteiligung an und somit den Ausbau von dezentralen Wärmeanlagen stärkte (van der Vleuten und Raven 2006; HIR 2015).

### 3.3.2 Transformationsprozess

Im Transformationsprozess relevante Aspekte und Erfolgsfaktoren lassen sich insbesondere in einer umfassenden horizontalen und vertikalen Koordination, einem aktiven Nischenmanagement, einer zunehmenden Institutionalisierung verschiedener Prozesse, Akteure und Interessen sowie einer konsequenten Nutzung und Hervorhebung von Co-Benefits erkennen.

In Bezug auf die horizontale Koordination zwischen verschiedenen Sektoren und gesellschaftlichen Fraktionen war zu Anfang der 1970er Jahre eine eher konfrontative Auseinandersetzung zwischen Atomkraftbefürwortern auf Seiten der sozialdemokratisch geführten Regierung und der großen Kraftwerksbetreiber und der hauptsächlich von Zivilgesellschaft, Wissenschaft und genossenschaftlichen Akteuren getragenen Anti-Atomkraft-Bewegung zu beobachten (Rieder 1998; Garud und Karnøe 2012). Gleichzeitig bestand mit der schon damals ausgeprägten Tradition kooperativer Regierungsführung in Minderheitenregierungen, die durch eine zunehmende Zersplitterung der Parteienlandschaft in den 1970er Jahren noch verstärkt wurde, der Wille und die Möglichkeit zum Kompromiss (Chittum und Østergaard 2014). Nach den erfolgreichen Protesten gegen die nuklearen Energiepläne der Regierung lösten sich die Konflikte zwar nicht auf, wurden jedoch in geordnete Bahnen gelenkt.

Die vertikale Kooperation zwischen der nationalstaatlichen, regionalen und kommunalen, aber auch der supranationalen Ebene im dänischen Wärmesystem zeichnet sich durch eine hohe Autonomie auf lokaler Ebene bei gleichzeitig klarer Regelsetzung auf nationaler Ebene aus, wie beispielsweise Subventionen, Steuern und allgemeine Zielsetzungen (Chittum und Østergaard 2014). Gleichzeitig besteht ein hoher Handlungsspielraum für die Kommunen, denen die Hauptverantwortung für die Planung, Genehmigung und vielfach auch den Betrieb der Fernwärmesysteme zukommt. Die Erstellung kommunaler Wärmepläne beispielsweise ist eine verpflichtende Aufgabe - lediglich die Koordination der gesammelten kommunalen Pläne obliegt den Ländern. Somit sind die Kommunen die zentralen Akteure im Wärmesys-

tem und können ihre lokale Wärmeversorgung sehr genau an ihre jeweiligen Bedürfnisse anpassen (HIR 2015; DEA 2015). Diese hohe kommunale Autonomie, kombiniert mit der Einbindung von Bürgerinnen und Bürgern in Form von Genossenschaftsanteilen, wird vielfach als Schlüsselement für den Erfolg des dänischen Fernwärmesystems gesehen (HIR 2015).

Wichtig für die Verbreitung konkreter Technologien – von den Wärmenetzen selbst hin zu KWKs und später auch Solar- und Geothermie - war die Existenz und die Förderung von Nischen innerhalb derer sich Lösungsansätze entwickeln und ausbreiten konnten. Forschungs- und Entwicklungsgelder spielten (und spielen) hierbei eine wichtige Rolle, aber auch Offenheit gegenüber Lösungen aus dem Ausland – so wurde beispielsweise das erste Fernwärmennetz in Verbindung mit einer Müllverbrennungsanlage in Kopenhagen Ende des 19. Jhdt. nach einem schon existierenden System in Hamburg modelliert und die Entwicklung großer Solarthermieanlagen nahm in den 1980er Jahren in Schweden ihren Anfang, bevor das Konzept von dänischen Betreibern übernommen und weiterentwickelt wurde (DBDH o.J.).

Die Institutionalisierung verschiedener Prozesse, Akteure und Interessen – sowohl im Kleinen, als auch im Großen, war ebenfalls von hoher Bedeutung. Beispielhaft genannt sei hier die 1973 aus der Antiatombewegung heraus gegründete Organisation für Informationen über Kernergie (OOA), die der Idee einer dezentralen und auf erneuerbaren Energien beruhenden Energieversorgung eine Form und Stimme gegeben hat, die Gründung des Energieministeriums 1979 und die darauf folgende Verabschiedung der verschiedenen Wärmeversorgungsgesetze und Energiepläne, der Zusammenschluss von Wärmeproduzenten und Netzbetreibern im dänischen Fernwärmeverband (Danish District Heating Association; nationale Interessenvertretung) 1957 und im dänischen Fernwärmerat (Danish Board of District Heating; Exportorganisation) um 1990.

Gerade für die Institutionalisierung der Antiatombewegung, aber auch für die Konzepte und Ideen weiterer Schlüsselakteure im Prozessverlauf waren Co-Benefits, also die Erreichung von Zielen neben den umweltrelevanten Aspekten eines effizienten und zunehmend auf erneuerbaren Energien beruhenden Wärme- und Energiesystems, von entscheidender Bedeutung. Damals wie heute argumentierten die Befürworter von Fernwärme, dezentralen KWKs und Solarthermie neben den zunehmend wichtiger werdenden Umweltaspekten mit Vorteilen für die Versorgungssicherheit und die Kosten der Energieversorgung.

### 3.3.3 Akteure und ihre Qualifikationen

Betrachtet man den gesamten Transformationsprozess des dänischen Wärmesystems lässt sich eine Vielzahl verschiedener Akteursgruppen und Change-Agents identifizieren, die den Transformationsprozess zu jeweils unterschiedlichen Zeitpunkten weiter vorangebracht haben. Da eine umfassende Darstellung den Rahmen der vorliegenden Fallstudie sprengen würde, wird im Folgenden exemplarisch auf den neuralgischen Moment der Auseinandersetzung um die Zukunft des Energiesystems in den 1970er Jahren fokussiert.

Die Diskussionen und fundamentalen Weichenstellungen der 1970er Jahre wurden insbesondere von drei Gruppen von Change-Agents geprägt: den führenden Köpfen der zivilgesellschaftlichen Anti-Atombewegung, den Mitgliedern des parlamentarische Ausschusses für Energiepolitik und den Autoren des alternativen Energieplans von 1976.

- Die zivilgesellschaftliche Antiatombewegung lässt sich insbesondere auf eine Gruppe von Biologie- und Architekturstudenten der Universität Kopenhagen Anfang der 1970er Jahre zurückführen. Mit ihrer Organisation NOAH entwickelten sie sich zur Speerspitze der dänischen Umweltbewegung und prägten die gesellschaftliche Debatte in Dänemark über Jahrzehnte. Populäre Gesellschaftskritik aufgreifend, aber durchaus in Abgrenzung zur revolutionären Linken, fokussierten sie auf Dezentrali-

sierung, Demokratie, Mitbestimmung und die Entwicklung von Alternativen zur rapiden, aber zunehmend mit Umweltverschmutzung einhergehenden Industrialisierung des Landes in den 1960er Jahren („Small is Beautiful“)<sup>6</sup>. Zusammen mit Vertretern der Volkshochschulen gründete NOAH im Juli 1973 die Antiatom-Organisation OOA, mit der die Antiatombewegung schnell an gesamtgesellschaftlicher Bedeutung gewann (van Est 1999). Bis zur endgültigen Beerdigung der nuklearen Option 1986 trieb die OOA die Debatte voran und bereitete so den Weg für alternative Entwicklungspfade im Wärme- und im Elektrizitätsmarkt.

- Der parlamentarische Ausschuss für Energiepolitik (*Energy Policy Committee of the Danish Parliament*) in der Besetzung von 1976 stellte sich als erstes politisches Organ gegen die Zentralisierungs- und Nuklearpläne der Regierung und der großen Energieversorger. Nachdem der damalige SDP Handelsminister Per Hækkerup den Energieplan 1976 der Öffentlichkeit präsentiert hatte, solidarisierte sich der Ausschuss mit der Antiatombewegung und forderte die Ausarbeitung eines Alternativszenarios ohne Nuklearenergie. Hækkerup lehnte dies zwar ab, die Debatte, die danach zu einem Umschwenken in der Energie- und Wärmepolitik führte, konnte er jedoch nicht wieder einfangen (Eikeland und Inderberg 2016).
- Die Autoren des alternativen Energieplans von 1976 – ein Team von 8 Wissenschaftlern um Prof. Niels Meyer von der dänischen Akademie für technische Wissenschaften<sup>7</sup> – griffen die Vorlage der OOA und des Ausschusses für Energiepolitik auf und entwickelten mit dem alternativen Energieplan die Grundlage für eine auf dezentrale Produktion, KWKs und Wärmenetze, sowie erneuerbare Energien setzende Energiepolitik (Garud und Karnøe 2012; Chittum und Østergaard 2014). Dabei wurden im Papier auch auf Co-Benefits einer solchen Strategie verwiesen, wie eine höhere Versorgungssicherheit oder die Schaffung heimischer Jobs (van Est 1999).

Als Change-Agents, bzw. Promotoren aus drei verschiedenen Bereichen erfüllten sie unterschiedliche Funktionen im Prozess, die sie mit Hilfe verschiedener Qualitäten erfüllen konnten. NOAH und die OOA konnten durch ihre zivilgesellschaftliche Vernetzung Druck aufbauen, gleichzeitig war NOAH zentral für die Entwicklung eines alternativen energie- und gesellschaftspolitischen Diskurses in der Nische, durch den der Handlungsspielraum der etablierten Akteure im Ausschuss für Energiepolitik und letztendlich auch der Regierung erweitert, bzw. verschoben wurde. Der Ausschuss konnte der Antiatombewegung und damit verbunden auch den Argumenten für eine erneuerbare und dezentrale Energie- und Wärmeversorgung durch sein politisches Gewicht Legitimation verleihen und die Wissenschaftler um Prof. Meyer waren durch ihre Fachkompetenz in der Lage, eine an den politischen Mainstream in dieser Situation anschlussfähige Veränderungsidee zu entwickeln.

Bereits die Aufzählung der wichtigsten Change Agents macht deutlich, dass sich sektorübergreifende Koalitionen gebildet haben, die die Entwicklung zu fördern versuchten. Der zunächst als Graswurzelbewegung beginnenden OOA gelang es in kurzer Zeit, weitere Verbündete auf nationaler Ebene zu gewinnen. Dazu zählen nicht nur renommierte Personen aus dem Wissenschaftssektor, sondern auch politische Parteien, insbesondere des linken Spektrums (Eikeland und Inderberg 2016). Die wachsende gesellschaftliche Ablehnung von Atomenergie führte 1975 auch zur Gründung der *Danish Organization for Renewable Energy* (OVE), die eng mit der OOA kooperierte und sich gegen die Nutzung von Atomkraft aussprach (Eikeland und Inderberg 2016). Der Erfolg der Bewegung mit der Verabschiedung

<sup>6</sup> Dieser durch ein gleichnamiges Buch von C.F. Schumacher (1973) geprägte Slogan fasst zentrale Elemente des Gedankenguts von NOAH zusammen (van Est 1999).

<sup>7</sup> Beteiligte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler: S. Blegaa, F. Hvelplund, J. Jensen, L. Josephsen, H. Linderorth, N.I. Meyer, N. Bailing und B. Sørensen (Bleega et al. 1977).

des *Heat Supply Act* 1979 und später dem Energieplan 1981 holte sie endgültig aus der Nische in das Regime. 1985 schließlich beschloss das dänische Parlament den endgültigen Ausstieg aus für Dänemark, wodurch die Ziele der Anti-Atomkraft-Koalition in der politischen Landschaft verankert wurden (IRENA 2012).

Demgegenüber stand jedoch zu Beginn eine Koalition unterschiedlicher Sektoren, die dem Transformationsprozess skeptisch gegenüberstand, bzw. eine alternative, auf Nuklearenergie basierende Variante bevorzugte. Konkret setzte sich diese im politischen Sektor aus der Minderheitenregierung rund um die SDP unter Führung des Premierministers Anker Jørgensen sowie im Wirtschaftssektor aus den Energieversorgungsunternehmen zusammen. Insbesondere die *Danish Electric Utility Association* (DEF) vertrat dabei eine starke pronukleare Haltung (Garud und Karnøe 2012). Diese Koalition löste sich jedoch auf, als die SDP geführte Regierung 1979 die Vorschläge der Gegenkoalition in ihrem *Heat Supply Act* übernahm.

Weitere wichtige Change-Agents und Koalitionen für den Wandel waren im weiteren Prozessverlauf unter anderem der Energieminister der sozialliberalen Partei Jens Bilgrav-Nielsen (1988- 1990), der sich wohl in Reaktion auf den Brundtlandbericht intensiv mit dem Klimawandel beschäftigt hatte und 1989/90 den richtungsweisenden Energieplan 2000 auf den Weg brachte (van Est 1999), sowie eine breite Front von zivilgesellschaftlichen Akteuren und Industrievertretern, die Mitte der 2000er Jahre eine weitere Deregulierung des Energie- und Wärmesektors verhinderten, aber auch für ihre jeweiligen Partikularinteressen eintraten (Eikeland und Inderberg 2016).

### 3.3.4 Zeitaspekte

Zeitaspekte und Gelegenheitsfenster spielten eine ganz wesentliche Rolle im Veränderungsprozess.

Als Auslöser lässt sich - trotz Vorgeschichte - die Ölkrise zu Beginn der 1970er Jahre identifizieren, die ein Umdenken in der bisherigen Wärmeversorgung erforderte (DEA 2015). Durch die von äußeren Umständen verursachte Notwendigkeit des Wandels, konnte sich ein Gelegenheitsfenster für neue Ideen der Gestaltung der zukünftigen Versorgung öffnen. Ohne die Einbettung in einen größeren Kontext (die Abhängigkeit Dänemarks von Ölimporten sowie die Möglichkeiten der Atomkraft) wäre die langanhaltende und sektorübergreifende Debatte zur Ausrichtung der Fernwärmeversorgung, die letztlich zur Umsetzung eines innovativen und nachhaltigen Modells führte, womöglich nicht zustande gekommen.

Diesem eröffnenden Gelegenheitsfenster folgten weitere politisch günstige Konstellationen, die von verschiedenen Akteuren genutzt wurden, um den Transformationsprozess zu beeinflussen.

Von 1982-1993 formierte sich eine so genannte *green majority* im politischen Parteienspektrum (Andersen 1997). Zwar war offiziell eine konservative Minderheitenregierung an der Macht, aber die Opposition verfügte aufgrund ihrer auch von der SDP neu ausgebildeten Fokussierung auf umweltpolitische Themen über einen erheblichen Einfluss in diesem Gebiet. So schloss sich die eigentlich der Regierung zugehörige, sozial-liberale Partei Radikale Venstre in umweltpolitischen Fragen häufig der Opposition an, was es in dieser Zeit ermöglichte, viele umweltförderliche Richtlinien zu erlassen (Andersen 1997). Davon wurde auch der Transformationsprozess des Fernwärmesystems beeinflusst. Der SDP, die sich von der Position des Gegenspielers zu einem Befürworter der nachhaltigen, dezentralen Wärmeversorgung entwickelt hatte, gelang es während dieser Zeit, in Kollaboration mit der Regierung 1990 eine besondere Förderung für dezentrale KWKs sowie für regenerative Brennstoffe zu verabschieden (Danish Energy Authority 2005). 1992 wurde die *green majority* wieder ge-

nutzt, um verstärkt Fördermittel für die Nutzung erneuerbarer Energien für die Wärmegewinnung bereitzustellen (DEA 2015).

Insgesamt wird deutlich, dass die kontinuierliche Weiterentwicklung und Anpassung von Konzepten, die Nutzung technischer Innovationen und eine langfristig angelegte Planung zu einem zwar langsamen, aber stetigen und schlussendlich auch erfolgreichen Transformationsprozess beigetragen haben.

### 3.4 Tabellarische Zusammenfassung

| Analysekriterien / Erfolgsfaktoren                             | Zusammenfassung   | Relevanz         |
|--|---|------------------|
| Landschaftsmerkmale und Rahmenbedingungen                      |   |                  |
| Problemlage und Wahrnehmung                                    | Mit dem Aufkommen der Ölkrise zu Beginn der 1970er Jahre wurde die hohe Abhängigkeit Dänemarks von Ölimporten ersichtlich. Später rückte die Begrenzung von Emissionen verstärkt in den Vordergrund.  | <i>Sehr hoch</i> |
| Pfadabhängigkeiten und Hindernisse                             | Pfadabhängigkeiten waren in diesem Fall vor Allem im positiven Sinne erkennbar. So konnte bei der Expansion des Wärmenetzes auf bestehende Netze aufgebaut werden und schon existierende, dezentrale Besitz- und Organisationsstrukturen weitergenutzt, bzw. wiederbelebt werden. Als Hindernis für eine dezidierte Förderung erneuerbarer Energien erwies sich in den 1970er Jahren vor allem die Popularität von Atomenergie in Regierungs- und Energieversorgerkreisen, die aber schon 1979 überwunden wurden. | <i>Mittel</i>    |
| Weitere Rahmenbedingungen                                      | Weitere Rahmenbedingungen sind ein sehr konsensorientiertes Politiksystem und eine traditionell sehr aktive Zivilgesellschaft.  | <i>Sehr hoch</i> |
| Erfolgsfaktoren  |   |                  |
| Akteure und ihre Qualifikationen                               |   |                  |
| Change Agents/Promotoren                                       | Es lassen sich drei Change Agents bzw. Promotoren unterscheiden: Die aus Studentenprotesten heraus entstandene Umwelt- und Anti-Atomkraft-Bewegung mit den Organisationen NOAH und OOA, unterstützt durch den parlamentarischen Energiepolitikausschuss, das als interner Change Agent und Machtpromotor sein Wissen um politische Prozesse nutzte, sowie die Autoren des alternativen Energieplans, die als externe Change Agents ihr Fachwissen einsetzten.   | <i>Sehr hoch</i> |
| Akteure und Koalitionen, die für eine Transformation eintreten | Der OOA gelang es in kurzer Zeit Verbündete auf nationaler Ebene zu gewinnen. Dazu zählen nicht nur renommierte Personen aus dem Wissenschaftssektor, sondern auch  | <i>Sehr hoch</i> |



|   |  |                  |
|---|--|------------------|
|   | politische Parteien, insbesondere des linken Spektrums.  |                  |
| Akteure und Koalitionen, die einer Transformation skeptisch gegenüberstehen | Demgegenüber stand jedoch zu Beginn eine Koalition unterschiedlicher Sektoren, die eine alternative, auf Nuklearenergie basierende Variante bevorzugte. Konkret setzte sich diese aus der SDP-geführten Minderheitenregierung sowie den größeren Energieversorgungsunternehmen zusammen. Diese Koalition wurde aber schon um 1979 herum erfolgreich in die neue Energiestrategie integriert. | <i>Sehr hoch</i> |
| Veränderungsidee und Lösungsvorschläge                                      |  |                  |
| Passgenaue und dynamische Umsetzungslösung                                  | Dezentrale KWKs, Wärmenetze und der Ausbau von erneuerbaren Energien prägen seit dem ersten alternativen Energieplan die Entwicklungsrichtung des dänischen Wärmesystems. Sie baut dabei auf bestehenden Strukturen auf, entwickelte sich aber auch weiter.  | <i>Hoch</i>      |
| Strategien und Instrumentenmix  | Es kam ein breiter Mix an Strategien und Instrumenten zum Einsatz. Zu erwähnen sind u.a. ein umfassendes Wärmeplanungssystem, sowie die gesetzliche Verankerung des Non-Profit-Prinzips in der Wärmeversorgung, Subventionen für den Netzausbau, KWKs und Erneuerbare sowie Besteuerung für fossile Energieträger.   | <i>Sehr hoch</i> |
| Umgang mit Zielkonflikten   | Mit gesetzlich vorgeschriebenen Kosten-Nutzen-Analysen in der Planung von Netzen und Anlagen wurde ein System entwickelt, das Zielkonflikte soweit wie möglich aufzeigen und adressieren soll. Hierbei werden ökonomische Kosten explizit mit sozialen und ökologischen Aspekten verrechnet. Ein hohes Maß an Kooperation war zur Beilegung von Konflikten wichtig.                          | <i>Hoch</i>      |
| Zeitaspekte   |  |                  |
| Auslöser, Gelegenheitsfenster und disruptive Innovationen                   | Das wichtigste Gelegenheitsfenster bestand in der aufkommenden Ölkrise zu Beginn der 1970er Jahre, die ein Umdenken der bisherigen Wärmeversorgung erforderte.   | <i>Hoch</i>      |
| Prozessgeschwindigkeit und -rhythmus  | Die Geschwindigkeit der Umstrukturierung der Fernwärmeversorgung ist eher langsam, was insbesondere der Komplexität und Trägheit des Gesamtsystems geschuldet ist. Gleichzeitig ist der Prozess trotz bedeutsamer Impulse zu unterschiedlichen Zeitpunkten von erstaunlicher Konstanz gekennzeichnet.  | <i>Mittel</i>    |
| Veränderungsprozesse  |  |                  |

|   |   |                  |
|---|---|------------------|
| Horizontale Koordination zwischen Sektoren                                | Zunächst zeichnete sich eine konkurrierende Haltung der unterschiedlichen Sektoren ab, insbesondere zwischen dem politisch-wirtschaftlichen und dem gesellschaftlichen. Dieser Dualismus Politik/Wirtschaft gegen Gesellschaft/Wissenschaft löste sich jedoch nach den erfolgreichen Protesten gegen die nuklearen Energiepläne der Regierung auf. Die heutige sektorübergreifende Zusammenarbeit ist größtenteils eher kollaborativer Natur. | <i>Hoch</i>      |
| Vertikale Koordination zwischen politischen Ebenen                        | Die vertikale Kooperation ist klar strukturiert, obgleich sich die Umsetzungsverantwortung hauptsächlich auf die kommunale Ebene konzentriert. Zwar gibt es übergreifende rechtliche sowie technische Rahmenbedingungen, die auf nationaler Ebene festgelegt werden. Dabei wird aber weitreichender Handlungsspielraum gelassen für die Kommunen, denen die Hauptverantwortung für Planung und Umsetzung der Fernwärmesysteme zukommt.        | <i>Hoch</i>      |
| Institutionalisierung   | Insgesamt kann ab dem Erlass des Heat Supply Act 1979 von einer zunehmend starken Institutionalisierung gesprochen werden. Nach der Gründung des Energieministeriums im selben Jahr verstärkten die in den anschließenden Jahren verabschiedeten Regulierungen und Gesetze den institutionellen Charakter der Transformation und erschufen Planungssicherheit und Investitionsanreize.  | <i>Hoch</i>      |
| Nischenaktivitäten  | Nischenaktivitäten spielten bei der Technologieentwicklung eine wichtige Rolle.   | <i>Hoch</i>      |
| Beteiligungsprozesse  | Die aktive Einbindung von Bürgerinnen und Bürgern durch Beteiligungsmöglichkeiten in Form von Genossenschaften, ist einer der Schlüsselfaktoren für die Umstrukturierung des Fernwärmesystems.  | <i>Sehr hoch</i> |
| Co-Benefits   | Co-Benefits spielen über den gesamten Prozessverlauf eine wichtige Rolle. Das dänische Fernwärmenetz konnte sich insbesondere aufgrund von Argumenten zu Kosten, Versorgungssicherheit und der Entstehung heimischer Jobs durchsetzen.  | <i>Hoch</i>      |
| Veränderungskultur und Wissensbasis                                       | Dänemark gilt als eines der innovativsten Länder in Europa. Im Global Innovation Index (Cornell University, INSEAD & WIPO, 2016) liegt Dänemark auf Rang 8 von 128 Nationen.  | <i>Mittel</i>    |
| Reflexivität, Erfolgskontrolle und Lernprozesse im Transformationsprozess | Das bestehende Planungssystem und der politische Rahmen für die dänische Energie- und Wärmepolitik wurde mehrfach novelliert. Soweit ersichtlich spielten reflexive Verbesserungsprozesse hierbei eine wichtige Rolle.  | <i>Hoch</i>      |
| Ressourcenausstattung   | Die dänische Regierung hat vergleichsweise großzügige Subventionen und Unterstützung für den Aus- und Umbau des Fernwärmenetzes sowie Forschung und Entwicklung bereitgestellt. Gerade die große gesellschaftliche Aufmerk-   | <i>Hoch</i>      |

---

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | samkeit für das Thema in den 1970er Jahren spricht zudem für ein hohes Maß an zeitlichen und intellektuellen Ressourcen, die in den Prozess geflossen sind. |  |
|--|---|--|

## 4 Relevanz für die Transformation zu einer Green Economy in Deutschland

Zunächst verdeutlicht die Betrachtung der Transformation des Wärmesystems in Dänemark die hohe Bedeutung von historisch kontingenten Ereignissen, Pfadabhängigkeiten und Rahmenbedingungen in Transformationsprozessen. Ohne die Bauernbewegung im 19. Jahrhundert und die daraus resultierende Tradition genossenschaftlicher Bereitstellung öffentlicher Güter lassen sich beispielsweise die Akteursstrukturen im dänischen Energiesystem nicht erklären, die maßgeblich zur Ausgestaltung der heutigen Wärmeversorgung beigetragen haben. Gleichzeitig wird die Relevanz einzelner Akteure wie der Studenten der NOAH, den Autoren des alternativen Energieplans oder dem Energieminister Bilgrav-Nielsen deutlich, die an entscheidenden Punkten die Gelegenheit genutzt haben, weitreichende Veränderungen anzustoßen.

Auf die in der Transformationsfeldanalyse zu Wärmenetzen in Deutschland (Clausen 2017a) vorgestellten Transformationsansätze wirken sich verschiedene Pfadabhängigkeiten mit unterschiedlicher Intensität aus. Eine starke Pfadabhängigkeit stabilisiert dabei das System mit seinen Akteuren in besonders hohem Ausmaß. Sie stellt damit ein besonders starkes Hemmnis für einen Pfadwechsel dar.

**Tabelle 1: Auswirkungen von Pfadabhängigkeiten auf Transformationsansätze in Deutschland**

| Transformationsansatz<br>Leitstrategie<br>Pfadabhängigkeit   | Bio-<br>masse<br>Konsis-<br>tenz | Effizienz-<br>verbesse-<br>rungen<br>Effizienz | Solare<br>Wärme<br>Konsis-<br>tenz | Tiefen-<br>ge-<br>othermie<br>Konsis-<br>tenz | Ab-<br>wärme<br>Effizienz | kalte<br>Wär-<br>me-<br>netze<br>Effizi-<br>enz |
|--|----------------------------------|--|------------------------------------|---|---------------------------|---|
| 1. Niedrige<br>Brennstoffpreise                              | mittel                           | mittel   | hoch                               | hoch  | hoch                      | hoch  |
| 2. Fokus der E-<br>VUs <sup>8</sup> auf fossile<br>Großnetze | hoch                             | hoch   | hoch                               | hoch  | hoch                      | hoch  |
| 3. kommunalpoli-<br>tische Mankos                            | mittel                           | niedrig  | hoch                               | hoch  | hoch                      | hoch  |
| 4. fehlende Tech-<br>nologien                                | niedrig                          | mittel   | hoch                               | hoch  | hoch                      | hoch  |

Quelle: Clausen (2017).

Mit Blick auf die in Deutschland festgestellten Pfadabhängigkeiten kann für Dänemark folgendes festgehalten werden:

- die Preise für fossile Brennstoffe sind deutlich höher als in Deutschland,

<sup>8</sup> Energieversorgungsunternehmen

- die EVUs sind nach jahrelangem Strukturwandel deutlich weniger auf fossile Großkraftwerke fokussiert,
- wesentliche kommunalpolitische Mankos (fehlende Wärmeplanung) wurden vor Jahrzehnten ausgeräumt,
- eine Reihe in Deutschland kaum etablierter Technologien (Saisonalspeicher, kalte Wärmenetze, große Solarthermie) wurde großskalig erprobt.

Die Rahmenbedingungen in Deutschland für den Ausbau von Wärmenetzen auf Basis erneuerbarer Energien unterscheiden sich noch in weiteren Punkten. Genossenschaftliche Akteure existieren zwar vereinzelt, sie spielen jedoch eine wesentlich geringere Rolle als in Dänemark. Bestehende Fernwärmenetze werden größtenteils von privaten Energieversorgern oder von Stadtwerken betrieben, für die Gewinnmargen eine wichtige Rolle spielen. Kleineren Städten und Gemeinden ohne Wärmenetze oder lokale Energieversorger fehlt es oftmals an Akteuren, die eine dezentrale Netz- und Versorgungsinfrastruktur aufbauen und verwalten könnten. Gleichzeitig steht ein gut ausgebautes Gasnetz in Konkurrenz zu einer möglichen Versorgung mit Fernwärme (Clausen 2017a).

Trotzdem lassen sich aus dem dänischen Beispiel einige Schlüsse ziehen, die für die Transformation zu einer Green Economy in Deutschland von Relevanz sind. Das betrifft sowohl die für den Transformationserfolg in Dänemark maßgeblichen dezentralen Strukturen mit Bürgerbeteiligung und gesetzlich verankertem Gemeinnützigkeitsprinzip als auch die hohe Besteuerung fossiler Brennstoffe und die langfristige Rahmensetzung durch eine Kombination von Wärmeplanung, Subventionen und Infrastrukturförderung.

Eine teilweise Übertragung dieser Elemente auf den deutschen Kontext scheint durchaus möglich. So ließe sich durch eine dezidiertere Förderung von Energiegenossenschaften die Ausbildung von Strukturen und Akteuren fördern, mit der auch außerhalb der großen Ballungszentren integrierte Energiekonzepte mit Wärmenetzen erarbeitet und betrieben werden können. Ein solches Vorgehen würde jedoch implizit die „Lufthoheit“ der regionalen und überregionalen Energieversorger einschränken, die diese aus den Zeiten der gebietsmonopole heraus immer noch empfinden könnten. Gleichzeitig wäre eine schrittweise Einführung von Reinvestitionszielen in Anlehnung an das dänische Gemeinnützigkeitsprinzip denkbar, um langfristige Investitionen zu ermöglichen.

Ähnlich förderlich war die Entscheidung der dänischen Regierungen, fossile Brennstoffe kontinuierlich hoch zu besteuern und gleichzeitig Biomasse als Brennstoff von der Besteuerung auszunehmen. Auch in Deutschland existieren steuerliche Förderungen und Subventionen für Biomasse und KWGs, der Effekt ist jedoch augenscheinlich begrenzt (Bundesministerium für Energie und Verbraucherschutz 2006). Insbesondere eine Verteuerung fossiler Brennstoffe könnte hier zu einer nachhaltigen Veränderung der Anreizstrukturen führen. Das Ziel sollte hierbei jedoch in Deutschland eher in einer Verschiebung hin zu solarer Wärme-gewinnung und Abwärmennutzung liegen, da die Biomassennutzung in Deutschland zwar nicht erschöpft, aber nur noch sehr begrenzt ausbaufähig ist.

Ebenso wären eine umfassende Wärmeleitplanung sowie technologiespezifische Ziele und Sektorvereinbarungen denkbar, die in Dänemark durchaus erfolgreich darin waren, den Anteil an Fernwärme und die Nutzung erneuerbarer Energieträger im Wärmesystem zu erhöhen. Während in Deutschland bisher verstärkt auf energetische Gebäudesanierungen gesetzt wird (HIR 2015; Tappeser und Chichowitz 2017) und Vorgaben für erneuerbare Wärmebereitstellung im EEWärmeG durch Effizienzmaßnahmen umgangen werden können (Clausen, 2017b), ließe sich so auch das Potenzial von Wärmenetzen und Wärmespeichern für die Integration von Solar- und Windenergie in das Energiesystem besser nutzen.

## Literaturverzeichnis

Andersen, Mikael Skou (1997): Denmark. In: Jänicke, Martin; Weidner, Helmut (Hg.): National Environmental Policies: A Comparative Study of Capacity-Building. S. 157–174. Springer Verlag.

Behrendt, Siegfried; Göll, Edgar; Korte, Friederike (2016): Effizienz, Konsistenz, Suffizienz. Strategieanalytische Betrachtung für eine Green Economy. Inputpapier im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy. Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gemeinnützige GmbH. Berlin. Online verfügbar unter:

[https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/evolution2green\\_inputpapier\\_effizient\\_konsisten\\_suffizienz.pdf](https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/evolution2green_inputpapier_effizient_konsisten_suffizienz.pdf), zuletzt geprüft am 14.02.2017.

Bleega, Susanne; Josephsen, Lars; Meyer, Niels I.; Sørensen, Bent (1977): Alternative Danish energy planning. In: Energy Policy 5 (2), S. 87–94. DOI: 10.1016/0301-4215(77)90002-7.

Bundesministerium für Energie und Verbraucherschutz (2006): Energiesteuergesetz. Online verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/energiestg/index.html#BJNR153410006BJNE008100140>, zuletzt geprüft am 15.02.2017.

Chittum, Anna; Østergaard, Poul Alberg (2014): How Danish communal heat planning empowers municipalities and benefits individual consumers. In: Energy Policy 74, S. 465–474. DOI: 10.1016/j.enpol.2014.08.001.

Clausen, Jens (2017a). Wärmenetze. Transformationsfeldanalyse im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy. Berlin.

Clausen, Jens (2017b). Versorgung von Gebäuden mit Wärme aus erneuerbaren Energien. Transformationsfeldanalyse im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy. Berlin.

Cornell University, INSEAD & WIPO. (2016). The Global Innovation Index 2016. Winning with Global Innovation. Ithaca, Fontainebleau, and Geneva. Zugriff am 18.11.2016. Verfügbar unter: <https://www.globalinnovationindex.org>

Code 2 (2014): D5.1 - Final Cogeneration Roadmap. Member State: Denmark. KWK kommt UG. Berlin. Online verfügbar unter [http://www.code2-project.eu/wp-content/uploads/Code-2-D5-1-Final-non-pilor-Roadmap-Denmark\\_f2.pdf](http://www.code2-project.eu/wp-content/uploads/Code-2-D5-1-Final-non-pilor-Roadmap-Denmark_f2.pdf).

Danish Energy Authority (Hg.) (2004): Energy Policy Statement. Online verfügbar unter: <http://www.statensnet.dk/pligtarkiv/fremvis.pl?vaerkid=31502&repid=0&filid=14&iarkiv=1>, zuletzt geprüft am 15.02.2017.

Danish Energy Authority (Hg.) (2005): Heat Supply in Denmark. Who What Where and - Why. Kopenhagen. Online verfügbar unter: [http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/DEA\\_Heat\\_supply\\_in\\_denmark.pdf](http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/DEA_Heat_supply_in_denmark.pdf), zuletzt geprüft am 14.02.2017.

DBDH (Danish Board of District Heating) (o.J.): History of district heating. Online verfügbar unter: <http://dbdh.dk/district-heating-history/>, zuletzt geprüft am 20.02.2017.

DBDH (Danish Board of District Heating), DEA (Danish Energy Agency) (Hg.) (o.J.): District heating - Danish and Chinese experience. Kopenhagen. Online verfügbar unter: [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/energistyrelsen/Nyheder/district\\_heating\\_danish-chinese\\_experiences.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/energistyrelsen/Nyheder/district_heating_danish-chinese_experiences.pdf), zuletzt geprüft am 14.02.2017.

DBDH (Danish Board of District Heating), DEA (Danish Energy Agency), State of Green (HG) (2015): District Heating - Danish Experiences. Online verfügbar unter: <http://dbdh.dk/download/DH%20Danish%20Experiences%20august%202015.pdf>, zuletzt geprüft am 14.02.2017.

DEA (Danish Energy Agency) (Hg.) (2010): Danish Energy Policy 1970 - 2010. Vision: 100% independence of fossil fuels. Kopenhagen. Online verfügbar unter: <https://pire.soe.ucsc.edu/sites/default/files/DK%20Energy%20policy.pdf>, zuletzt geprüft am 14.02.2017.

DEA (Danish Energy Agency) (Hg.) (2015): Regulation and planning of district heating in Denmark. Kopenhagen. Online verfügbar unter: [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Globalcooperation/regulation\\_and\\_planning\\_of\\_district\\_heating\\_in\\_denmark.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Globalcooperation/regulation_and_planning_of_district_heating_in_denmark.pdf), zuletzt geprüft am 14.02.2017.

Eikeland, Per Ove; Inderberg, Tor Håkon J. (2016): Energy system transformation and long-term interest constellations in Denmark: can agency beat structure? In: *Energy Research & Social Science* 11, S. 164–173. DOI: 10.1016/j.erss.2015.09.008.

Garud, Raghu; Karnøe, Peter (2012): Path Creation: Co-creation of Heterogeneous Resources in the Emergence of the Danish Wind Turbine Cluster. In: *European Planning Studies* 20 (5), S. 733–752. DOI: 10.1080/09654313.2012.667923.

Geels, Frank W. (2002): Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. In: *NELSON + WINTER + 20* 31 (8–9), S. 1257–1274. DOI: 10.1016/S0048-7333(02)00062-8.

Geels, Frank W. (2011): The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. In: *Environmental innovation and societal transitions* 1 (1), S. 24–40.

HIR (Hamburg Institut Research GmbH) (Hg.) (2015): Fernwärme 3.0 Strategien für eine zukunftsorientierte Fernwärmepolitik. Studie im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis 90 / Die Grünen. Hamburg. Online verfügbar unter: [https://www.gruenebundestag.de/fileadmin/media/gruenebundestag\\_de/themen\\_az/energie/150310\\_HHI-Studie-Fernwaerme.pdf](https://www.gruenebundestag.de/fileadmin/media/gruenebundestag_de/themen_az/energie/150310_HHI-Studie-Fernwaerme.pdf), zuletzt geprüft am 14.02.2017.

IRENA (International Renewable Energy Agency) (2012): 30 Years of Policies for Wind Energy Lessons from 12 Wind Energy Markets. Abu Dhabi. Online verfügbar unter: [https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_GWEC\\_WindReport\\_Full.pdf](https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_GWEC_WindReport_Full.pdf), zuletzt geprüft am 15.02.2017.

Kahlenborn, Walter; Tappeser, Valentin; Chichowitz, Lisa (2016): "Models of Change" als Analyseansatz (ENTWURF). Operationalisierung zur Analyse grundlegender Transformationen des Wirtschaftssystems. Inputpapier im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy. adelphi. Berlin. Online verfügbar unter [https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/evolution2green\\_inputpapier\\_moc\\_als\\_analyseansatz\\_entwurf.pdf](https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/evolution2green_inputpapier_moc_als_analyseansatz_entwurf.pdf), zuletzt geprüft am 15.07.2016.

Kristof, K. (2010). *Models of Change. Einführung und Verbreitung sozialer Innovationen und gesellschaftlicher Veränderungen in transdisziplinärer Perspektive*. Zürich: VdF Hochschulverlag.

Mauthner, Franz; Weiss, Werner; Spörk-Dür, Monika (2016): *Solar Heat Worldwide. Markets and Contribution to the Energy Supply 2014*. IEA Solar Heating and Cooling Programme. AEE Institute for Sustainable Technologies. Gleisdorf.

Mortensen, H. C.; Overgaard, B. (1992): CHP development in Denmark: Role and results. In: *Energy Policy* 20 (12), S. 1198–1206.

Rieder, Stefan (1998): Die Bewältigung von wirtschaftlichen und ökologischen Herausforderungen im Energiebereich durch die Politik. Eine vergleichende Analyse der Energiepolitik in Dänemark, Schleswig-Holstein und der Schweiz. Verlag Paul Haupt Bern. Stuttgart. Wien.

Tappeser, Valentin; Chichowitz, Lisa (2017). Wärmeenergieverbrauch und Sanierungsbedarf von Gebäuden. Transformationsfeldanalyse im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy. Berlin.

van der Vleuten, Erik; Raven, Rob (2006): Lock-in and change: Distributed generation in Denmark in a long-term perspective. In: Energy Policy 34 (18), S. 3739–3748. DOI: 10.1016/j.enpol.2005.08.016.

van Est, Rinie (1999): Winds of change: a comparative study of the politics of wind energy innovation in California and Denmark. International Books. Utrecht.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (Hg.) (2011): Welt im Wandel. Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. Berlin (Hauptgutachten). Online verfügbar unter [http://www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/hauptgutachten/jg2011/wbgu\\_jg2011.pdf](http://www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/hauptgutachten/jg2011/wbgu_jg2011.pdf).