



# Governance radikaler Systemtransformationen

Wirkung politischer Strategien und Instrumente in der  
Transformation großer Versorgungssysteme

Auswertung der Fallstudien aus Arbeitspaket 1

Jens Clausen | Klaus Fichter

# Impressum

## Autoren

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

Klaus Fichter (Borderstep Institut) | fichter@borderstep.de

## Projektdurchführung

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH

Clayallee 323

14169 Berlin

## Zitiervorschlag

Clausen, J. & Fichter, K. (2020). Governance radikaler Systemtransformationen. Wirkung politischer Strategien und Instrumente in der Transformation großer Versorgungssysteme. Auswertung der Fallstudien aus Arbeitspaket 1. Berlin: Borderstep Institut.

## Titelbild

© Deutscher Bundestag / Katrin Neuhauser

## Zuwendungsgeber:

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Innovations- und Technikanalyse (ITA)

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	V
1 Problemstellung.....	1
2 Umweltentlastende radikale Systeminnovationen .....	4
3 Methode .....	7
3.1 Arbeitsschritte.....	7
3.2 Klassifikation eingesetzter staatlicher Strategien und Instrumente.....	7
4 Unterschiede zwischen den untersuchten Fällen.....	11
4.1 Größe der untersuchten Systeme.....	11
4.2 Zeitliche Entwicklung der Transformation.....	13
5 Analyse des Einsatzes politischer Instrumente in untersuchten Transformationsfällen.....	16
5.1 Übersicht des Einsatzes verschiedener Instrumententypen .....	16
5.2 Entwicklung und Aufrechterhaltung von Richtungssicherheit .....	20
5.2.1 Ziele und Einfluss auf Such- und Entwicklungsrichtungen .....	21
5.2.2 Legitimierung neuer Technologien, Praktiken und Visionen.....	21
5.2.3 Veränderung von Netzwerkstrukturen und Schlüsselakteuren .....	22
5.2.4 Grundlegende institutionelle Veränderungen .....	24
5.3 Innovationspolitik und Nischenentwicklung.....	24
5.3.1 Forschung und Entwicklung, Wissensverbreitung.....	25
5.3.2 Entrepreneurship- und Gründungsförderung .....	26
5.3.3 Etablierung von Marktnischen, Marktformation.....	27
5.3.4 Reduzierung der F&E-Förderung für nicht-nachhaltiger Systeme .....	27
5.4 Synchronisation von Diffusion und Exnovation .....	28
5.4.1 Ressourcenmobilisierung .....	29
5.4.2 Steuern und Abgaben .....	30
5.4.3 Kosten-Nutzen Verhältnis.....	32
5.4.4 Ordnungsrecht.....	33
5.5 Infrastrukturentwicklung .....	35
5.6 Wechselwirkungen und Orchestrierung der Instrumente.....	36
6 Reflektion der erkenntnisleitenden Fragen des Vorhabens GO .....	38

7	Konsequenzen für die Öko-Innovationspolitik .....	43
7.1	Politikstrategien und Politikinstrumente .....	43
7.2	Berücksichtigung der Transformationsgeschwindigkeit .....	46
8	Quellen .....	48
9	Anhang: Fallübergreifende Auswertung des Einsatzes von Politikinstrumenten bzw. Instrumentengruppen .....	1

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Diffusion von Umweltinnovationen im Bedarfsfeld Energieeffizienz.....	2
Abbildung 2: Konzeptioneller Rahmen für die Untersuchung von Politikstrategien und politischer Instrumente bei radikalen Systemtransformationen .....	43
Abbildung 3: Idealtypischer Einsatz von Basisstrategien der Transformation großer Versorgungs- und Produktnutzungssysteme .....	44
Abbildung 4: Idealtypischer Einsatz der Instrumente der Basisstrategien der Transformation großer Versorgungs- und Produktnutzungssysteme.....	45
Abbildung 5: Emissionstrajektorien bis 2040 und Transformationsgeschwindigkeiten .....	46

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Fallstudien der Transformation großer Versorgungs- und Produktnutzungssysteme.....	5
Tabelle 2: Analytischer Rahmen von Kivimaa & Kern zur Untersuchung von „policy mixes for transition“ .....	8
Tabelle 3: Klassifizierung möglicher staatlicher Instrumente und Funktionen bei Systemtransformationen .....	10
Tabelle 4: Größe der untersuchten Systeme im Vergleich.....	12
Tabelle 5: Stand der Transformation und Geschwindigkeit der Veränderung .....	13
Tabelle 6: Übersicht des Einsatzes verschiedener Instrumententypen in untersuchten Transformationsfällen.....	18

# 1 Problemstellung

*„Der größte Feind der neuen Ordnung ist, wer aus der alten seine Vorteile zog.“  
Niccolò Machiavelli (1469 bis 1527), italienischer Philosoph, Politiker und Schriftsteller*

Nachhaltige Entwicklung erfordert einen veränderten Umgang mit natürlichen Ressourcen und stellt hohe Anforderungen an die Leistungs- und Transformationsfähigkeit von Volkswirtschaften. Aus den ambitionierten Zielen ergibt sich die Notwendigkeit, umweltpolitische Erfordernisse mit innovationspolitischen Fragestellungen zu verknüpfen. Was „Öko-Innovationen“ gemäß Definition im Eco-Innovation-Action-Plan der EU (European Commission, 2011) von „normalen“ Innovationen unterscheidet, ist ihr Beitrag zur Verringerung der Umweltbelastung, zur Stärkung der Widerstandsfähigkeit gegen Umweltbelastungen und zur nachhaltigen Nutzung natürlicher Ressourcen<sup>1</sup>.

In der deutschen Politik spielen Umweltinnovationen seit vielen Jahren eine bedeutende Rolle, wenn es um die Frage geht, wie ehrgeizige Umweltschutzziele erreicht und dabei gleichzeitig Beschäftigungs- und Wachstumschancen genutzt werden können. Dabei findet die Diskussion oftmals in einzelnen Leitmärkten statt, in denen Umweltinnovationen zur Erreichung umweltpolitischer und wirtschaftlicher Ziele beitragen sollen. Die deutsche Bundesregierung schreibt dazu regelmäßig die erstmals in 2002 publizierte deutschen Nachhaltigkeitsstrategie fort (Die Bundesregierung, 2017). Das Handeln der Bundesregierung unter Merkel ist jedoch oft inkonsequent und wechselnde umwelt- und wirtschaftspolitische Ziele haben Anfang des Jahrzehnts zu einem Exodus der deutschen PV-Branche geführt. Die Zahl der Beschäftigten in der Solarenergie sank von 156.700 in 2011 auf nur noch 42.800 in 2017 (Umweltbundesamt, 2019). Ein Mehrfaches der Arbeitsplatzzahl in der Braunkohle ging hier verloren. Auch die Windkraftbranche ringt gegenwärtig ums Überleben (Zu Klampen, 2019). Auch in dieser Branche sank die Zahl der Arbeitsplätze von ihrem Maximum von 161.000 in 2016 schon deutlich ab (Umweltbundesamt, 2019).

Wie die Forschung zu Umweltinnovationen zeigt, steht die deutsche Umweltinnovationspolitik aber vor zwei zentralen Herausforderungen:

- (1.) Die Diffusion von Umweltinnovationen verläuft vielfach schleppend und umweltentlastende Produkt- und Serviceinnovationen erreichen häufig keinen hohen Verbreitungsgrade.

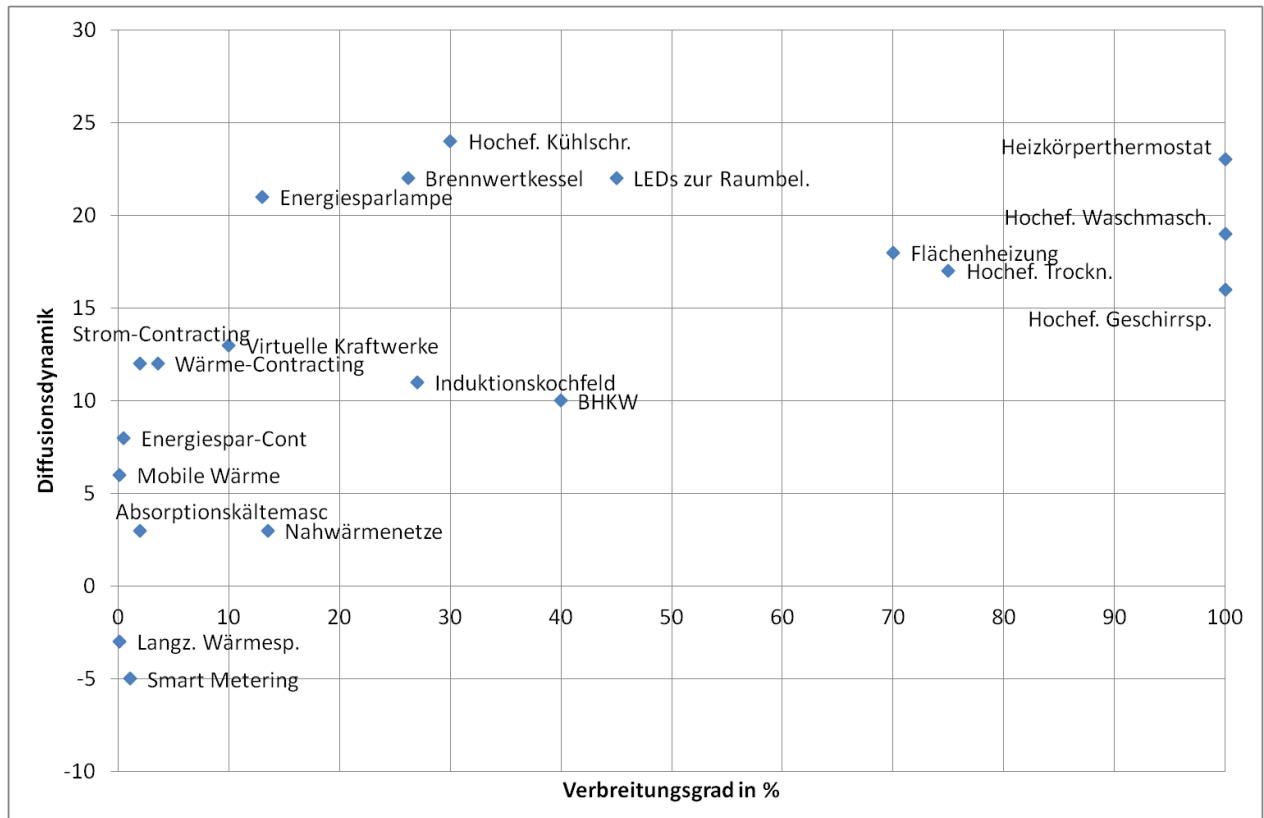
Etwa zwei Drittel aller in den letzten Jahren auf den Markt gebrachten umweltentlastenden Produkt- und Dienstleistungsinnovationen erreichen nur kleine Verbreitungsgrade von bis zu 15%. Diese realisieren so nur einen Bruchteil der Umweltentlastung, die bei einer vollständigen Diffusion möglich wäre. Eine Stichprobe von 130 Umweltinnovationen zeigt dies in Abhängigkeit von dem Indikator „Diffusionsdynamik“, mit dem die fördernden und hemmenden Faktoren der Diffusion gemessen

---

<sup>1</sup> Die Begriffe „Öko-Innovation“ und „Umweltinnovation“ werden hier synonym verwendet. Sie umfassen sowohl technische als auch soziale, institutionelle, organisationale als auch geschäftsfeldbezogene Neuerungen.

werden (Clausen & Fichter, 2018). Im Bedarfsfeld Energieeffizienz z.B. konnten für 21 Produkte und Produkt-Dienstleistungssysteme sowohl die Diffusionsdynamik als auch der Verbreitungsgrad bestimmt werden (Clausen & Fichter, 2018, S. 120):

**Abbildung 1: Diffusion von Umweltinnovationen im Bedarfsfeld Energieeffizienz**



Quelle: Fraunhofer ISI (Clausen & Fichter, 2018, S. 120).

Wie die Abbildung deutlich macht, erreichen nur wenige durch die ordnungspolitisch wirksame Ökodesignverordnung geförderte Innovationen hohe Verbreitungsgrade. Besonders Systeminnovationen wie Wärmenetze oder ihre Komponenten wie mobile Wärme und Smart Metering diffundieren langsam und zeigen eine nur geringe Diffusionsdynamik.

(2.) Das Diffusionsproblem stellt sich vor allem bei radikalen Systeminnovationen.

Mit „radikalen Systeminnovationen“ (vgl. Abschnitt 2) sind solche gemeint, die grundlegende Veränderungen gesamter Versorgungssysteme (Stromerzeugungs-, Verteilungs- und Nutzungssysteme, gebäudebezogene Wärmeversorgungssysteme usw.) oder infrastrukturegebundener Produktnutzungssysteme wie z.B. Elektromobilität umfassen. Die Realisierung solcher Systeminnovationen ist von deutlich höherer technischer, sozialer und institutioneller Komplexität und stärkeren Pfadabhängigkeiten geprägt als es z.B. bei einzelnen technischen Komponenteninnovationen wie z.B. hocheffizienten Waschmaschinen oder LEDs zur Raumbelichtung der Fall ist. Es überrascht daher nicht, dass

grundlegende Systeminnovationen schwerer durchzusetzen sind und sich in der Regel deutlich langsamer oder überhaupt nicht verbreiten. Da aber gerade grundlegende Systeminnovationen hohe Beiträge zur Emissionsminderung, zu Klimaschutz und Ressourcenschonung versprechen, benötigt die Öko-Innovationspolitik effektive Strategien und Governance-Mechanismen, um diese zu stimulieren und für eine schnelle und breite Diffusion zu sorgen.

Die Umsetzung von umweltentlastenden radikalen Systeminnovationen beschränkt sich nicht allein auf die Diffusion einzelner Produkt- oder Dienstleistungsinnovationen, sondern umfasst die grundlegende Veränderung gesamter Versorgungssysteme (Strom, Wärme, Nahrung usw.) und Produkt-Service-Systeme (z.B. im Bereich Mobilität). Dies erfordert eine Orchestrierung des systemischen Zusammenwirkens verschiedener Umweltinnovationen, verlangt die Identifikation von Komplementaritäten, Synergien und Konkurrenzen zwischen Einzellösungen und deren Platzierung in einem wirksamen Transformationskonzept.

Das Projekt „Governance radikaler Umweltinnovationen (Go): Neue Governance-Mechanismen in der Öko-Innovationspolitik: Die Rolle des aktivierenden Staates bei radikalen Systeminnovationen“ setzt an diesem Punkt an und zielt auf die Beantwortung folgender Forschungsfragen:

- (1.) Welche Einsichten liefern bisherige Fälle staatlicher Aktivierungsversuche für umweltentlastende radikale Systeminnovationen mit Blick auf Erfolgs- und Misserfolgsbedingungen?
- (2.) Wie war die Rolle des Staates in den untersuchten Fallstudien und welche politischen Instrumente erweisen sich im Kontext welcher Lobbystrukturen als besonders wirksam?
- (3.) Welche kontext- und akteursbezogenen Bedingungen und Faktoren sind zentral und inwieweit lassen sich diese auf eine transformative Umweltpolitik in Deutschland übertragen?
- (4.) Wie sind vor diesem Hintergrund Konzepte des aktivierenden und koordinierenden Staates einerseits und von transformationsfeldbezogenen Innovation Communities andererseits zu beurteilen?
- (5.) Wie muss eine Orchestrierung von Politikstrategien, Politikinstrumenten und Akteursrollen aussehen, damit eine radikale umweltentlastende Systemtransformation der gebäudebezogenen Wärmeversorgung in Deutschland gelingen kann?

Das vorliegende Papier baut auf der im Frühjahr 2019 vorgelegten Theoriestudie des Projektes „Go“ auf und entwickelt den dort vorgestellten Transformationsansatz vor dem Hintergrund der Erkenntnisse der ebenfalls in 2019 erarbeiteten Fallstudien weiter. In den Fallstudien standen Steuerungsversuche verschiedener Staaten im Mittelpunkt, mit denen radikale Systeminnovationen politisch, gesellschaftlich und ökonomisch durchgesetzt werden sollten.



## 2 Umweltentlastende radikale Systeminnovationen

Die Literatur unterscheidet unterschiedliche Typen von Innovationen. Das Vorhaben „Go“ fokussiert auf Neuerungen bei marktbezogenen Gütern, also auf Produkt- und Dienstleistungsinnovationen sowie deren Kombinationen. Wesentlich ist bei diesen zunächst die Differenzierung von Verbesserungsinnovationen, die ein Produkt oder eine Dienstleistung nicht grundlegend verändern, und einer Grundlageninnovation bzw. **radikalen Innovation**. Als radikale Innovation verstehen wir:

- ein völlig neues oder materiell entscheidend geändertes Produkt oder eine völlig neue oder entscheidend geänderte Dienstleistung oder
- ein grundsätzlich neues damit in Verbindung genutztes Geschäftsmodell, das mit grundlegenden institutionellen oder organisatorischen Diskontinuitäten verbunden ist.

Rund um den Begriff der radikalen Innovation bzw. Grundlageninnovation sind weitere Begriffe entstanden. So bezeichnen Freeman und Perez (1988) die Veränderung technologischer Paradigmen als *technologische Revolutionen*, ein Begriff, der mit Schumpeters Theorie der langen Wellen korrespondiert und auch an die Idee der Kondratieff-Zyklen anschlussfähig ist.

Die Vielfalt innovativer (und nicht innovativer) Produkte und Dienstleistungen ist eingebunden in soziotechnische Systeme. Schon Nelson und Winter (1982) haben den Begriff des technologischen Regimes eingeführt, der sich auf gemeinsame kognitive Routinen in einer Ingenieurgemeinschaft bezog und die Entwicklung von Innovationen entlang von "technologischen Trajektorien" erklärt. Aber auch Wissenschaftler, politische Entscheidungsträger, Nutzende und andere Interessengruppen tragen zur Gestaltung des technologischen Wandels bei. Bijker (1995) entwickelte daher den Begriff des soziotechnischen Regimes. Als Beispiel für ein technisches System erwähnt Unruh (2000, S. 822) Autos und den Individualverkehr, ein System, welches neben der Zulieferindustrie, der Erdölbranche und dem Straßenbau viele weitere technische Komponenten umfasst. Als soziotechnisches System begriffen erweitert sich der Individualverkehr um seine Nutzerinnen und Nutzer und Interessenverbände wie den Allgemeinen Deutschen Automobil Club (ADAC) bis hin zu politiknahen Lobbygruppen wie den Verband der Automobilindustrie (VDA) und ihre engen Beziehungen zur Politik.

Der Begriff der **Systeminnovation** bezieht sich in unserem Verständnis auf ein soziotechnisches System und beschreibt wesentliche Veränderungen oder Neuerungen dieser Systeme. Sie betreffen in der Regel mehrere Branchen und können auch zur Entstehung völlig neuer Sektoren führen (Freeman & Perez, 1988). Die grundlegende Veränderung des Systems bedarf dabei nicht allein der Diffusion einzelner Produkt- oder Dienstleistungsinnovationen, sondern benötigt die Orchestrierung des systemischen Zusammenwirkens verschiedener Produkt- und Serviceinnovationen sowie der Identifikation von Komplementaritäten, Synergien und Konkurrenzen zwischen Einzellösungen und deren Platzierung in einem wirksamen Transformationskonzept.

Als dritter Bestandteil der Abgrenzung umweltentlastender radikaler Systeminnovationen wäre der Begriff der **Umweltentlastung** definitorisch zu fassen. Als umweltentlastend sehen wir jede Innovation, „die wesentliche und nachweisbare Fortschritte zur Erreichung des Ziels der nachhaltigen Ent-

wicklung herbeiführt oder anstrebt, indem sie Umweltbelastungen verringert, die Widerstandsfähigkeit gegen Umweltveränderungen stärkt oder eine effizientere und verantwortungsvollere Nutzung natürlicher Ressourcen bewirkt" (Clausen & Gandenberger, 2018).

Eine **umweltentlastende radikale Systeminnovation** kann damit wie folgt beschrieben werden:

- Sie ist umweltentlastend, weil sie wesentliche und nachweisbare Fortschritte zur Erreichung ökologischer Ziele einer nachhaltigen Entwicklung herbeiführt,
- Sie umfasst starke Veränderungen der technologischen Wissensbasis und materialisiert sich in völlig neuen Produkten, Dienstleistungen, Geschäftsmodellen oder deren Kombinationen.
- Sie verändert soziotechnische Systeme wie z.B. Versorgungssysteme (Strom, Wärme, Nahrung) oder Produkt-Service-Systeme wie z.B. Mobilität in deutlichem Ausmaß und u.U. über die Grenzen von Branchen hinaus und kann auch zur Entstehung völlig neuer Sektoren wie auch zum Verschwinden von bisher etablierten Technologien, Verhaltensweisen oder Kulturen (Exnovation) führen.

Der Begriff „radikale Systeminnovation“ wird hier mit dem Begriff „radikale Systemtransformation“ gleichgesetzt und synonym verwendet, auch wenn die Begriffe „Innovation“ und „Transformation“ aus durchaus unterschiedlichen Theoriediskursen und Forschungsrichtungen kommen.

Im Rahmen des Projektes haben wir folgende Fälle von Transformation untersucht, deren Charakter als umweltentlastende radikale Systeminnovation in der folgenden Tabelle dargestellt wird:

**Tabelle 1: Fallstudien der Transformation großer Versorgungs- und Produktnutzungssysteme**

<b>Systeminnovation</b>	<b>Radikalität</b>	<b>Systemcharakter</b>	<b>Umweltentlastung</b>
Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland (Clausen, 2019a)	Völlig neue Technologien zur Gewinnung von Windkraft, Solarstrom etc. ersetzen etablierte Technologien wie z.B. Strom aus Kohle komplett.	Die bisherige zentrale und oft oligopolistische Struktur wird eine durch dezentrale Erzeugung, Speicherung und Verteilung mit vielfach neuen Eigentumsverhältnissen ersetzt.	Die Treibhauswirkung der Verbrennung fossiler Brennstoffe wird vermieden.
Wärmeversorgung Schweden (Clausen & Beucker, 2019a)	Vorher weniger genutzte Energiequellen wie Biomasse, aber auch völlig neue Technologien wie Wärmepumpen ersetzen etablierte Technologien wie z.B. Ölheizungen.	Die freie Wahl der Wärmetechnologie für jedes Gebäude entfällt, der Markt für Einzelwärmeerzeuger wird deutlich reduziert, Märkte für Wärmepumpen und Wärmenetze entstehen neu.	Die Treibhauswirkung der Verbrennung fossiler Brennstoffe wird vermieden.
Wärmeversorgung Dänemark (Clausen & Beucker, 2019b)	Vorher weniger genutzte Energiequellen wie Biomasse, aber auch völlig neue Technologien wie große Solarthermieanlagen	Die freie Wahl der Wärmetechnologie für jedes Gebäude entfällt, der Markt für Einzelwärmeerzeuger wird deutlich reduziert, Märkte für	Die Treibhauswirkung der Verbrennung fossiler Brennstoffe wird vermieden.

<b>Systeminnovation</b>	<b>Radikalität</b>	<b>Systemcharakter</b>	<b>Umweltentlastung</b>
	mit Saisonspeicher etc. ersetzen etablierte Technologien wie z.B. Öl- und Gasheizungen komplett.	Wärmepumpen, Wärmenetze, große Solarthermieanlagen und Saisonspeicher entstehen neu.	
PKW-Elektromobilität in Norwegen (Clausen, 2019b)	Der komplette fossile Antriebsstrang bisheriger PKWs wird durch Batterie und Elektroantrieb ersetzt.	Die Rolle von Zulieferern, OEMs und Start-ups in der Automobilbranche verändert sich deutlich, Tankstellen verschwinden langfristig und der Umgang mit dem Auto wie auch das Laden müssen neu erlernt werden.	Die Treibhauswirkung der Verbrennung fossiler Brennstoffe wird vermieden.
Umbau der Stadt Kopenhagen zur Fahrradstadt (Clausen, Warnicke & Schramm, 2019)	Der bis in die 1970er Jahre stark zunehmende Autoverkehr wird u.a. durch Rückbau von Parkmöglichkeiten zurückgedrängt.	Durch den systematischen Ausbau von Fahrradstraßen mit den Zielen der Verschiebung des Modal Split, aber auch der höheren Sicherheit und Geschwindigkeit, wird die Mobilität in Kopenhagen systemisch verändert.	Die Treibhauswirkung der Verbrennung fossiler Brennstoffe wird vermieden und die Gesundheit der Bevölkerung nachweislich gefördert.
Förderung des Ausbaus der Versorgung mit erneuerbarer Wärme in Baden-Württemberg (Clausen & Warnicke, 2019)	Stärkere Erhöhung des Anteils erneuerbarer Wärme in Baden-Württemberg als im bundesdeutschen Durchschnitt	Die Förderprogramme umfassen sowohl Lösungen für einzelne Gebäude wie auch Wärmeversorgungssysteme für ganze Ortschaften.	Die Treibhauswirkung der Verbrennung fossiler Brennstoffe wird minimal reduziert.
Ökolandbau im indischen Bundesstaat Sikkim (Clausen & Olteanu, 2019)	Statt auf Intensivlandwirtschaft mit ihren integrierten Technologiesystemen wird auf Ökolandbau auf 100% der Landwirtschaftsfläche im gesamten Staat gesetzt.	Durch Zucht und Verbreitung von robusten Sorten und Forcierung von geschlossenen Nährstoffkreisläufen wird die Landwirtschaft entwickelt und parallel der Ökotourismus aufgebaut,	Die schädlichen Auswirkungen von Pestiziden und Düngemitteln auf Biodiversität und Wasserqualität werden deutlich geringer, die Biodiversität wird erhalten.

Quelle: Eigene.

Hinter jeder der hier aufgeführten Systeminnovationen stehen vielfältige technische Neuerungen, die teilweise den Charakter einer radikalen Innovation haben. Die ökologischen Auswirkungen der hier aufgeführten Systeminnovationen sind vielfältig untersucht worden. Als Maß für den ökologischen Erfolg der Systemtransformation durch Governance-Mechanismen wurde der Verbreitungsgrad der betreffenden Produkt- und Dienstleistungsinnovationen genutzt. Im Rahmen der Fallstudien erfolgte eine Fokussierung auf die Entwicklung von Governance-Mechanismen zur Verbreitung und Durchsetzung dieser Systeminnovationen, der Dialog um ihre ökologische Optimierung ist andernorts zu führen.

## 3 Methode

### 3.1 Arbeitsschritte

Die Auswertung der Fallstudien erfolgt in vier Schritten:

- Schritt 1: Charakterisierung der untersuchten Systeminnovationen anhand wesentlicher Parameter der Systemgröße (Zahl der Menschen, die von der Veränderung des Systems betroffen, ökonomisches Volumen der Transformation) und der zeitlichen Entwicklung der Transformation (vgl. Kapitel 4).
- Schritt 2: Analyse der von staatlichen Akteuren eingesetzten Strategien und Instrumente zur Initiierung und Steuerung der Systemtransformation (vgl. Kapitel 5). Dabei wird auf die in Abschnitt 3.2 entwickelte Klassifikation eingesetzter staatlicher Strategien und Instrumente zurückgegriffen.
- Schritt 3: Im dritten Schritt erfolgt eine Reflektion der Forschungsfragen des Projektes unter besonderer Vertiefung der Orchestrierung des Einsatzes der politischer Instrumente, wie sie in der Theoriestudie dargestellt wurde (Clausen & Fichter, 2019a, S. 52ff) (vgl. Kapitel 6). Betrachtet werden in dieser Analyse nicht nur Aktivitäten staatlichen Transformationshandelns, also auf Veränderung gerichteten Handelns, sondern auch verschiedene Gegenstrategien, mit denen interessierte Kreise den Wandel zu behindern trachten (Clausen & Fichter, 2019a, S. 39, 55). Weiter wird analysiert, wie die verschiedenen Governance-Ebenen sich unterstützen oder sich behindern können. Auch Zusammenhänge zwischen dem Gegenstand der Transformation, also der radikalen Systeminnovation, und dem Verlauf der Transformation werden thematisiert.
- Schritt 4: Im letzten Schritt erfolgen eine zusammenfassende Bewertung sowie die Ableitung von Konsequenzen für die Öko-Innovationspolitik, soweit diese auf die Durchsetzung umweltentlastender radikaler Systeminnovationen gerichtet ist (vgl. Kapitel 7).

### 3.2 Klassifikation eingesetzter staatlicher Strategien und Instrumente

Für die Analyse der eingesetzten staatlichen Strategien und Instrumente der Systemtransformation ist eine geeignete Klassifikation erforderlich. Aufbauend auf den theoretischen Vorarbeiten (Clausen & Fichter, 2019a) nehmen wir hierzu Bezug auf Kivimaa und Kern (2016), die ihre Systematisierung des politischen Instrumentariums auf Arbeiten zur Multi-Ebenen-Perspektive, zu technologischen Innovationssystemen und dem strategischen Nischenmanagement gründen. In mehreren Aspekten erweitern sie das klassische Verständnis staatlicher Eingriffe (Kivimaa & Kern, 2016, S. 208) und Nutzen dabei bewusst den Schumpeter'schen Begriff der „creative destruction“:

- Sie unterteilen die staatlichen Handlungsoptionen nach der grundsätzlichen Zielsetzung der Förderung der Entstehung von Innovationen und Nischen einerseits („creative niche support“) und der Destabilisierung und des Rückbaus etablierter nicht-nachhaltiger Systeme („deconstruction (regime destabilisation)“ andererseits (Kivimaa & Kern, 2016, S. 208).

- Sie betonen die grundsätzliche Bedeutung einer klaren Rahmenvorgabe und Richtungssetzung, die auf einer grundsätzlichen Ebene Denk- und Suchstrategien in Richtung auf nachhaltige Lösungen lenken soll. Weiter stellen sie einen Zusammenhang zur Unterstützung und Legitimierung neuer Lösungen her.
- Neben der schon bei Rubik (2002, S. 331) betonten Bedeutung von Finanzierungsmöglichkeiten und Risikokapital, integrieren sie die seit Anfang des Jahrtausends immer wieder als wichtiges Element hervorgehobene Entrepreneurship- und Gründungsförderung (Clausen, 2004; Petersen, 2003; Schaltegger, 2002; Schaltegger & Petersen, 2000; Weiß & Fichter, 2013) in das Instrumentenspektrum des Nischenmanagements.
- Weiter betonen sie, wie auch Clausen und Fichter (2019b), die Bedeutung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses von Innovationen und sehen F&E-Aktivitäten mit dem Ziel des Erschließens von Lerneffekten und der Kostenreduktion ebenfalls als Instrument der Vorbereitung der Transformation.
- Das Spektrum der Instrumente zur Destabilisierung erweitern sie über die ökonomischen Instrumente der Steuern, Abgaben und Subventionen zur Veränderung der relativen Preise hinaus auf die Möglichkeiten zur Veränderung grundlegender Systemregeln (wie z.B. der Änderung der Regeln des Elektrizitätsmarktes 1998 (Kivimaa & Kern, 2016, S. 209)) sowie die gezielte Änderung von Netzwerkstrukturen durch den Staat, die sich z.B. auf die gezielte Reduktion des Einflusses von Lobbyisten etablierter Regime in politischen Beraterkreisen beziehen kann.

Für ihre Analyse des politischen Handlungsspektrums im Kontext von Transformationsprozessen zur Nachhaltigkeit nutzen sie den folgenden Analyserahmen mit 11 Kategorien möglichen staatlichen Handelns.

**Tabelle 2: Analytischer Rahmen von Kivimaa & Kern zur Untersuchung von „policy mixes for transition“**

<b>„Creative (niche support)“</b>	<b>„Destruction „regime destabilisation“</b>
Förderung der Entstehung von Innovationen und Nischen	Dekonstruktion bzw. Destabilisierung nicht-nachhaltiger Systeme
C1: Forschung und Entwicklung, Wissensverbreitung	D1: Ordnungsrecht, Steuern und Abgaben
C2: Etablierung von Marktnischen, Marktformation	D2: Grundlegende institutionelle Veränderungen
C3: Verbesserung Kosten-Nutzen Verhältnis	D3: Reduzierung der Unterstützung dominanter Technologien
C4: Entrepreneurship- und Gründungsförderung	D4: Veränderungen von Netzwerkstrukturen und Schlüsselakteuren
C5: Ressourcenmobilisierung	
C6: Legitimierung neuer Techniken, Praktiken, Visionen	
C7: Ziele u. Einfluss auf Such- und Entwicklungsrichtung	

Quelle: Kivimaa & Kern 2016, S. 208/209. Übersetzung Clausen & Fichter.

Der von Kivimaa & Kern (2016) entwickelte analytische Rahmen ist für die Zwecke unseres Forschungsvorhabens und die fallübergreifende Auswertung der „policy mixes for transition“ sehr gut geeignet. Mit Blick auf den spezifisch systemischen Charakter unseres Untersuchungsgegenstandes und die für die Entwicklung von Versorgungs- und Produktnutzungssystemen notwendige technische Infrastruktur (Stromnetze, Wärmenetze, Logistikinfrastruktur usw.) sehen wir allerdings die Notwendigkeit, diesen Rahmen um ein 12. Element zu erweitern und fügen eine weitere Funktion bzw. Klasse von Instrumenten hinzu, die „Infrastrukturentwicklung“ als transformatives Instrument politisches Handelns.

Weiterhin sehen wir mit Blick auf die durchgeführten sieben Fallstudien den Bedarf, die Instrumentengruppe „D.1 Ordnungsrecht, Steuern und Abgaben“ („control policies“) auf zwei eigenständige Gruppen aufzuteilen. Unsere Fallstudien zeigen, dass der Einsatz von „Ordnungsrecht“ einerseits und „Steuern und Abgaben“ andererseits analytisch gut separat erfasst werden kann und diese Gruppen in unseren Fällen durchaus unterschiedlich eingesetzt werden, so dass eine explizite Unterscheidung gerechtfertigt erscheint.

Eine weitere Anpassung des Analyserahmens von Kivimaa & Kern erscheint uns bei der Instrumentengruppe „D3: Reduzierung der Unterstützung dominanter Technologien“ sinnvoll, da diese Gruppe unterschiedliche Politikfelder betrifft. Während die in dieser Gruppe enthaltene Option des Abbaus der F&E-Förderung ausgewählter etablierter Technologielinien die Forschungs- und Innovationspolitik betrifft, ist der von Kivimaa & Kern dieser Gruppe ebenfalls zugeordnete Bereich des Subventionsabbaus beim Einsatz dieser Technologien (Produktion, Produktnutzung) eher der Wirtschaftspolitik zuzuordnen und kommt in der Regel in anderen Phasen eines Technologie- oder Produktlebenszyklus zum Einsatz. Für die Zwecke unserer Analyse ordnen wir den Subventionsabbau für den Einsatz bestimmter, als nicht-nachhaltig erkannter Technologien der Funktionsklasse „Steuern und Abgaben“ zu und behalten eine eigenständige Instrumentengruppe „Reduzierung der F&E-Förderung nicht-nachhaltiger Technologien und Systeme“ bei.

Für unsere Analysezwecke ändern wir außerdem die Reihenfolge der Auflistung der Instrumenten-/Funktionsgruppen, da uns diese bei Kivimaa & Kern nur eingeschränkt konsistent erscheint. Wir gehen hier nun von einer idealtypisch gedachten zeitlichen Reihenfolge des Instrumenteneinsatzes aus Sicht des Staates aus. Uns ist dabei klar, dass die Funktionen/staatlichen Maßnahmen in der Regel nicht sequenziell, sondern z.T. parallel und rekursiv erfolgen müssen. Daher hat diese „idealtypische“ Reihenfolge eher fiktiven Charakter.

Für die fallübergreifende Analyse unserer Fallstudien ziehen wir damit folgenden analytischen Rahmen heran:

**Tabelle 3: Klassifizierung möglicher staatlicher Instrumente und Funktionen bei Systemtransformationen**

<b>„Creative“:</b> Förderung der Entstehung von Innovationen und Nischen	<b>„Destruction“:</b> Dekonstruktion bzw. Destabilisierung von Regimen/nicht-nachhaltiger Systemen
C1: Ziele und Einfluss auf Such- und Entwicklungsrichtung	D1: Veränderungen von Netzwerkstrukturen und Schlüsselakteuren
C2: Ressourcenmobilisierung	D2: Grundlegende institutionelle Veränderungen
C3: Forschung und Entwicklung, Wissensverbreitung	D3: Steuern und sonstige Abgaben, inklusive Reduzierung von Subventionen
C4: Entrepreneurship- und Gründungsförderung	D4: Ordnungsrecht
C5: Legitimierung neuer Technologien, Praktiken, Visionen	D5: Reduzierung der F&E-Förderung nicht-nachhaltiger Technologien und Systeme
C6: Etablierung von Marktnischen, Marktformation	
C7: Infrastrukturentwicklung	
C8: Verbesserung Kosten-Nutzen Verhältnis	

Quelle: Eigene aufbauend auf Kivimaa & Kern 2016.

## 4 Unterschiede zwischen den untersuchten Fällen

### 4.1 Größe der untersuchten Systeme

Es erscheint plausibel, dass Systeme, die eine große Bevölkerung umfassen und in der es um Märkte mit sehr hohem Umsatz geht, schwerer transformierbar sind als kleine Systeme, zu denen weniger Menschen zuzuordnen sind und in denen kleinere Geldmengen bewegt werden. Im Folgenden wird daher versucht, die Größe der sieben untersuchten Systeme anhand von zwei Leitindikatoren zu beschreiben: Erstens, der Zahl an Menschen, die von der Veränderung des Systems betroffen sind sowie, zweitens, der Markttransaktionswert (Umsatzvolumina), der in dem jeweiligen System innerhalb einer definierten Zeit (pro Jahr) umgesetzt wird. Insbesondere die Frage der Umsatzvolumina ist im Detail nur aufwendig zu klären, weshalb im Folgenden nur eine grobe Abschätzung der Größenordnung vorgenommen wird.

In Deutschland werden jährlich ca. 650 TWh an Strom erzeugt (Statistisches Bundesamt, 2019a). Der Börsenpreis für Strom schwankte in den letzten Jahren um einen Mittelwert von ca. 40 €/MWh (Fraunhofer ISE, 2019), was einem Erzeugungswert von ca. 26 Mrd. € entspricht. Der Umsatz der Branche ist aber viel höher. Das statistische Bundesamt weist in 2017 als Umsatz der Unternehmen der Elektrizitätsversorgung 450 Mrd. € für aus (Statistisches Bundesamt, 2019b, S. 8). Wir ziehen letzteren Wert als Indikator für das Markttransaktionsvolumen des Stromversorgungssystems in Deutschland heran. Der Kern dieses immens großen Marktes wird durch die Energiewende verändert und der Branchenumsatz ist damit ein Maß für das Volumen der Transformation.

Die 11 Mio. Menschen in Baden-Württemberg haben in 2017 jeweils ca. 7,26 MWh Energie in Form von Heizöl, Erdgas und anderen Heizgasen verbraucht (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2019). Landesweit sind dies ca. 80 TWh, was bei einem durchschnittlichen Preis von 8 Cent/kWh (Forum Energii, Agora Energiewende & DBDH, 2018) einer umgesetzten Summe von ca. 6,4 Mrd. € entspricht.

In Schweden wird der Wärmeverbrauch für Heizung und Warmwasser mit 80 TWh angegeben (Clausen & Beucker, 2019a, S. 6). Der durchschnittliche Wärmepreis liegt bei ca. 8 Cent /kWh (Sköldbberg & Rydén, 2014, S. 43), woraus sich ein Jahresumsatz von ca. 6,4 Mrd. € errechnet.

In Norwegen wurden 2018 ca. 150.000 PKW neu zugelassen (Carsalesbase.com, 2019). Bei einem Preis vor Steuer von ca. 25.000 € pro Fahrzeug entspräche dies einem jährlichen Umsatz von ca. 3,75 Mrd. € vor Steuern – die in Norwegen allerdings noch einmal dieselbe Summe ausmachen können.

Dänische Haushalte verbrauchten in 2016 ca. 40 TWh an Wärme für Heizung und Warmwasser (Danish Energy Agency, 2018). Bei einem durchschnittlichen Wärmepreis von 8 Cent/kWh (Forum Energii et al., 2018) errechnet sich ein Umsatz mit Wärme an Endkunden von ca. 3,2 Mrd. €.

Die Ausgaben der 1,3 Mil. Einwohner von Groß-Kopenhagen für den Nahverkehr sind schwer zu schätzen. Zwar gibt es Hinweise auf den Anteil der Mobilitätskosten an durchschnittlichen Einkommen, aber keine Hinweise darauf, welcher Anteil für lokale Mobilität ausgegeben wird. Mit Blick auf den Tarifdschungel im Kopenhagener Nahverkehr wird ersatzweise als Vergleich eine Jahreskarte



Hamburg AB zu monatlichen Kosten im Abonnement<sup>2</sup> von 89,50 herangezogen. Jährlich ergibt dies 1.074 € pro Person. Bei 1 Million zahlenden Personen ergäbe sich so ein recht theoretisches Volumen des Nahverkehrsmarktes von ca. 1,1 Mrd. €.

Sikkim erwirtschaftet in der Landwirtschaft ein Bruttoinlandsprodukt von 12 Milliarden Rupien (KNOEMA Weltatlas, 2019), was mit einem Kurs von 1 Rupie = 1,3 Cent umgerechnet ca. 150 Mio. € ergibt. Als einziges nicht OECD-Gebiet<sup>3</sup> ist die Vergleichbarkeit der Größenordnung dieses Wertes aufgrund von Kaufkraftunterschieden lokal nicht gegeben. Der Anreiz, sich mit Blick auf den in Sikkim lokal entstehenden Markt z.B. durch die Gründung eines auf Bio-Ware spezialisierten Handelsunternehmens selbständig zu machen, wird also durch den hier angegebenen Markttransaktionswert nicht korrekt wiedergeben. Anders ist es mit dem Wert, den der Landwirtschaftsmarkt von Sikkim z.B. für die internationalen Agrarkonzerne mit ihren Angeboten an Pestiziden und Kunstdünger hat. Aus dieser Perspektive wird die Größe des Marktes wiederum korrekt angegeben.

**Tabelle 4: Größe der untersuchten Systeme im Vergleich**

<b>Systeminnovation</b>	<b>Zahl der betroffenen Menschen in Mio.</b>	<b>Betrachtetes System</b>	<b>Markttransaktionswert (Umsatzvolumen) des zu transformierenden Systems pro Jahr in Mrd. €</b>
Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland (Clausen, 2019a)	83	Stromversorgung in Deutschland	450
Förderung des Ausbaus der Versorgung mit erneuerbarer Wärme in Baden-Württemberg (Clausen & Warnecke, 2019)	11	Energieversorgung Baden-Württemberg	6,4
Wärmeversorgung durch mit erneuerbarer Wärme gespeiste Wärmenetze in Schweden (Clausen & Beucker, 2019a)	10,2	Wärmeversorgung in Schweden	6,4
PKW-Elektromobilität in Norwegen	5,3	PKW-Neuwagen in Norwegen	3,75
Wärmeversorgung durch mit erneuerbarer Wärme gespeiste Wärmenetze in Dänemark (Clausen & Beucker, 2019b)	5,7	Wärmeversorgung in Dänemark	3,2
Umbau der Stadt Kopenhagen zur Fahrradstadt (Clausen et al., 2019)	1,3	Nahverkehr Groß-Kopenhagen	1,1
Ökolandbau im indischen Bundesstaat Sikkim (Clausen & Olteanu, 2019)	0,6	Landwirtschaft Bundesstaat Sikkim	0,15

Quelle: Eigene.

<sup>2</sup> Vgl. <https://www.hvv.de/de/fahrkarten/wochen-monatskarten/vollzeit-karten-vom-14.11.2019>.

<sup>3</sup> Zwischen den Ländern Deutschland, Dänemark, Schweden und Norwegen bestehen zwar ebenfalls Kaufkraftunterschiede. Diese sind jedoch vergleichsweise klein und werden hier vernachlässigt.

Die Größenordnung der verschiedenen Systeme, die Gegenstand der Transformationspolitiken waren, ist sehr unterschiedlich. Sie erstreckt sich von der Zahl der betroffenen Personen von 600.000 Einwohnern in Sikkim bis zu 83 Mio. Einwohnern in Deutschland. Das ist ein Unterschied von 1:130. Mit Blick auf die verschiedenen Maßzahlen der Märkte erstreckt sich das Spektrum sogar über einen Bereich von 1:3000<sup>4</sup> von 150 Mio. € Bruttoinlandsprodukt im Landwirtschaftssektor in Sikkim bis zu einem Umsatz von 450 Mrd. € der Elektrizitätsbranche in Deutschland.

Diese sehr unterschiedlichen Größenordnungen können eine der Erklärungen dafür sein, dass die Instrumentierung der „großen“ Transformationsprozesse deutlich differenzierter ist als die der „Kleinen“ und dass auch die Auseinandersetzung um Lobbyinteressen um die Strommärkte in Deutschland deutlich härter ausfällt als um den Fahrradverkehr in Kopenhagen.

## 4.2 Zeitliche Entwicklung der Transformation

Die sieben von uns untersuchten Transformationsprozesse zur Durchsetzung radikaler umweltentlastender Systeminnovationen sind nur eine kleine Stichprobe. Dennoch lassen sich aus ihnen ein paar Sachverhalte ableiten. Ein zentrales Ergebnis ist, dass die Geschwindigkeit der Transformation solcher großer Systeme begrenzt ist.

**Tabelle 5: Stand der Transformation und Geschwindigkeit der Veränderung**

Systeminnovation	Stand der Transformation 2018	Fortschritt in Prozentpunkten in X Jahren	Fortschritt pro Jahr in Prozentpunkte	Einheit
Ökolandbau im indischen Bundesstaat Sikkim (Clausen & Olteanu, 2019)	100%	100 in 10 Jahren	10	Ökolandbau an der Agrarfläche
Wärmeversorgung durch mit erneuerbarer Wärme gespeiste Wärmenetze oder Wärmepumpen in Schweden (Clausen & Beucker, 2019a)	88%	63 in 30 Jahren	2,1	Anteil nicht fossile Energieträger in Wärmenetzen
	99%	54 in 30 Jahren	1,8	Anteil Regenerative und Fernwärme am Energieverbrauch für Heizwärme und Warmwasser
Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland (Clausen, 2019a)	41%	34 in 20 Jahren	1,7	Anteil an der gesamten Stromerzeugung
PKW-Elektromobilität in Norwegen (Clausen, 2019b)	14%	14 in 10 Jahren	1,4	Anteil BEV und PHEV am norwegischen Automobilbestand
Wärmeversorgung durch mit erneuerbarer Wärme gespeiste	62%	29 in 30 Jahren	0,97	Anteil erneuerbare Wärme an der beheizten Fläche

<sup>4</sup> Dieser Wert würde niedriger ausfallen, wenn die Kaufkraftunterschiede berücksichtigt würden.

Systeminnovation	Stand der Transformation 2018	Fortschritt in Prozentpunkten in X Jahren	Fortschritt pro Jahr in Prozentpunkte	Einheit
Wärmenetze in Dänemark (Clausen & Beucker, 2019b)	50%	25 in 30 Jahren	0,83	Anteil Wärmenetze an der beheizten Fläche
Umbau der Stadt Kopenhagen zur Fahrradstadt (Clausen et al., 2019)	36%	12 in 45 Jahren	0,27	Anteil am Modal Split in der Kernstadt
Förderung des Ausbaus der Versorgung mit erneuerbarer Wärme in Baden-Württemberg (Clausen & Warnecke, 2019)	16% (Ba.-Wü.) 14% (Bund)	0 in 15 Jahren	0	Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch Wärme und Kälte im Unterschied zum Bundesdurchschnitt (Prozentpunkte)

Quelle: Eigene.

Der schnellste Prozess scheint im indischen Bundesstaat Sikkim abgelaufen zu sein. Dort wurde in nur 10 Jahren die gesamte Agrarfläche öko-zertifiziert, also mit einer Rate von 10% p.a. Einschränkend ist hier anzumerken, dass in Sikkim noch nie viel Kunstdünger und Pestizide eingesetzt wurden, da diese zu einem für die dortigen Bauern kaum bezahlbaren Preis verkauft und deswegen subventioniert wurden. Letztlich hat Sikkim damit im engeren Sinne keine Transformation des landwirtschaftlichen Anbausystems durchgeführt, sondern sie haben „aus der Schwäche eine Stärke“ gemacht, die ohnehin niedrigen Verbrauchsmengen an Kunstdünger und Pestiziden aus dem System ausgeschleust, die Flächen komplett öko-zertifiziert und dies beim Aufbau des Öko-Tourismus geschickt als nationale Stärke genutzt. Die Vergleichbarkeit des Falles Sikkim mit den anderen Fällen muss daher als eingeschränkt beurteilt werden.

In Dänemark und Schweden wurde eine Ausbaugeschwindigkeit der Wärmenetze und der erneuerbaren Wärmequellen von 1% bis 2% p.a. erreicht. Die deutsche Energiewende in der Stromversorgung schritt in der Zeit seit dem Jahr 2000 mit ca. 1,7% p.a. voran, scheint aber aktuell zum Stillstand zu kommen. Die „Transformationsgeschwindigkeit“ beträgt im zweitlangsamsten Fall, dem Umbau von Kopenhagen zur Fahrradstadt, gerade einmal 0,27% p.a. Verschiebung des Modal Split hin zum Fahrradverkehr. Norwegen mit einer Steigerung des Anteils von Batterieelektrischen und Hybridautos am PKW-Bestand schaffte eine Transformationsgeschwindigkeit von ca. 1,4% p.a.

Schlusslicht ist der Fall Baden-Württemberg, das seinen Vorsprung (von 8% auf 16%) gegenüber dem Bundesdurchschnitt (von 6% auf 14%) in Höhe von 2 Prozentpunkten trotz zusätzlicher landesspezifischer Programme in 15 Jahren nicht verändern konnte. Es kann angenommen werden, dass unter dem „gläsernen Deckel“ einer unambitionierten Politik der CDU-geführten Bundesregierung seit 2005 auf Landesebene nicht mehr möglich gewesen ist. Gemessen an der Differenz zum Bundesdurchschnitt (in Prozentpunkten) haben die zusätzlichen landesspezifischen Programme offenbar keine nennenswerten weiteren Wirkungen entfalten können.

Es wäre noch kritisch zu fragen, ob die Transformationsgeschwindigkeit u.U. durch politische Kurswechsel reduziert worden sein könnte. Zu nennen wäre hier die Wirkung der Deregulierung und der Absenkung der Ambitionen im Klimaschutz durch die neoliberale dänische Regierung unter Rasmussen zwischen 2001 und 2006. Diese hatte allerdings kaum einen dämpfenden Effekt auf die Transformation der Wärmeversorgung, sondern wirkte sich eher mit Blick auf die Stromerzeugung aus (Eikeland & Inderberg, 2016). Schon 2006 änderte aufgrund breiten öffentlichen Widerstands das zweite Kabinett Rasmussen seine Politik grundlegend und kehrte zu einer ökologisch anspruchsvollen Agenda zurück (Eikeland & Inderberg, 2016). Auch in Schweden war eher die Stromerzeugung Gegenstand politischer Kurswechsel, besonders ist ein wiederkehrendes hin und her um die Zukunft der Atomkraft zu beobachten (Clausen & Beucker, 2019a, S. 20), welches sich zwar offenbar dämpfend auf den Windkraftaufbau, aber kaum auf den Umstieg auf regenerative Wärme ausgewirkt hat.

Kurswechsel sind in Deutschland in Form des Wiedereinstiegs in die Atomkraft von 2010 bis 2011 wie auch durch die Photovoltaik-Novelle des EEG von 2012, durch die Einführung der Abstandsregeln für Windkraftanlagen und durch das 2017 eingeführte Ausschreibungsverfahren für EE-Projekte zu beobachten. Ihre Wirksamkeit zur Verzögerung der Transformation kann besonders im Fall der Photovoltaik-Novelle wie auch beim Ausschreibungsverfahren und dem gegenwärtig drohenden Kollaps der Windenergiebranche (Umweltbundesamt, 2019; Zu Klampen, 2019) als ausgesprochen hoch beurteilt werden.

Aus der Betrachtung der zeitlichen Entwicklung folgt aber dennoch ein eindeutiger Befund. Die radikale Transformation von großen Versorgungssystemen benötigt Jahrzehnte. Ein einmal eingeschlagener neuer Pfad muss über 50 bis 100 Jahre verfolgt werden, um das komplette System umzustellen. Es mag auch schneller gehen, aber ein Beispiel für einen solchen, noch deutlich schnelleren Prozess, ist noch nicht dokumentiert. Hier tut sich ein Widerspruch zum Zögern der Regierungen mit eindeutigen Maßnahmen auf. Denn zur Begrenzung des Klimawandels sind weit größere Transformationsgeschwindigkeiten erforderlich. In Abhängigkeit vom Beginn einer Trendwende der weltweiten Emission errechnen Wicke et al. (2010) notwendige Reduktionsraten der CO<sub>2</sub>-Emissionen von bis zu 9% pro Jahr. Auch auf Basis des Restbudgetansatzes sind aus Sicht von Rahmstorf (2019) Reduktionsraten in Höhe von ca. 7% erforderlich.

## 5 Analyse des Einsatzes politischer Instrumente in untersuchten Transformationsfällen

Im folgenden Kapitel wird zunächst eine Übersicht über den Einsatz verschiedener Instrumententypen in den Governance-Bemühungen staatlicher Akteure gegeben und es werden grundlegende Muster des Zusammenwirkens verschiedener Politikmaßnahmen (Policy Mix) identifiziert. Im Anschluss werden die verschiedenen Instrumententypen im Einzelnen diskutiert.

### 5.1 Übersicht des Einsatzes verschiedener Instrumententypen

Die fallübergreifende Auswertung der sieben Transformationsfälle zeigt, dass 12 der 13 der Analyse zu Grunde gelegten Instrumententypen in den staatlichen Transformationsbemühungen zur Anwendung gekommen sind. Lediglich das Politikinstrument D5 (Reduzierung der F&E-Förderung für etablierte Technologien und Systeme) konnte in keinem der sieben Fällen identifiziert werden (vgl. Tabelle 7 sowie die detaillierte Tabelle in Anhang 1).

In allen Fällen spielen klare langfristige Zielsetzungen und Planungen (C1) sowie Maßnahmen zur Legitimierung der betreffenden neuen Technologien oder Systeme (C5) eine wesentliche Rolle und sorgen damit für Richtungssicherheit. Ein weiterer Instrumententyp, der maßgeblich zur Schaffung und Aufrechterhaltung der Richtungssicherheit beitragen kann, nämlich die Veränderung von Netzwerkstrukturen und Schlüsselakteuren (D1), lässt sich in vier der sechs erfolgreichen Transformationsfällen finden. Der Instrumententyp Etablierung grundlegender neuer Regelsysteme (D2), der zur langfristigen institutionellen Richtungsstabilisierung beitragen kann, findet sich in vier der sechs erfolgreichen Transformationsfällen.

Maßnahmen der staatlichen Förderung von Forschung und Entwicklung und Wissensverbreitung (C3) lassen sich ebenfalls in allen untersuchten Fällen identifizieren. Dazu findet in den meisten Fällen (fünf von sieben) auch eine gezielte Mobilisierung von Ressourcen (in der Regel Finanz- und Fördermittel) statt. Dahingegen spielt der Einsatz von Entrepreneurship- und Gründungsförderung (C4) in den untersuchten Fällen mit Ausnahme der Stromwende in Deutschland keine nennenswerte Rolle. Auch im Rahmen der Stromwende in Deutschland ist eine gezielte, auf dieses Transformationsvorhaben abgestellte Gründungsförderung bislang eher marginaler Natur (vgl. dazu die Tabelle in Anhang 1).

Staatliche Maßnahmen zur Etablierung von Marktnischen sowie zur gezielten Marktformation (C6) sind ebenso in allen untersuchten Fällen zu finden. Weiterhin spielen die Instrumententypen Verbesserung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses neuer Versorgungs- und Produkt-Service-Systeme (C8) und Steuern und Abgaben (inkl. Reduzierung von Subventionen für als nicht-nachhaltig erkannte Technologien) (D3) in allen sechs erfolgreichen Transformationsfällen eine zentrale Rolle. Es deutet sich an, dass Instrumententypen, die gezielt die ökonomischen Rahmenbedingungen und Anreize für die Durchsetzung und Verbreitung neuer nachhaltiger Systeme unterstützen (C2, C6, C8 und D3), für den Erfolg grundlegender Systemtransformationen offensichtlich eine fundamentale Rolle zu spielen.

Auch die Veränderung des Ordnungsrechts (D4) kommt in fast allen Fällen explizit zum Zuge. Nur im Fall des Umbaus Kopenhagens zur Fahrradstadt bedurfte es keiner Veränderung des Ordnungsrechtes, sondern es war offensichtlich ausreichend, den bestehenden ordnungsrechtlichen Rahmen konsequent auszuschöpfen. Die Veränderung oder konsequente Nutzung des Ordnungsrechts spielte damit in allen untersuchten Fällen eine prominente Rolle.

Fallübergreifend können folgende grundlegende Policy-Mix-Muster identifiziert werden:

- (1.) In allen Fällen spielen klare langfristige Zielsetzungen und Planungen (C1) sowie Maßnahmen zur Legitimierung der betreffenden neuen Technologien oder Systeme (C5) eine wesentliche Rolle und sorgen damit für Richtungssicherheit.
- (2.) Alle erfolgreichen Beispiele sind von einem Zusammenspiel von „Creative“- und „Destruction“-Instrumenten geprägt, schaffen also eine Synchronisation von Innovation bzw. deren Diffusion einerseits und Exnovation andererseits.
- (3.) Alle erfolgreichen Fälle nehmen „harte“ ökonomische Maßnahmen (D3) vor und nutzen ordnungsrechtliche Instrumente (D4). Sie setzen also auf wirtschaftliche Anreize und klare Vorschriften.
- (4.) In allen erfolgreichen Fällen spielt die begleitende Infrastrukturentwicklung (C7) eine zentrale Rolle.

**Tabelle 6: Übersicht des Einsatzes verschiedener Instrumententypen in untersuchten Transformationsfällen**

Systeminnovation	Stand Transformation	Einheit	Betrachtungszeitraum	Fortschritt p.a. in %-Pkte.	Creative								Destruction				
					C1 Ziele	C2 Ressourcen	C3 F&E / Wissen	C4 Gründung	C5 Legitimität	C6 Nischen	C7 Infrastruktur	C8 Kosten-Nutzen	D1 Netzwerke	D2 Neue Regeln	D3 Steuern Abgaben	D4 Ordnungsrecht	D5 Reduzierung F&E
Ökolandbau im indischen Bundesstaat Sikkim	100%	Ökolandbau an der Agrarfläche	10 Jahre (2009 - 2019)	10	J	J	J	N	J	J	J	J	J	J	J	J	N
Wärmeversorgung durch mit erneuerbarer Wärme gespeiste Wärmenetze oder Wärmepumpen in Schweden	88%	Anteil nicht fossile Energieträger in Wärmenetzen	30 Jahre 1989 - 2019	2,1	J	J	J	N	J	J	J	J	J	N	J	J	N
	99%	Anteil Regenrative und Fernwärme am Energieverbrauch für Heizwärme und Warmwasser		1,8													
Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland	41%	Anteil an der gesamten Stromerzeugung	20 Jahre (1998 - 2018)	1,7	J	J	J	J	J	J	J	N	J	J	J	J	N
PKW-Elektromobilität in Norwegen	14%	Anteil BEV und PHEV am norwegischen Automobilbestand	10 Jahre (2009-2019)	1,4	J	J	J	N	J	J	J	J	N	N	J	J	N
Wärmeversorgung durch mit erneuerbarer Wärme gespeiste Wärmenetze in Dänemark	62%	Anteil erneuerbare Wärme an der beheizten Fläche	30 Jahre Von 1985 bis 2015	0,97	J	J	J	N	J	J	J	J	J	J	J	J	N
	50%	Anteil Wärmenetze an der beheizten Fläche	30 Jahre Von 1985 bis 2015	0,83													
Umbau der Stadt Kopenhagen zur Fahrradstadt	36%	Anteil am Modal Split in der Kernstadt	45 Jahre 1976 - 2016	0,27	J	J	J	N	J	J	J	J	J	J	N	N	
Förderung des Ausbaus der Versorgung mit erneuerbarer Wärme in Baden-Württemberg	16% (Ba.-Wü.) 14% (Bund)	Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch Wärme und Kälte im Unterschied (Prozentpunkte) zum Bundesdurchschnitt	15 Jahren (2003-2017)	0	J	J	J	N	J	J	N	N	N	N	N	J	N

J = Es konnten im Rahmen der fallübergreifenden Auswertung Politikmaßnahmen in dieser Instrumentengruppe identifiziert werden.

N = Es konnten bei der Analyse keine Politikmaßnahmen in dieser Instrumentengruppe identifiziert werden.

Auf Basis der oben beschriebenen Muster, lassen sich die 13 Instrumententypen, die in Tabelle 3 dargestellt sind, in vier Untergruppen bündeln, innerhalb derer besonders intensive Zusammenhänge

festgestellt werden können. Mit Blick auf die Ergebnisse haben wir auch einige der von Kivimaa und Kern verwendeten Begriffe angepasst. Dies sind die vier neuen Instrumententypen bzw. Aktivitätsfelder:

- C1: Ziele und Einfluss auf Such -und Entwicklungsstrategien
- C2: Legitimierung neuer Technologien, Praktiken und Visionen
- D1: Veränderung von Netzwerkstrukturen und Schlüsselakteuren
- D2: Grundlegende institutionelle Veränderungen.

Im Folgenden werden Erkenntnisse zu und Wechselwirkungen zwischen diesen vier Instrumententypen unter der Überschrift „Schaffung und Aufrechterhaltung von Richtungssicherheit“ zusammengefasst.

Vier weitere Instrumententypen liegen an der Schnittstelle von Innovationsförderung und Nischenentwicklung und haben als Voraussetzung für Diffusions- und Transformationsprozesse eine wichtige vorbereitende Funktion:

- C3: Forschung und Entwicklung, Wissensverbreitung
- C4: Entrepreneurship- und Gründungsförderung
- C6: Etablierung von Marktnischen und Marktformation
- D5: Reduzierung der F&E-Förderung für nicht-nachhaltige Technologien und Systeme

Die Beispiele, die wir zur Bedeutung von diesen vier Instrumententypen gefunden haben, lassen sich unter der Überschrift „Innovationspolitik und Nischenentwicklung“ zusammenfassen.

Die zentrale Steuerung der Transformation findet durch die Instrumentierung weiterer Aktivitätstypen statt. Diese sind:

- C2: Ressourcenmobilisierung
- C.8: Verbesserung Kosten-Nutzen-Verhältnis
- D3: Steuern, Abgaben und Subventionen
- D4: Ordnungsrecht

Erkenntnisse zu diesen Instrumententypen fassen wir unter der Überschrift „Synchronisation von Diffusion und Exnovation“ zusammen.

Als letztes, ebenfalls wichtiges aber dennoch diskret zu behandelnder Instrumententyp fokussieren wir die

- C7: Infrastrukturentwicklung.

Oft haben wir hier Aktivitäten zur Umgestaltung staatlicher Infrastrukturen gefunden, also z.B. den Um- oder Aus- oder Rückbau von Straßen oder Energieinfrastrukturen wie Wärme- oder Gasnetze. Erkenntnisse zu diesem Punkte dokumentieren wir unter der Überschrift „Infrastrukturentwicklung“.



## 5.2 Entwicklung und Aufrechterhaltung von Richtungssicherheit

Ein wesentlicher Faktor für den Erfolg einer Transformation liegt darin, dieser ein klares Ziel zu geben und dieses richtungssicher über viele Jahrzehnte anzusteuern. Das politische Ziel kann dabei auf unterschiedlichen Wegen entstanden sein. Naturwissenschaftliche Erkenntnisse wie diejenigen zur Klimakrise können genauso Ausgangspunkt für die Zielfestlegung sein wie politische ausgehandelte Verträge wie das Pariser Klimaschutzabkommen (UN FCCC, 2015) oder auch nationale Foresight-Prozesse. Zur Etablierung von Zielen ist es notwendig, diese positiv zu besetzen und zu „framen“. Schneidewind (2018, S. 10) spricht von einem identitätsstiftenden und transdisziplinären Narrativ, welches *„ökologische, technologische, ökonomische, sozial- und kulturwissenschaftliche Erkenntnisse zu einem Hoffnung gebenden Gestaltungsprogramm“* verdichtet.

Um Ziele glaubwürdig in der Gesellschaft verankern zu können, ist es erforderlich, sie mit einer konsistenten Strategie und einem umsetzbaren Handlungsprogramm zu untersetzen. Um Zielen und Strategien gesellschaftliche Legitimität zu verschaffen ist ein konsistentes Handeln des Staates hilfreich. Die Umsetzung der Strategie spielt hier genauso eine Rolle wie die Beteiligung des Staates selbst an der Transformation, z.B. durch die Veränderung von Abläufen und Prozessen staatlicher Institutionen sowie durch öffentliche Beschaffung. Die Legitimität kann zudem auch durch die bereite Beteiligung der Konsumierenden wie auch der Unternehmen an der Transformation aufgebaut werden.

Dabei darf aber nicht vergessen werden, dass mit den anstehenden großen Transformationen in der Energieversorgung, in der Mobilität und in Landwirtschaft und Ernährung nicht nur „Hoffnung gebende“ Aspekte sind, sondern auch materielle Nachteile für all diejenigen verbunden sind, die bisher von den Funktionen des etablierten nicht-nachhaltigen Regimes profitiert haben. Vielfältige ökonomische Interessen sowie institutionelle und nutzungsbezogene Pfadabhängigkeiten (Kahlenborn, Clausen, Behrendt & Göll, 2019) führen dazu, dass die „Verlierer der Transformation“ ihre Interessen mit starkem Druck verteidigen. Da diese Akteure das etablierte Regime vertreten, verfügen sie im Regelfall über reichliche finanzielle Ressourcen, während auf der Gewinnerseite der Transformation dagegen häufig Institutionen und Unternehmen zu finden sind, deren erfolgreiche Zukunft noch bevorsteht und deren finanzielle Ressourcen daher begrenzt sind.

Während also auf der einen Seite Ziele gesetzt, Strategien und Pläne erarbeitet und Narrative geschaffen werden, um so den Wechsel auf einen nachhaltigen Pfad zu ermöglichen, wird auf der anderen Seite die wissenschaftliche Grundlage der Motivation zum Wandel bezweifelt, z.B. durch Klimawandelskepsis (Clausen & Beucker, 2020) bis hinauf in höchste Entscheidungsgremien von Politik und Unternehmen, es wird die Wirksamkeit der Strategien und die Erreichbarkeit der Ziele hinterfragt und es werden unter Heranziehung „alternativer Fakten“ alternative Transformationspfade entworfen, deren Nutznießer oft die Akteure des etablierten Regimes sind, die aber die Zielerreichung häufig in Frage stellen.

### 5.2.1 Ziele und Einfluss auf Such- und Entwicklungsrichtungen

Die meisten Fallstudien zeigen, dass die untersuchten Transformationsprozesse zum größten Teil mit anspruchsvollen Zielsetzungen verbunden sind.

- Dänemark strebt bis 2035 eine 100% regenerative Fernwärme an, durch die schon heute 2/3 aller Haushalte mit Wärme versorgt werden (Clausen & Beucker, 2019b).
- Kopenhagen strebt einen Anteil von 50% Fahrradfahrenden auf dem Weg zu Arbeit oder Schule in 2025 an (City of Copenhagen, 2017).
- In Norwegen soll der Verkauf aller PKW mit Verbrennungsmotor incl. aller Hybridmodelle 2025 eingestellt werden (Stortinget, 2017).
- Deutschland hat das Ziel, die Treibhausgasemissionen aus dem Energiesektor bis 2030 um ca. 38% gegenüber 2020 zu reduzieren sowie das Langfristziel der weitgehenden Treibhausgasneutralität bis 2050 (Die Bundesregierung, 2019).
- Der indische Bundesstaat Sikkim hat sein Ziel, 100% der landwirtschaftlichen Fläche ökologisch zu bewirtschaften und zu zertifizieren, schon 2014 erreicht (Avasthe, Singh, Babu, Pashte & Sharma, 2019).

Die einzige Ausnahme ist Schweden. Zwar führte hier die 1991 eingeführte CO<sub>2</sub>-Steuer zu einem erfolgreichen Umsteuern, aber erst 2009 formulierte Schweden Ziele für die Energieversorgung und den Klimaschutz.

In allen sechs Fallstudien gelang die Aufrechterhaltung der Zielorientierung über mehrere Jahrzehnte. Es gab aber vereinzelte Rückschläge. Hierzu gehört ein Versuch der Umsteuerung der Energiepolitik in Dänemark unter der neoliberalen Regierung Rasmussen ab 2001, der aber nach wenigen Jahren aufgegeben wurde (Eikeland & Inderberg, 2016). In Sikkim wurde im April 2018 versucht, den Import nicht-ökologisch erzeugter Nahrungsmittel in den Staat zu verbieten, was einen Mangel an zentralen Agrarprodukten und drastische Preissteigerungen zur Folge hatte (Clausen & Olteanu, 2019). Das Verbot wurde im Herbst 2018 wieder aufgehoben und der Initiator der Sikkim Organic Mission, Shri Pawan Chamling, im Mai 2019 als Ministerpräsident abgewählt. In Deutschland wurde der Widerstand gegen die Energiewende ab 2012 spürbar. Seither hat die CDU-geführte Bundesregierung die Photovoltaikbranche in die Krise geführt und zettelt gerade weitere Probleme in der Windbranche an. Bei den Transformationsprozessen in Kopenhagen, Norwegen und Schweden wurden keine Rückschläge festgestellt.

### 5.2.2 Legitimierung neuer Technologien, Praktiken und Visionen

Die Legitimität der Transformationsprozesse beruht in allen Fällen auf einer zumindest phasenweise breiten politischen Koalition sowie Unterstützung durch die Öffentlichkeit. In Dänemark wurde die alternative Energieperspektive einer stark auf Atomkraft basierenden Energieversorgung schon in den 1980er Jahren endgültig zu den Akten gelegt. Aus Kopenhagen wurden von der Entwicklung zur Fahrradstadt abweichende Planungen im Laufe der Recherchen nicht gefunden. Auch in Norwegen

dominiert im Anschluss an einen Anfang des Jahrtausends erzielten Konsens von Politik, Wirtschaft und Gesellschaft die konsequente Umsetzung der Elektroautostrategie das Feld, die aufgrund der reichlichen Ressourcen von Wasserkraft auch gut zu den natürlichen Energiepotenzialen passt. Energiepolitische Auseinandersetzungen in Schweden betrafen eher die Frage, welche Macht die Energiekonzerne erringen und wie weit sie Wärmepreise diktieren können. In Sikkim erschütterte die Nahrungsmittelkrise in 2018 den Konsens um die Sikkim Organic Mission, die aber auch durch den neuen Ministerpräsidenten aktiv weiter verfolgt wird (AgroSpectrum, 2019). Und in Deutschland unterstützt zwar die Bevölkerung seit langer Zeit die Energiewende mehrheitlich, aufgrund der in vielen Kreisen verbreiteten Klimawandelskepsis und mangelnder Veränderungsbereitschaft wie auch aufgrund einer wirksamen Artikulierung von Lobbyinteressen der etablierten (fossilen) Energieunternehmen scheint der Prozess des Umbaus der Stromversorgung aber gegenwärtig zum Stillstand zu kommen.

### 5.2.3 Veränderung von Netzwerkstrukturen und Schlüsselakteuren

Die Befürworter der Transformation zur nachhaltigen Gesellschaft haben über Jahrzehnte Technologien entwickelt, Demonstrationsprojekte wie das Windkraftwerk Tvindkraft (CICD, 2002) realisiert und liebenswerte Nischen aufgebaut, in denen bis zu einem gewissen Grade anders produziert und konsumiert wurde.

In einigen Fällen haben sie sich unterstützt durch Zufälle bzw. kontingente Ereignisse gegen die etablierten Unternehmen durchgesetzt, wie z.B. bei der Beschlussfassung zum Stromeinspeisungsgesetz (Clausen, 2017). Während aber die Studien zu den Transformationsprozessen in Skandinavien den Eindruck vermitteln, als würden früher oder später auch die Unternehmen die gesellschaftlich ausgehandelten und beschlossenen Kompromisse akzeptieren und „mitmachen“, scheint dies in Deutschland anders zu sein. Wesentliche Konfliktlinien bei der Durchsetzung einer erneuerbaren Stromversorgung wurden in der entsprechenden Fallstudie nachgezeichnet (Clausen, 2019a).

Die Auseinandersetzung mit Lobbys, so zeigt das Beispiel Deutschland, kann genauso wie der Umbau der Systeme, Jahrzehnte dauern. Er dürfte erst mit dem Verschwinden des letzten Unternehmens der etablierten Regime endgültig zu Ende gehen. Durch Lobbyisten werden unterschiedliche Diskursstrategien eingesetzt (Geels, 2014), für die jeweils eine unterschiedliche Wissensbasis benötigt wird:

- **Diagnostisches Framing**, das versucht, die Identifikation der Probleme zu beeinflussen oder umzulenken und dessen Anwendung umfangreiches Wissen zur Natur der Probleme benötigt,
- **prognostisches Framing**, mit dem die Auswahl von Problemlösungen beeinflusst werden soll und für das Detailwissen über Lösungsalternativen erforderlich ist sowie
- **motivationale Framing**, das die Begründung für das Handeln hinterfragt oder verändert und im Wesentlichen eine argumentative Herausforderung für die PR darstellt.

Im Kontext des diagnostischen Framings ist die Klimawandelleugnung von Bedeutung, die in der Fallstudie zum Gebäudeenergiegesetz vertieft diskutiert wurde (Clausen & Beucker, 2020). Als zweites Thema wird zunehmend auch ein verzerrter Begriff der persönlichen Freiheit bemüht, der sich auch auf das Recht zum Fahren übergroßer Autos mit Verbrennungsmotor sowie auf die freie Wahl des

Energieträgers für die Heizung beziehen soll und dem Staat das Recht auf regulative Eingriffe unter Verweis auf das Grundgesetz abspricht (Clausen & Beucker, 2020).

Die Methode des prognostisches Framings besteht darin, Unsicherheit über die Lösung des Problems zu schüren. Dies kann entweder so geschehen, dass der präferierten Lösung abgesprochen wird, das Problem lösen zu können (Hirschl, 2007, S. 130), aber auch durch den Vorschlag zusätzlicher Alternativen, durch die die Zielklarheit reduziert und der Prozess wirksam verzögert werden kann, wie z.B. durch die gegenwärtige Debatte um die Option Power-to-X als universellen Löser aller Energieprobleme (Power to X Allianz, 2019).

Sowohl eine veränderte Problemdiagnose wie auch eine erhöhte Unsicherheit über die Zielorientierung wirken sich dann auf die Motivation aus, den Wandel herbeizuführen. Kivimaa und Kern (Kivimaa & Kern, 2016, S. 208) schlagen deshalb vor, Netzwerkstrukturen wie z.B. die Vertretung etablierter Branchen in Beratungsgremien der Politik aktiv in Frage zu stellen oder mindestens durch eine Repräsentanz der ggf. neu gegründeten Verbände der „neuen Lösungen“ ein Gleichgewicht herzustellen. Gegenstand der Auseinandersetzung müssen aber auch die manchmal hanebüchenen Studien und Argumente der Lobbyisten sein (Institut für Wärme und Oeltechnik e.V. (IWO) & MEW Mittelständische Energiewirtschaft Deutschland e.V., 2018) sowie die Frage, welcher Anteil des Lobbyismus unter der Oberfläche der Sichtbarkeit stattfindet. Transparenzregeln sind daher ein ganz wesentlicher Baustein der Vorbereitung der Transformation.

In den Fällen der Fahrradstadt Kopenhagen wie auch der Elektromobilität in Norwegen stießen wir auf keine nennenswerten Hinweise von Lobbyaktivitäten.

Ein Versuch neoliberaler Kreise, die Transformation zur erneuerbaren Stromerzeugung und die Wärmewende in Dänemark in Frage zu stellen wurde aufgrund heftigen Widerstands der Bevölkerung nach wenigen Jahren aufgegeben.

In Schweden gelang es den Energiekonzernen die implizite Regel der Gemeinnützigkeit der Wärmeversorgung im Zuge der Liberalisierung des Wärmemarktes erfolgreich in Frage zu stellen und ihre Abschaffung zu erreichen, was zur Übernahme eines wesentlichen Teils der Wärmenetze durch kommerzielle Betreiber führte.

In Sikkim äußerte sich im Anschluss an das Scheitern des Importverbots für nicht-biologisches Obst und Gemüse ein Bewerber um das Amt des Ministerpräsidenten kritisch zur Sikkim Organic Mission. Er wurde dann auch gewählt und setzt die Politik zunächst fort, dennoch bestehen Unsicherheiten (Singha, 2020).

In den Fallstudien stießen wir auf intensivste und kontinuierlichste Aktivität von Lobbys in der Zeit seit Beginn der 1980er Jahre bis heute im Fall der deutschen Energiewende.

Neue Netzwerkstrukturen rund um neue Lösungen haben sich in mehreren Ländern gebildet. Eine Beteiligung des Staates an der Genese solcher Netzwerkstrukturen konnte allerdings fast durchgängig nicht nachgewiesen werden. Eine Ausnahme bilden Musterfarmen und Beraternetzwerke in Sikkim und auch die schwedischen Beschaffungsgruppen stellen in gewisser Weise neue Netzwerke. Ob von ihnen aber ein wesentlicher politischer Impuls ausgeht, bleibt unklar.

Hinweise auf eine bewusste und wirksame Veränderung von Netzwerkstrukturen seitens der Politik fanden sich in keiner der Fallstudien.

#### 5.2.4 Grundlegende institutionelle Veränderungen

Kivimaa und Kern (2016, S. 208) sehen Strukturreformen in der Gesetzgebung oder wichtige neue übergreifende Gesetze als grundlegende institutionelle Veränderungen. Als historisches Beispiel für wesentliche Regeländerungen führen sie die Privatisierung und Liberalisierung der Strommärkte in den 1990er Jahren auf. Solche grundlegend neuen Regeln wurden weder im Fall Fahrradstadt Kopenhagen noch im Fall Elektroautos in Norwegen aufgestellt.

Die dänische Wärmewende erfolgte zunächst vor dem Hintergrund des (ordnungsrechtlichen) Beschlusses zum Nicht-Einstieg in die Nutzung Atomenergie (1986) sowie zum Ausschluss des Baus neuer Kohlekraftwerke (1986). Damit war ein wirksames Fundament geschaffen, auf dem regenerative Energietechnologien aufbauen konnten. Auch das Prinzip der Wärmepreisgestaltung welches vorsieht, dass die Wärmeversorgung nach den tatsächlichen Kosten auf gemeinnütziger Basis zu berechnen ist, stellte eine grundsätzlich neue Regel dar.

In Schweden wurde dagegen die sich vorher aus dem Gemeinderecht ergebende implizite Regel der Gemeinnützigkeit der Wärmeversorgung im Zuge der Liberalisierung des Wärmemarktes abgeschafft.

Sikkim hat sich zu einem 100% biologischen Staat erklärt, was zwar nur indirekte Auswirkungen hat, sich aber als extrem förderlich für den Tourismus erwies.

Nicht nur durch den Einspeisevorrang und die Vergütungsregelung wurden im deutschen Strommarkt grundsätzlich neue Regeln eingeführt, auch die Marktliberalisierung 1998 stellt eine solche grundsätzlich neue Regel dar. Durch die Atomausstiege 2002 und 2011 sowie durch den geplanten Kohleausstieg werden weitere neue Regeln geschaffen.

Neben der ökonomischen Steuerung und den ordnungsrechtlichen Vorschriften scheinen neue Regeln ein Rückgrat der Steuerung der Transformation zu sein.

### 5.3 Innovationspolitik und Nischenentwicklung

Am Anfang von Transformationsprozessen bilden grundlegende Schlüsselinnovationen den Ausgangspunkt für neue Technologiepfade. So hat die Entwicklung der ersten Windkraftwerke und besonders das von Lehrenden einer alternativen Schule, KMU und Menschen aus der Wissenschaft errichtete Windkraftwerk in Tvind die Wende der dänischen Energiepolitik eingeleitet (Clausen & Becker, 2019b). Zahlreiche Erfinder und Tüftler prägten zusammen mit Gründungen für Zulieferprodukte auch den Beginn der Branche Erneuerbare Energien in Deutschland (Clausen, 2019a; Clausen & Loew, 2009; Oelker, 2005).

Im Fall der Elektromobilität in Norwegen, spielen neben dem öffentlichkeitswirksamen Umbau eines Fiat Panda durch Professor Harald Rostvik und die Popband aha einige Unternehmensgründungen der E-Auto-Branche eine Rolle. Besonders der Elektroautohersteller Think wurde mit öffentlichen wie

auch privaten Mitteln gefördert, später dann von der Ford Motor Company übernommen und ging 2011 endgültig in den Konkurs (Figenbaum & Kolbenstvedt, 2013). Heute existiert nur noch das Unternehmen Buddy Electric, das ebenfalls 2011 in Konkurs ging, aber von norwegischen Investoren aufgekauft und weitergeführt wurde (Norsk elbilforening, 2019). Die Bedeutung dieser Gründungen für den Transformationsprozess liegt darin, zu Beginn des Prozesses den Nachweis der technischen Machbarkeit der Vision erbracht und damit zur Motivation für den Wandel beigetragen zu haben.

Weder die ersten Windkraftanlagen oder die ersten solarthermischen Apparaturen aus den 1970ern noch die ersten Elektroautos der 1990er Jahre waren aber serienreif und ausentwickelt. Durch einen über mehrere Jahrzehnte andauernden Prozess wurden diese Grundlageninnovationen leistungsfähiger, halbar, einfacher zu nutzen und besser zu reparieren und letztlich auch preiswerter. Alle diese Verbesserungen erfolgten im Rahmen der Economy of Scale und sind von hoher Bedeutung, sollen aber hier nicht vertieft werden.

Mit dem Blick auf die Veränderung großer gesellschaftlicher Versorgungssysteme soll stattdessen ein Blick auf Innovationen geworfen werden, deren Bedeutung manchmal erst im Rahmen der fortschreitenden Transformation deutlich wird. Beispielhaft seien hier Lösungen wie das „demand side management“ aufgeführt, mit dem die zeitlich schwankende Versorgung mit regenerativem Strom zumindest anteilig ausgeglichen und die Netzstabilität verbessert werden soll. Solche Lösungen, deren Notwendigkeit erst parallel zur laufenden Transformation erkannt wird oder für die u.U. erst Grundlageninnovationen aus anderen Sektoren überhaupt die Möglichkeit schaffen, sind für die großskalige Umsetzung von Transformationen immer wieder hilfreich, wenn nicht erforderlich. Den Transformationsprozess begleitend muss es also eine aktive Förderung des Innovationssystems geben, welches solche ergänzenden Lösungen hervorbringt.

### 5.3.1 Forschung und Entwicklung, Wissensverbreitung

In allen untersuchten Fällen fanden wir Beispiele für die Förderung von Forschung und Entwicklung und/oder Instrumente der Wissensverbreitung, die den jeweiligen Transformationsprozess begleiten.

Im Kontext der Transformation der Wärmeversorgung wurden in Dänemark Biokraftstoff-Heizkessel, große Solarthermieanlagen und effiziente Heizungspumpen mit öffentlichen Mitteln weiter entwickelt (Danish Energy Authority, 2005; Heller, 2000). Weiter wurde an Niedertemperatur-Wärmenetze gearbeitet (Diget, 2018) und die Sektorkopplung mit Großwärmepumpen vorangetrieben (Lund, Ilic & Trygg, 2016).

Schweden untersuchte die Machbarkeit von Wärmenetzen in wenig verdichteten Gebieten (Werner, 2017), förderte mit wenig Erfolg die Entwicklung komplexer Methoden der Biomassenutzung (Ericsson, Huttunen, Nilsson & Svenningsson, 2004), die dann letztlich doch primär verbrannt wurde. Insbesondere durch die Entwicklung des Instruments der Beschaffungsgruppen konnten Verbesserungsinnovationen erfolgreich induziert werden (Swedish Ministry of Environment and Energy, 2019).

Im Fall Kopenhagen wurde eher der Austausch über Innovationen rund um das Fahrrad gefördert, Anbieter von Lastenrädern etablierten sich und automatisch wechselnde Verkehrszeichen für Radfahrer wurden entwickelt (European Cyclists Federation, 2017).

Das norwegische Transportforschungsinstitut führte zahlreiche Untersuchungen zu Nutzung und Kosten von und Erfahrungen mit Elektrofahrzeugen durch, um so Bedenken potenzieller Nutzer kennenzulernen und ausräumen zu können (Clausen, 2019b, S. 9). Weiter wurden Demonstrationsprojekte zu neuen Einsatzfeldern von Elektroautos durchgeführt, z.B. als Taxis oder als Post-Zustellfahrzeuge (Figenbaum & Kolbenstvedt, 2013).

Zur erfolgreichen Verbreitung der ökologischen Landwirtschaft in Sikkim trugen F&E-Projekte zu wirksamen und zulässigen Bio-Pflanzenschutzmitteln bei (Ministry of Agriculture and Farmers Welfare, Govt. of India, 2018; Rao, 2017) und auch zur Nährstoffversorgung durch Wirtschaftsdünger und Verfahren der Mehrfelderwirtschaft wurde geforscht (Rao, 2017; Singh, Babu, Avasthe, Yadav & Ngachan, 2017). Die wesentliche Herausforderung lag aber in der Diffusion von Wissen, Techniken und Verfahren des ökologischen Landbaus, mit denen alle in Sikkim ansässigen 65.000 bäuerlichen Familienbetriebe vertraut gemacht werden mussten.

In Deutschland unterstützten bis 2019 hohe Budgets für Energieforschungsprogramme zahlreiche Projekte zur Weiterentwicklung und Verbesserung der Erzeugungstechnologien für erneuerbaren Strom (Clausen, 2019a, S. 9). Auch neue Themenfelder, deren Bedeutung erkannt wurde, wie z.B. die Sektorkopplung und die Erforschung von Energiespeichern wurde im Rahmen der Energieforschung aufgenommen. Gegenwärtig erfolgen deutliche Einschnitt im Energieforschungsprogramm (Ehlerding, 2020), die die Frage aufwerfen, inwieweit die Umsetzung der Energiewende noch als Ziel des Bundesministeriums für Wirtschaft gesehen werden kann.

Die Wissensvermittlung spielte besonders mit Blick auf das Handwerk eine wesentliche Rolle, da tausende von Handwerksbetrieben lernen mussten, dezentral PV-Anlagen, Stromspeicher, solarthermische Anlagen oder Pelletskessel zu installieren und zu warten (Clausen, 2009). In kleinerem bis mittlerem Umfang werden neue Lösungen in den „Reallaboren der Energiewende“ wie auch in den SINTEG-Projekten (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2017) erprobt.

Es wird deutlich, dass sowohl Forschung und Entwicklung wie auch Wissensvermittlung im Prozess der Transformation eine wichtige Rolle spielen.

### 5.3.2 Entrepreneurship- und Gründungsförderung

Eine bewusst und explizit auf die betreffende Systemtransformation abzielende Entrepreneurship- und Gründungsförderung spielte im Rahmen der untersuchten Fallbeispiele nur in Deutschland eine wahrnehmbare Rolle. Auch im Falle der Transformation der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland ist diese allerdings eher marginaler Natur. Gemessen an der Vielzahl von Gründungs- und Innovationsförderprogrammen und deren Finanzvolumina in Deutschland, ist die gezielte

Einbeziehung von Start-ups im Rahmen des Energieforschungsprogramms<sup>5</sup> institutionell zwar ein wichtiger, gemessen am Transformationsbedarf aber doch eher kleiner Schritt. Als möglicher Grund für die mangelnde politische Nutzung des Instrumententyps Entrepreneurship- und Gründungsförderung für die Transformation von großen Versorgungs- und Produktnutzungssystemen kann angeführt werden, dass insbesondere die Gründungsförderung bislang politisch und institutionell stark getrennt von gezielten Transformationspolitiken (Energiewende usw.) praktiziert und vor allem technologie- und angebotsseitig fokussiert ist und eben nicht nachfrageseitig oder missionsorientiert. Während z.B. die Hightech-Strategie 2025 der Bundesregierung (BMBF, 2018) prioritäre „gesellschaftliche Herausforderungen“ identifiziert und sogenannte „Missionen“ formuliert, zu denen Forschung und Innovation gezielt beitragen sollen, gilt dies für die Gründungsförderung bislang nicht.

### 5.3.3 Etablierung von Marktnischen, Marktformation

Die Etablierung einer Marktnische stellt im Regelfall die erste Stufe der Veränderung des Massenmarktes dar, aber auch die „Stabilisierung in der Nische“ (Kahlenborn et al., 2019, S. 174) ist möglich. Aus dem Blickwinkel der Transformation kann ein Nischenmarkt also auch eine Sackgasse sein.

In den untersuchten Fallbeispielen wurden zahlreiche Marktnischen etabliert. So hat Sikkim zunächst mit 100, danach mit 400 „Biodörfern“ experimentiert um die Erfahrungen dann auf das ganze Land zu übertragen. Schweden hat den Aufbau einer Gruppe erster Biomasse-KWK-Anlagen gefördert. Deutschland hat sowohl in der Windkraft wie auch der PV und der Bioenergie Nischenmärkte entstehen lassen, die dann später durch das EEG wirksam skaliert wurden. In Dänemark entstanden Nischenmärkte für Biokraftstoffkessel und Niedertemperatur-Wärmenetze und in Kopenhagen für Lastenfahräder. Norwegen stellt für Elektroautos in gewisser Weise als Ganzes einen Nischenmarkt dar, der für die Automobilindustrie der ganzen Welt als Testmarkt funktioniert.

In Nischenmärkten werden Innovationen erstmals in kleinen oder mittleren Stückzahlen erprobt. Dabei zeigen sich ggf. Schwachstellen und es erfolgen Optimierungen von Funktion, Leistung, Kosten und Qualität. Solche Schritte sind wichtig, aber die erfolgreiche Etablierung eines Nischenmarktes darf keinesfalls mit erfolgreicher Transformation verwechselt werden. Denn viele Umweltinnovationen blieben teilweise für Jahrzehnte auf den Absatz in Nischenmärkten beschränkt (Clausen & Fichter, 2019b; Fichter & Clausen, 2013), so dass ihr Potenzial zur Umweltentlastung nicht erschlossen werden konnte.

### 5.3.4 Reduzierung der F&E-Förderung für nicht-nachhaltiger Systeme

Kivimaa und Kern (2016, S. 209) weisen auf die Konsequenz hin, im Prozess eines politisch gewollten Wandels die Unterstützung von Technologien, die durch Bessere substituiert werden sollen, durch F&E-Mittel zu beenden. Die gezielte politische Reduzierung von F&E-Aktivitäten für als nicht-nachhal-

---

<sup>5</sup> Vgl. <https://www.forschungsnetzwerke-energie.de/start-ups> (Zugriff am 09.01.2020).



tig erkannte Technologien und Systemen konnte in keiner der sieben untersuchten Transformationsfälle gefunden werden. So gab es weder in Norwegen noch in Dänemark in den letzten Jahrzehnten eine Automobilindustrie, die man mit öffentlichen F&E-Mitteln hätte unterstützen können. Ebenso wenig gab es in Sikkim bedeutende Hersteller chemischer Pestizide oder Kunstdünger. Auch im Falle der Deutschen Energiewende im Strombereich gilt dies. Hier lässt der Bundesbericht Energieforschung 2018 (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2018a, S. 6) zwar erkennen, dass die Mittel für die Erforschung der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz seit 2006 deutlich gestiegen sind, eingestellt wurden die Forschungsaktivitäten zur Nuklearenergie aber auch 8 Jahre nach dem Beschluss des Atomausstiegs nicht. Der Notwendigkeit der in den 1950er und 1960 Jahre eingeschlagenen Pfades folgend, beschäftigt sich diese Forschung heute einerseits mit nuklearer Sicherheit und Entsorgung, andererseits aber wie schon seit Jahrzehnten mit Fusionsforschung. Zur Fusionsforschung wird argumentiert: *„Die steigende Energienachfrage vor dem Hintergrund der zunehmenden Weltbevölkerung und die Notwendigkeit, CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren, erfordern es aus Sicht der Bundesregierung, technologieoffen auch im Bereich der Grundlagenforschung weiterhin langfristige Konzepte für die Energieforschung zu beforschen“* (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2018a, S. 39). Da die Arbeiten in das europäische Fusionsforschungsprogramm von Euratom eingebunden sind folgen sie auch nicht nur einer deutschen, sondern einer europäischen Forschungsagenda. Die aktuellen starken Kürzung der Energieforschung (Ehlerding, 2020) wecken aber Zweifel daran, ob diese noch das Hauptziel einer klimaneutralen Energieversorgung verfolgt.

Auch an Kohlekraftwerks- und CCS-Technologien, wird mit kleinem Volumen weiter geforscht. Der Grund dafür liegt einerseits darin, dass mit Blick auf die schwankende Einspeisung regenerativer Energien konventionelle Kraftwerke in den letzten Jahren ihres Betriebs rascher hoch- und runtergefahren werden müssen, wozu Entwicklungsarbeiten erforderlich sind. Aber die großen Akteure des Energieregimes denken weiter: *„Die meisten deutschen Kraftwerke werden zurzeit mit Kohle oder Erdgas betrieben. Perspektivisch sollen jedoch auch Brennstoffe wie Wasserstoff und regenerativ erzeugtes Methan zum Einsatz kommen“* (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2018a, S. 18). Zwischen 2012 und 2017 ist die öffentliche Förderung der Forschung zu fossilen Kraftwerkstechnologien so sukzessive von ca. 27 Mio. € auf ca. 32 Mio. € angestiegen (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2018a, S. 19). Eine Anschlussfähigkeit dieser Aktivitäten an das gegenwärtige Hauptprojekt der fossilen Energieunternehmen, die großskalige Power-to-Gas Technologie (Institut für Wärme und Oeltechnik e.V. (IWO) & MEW Mittelständische Energiewirtschaft Deutschland e.V., 2018; Power to X Allianz, 2019), ist nicht schwer zu konstruieren.

## 5.4 Synchronisation von Diffusion und Exnovation

Wie unsere Fallstudien andeuten, stellen sowohl die Zielsetzung und Aufrechterhaltung der Richtungssicherheit wie auch die Entwicklung von Innovationen und Nischenmärkten zentrale Strategien zur Steuerung radikaler Systemtransformation dar. Sie erscheinen notwendig, hinreichend sind sie aber offensichtlich nicht. Die untersuchten Fälle legen nahe, dass diese Strategien begleitend und vorbereitend von wesentlicher Bedeutung sind, dass die zentrale Transformation aber durch eine

weitere Strategie erfolgen muss, die hier als Synchronisation von Diffusion und Exnovation bezeichnet werden soll. Im folgenden Abschnitt werden zentrale Instrumente dafür behandelt.

Die radikale Transformation großer Versorgungs- und Produktnutzungssysteme erfordert eine klare Veränderung der ökonomischen Rahmenbedingungen und Anreize. Hierfür ist der Instrumententyp „Ressourcenmobilisierung“ grundlegend. Ohne eine Bereitstellung von Finanzmitteln bzw. einer Veränderung der Bereitstellung von Finanzmitteln ist die Transformation nicht zu leisten. Des Weiteren geht es dann um die Gestaltung von Steuern und Abgaben in der Weise, dass neue und nachhaltige Lösungen wirtschaftlicher werden als alte und nicht-nachhaltige Angebote der etablierten Regime. Neben Steuern und Abgaben zur Gestaltung der Wirtschaftlichkeit besteht aber auch die Möglichkeit, durch gezielte Förderung kostensenkender Aktivitäten das Kosten-Nutzen-Verhältnis zugunsten neuer Lösungen zu verändern. Auch ist die Reduzierung von Subventionen für nicht-nachhaltige Technologien anzugehen, was sich wiederum auf die Vor- oder Nachteile bei der Wirtschaftlichkeit auswirkt. Ein klarer Vorteil solcher Ansätze liegt darin, dass er die Finanzierung des Wandels durch private oder öffentliche Akteure einfacher macht, weil die zu beschaffenden und zur Anwendung zu bringenden neuen Technologien eben zumindest relativ preiswerter werden und so Entscheidungen, die unter Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten getroffen werden, häufiger zugunsten der nachhaltigen Alternative fallen.

Weiter geht es um Ordnungsrecht, mit dem die Verwendung bestimmter Technologien ermöglicht, vorgeschrieben oder ausgeschlossen werden kann.

#### 5.4.1 Ressourcenmobilisierung

Für Kivimaa und Kern (2016, S. 208) umfasst die Frage der Finanzierung der Transformation öffentliche wie private Geld- und Kapitalquellen. Sowohl die Förderung von Forschung und Entwicklung wie auch die Förderung der Erprobung und Verbreitung führen meist zu Kosten für öffentliche Haushalte. Zinsgünstige Kredite und Risikokapital können grundsätzlich von öffentlichen Förderbanken, aber auch von privaten Geldgebern bereitgestellt werden.

In Kopenhagen fallen Kosten für den öffentlichen Haushalt durch die Notwendigkeit des Ausbaus von Fahrradstraßen an. Langfristig erweist sich aber die Errichtung von Wegen für Fußgänger und Fahrradfahrer als preiswerter als der Bau zusätzlicher Autostraßen. Zusätzlich werden die öffentlichen Kassen im Bereich der Sozialversicherung durch niedrigere Kosten der Gesundheitsversorgung entlastet, da das Fahrradfahren der Gesundheit zuträglich ist. Weiter gibt es Einnahmen aus der hohen Steuer auf Automobile, die darüber hinaus zu einem kleineren Automobilbestand und so zu niedrigeren Kosten für den Bau von Straßen und Parkplätzen führt.

In der dänischen wie auch schwedischen Wärmeversorgung erweisen sich mehrere regenerative Wärmetechnologien wie der Einsatz von Biomasse, großer Solarthermieanlagen mit Saisonalspeicher, aber auch die Abwärmenutzung mit Wärmepumpen, im Einzelfall als wirtschaftlich, weil der Wettbewerbsdruck aufgrund der höheren Gas- und Ölpreise weniger stark ist. Dadurch bedarf es nur geringer Förderungen, von denen einige F&E-Förderungen dokumentiert wurden. Die Belastung der Staatshaushalte ist gering.

Die Einführung und steuerliche Begünstigung von Elektroautos in Norwegen ist mit hohen Kosten für den Staat und aufgrund von Sonderkonditionen bei Gebühren auch die für Kommunen verbunden. Aufgrund der robusten norwegischen Staatsfinanzen waren die Einnahmeausfälle durch reduzierte Steuern und Abgaben auf Elektroautos bisher politisch durchsetzbar. Gegenwärtig beginnt aber das Nachdenken über eine Revision der Förderstrategien (Figenbaum, 2018, S. 22). Für die Gebührenordnungen der Kommunen ist schon beschlossen worden, anteilig wieder Gebühren auch von Elektroautos erheben zu können (Clausen, 2019b, S. 11).

Der Wegfall von Subventionen für die konventionelle Landwirtschaft hat den Staatshaushalt von Sikkim entlastet. Durch Förderungen, Maßnahmen der Forschung und Wissensvermittlung wiederum werden aus dem Staatshaushalt finanziert. Konsolidierte Zahlen der Belastung des Staates konnten nicht ermittelt werden.

Die Finanzierung der deutschen Energiewende in der Stromerzeugung erfolgte zum einen aus dem Staatshaushalt (Forschungsmittel, Förderungsprogramme) und andererseits über die Stromkunden (EEG-Umlage). Aufgrund des Volumens der Transformation standen die Differenzkosten der Stromerzeugung aufgrund des EEG, die 2018 mit ca. 25 Mrd. € ihren Scheitelpunkt überschritten (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2018b, S. 10), wiederholt auf der politischen Agenda und werden auch durch Gegner der Transformation als Argument benutzt. Sie lagen also nicht nur der von Minister Altmaier inszenierten Strompreisbremse (Anonym, 2012) zugrunde, sondern werden permanent weiter als Argument verwendet (DICE Consult, 2016).

Die kritischen Debatten um die Kosten der Transformation in Norwegen und besonders in Deutschland weisen darauf hin, dass das Kostenargument nicht nur auf der Ebene des Kosten-Nutzen-Verhältnisses für den einzelnen Anwender für den Erfolg der Transformation zentrale Bedeutung hat, sondern auch hinsichtlich seiner Auswirkung auf den Staatshaushalt bzw. staatlich festgeschriebener Umlageverfahren. Neben Aktivitäten zur Senkung der Zusatzkosten ist dabei auch an eine mögliche Gegenfinanzierung als politisches Mittel zu denken. Eine solche Gegenfinanzierung kann z.B. in Form einer zusätzlichen Besteuerung nicht-nachhaltiger Produkte oder Verhaltensweisen erfolgen.

## 5.4.2 Steuern und Abgaben

Für ein proaktives staatliches Handeln stellt Jänicke (2012) folgende Maxime auf: *„Anspruchsvolle Zielvorgaben plus monetäre Tendenzsteuerung plus regulative Detailsteuerung plus unterstützende Instrumente. Unterstützende Instrumente sind im policy mix einer Innovationsförderung meist unerlässlich“* (Jänicke, 2012, S. 19).

Als ökonomische Steuerungsinstrumente fanden wir in den Fallstudien Instrumente, die auf die Verkaufspreise bestimmter Produkte wirken, Maßnahmen, die die Betriebskosten vornehmlich durch Steuern auf Energie erhöhen sowie die Reduzierung von Subventionen auf nicht-nachhaltige Produkte.

Im Fall Kopenhagen wirkt eine Kaufsteuer auf Automobile, die bis zu einem Nettopreis von 24.000 € 85% des Wagenwertes beträgt, für den darüber hinausgehenden Preisanteil sogar 150% (Danish

Customs and Tax Administration, 2019). Die hohe Kaufsteuer führt zu einem gegenüber Deutschland um 20% niedrigeren Automobilbestand von 429 Autos pro 1.000 Personen statt 555 in Deutschland (Eurostat, 2019) und erhöht durch die geringere Verfügbarkeit von Automobilen die Notwendigkeit, andere Formen der Mobilität zu nutzen.

Aufgrund eines seit 1993 veränderten Steuerrechts liegen die Preise für Erdgas in Dänemark heute um ca. 45% höher als in Deutschland, die für Heizöl sogar um ca. 67%. Demgegenüber schreibt für die Fernwärmeversorgung das Prinzip der Wärmepreisgestaltung vor, dass die Wärmeversorgung nach den tatsächlichen Kosten abgerechnet wird und die Fernwärmeversorger gemeinnützige Unternehmen sein müssen, die keinen Gewinn abführen dürfen. Holzpellets sind steuerfrei.

In Schweden wurde Anfang der 1990er Jahre eine CO<sub>2</sub>-Steuer eingeführt, die heute bei 120 € pro Tonne CO<sub>2</sub> liegt und für bestimmte Industrieanlagen auf 100 € reduziert ist. Heizöl ist so in Schweden um ca. 63% teurer als in Deutschland, Erdgas ist aufgrund nicht vorhandener Gasnetze überhaupt nicht verfügbar und Strom zum Betrieb der zahlreichen Wärmepumpen wird deutlich preiswerter als in Deutschland zu einem Endkundenpreis von ca. 20 Cent/kWh abgegeben.

In Norwegen wird der Verkaufspreis für Autos mit Verbrennungsmotor durch verschiedene von Steuern (CO<sub>2</sub>-Steuer, NO<sub>x</sub>-Steuer, Gewichts-Steuer, eine Entsorgungsgebühr und eine Mehrwertsteuer von 25%) so in die Höhe getrieben, dass Elektroautos regelmäßig preiswerter im Kauf sind, da für diese nur die Entsorgungsgebühr erhoben wird. Der Betrieb von Elektroautos ist aufgrund von gegenüber Deutschland deutlich höheren Preisen für Benzin und Diesel und niedrigerer Strompreise für Privatkunden von ca. 19 Cent/kWh ebenfalls deutlich preiswerter. Durch eine Vielzahl von Gebührenermäßigungen für die Nutzung von Tunnels, Fähren, Brücken und Parkplätzen entstehen weitere Kostenvorteile für die Nutzer von Elektrofahrzeugen, die allerdings die Einnahmen der Kommunen senken.

In Sikkim wurden ab 2003 zunächst Subventionen für Düngemittel schrittweise zurückgeführt. Auch Transport- und Abwicklungsbeihilfen sowie Provisionen an den Einzelhandel wurden ab 2006 gestrichen. Die in Schritten von 10% reduzierten Subventionen führten nach wenigen Jahren zu einem Einbruch des Kunstdüngermarktes. Investitionen in Bewässerungsanlagen wurden gefördert und bestimmtes Saatgut wurde den Bauern kostenlos zur Verfügung gestellt.

Mit der kostendeckenden Einspeisevergütung durch das Stromeinspeisungsgesetz (1990) wie mit dem EEG (2000) kam im Deutschen Strommarkt ein Instrument zum Einsatz, das starke ökonomische Wirksamkeit entwickelte. Die auf 20 Jahre verbindlich zugesagte Einspeisevergütung machte es möglich, die zu erwartenden Einnahmen der EE-Projekte nachvollziehbar und glaubwürdig zu kalkulieren und so zum einen leichter zu Investitionsentscheidungen zu gelangen und zum anderen auch den Zugang zu Krediten zu vereinfachen. Die gesetzlich festgelegten Einspeisevergütungen wurden über ein Umlagesystem auf den Strompreis umgelegt, wobei einzelne Verbraucher wie „energieintensive Industrien“ von der Zahlung der EEG-Umlage befreit wurden. Die hohen Kosten für die breite Einführung von Technologien, die im freien Markt nicht wettbewerbsfähig gewesen wären, wurden fortwährend Gegenstand politischer Auseinandersetzung bis hin zur Diskussion um die Strompreisbremse.

In den Fällen der dänischen und schwedischen Wärmeversorgung wie auch beim Fahrradverkehr in Kopenhagen fand die Transformation in einer Form statt, die nur geringe Auswirkungen auf die Kosten für die Endkunden hatte und auch beim Staat nicht zu hohen Aufwendungen führte. Zusätzlich erzielt der Staat Einnahmen durch erhöhte Steuern und Abgaben auf nicht-nachhaltige Produkte. Die Transformation zu Elektroautos in Norwegen war ebenso für die Endkunden weitgehend kostenneutral, wenn nicht sogar kostensenkend, führte aber zu hohen Ausfällen von Steuern und Gebühren bei Staat und Kommunen. In jüngster Zeit würden daher einige Gebührenermäßigungen reduziert, um bei steigender Zahl von Elektroautos nicht zu Finanzierungsproblemen der Kommunen zu führen. In Sikkim sind die Auswirkungen der ökonomischen Steuerung unübersichtlich. Der einzige Fall, der die Kosten der Transformation in erheblichem Umfang auf die Endkunden abwälzt ist Deutschland. In Deutschland wurde auch die Möglichkeit nicht genutzt, Kostenanteile auf nicht-nachhaltige Produkte abzuwälzen. Vielmehr ist die EEG-Umlage sogar anteilig auch auf selbst erzeugten regenerativen Strom zu zahlen. Die ökonomische Steuerung erfolgt damit in einer Weise, die die Transformation selbst behindert.

Eine wesentliche Auswirkung der ökonomischen Steuerung ist die Veränderung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses für nachhaltige Produkte. Zusätzlich zu den Auswirkungen der ökonomischen Steuerung können Aktivitäten zur Verbesserung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses, z.-B. durch gezielte Kostensenkung, diesen Effekt verstärken.

### 5.4.3 Kosten-Nutzen Verhältnis

Das Kosten-Nutzen Verhältnis ist ein zentraler Faktor, der die Diffusion neuer Lösungen fördern oder auch hemmen kann. Im Regelfall ist aber das Kosten-Nutzen Verhältnis nur indirekt Gegenstand transformativer Aktivitäten. Aus den Fallstudien lassen sich folgende Aktivitäten zusammentragen, die sich auf das Kosten-Nutzen Verhältnis oder seine Wahrnehmung auswirken.

Die Fahrradstadt Kopenhagen profitiert davon, dass Fahrradfahren deutlich preiswerter ist als Autofahren, welches in Dänemark durch eine extrem hohe Zulassungssteuer noch verteuert wird. Gegenstand gezielter Verbesserung ist der Nutzen des Fahrradfahrens. Durch den Ausbau von Bicycle-Superhighways, grüne Welle für Fahrräder und einen insgesamt guten Zustand der Radwege wird die Durchschnittsgeschwindigkeit, mit der sich Radler in Kopenhagen fortbewegen, kontinuierlich angehoben. Dass sich ein Anteil von 76 % aller Rad fahrenden Kopenhagener beim Radfahren sicher fühlt (City of Copenhagen, 2017a, S. 5) ist genauso von Bedeutung wie die Tatsache, dass Radfahren von 53 % der Kopenhagener als schneller und von 50 % als insgesamt einfacher als Autofahren empfunden wird (City of Copenhagen, 2017a, S. 18). Der Erfolg des Projektes Fahrradstadt Kopenhagen ist damit maßgeblich darauf zurückzuführen, dass das Radfahren von den Stadtplanern so angenehm, schnell, einfach und sicher wie möglich gestaltet wurde und weiter wird.

Grundsätzlich gilt für die Wärmeversorgung in Dänemark, dass alle verbreiteten Formen der Wärmeversorgung die Kunden zu über 90% zufrieden stellen, wobei dies bei der Stromheizung nur bei 83,9% der Kunden und die Ölheizung nur bei 73,9% der Kunden der Fall ist (FIF Marketing, 2016, S. 15). An der Fernwärmeversorgung überzeugen die 94,7% zufriedenen Kunden am meisten die einwandfreie

Funktion und der Preis (FIF Marketing, 2016, S. 22), was ebenfalls auf ein im Ergebnis gutes Kosten-Nutzen Verhältnis hindeutet.

Das Kosten-Nutzen-Verhältnis der Wärmeversorgung ist auch für das Gros der schwedischen Wärmekunden gut. Der Preis für Fernwärme bewegt sich - unter Berücksichtigung des hohen Niveaus der Konsumentenpreise – im unteren Bereich des Wärmepreises anderer EU-Staaten

Auch im norwegischen Automobilmarkt ist ein günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis von Bedeutung. Durch die konsequente Orientierung der politischen Instrumente auf Kostenvorteile für Elektroautos konnte die vollständige Wettbewerbsfähigkeit etwa seit 2010 generell erreicht werden (Figenbaum, 2018, S. 15f). Die seither zunehmenden Käuferzahlen lassen die Bedeutung dieses Faktors klar erkennen.

Im deutschen Strommarkt werden unterschiedliche Erzeugungspreise für unterschiedliche Stromarten durch die Strommarktregulierung und ganz wesentlich durch die Vorschriften des EEG so umverteilt, dass Kostenunterschiede beim Endkunden nicht sichtbar werden. Das Wettbewerbsproblem wird damit nur noch national an der durch die immer wieder steigende EEG-Umlage sichtbar. Um Kostenverlagerungen wird nach Art der Planwirtschaft dadurch gerungen, dass bestimmte Branchen aus der Zahlungspflicht der EEG-Umlage ausgenommen werden. Dies wirkte sich insoweit auf den Verlauf der Transformation aus, dass Wirtschaftsminister Altmaier 2013 die Strompreiskontrolle ins Gespräch brachte und mit diesem Argument die prosperierende Photovoltaikbranche in den Abgrund stürzte und den Ausbau der Photovoltaik populistisch ordnungsrechtlich „deckelte“.

In Sikkim wurde für einige Feldfrüchte nachgewiesen, dass die Erzeugung im biologischen Landbau auch unter Berücksichtigung geringerer Erträge etwas kostengünstiger erfolgt (Rao, 2017). Nach Verhängung des Importverbots für konventionelles Gemüse Anfang 2018 stiegen dennoch die Preise für nationale erzeugte biologische Produkte, nicht zuletzt aufgrund von Knappheiten, deutlich an. Die Tatsache, dass nach starken Protesten das Importverbot zurückgenommen werden musste weist auf die Bedeutung des Kosten-Nutzen Verhältnisses als Steuerungsgröße der Transformation hin.

Kostenvorteile nachhaltiger Produkte sind in den meisten Beispielen Auswirkung der Internalisierung externer Kosten in Form von Steuern und Abgaben auf nicht-nachhaltige Produkte. Hinzu kommt bei einer Reihe von Technologien erhebliche Kostensenkungseffekte durch Skaleneffekte (Economies of Scale). Gezielte Aktivitäten der Forschung und Entwicklung mit dem primären Ziel der Senkung der Kosten nachhaltiger Produkte wurden zwar in keinem der Fallbeispiele dokumentiert, werden aber z.B. in einem holländischen Projekt zur Verbesserung und Verbilligung der Gebäudesanierung deutlich (Clausen, 2019c).

#### 5.4.4 Ordnungsrecht

In allen untersuchten Fällen bediente sich der Staat ordnungsrechtlicher Vorschriften, um bestimmte Ziele der Transformation zu erreichen. In sechs von sieben Fällen wurden dazu ordnungsrechtliche Vorschriften verändert. Im Falle des Umbaus der Stadt Kopenhagen zur Fahrradstadt, die offenbar

auf Basis des bestehenden Straßenverkehrsrechts möglich war (Clausen et al., 2019, S. 14), wurde das Ordnungsrecht nicht verändert, aber konsequent für die Transformation genutzt.

Im Zuge der dänischen Wärmewende wurden bestimmte Heizungsanlagen grundsätzlich verboten oder in den Anwendungsfällen deutlich eingeschränkt. Dies war der Fall für Stromheizungen (1988), Öl- und Gasheizungen in neuen Gebäuden (2013) und Ölheizungen in bestehenden Gebäuden (2016). Eine weitere zentrale Vorschrift verpflichtete die Kommunen zur Erstellung von Energieplänen (1981). Auch die von etwa 2/3 der Kommunen ausgeübte Anschlusspflicht einzelner Gebäude an Wärmenetze ist eine wirksame ordnungsrechtliche Vorschrift.

In Schweden ist die Zahl ordnungsrechtlicher Eingriffe gering. Aber Fernwärme gilt in Schweden als natürliches Monopol und die Marktteilnahme wird im Fernwärmegesetz im Detail geregelt (Nordic Council of Ministers, 2017, S. 36). Jedes Fernwärmeunternehmen muss sicherstellen, dass Informationen über die Preise für Fernwärme und für einen Anschluss an die Fernwärme für Kunden und die Öffentlichkeit leicht zugänglich sind. Die Energiemarktinspektion überwacht dies. Kunden können sich beim Fernwärmeamt beschweren (Nordic Council of Ministers, 2017, S. 36).

In Norwegen wurde ein spezielles Kennzeichen für Elektroautos eingeführt, damit diese z.B. durch automatische Bilderkennungsanlagen, über die die Mautabrechnung läuft, eindeutig erkannt werden können. Weiter wurde ab 2005 Elektrofahrzeugen die Nutzung von Busspuren gestattet, was aber 2016 aufgrund der zunehmenden Anzahl von BEV wieder beendet wurde. Sehr kleinen BEV wurde das orthogonale Querparken erlaubt. Seit 2019 ist es Inhabern des Führerscheins Klasse B zusätzlich erlaubt, Elektrofahrzeuge der Klasse C1 zu führen.

Der „Sikkim Agricultural, Horticultural Input and Livestock Feed Regulatory Act“ (Government of Sikkim, 2014) regelt zahlreiche Details rund um die Form der Landwirtschaft. So enthält das Gesetz detaillierte und sehr restriktive Vorschriften für die Einfuhr, den Verkauf und die Verwendung von anorganischen landwirtschaftlichen und gärtnerischen Inputs beim Anbau von Pflanzen und die Verwendung von anorganischen Tierfuttermitteln in der Geflügel- und Viehwirtschaft. In der Praxis führte es zu einem Verbot künstlich hergestellter Düngemittel und Pestizide. Das Gesetz schaffte der Landesregierung die Befugnis, Inspektoren für den ökologischen Landbau zu ernennen. Darüber hinaus erklärte das Gesetz den Besitz und die Verwendung von nicht zugelassenen chemischen Düngemitteln und chemischen Pestiziden zum Straftatbestand. Zuwiderhandlungen können mit 3 Monate Gefängnis oder mit einer Geldstrafe geahndet werden (Government of Sikkim, 2014, S. §11e). Durch diese Vorschrift sollte erreicht werden, dass Kunstdünger und Pestizide nicht auf individueller Basis außerhalb des Staates gekauft und eingeführt werden (Rao, 2017, S. 17). Ab dem 1.4.2018 verbot ein Gesetz vorübergehend (es wurde im Oktober 2018 wieder aufgehoben) die Einfuhr von konventionell erzeugtem Obst und Gemüse nach Sikkim (Geier, 2019, S. 37).

Schon in den 1980er Jahren wurden in Deutschland Vorschriften für die Genehmigung von Windkraftanlagen in Kraft gesetzt. Das Stromeinspeisungsgesetz (1990) verpflichtete die Stromversorgungsunternehmen zur Abnahme erneuerbar erzeugten Stroms in ihrem Versorgungsgebiet sowie dazu, einen festgelegten Mindestpreis zu zahlen (Bruns, Köppel, Ohlhorst & Schön, 2007, S. 43). Die Atomausstiege 2002 und 2011 waren von hoher Bedeutung für die Zuversicht der Unternehmen, im

EE-Ausbau fortzuführen (Rogge, 2015). Die EEG-Novellierung 2008 sah erste Maßnahmen zum Netzmanagement vor, um die Überlastung der Stromnetze zu vermeiden. Einzelne Anlagen mussten jetzt bei Netzüberlastung vom Netz genommen werden. Eine Länderöffnungsklausel ermöglichte seit 2014 länderspezifische Regeln über Mindestabstände von Windkraftanlagen zur Wohnbebauung, die sich mittelfristig als wirksame Maßnahme zur Begrenzung des Ausbaus der Windenergie erweisen sollten und im Jahr 2019 den Ausbau der Windkraft fast ganz zum Stillstand gebracht haben.

Es zeigt sich, dass ordnungsrechtliche Regeln einerseits zahlreiche Abläufe der Transformation so eindeutig regeln, dass sie auch in Gruppen von vielen Akteuren rechtssicher erledigt werden können, wie z.B. in Fragen von Genehmigungen. Aber auch mit Strafen bewehrte Verbote schaffen an einigen Stellen Eindeutigkeit darüber, in welcher Richtung sich die Transformation bewegen soll.

## 5.5 Infrastrukturentwicklung

Bis auf den nicht erfolgreichen Fall der Wärmewende in Baden-Württemberg, bildet die gezielte Entwicklung relevanter Infrastrukturen in allen (erfolgreichen) Fällen ein wesentliches Element der Transformation. Die staatliche Rolle dabei ist allerdings differenziert zu sehen:

Ein starker Eingriff in die Stadtstruktur Kopenhagens erfolgt dadurch, dass die Kommune ihre Dienstleistung „Bau und Unterhalt von Straßen“ heute anders erbringt als zur Zeit der „car city“. Denn die zentrale Infrastrukturmaßnahme in der Entwicklung zur Fahrradstadt ist die Unterhaltung und der Bau neuer Radwege. Für das Jahr 2016 weist der aktuelle Bicycle Account 375 km Radwege aus (City of Copenhagen, 2017, S. 5). Durch Bicycle-Superhighways, Desire Lanes und Green Bicycle Routes erfolgt bereits eine Diversifizierung im Blick auf verschiedene Nutzungsgruppen. Zentral für diesen Umbau war es, die zu Beginn des Prozesses auf den Bau von Autostraßen spezialisierten Stadtplaner mit Blick auf die Anforderungen des Radverkehrs weiterzubilden.

Das dänische Erdgasnetz befindet sich im Besitz der staatlichen Gesellschaft Energinet. Die Wärmenetze befinden sich oft im Besitz kommunaler und gemeinnütziger Organisationen. Durch die Politik der Trennung der Versorgungsgebiete konnten die Investitionskosten für den Bau der Netze niedrig gehalten werden. Konkurrierende Netzstrukturen wurden so weitgehend vermieden und die Kosten der Infrastrukturen konnten begrenzt werden.

In Schweden ist von Bedeutung, dass ein Erdgasnetz faktisch kaum existiert – die Gesamtlänge beträgt 600 km. Die damals in öffentlicher Hand befindlichen Wärmenetze wurden in den 1960er bis 1980er Jahren stark ausgebaut, später aber privatisiert.

In Norwegen wurden die staatlichen oder kommunalen Straßen, Brücken, Tunnel und Fähren durch die Differenzierung der Gebühren aktiv als Politikinstrument eingesetzt. An den Hauptstraßen werden planmäßig Ladestationen gebaut und ihre Zahl mit zunehmender Anzahl von Fahrzeugen erhöht.

Sikkim erbringt wesentliche staatliche Dienstleistungen durch staatliche Versuchsgüter des Ökolandbaus sowie durch staatliche Beamte, die die Ausbildung der Landwirte leisten und die Kontrolle übernehmen.



Da in Deutschland alle Stromnetze durchweg in privater Hand sind, war die veränderte Erbringung staatlicher Dienstleistungen für die deutsche Energiewende keine Option. Einfluss wird jedoch durch das Energierecht und die Bundesnetzagentur genommen. Die teils noch in kommunaler Hand befindlichen Stadtwerke verschaffen einzelnen Kommunen regional begrenzt Einfluss auf die Prozesse der Transformation.

Insbesondere im Straßenverkehr, dessen Infrastrukturen sich international fast überall in staatlicher Hand befinden, dürfte die veränderte Erbringung staatlicher Dienstleistungen eine wesentliche Handlungsoption sein. Mit Blick auf die Veränderung der Energieversorgung besteht nur noch eingeschränkt in einigen Ländern oder Regionen und dabei bei Wärme mehr als bei Strom staatliches Eigentum an Energienetzen und damit die Möglichkeit der aktiven Gestaltung.

## 5.6 Wechselwirkungen und Orchestrierung der Instrumente

In den untersuchten Fällen wirken die oben diskutierten Instrumententypen in der Regel nicht einzelnen und isoliert, sondern im Wechselspiel mit anderen Instrumenten. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung können das Wechsel- und Zusammenspiel nicht im Detail analysiert werden, eine Reihe von grundlegenden Zusammenhängen und groben Mustern von Wechselwirkungen zwischen den Instrumenten lassen sich aber dennoch deutlich zeigen:

*Augenfällig ist der Zusammenhang zwischen der langfristigen Aufrechterhaltung von Zielorientierungen und der Veränderung von Netzwerken.* So lassen sich sowohl in der Geschichte der dänischen wie auch der deutschen Energiewende Phasen ausmachen, in denen die Gegner der Energiewende wieder ans politische Ruder gekommen sind. In Dänemark stieß der Anfang des Jahrtausends eingeleitete Kurswechsel allerdings nicht nur in der Umweltbewegung auf Widerstand, sondern gleichermaßen in der Wirtschaft. Diese hatte sich seit den 1980er Jahren auf die im Rahmen der Strategie der erneuerbaren Energien benötigten Technologien ausgerichtet. Die Netzwerke der fossilen Energien waren schwach geworden und so blieb letztlich die EE-Strategie erhalten. Die besonders in Deutschland nach wie vor starken Netzwerke der fossilen Energiebranche schaffen es jedoch auch 20 Jahre nach Inkrafttreten des EEG immer wieder, die Energiewende zum Stillstand zu bringen und in Frage zu stellen. Eine starke Politik der Beeinflussung von Netzwerken scheint damit hilfreich, wenn nicht gar notwendig, zur Stabilisierung eines einmal eingeschlagenen Transformationspfades. Da aber ein Eingriff der Politik in private Verbandsstrukturen nach demokratischen Maßstäben nicht zulässig sein dürfte und auch im Rahmen der Fallstudien keine starken Eingriffe zur Bildung neuer Netzwerkstrukturen gefunden wurden, ist die Konsequenz die Schwächung der Netzwerke der Akteure der nicht-nachhaltiger Technologien eine konsequente Exnovationsstrategie, die diese Akteure bewusst schwächt um so ihren politischen Einfluss zu reduzieren.

Ein weiterer deutlicher Zusammenhang besteht zwischen den Instrumenten der Innovationspolitik und der Nischenentwicklung und dem Fortschritt der Transformation. Am klarsten lässt sich dieser Zusammenhang wiederum am „größten“ Transformationsprozess, der deutschen Energiewende, zeigen. Nachdem die Wetterabhängigkeit der wachsenden Mengen von Windstrom und PV-Strom langfristig Probleme bei der Netzstabilität erwarten ließ, wurde in 2012 ein großes F&E-Programm zur

Entwicklung neuer Formen von Energiespeichern aufgelegt, um der schwankenden Erzeugung von Strom durch dessen Speicherung Herr zu werden. Auch die Kopernikus-Projekte des „Sinteg“ Schwerpunktes zielen auf die Verbesserung der Netzstabilität. Im Rahmen von Sinteg werden z.B. digitale Marktplattformen für den Austausch von Energie entwickelt, mit denen kleine Batteriespeicher von Privathaushalten gebündelt werden können, um das Netz zu stabilisieren. Weiter wird intelligente Steuerungstechnik in Industriebetrieben erprobt, damit diese flexibler produzieren und ihre Herstellung automatisch an die Verfügbarkeit von Strom anpassen und Kosten sparen können (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2020).

Aber auch am Beispiel Elektromobilität in Norwegen lässt sich die Bedeutung von Forschung zur Stabilisierung der Transformation zeigen. Besonders das norwegische Transportforschungsinstitut führte Projekte zum Nutzungsverhalten von Elektroautos durch, um so die Bedenken bestimmter Zielgruppen besser zu verstehen und ausräumen zu können, aber auch um neue Zielgruppen zu erschließen.

Im Zentrum der heißen Phase der Transformation steht dann die Wechselwirkung der Instrumente zur Synchronisation von Diffusion und Exnovation. Auch hier ist die deutsche Energiewende ein klares Beispiel für schlechte Orchestrierung. So wurden im Fall der Windenergie durch Mobilisierung riesiger finanzieller Ressourcen durch das Instrument der Einspeisevergütung und die so entstehenden Möglichkeiten langjähriger Optimierung durch Economies of Scale das Kosten-Nutzen-Verhältnis so verbessert, dass die Technologie nun quasi ohne Förderung durch das EEG wirtschaftlich ist. Gleichzeitig wurde das Ordnungsrecht ab 2014 so verändert, dass der Zubau der nun wirtschaftlichen Technologie in 2019 fast vollständig zum Erliegen kam. Das Wegbrechen des Leitmarktes Deutschland lässt auch für die Exportchancen der deutschen Hersteller nichts Gutes hoffen. Schon im Fall der Photovoltaik hatte inkonsequente Politik dazu geführt, dass riesige finanzielle Ressourcen über die Einspeisevergütung mobilisiert wurden, der Nutzen der dann letztlich wirtschaftlich gewordenen Technologieskalierung schließlich aber anderen Ländern zu Gute kam. Letztlich ist zu folgern, dass ökonomische Instrumente und Ordnungsrecht so abgestimmt werden müssen, dass langfristige Ziele auch erreicht werden. Ein populistisches Hin und Her der Politik unter Einsatz eines widersprüchlichen Instrumentariums führt offenbar weder zum Erreichen der ökologischen wie auch der wirtschaftlichen Zielsetzungen. Weiter ist auch die Verknüpfung von ordnungsrechtlichen und ökonomischen Instrumenten mit der Infrastrukturpolitik von offensichtlicher Bedeutung. So führt die dänische Politik des Rückbaus von Gasnetzen dort, wo Fernwärme verlegt wird, zu nachhaltigen Verschiebungen der Nutzung dieser Energieformen, genauso, wie der Umbau von Parkstreifen zu Fahrradwegen die Förderung der Diffusion des Radverkehrs mit der Exnovation des Automobilverkehrs klar verknüpft. Zudem ist eine einmal umgebaute Infrastruktur sehr dauerhaft und insoweit widerstandsfähig gegen abrupte Politikwechsel.

## 6 Reflektion der erkenntnisleitenden Fragen des Vorhabens GO

Das Projekt „Governance radikaler Umweltinnovationen (Go): Neue Governance-Mechanismen in der Öko-Innovationspolitik: Die Rolle des aktivierenden Staates bei radikalen Systeminnovationen“ hat eine Reihe grundlegender Forschungsfragen zum Ausgangspunkt der Untersuchung genommen. Der bisher erreichte Erkenntnisstand zu diesen Fragen soll im Folgenden reflektiert werden. Dabei werden die Erkenntnisse aus den Fallstudien herangezogen und immer wieder auf die Umsetzbarkeit in der deutschen Politik hinterfragt.

### **Forschungsfrage 1: Welche Einsichten liefern bisherige Fälle staatlicher Aktivierungsversuche für umweltentlastende radikale Systemtransformationen mit Blick auf Erfolgs- und Misserfolgsbedingungen?**

Zunächst ist festzuhalten, dass radikale Systemtransformationen grundsätzlich überhaupt erfolgreich realisiert werden können. Die erfolgreichen Fälle zeigen allerdings auch, dass sich die Transformationsprozesse in der Regel über lange Zeiträume von einem Jahrzehnt bis zu mehreren Dekaden hinziehen und die Veränderungsraten pro Jahr sich in der Regel im niedrigen einstelligen Prozentbereich bewegen. Einen klaren Zusammenhang zwischen der „Größe“ des zu verändernden Versorgungs- oder Produktnutzungssystems und der Transformationsgeschwindigkeit können wir in den sieben untersuchten Fällen nicht erkennen.

Die fallübergreifende Analyse lässt vier Grundmuster oder Basisstrategien erkennen, von denen angenommen werden kann, dass sie für die Governance radikaler Systemtransformationen von wesentlicher Bedeutung sind:

- (1.) *Schaffung und Aufrechterhaltung von Richtungssicherheit*: In allen Fällen spielen klare langfristige Zielsetzungen und Planungen (C1) sowie Maßnahmen zur Legitimierung der betreffenden neuen Technologien oder Systeme (C5) eine wesentliche Rolle und sorgen damit für Richtungssicherheit. Bei den erfolgreichen Transformationsfällen wird die Erzeugung und Aufrechterhaltung von Richtungssicherheit außerdem durch die Veränderung von Netzwerkstrukturen und Schlüsselakteuren (D1) und z.T. auch durch die Etablierung grundlegender institutioneller Veränderungen (D2) flankiert.
- (2.) *Innovationspolitik und Nischenentwicklung*: Eine fundamentale Veränderung von Versorgungs- und Produktnutzungssystemen ist auf ein Zusammenspiel verschiedenen technischer, sozialer und institutioneller Innovationen angewiesen. Der F&E-Politik kommt damit eine ebenso bedeutende Rolle zu wie der Entwicklung neuer Märkte oder der Etablierung neuer Marktnischen. Diese stellen im Regelfall die erste Stufe der Veränderung des Massenmarktes dar. In Nischenmärkten werden Innovationen erstmals in kleinen oder mittleren Stückzahlen erprobt. Dabei zeigen sich ggf. Schwachstellen und es erfolgen Optimierungen von Funktion, Leistung, Kosten und Qualität. Für die in den untersuchten Fällen beobachtbaren staatlichen Aktivitäten spielten zwei Instrumententypen an der Schnittstelle von Innovationsförderung und Nischenentwicklung eine zentrale Rolle. Forschung und Entwicklung, Wissensverbreitung (C3) und die

Etablierung von Marktnischen und Marktformation (C6) kamen hier zum Einsatz. Eine geringe Rolle spielten hier bislang die Entrepreneurship- und Gründungsförderung (C4) und die gezielte Reduzierung der F&E-Förderung für nicht-nachhaltige Technologien und Systeme (D5), deren Governance-Potenzial zwar angenommen werden kann, bislang aber staatlich kaum genutzt wird.

- (3.) *Synchronisation von Diffusion und Exnovation*: Im Zentrum der heißen Phase der Transformation steht dann die Wechselwirkung der Instrumente zur Synchronisation von Diffusion und Exnovation. Alle erfolgreichen Beispiele sind von einem Zusammenspiel von „Creative“- und „Destruction“-Instrumenten geprägt. Dies stützt die von Kivimaa & Kern (2016, S. 207) postulierte Annahme, dass die nachhaltige Transformation von sozio-technischen Systemen nicht nur auf die Funktionen von Innovationssystemen und ein strategisches Nischenmanagement angewiesen sind, sondern auch der „destruction side“ Aufmerksamkeit zu schenken ist, wenn sich die neue Lösung durchsetzen und diffundieren soll. Alle erfolgreichen Fälle nehmen „harte“ ökonomische Maßnahmen mit Hilfe der Steuer- und Abgabenpolitik (D3) vor und pflegen damit eine wirksame „monetäre Tendenzsteuerung“ ergänzt durch ordnungsrechtliche Maßnahmen (D4) (Jänicke, 2012, S. 19). In den von uns untersuchten erfolgreichen Fällen führt dies auch zur Verbesserung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses (C8) neuer Produkte oder Dienstleistungen. Zusätzlich wäre möglich, dass aufbauend auf Grundlageninnovationen systematisch Folgeinnovationen unterstützt oder gefördert werden, die zu signifikanten Kostensenkungen, Funktionsverbesserungen oder anwendungs- und zielgruppenspezifischen Anpassungen führen. Für die Schaffung klarer ökonomischer Rahmenbedingungen und Anreize ist in der Regel eine erhebliche Ressourcenmobilisierung (C2) notwendig, die in Form der Bereitstellung von Förder- oder Finanzmitteln in den meisten der untersuchten Fälle zu beobachten ist. Dies beinhaltet auch den Abbau von Subventionen für etablierte und als nicht-nachhaltig identifizierte Technologien und Systemen.
- (4.) *Infrastrukturentwicklung*: Bei der Untersuchung von „policy mixes for transition“ spielen Instrumente und Maßnahmen zur Infrastrukturentwicklung bislang eine geringe und untergeordnete Rolle. Sie stellt z.B. bei der Untersuchung von Kivimaa & Kern (2016, S. 207 ff.) kein eigenständiges staatliches Handlungsfeld bzw. kein eigenständiger Instrumente- und Funktionstyp dar. Im Falle unseres spezifischen Fokus auf Versorgungs- sowie Produkt-/Service-Systeme, kommt der Unterstützung der Entwicklung von notwendigen Infrastrukturen (Stromnetze, Wärmenetze, Fahrradwege usw.) eine fundamentale Bedeutung für den Erfolg radikaler Systemtransformationen im Verkehrs- und Energiesektor zu.

Ein zentraler Faktor für einen möglichen Erfolg der vier Strategien ist ein parteiübergreifender, möglichst gesellschaftlicher Konsens über die Notwendigkeit des Wandels. Schon kleine Gruppen, die den Problembefund anzweifeln oder soziale bzw. technologische Ziele in Frage stellen oder durch eine Vielzahl von scheinbar Problem lösenden Alternativen Verwirrung stiften können Transformationsprozesse erheblich verzögern oder ganz zum Stillstand bringen. Neben der aktiven Steuerung der Transformation ist daher ergänzend eine permanente Auseinandersetzung mit Gegenstrategien zu

empfehlen. Denn insbesondere in großen Systemen, in denen erhebliche Werte umgesetzt werden, ist eine erfolgreiche Transformation in allererster Linie eine Frage von politischer Macht.

**Forschungsfrage 2: Wie war die Rolle des Staates in den untersuchten Fallstudien und welche politischen Instrumente erweisen sich im Kontext welcher Lobbystrukturen als besonders wirksam?**

Im Staat wirken einerseits demokratische Strukturen, d.h. es werden öffentliche Parteiprogramme der mit Mehrheit in die Parlamente gewählten und mit der Regierung betrauten Parteien bzw. ihre Koalitionsvereinbarungen umgesetzt. Daneben folgen einzelne Akteure innerhalb wie auch außerhalb der Regierung nicht öffentlichen und oft wirtschaftliche bedingten Machtinteressen, die von Lobbys allerdings nur teilweise offen in die Regierung, und in die demokratischen öffentlichen Prozesse hineingetragen werden. Andere Ziele und Programme werden verdeckt verfolgt.

In den Fallstudien konnte besonders in den skandinavischen Fallstudien ein vergleichsweise tragfähiger politischer Konsens um den gewollten Wandel festgestellt werden. Ziele wurden konsensual aufgestellt, über ihre Umsetzung regelmäßig Bericht erstattet und ggf. Maßnahmen ergriffen, um Zielabweichungen zu korrigieren. Ein Einfluss von Lobbys war in einigen Fallstudien kaum zu erkennen, wobei auch die Industrien, die in den untersuchten Fällen ein Interesse an einer Beeinflussung der Pläne gehabt haben könnten, in den jeweiligen Ländern nur schwach oder gar nicht vertreten sind.

Das durch eine anspruchsvolle ökonomische Tendenzsteuerung erfolgreich umgesteuert werden kann ist eindeutig und wurde unter Forschungsfrage 1 bereits diskutiert. Diese Steuerung muss die neuen nachhaltigen Lösungen wirtschaftlich machen und erreichen, dass alte, nicht-nachhaltige Lösungen unwirtschaftlich werden. Detailregelungen des Ordnungsrechtes bringen den Wandel dort voran, wo Wirtschaftlichkeit nur geringen Einfluss hat. Wichtig ist auch, ob eine politische Mehrheit die Einführung anspruchsvoller ökonomischer Eingriffe und ordnungsrechtlicher Regelungen in der Gesellschaft, aber auch innerhalb der Ministerialverwaltungen, durchzusetzen und die Geschwindigkeit des Wandels aufrecht zu erhalten in der Lage ist. Vor diesem Hintergrund sind die Vorschriften des Klimaschutzgesetzes (Die Bundesregierung, 2019) zur regelmäßigen Überprüfung und Nachsteuerung bei Verfehlung der Ziele u.U. ein wichtiges Instrument. Zwar sind die im September 2019 gefassten und im Dezember nachgebesserten Beschlüsse über ökonomische Anreize und ordnungsrechtliche Vorschriften in diesem Gesetz aus Sicht der kritischen Wissenschaft absolut nicht ausreichend und zeigen kein Verständnis der Problemlage (Götze, 2019; Rahmstorf, 2019), jedoch bietet das Gesetz selbst mit den Vorschriften zur Zielkontrolle u.U. die Möglichkeit, auf Verschärfung der Vorschriften bei Zielverfehlung zu klagen. Damit erreicht das Gesetz aber dennoch ein Kernziel der Agenda der Klimawandelskeptiker: es verzögert das notwendige Umsteuern weiter und aus Sicht der Wissenschaft auf einen Zeitpunkt, der für ein wirksames Handeln dann endgültig zu spät ist (Rahmstorf, 2019).

**Forschungsfrage 3: Welche kontext- und akteursbezogenen Bedingungen und Faktoren sind zentral und inwieweit lassen sich diese auf eine transformative Umweltpolitik in Deutschland übertragen?**

Die Abwesenheit gegenläufiger wirtschaftlicher Interessen ist ohne Zweifel für die Transformationsgeschwindigkeit hilfreich. Diese Erkenntnis lässt sich allerdings auf deutsche Kernbranchen der Transformation zur Nachhaltigkeit, nämlich Energie, Mobilität und Landwirtschaft, nicht anwenden, da es hier mächtige wirtschaftliche Gegenkräfte gibt, die einen ökonomischen Vorteil aus den bisherigen, nicht-nachhaltigen Systemen ziehen. Deutschland ist vielmehr in all diesen Branchen der Sitz weltweit aktiver Unternehmen, die aus der Verzögerung bzw. Vermeidung der Transformation zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise erhebliche Vorteile ziehen. Der Volkswagenkonzern mit seiner zunehmend überzeugenden Strategie zum Einstieg in die Elektromobilität könnte hier eine erste Ausnahme sein. Ob er die Rolle als „transformational leader“ allerdings dauerhaft durchhält und wie sich dies auf andere etablierte Akteure der Automobilwirtschaft auswirkt, bleibt abzuwarten.

Zudem ist eine Kultur parteiübergreifender politischer Zusammenarbeit und Konsensfindung offenbar von hoher Bedeutung für erfolgreiche Transformation. Auch eine solche Kultur ist in Deutschland mit seinen ausgeprägten Partikularinteressen und starken Lobbystrukturen nicht im gleichen Maße zu finden wie z.B. in den skandinavischen Ländern.

**Forschungsfrage 4: Wie sind vor diesem Hintergrund Konzepte des aktivierenden und koordinierenden Staates einerseits und von transformationsfeldbezogenen Innovation Communities andererseits zu beurteilen?**

Die Anwendung von Konzepten des aktivierenden und koordinierenden Staates baut auf Vertrauen in die Eigenverantwortung und Ehrlichkeit wirtschaftlicher Akteure und nutzt Instrumente wie Verhandlung und Selbstverpflichtung. Den Einsatz dieses Konzeptes haben wir in den Fallstudien nicht gefunden und er erscheint auch für Deutschland nicht empfehlenswert. Stattdessen spielten in allen Fällen erfolgreicher Transformation eine Kombination aus wirksamen ökonomischen Anreizen sowie ordnungsrechtlichen Vorschriften eine tragende Rolle. Dabei ist ein ökonomischer Anreiz in den Fällen „wirksam“, wenn er nachhaltige Lösungen wirtschaftlicher macht als nicht-nachhaltige. Ökonomische Instrumente müssen also einen Schalter umlegen. Genauso wie eine Lampe entweder an ist oder aus kann auch eine neue Lösung entweder wirtschaftlich sein oder nicht. Da nun also ökonomische Instrumente ein Schalter sind, müssen sie wirksam umgelegt werden. Zu gering dimensionierte ökonomische Anreize wirken nicht und belasten letztlich die Akteure unnötig. Wenn z.B. bestimmte CO<sub>2</sub>-Preise überschritten werden, rechnen z.B. Edenhofer et al. (2016, S. 207) „mit deutlich stärkeren Mengenreaktionen.“

Das Konzept von Promotorennetzwerken bzw. sogenannter „Innovation Communities (Fichter, 2009; Fichter & Beucker, 2012) fokussiert auf die enge Zusammenarbeit von Schlüsselpersonen, die gemeinsam eine Neuerung voranbringen wollen und wurde für die Beschreibung und Erklärung der Durchsetzung grundlegender Innovationen entwickelt. Das Konzept fokussiert auf den Entwicklungs- und Realisierungsprozess bis zur Markteinführung bzw. der ersten erfolgreichen Anwendung. Das

Konzept der Promotorennetzwerke lässt sich zwar auch auf spätere Phasen wie die Diffusion von Innovationen anwenden, wurde im Rahmen unserer empirischen Untersuchungen aber nicht explizit herangezogen. Wie sich in den Fallstudien allerdings gezeigt hat, spielen Veränderungen bei Netzwerkstrukturen und Schlüsselakteuren eine zentrale Rolle im Transformationsprozess. Für die weitere Forschung zur Governance radikaler Systemtransformatoren kann das Konzept der Promotorennetzwerke eine wichtige Rolle spielen, muss aber auf die Phase der Diffusion angepasst werden. Dabei ist zu prüfen, inwieweit dieses Schlüsselpersonenkonzept mit anderen Ansätzen wie z.B. zu sogenannten „Communities of practice“ (Wenger, 2008) 21.02.2020 12:24:00 und mit Theorien und Ansätzen der Netzwerk- und Lobby-Forschung verbunden werden können und z.B. in einem Ansatz „Diffusion communities“ oder „Transformation communities“ verdichtet werden können. Diese könnten für die Bildung starker Allianzen sorgen und gemeinsam mit gesellschaftlichen Anspruchsgruppen und NGOs, Wissenschaft und ihnen nahestehenden Parteien die Beschlüsse zur politische Durchsetzung der Transformation erwirken und so im weiteren Verlauf die Richtungssicherheit des weiteren Handelns der Akteure in Wirtschaft, Politik und Verwaltung sicherstellen.

**Forschungsfrage 5: Wie muss eine Orchestrierung von Politikstrategien, Politikinstrumenten und Akteursrollen aussehen, damit eine radikale umweltentlastende Systemtransformation der gebäudebezogenen Wärmeversorgung in Deutschland gelingen kann?**

Erste Schritte zur Entwicklung von Strukturen innerhalb der von Kivimaa und Kern (2016) aufgeführten Instrumente der Transformation wurden durch die Gruppierung in vier Basisstrategien (vgl. Kapitel 5 und 6) gegangen. Auf Basis dieser Arbeiten wird im weiteren Projektverlauf vertiefend an Ideen zur Orchestrierung von Politikstrategien, Politikinstrumenten und Akteursrollen zu arbeiten sein.

Dabei wird auch die Frage der Multi-Level Governance eine Rolle spielen. Schon jetzt zeigen die Beispiele aus Baden-Württemberg und Kopenhagen, dass auf unteren Governance-Ebenen nur ein eingeschränktes Handlungsinstrumentarium zur Verfügung steht und Ziele, die jenseits des bundespolitisch Möglichen liegen, kaum erreichbar sind.

## 7 Konsequenzen für die Öko-Innovationspolitik

### 7.1 Politikstrategien und Politikinstrumente

Das von Kivimaa & Kern entwickelte Konzept zur Untersuchung von Politikinstrumenten und Policy Mixes in Transformationsprozessen (Tabelle 2) wurde von uns für die Untersuchung der Governance radikaler Systemtransformationen geringfügig erweitert und angepasst (vgl. Tabelle 3). Dieser Klassifikationsrahmen von Politikinstrumententypen hat sich in der Analyse der untersuchten sieben Transformationsfälle grundsätzlich bewährt und kann somit den weiteren Arbeitsschritten des Vorhabens, aber auch generell für die Entwicklung und Umsetzung einer transformationsbezogenen Öko-Innovationspolitik zu Grunde gelegt werden.

Die empirische Untersuchung von Erfolgsfällen radikaler Systemtransformationen lässt vier Grundmuster oder Basisstrategien erkennen, von denen angenommen werden kann, dass sie für die erfolgreiche Steuerung des grundlegenden Wandels großer Versorgungs- und Produktnutzungssysteme von wesentlicher Bedeutung sind. Die vier Basisstrategien wurden in Kapitel 6 vorgestellt. Als konzeptioneller Rahmen ergibt sich dann folgende Darstellung als Grundlage für die weiteren Arbeiten im Vorhaben:

**Abbildung 2: Konzeptioneller Rahmen für die Untersuchung von Politikstrategien und politischer Instrumente bei radikalen Systemtransformationen**

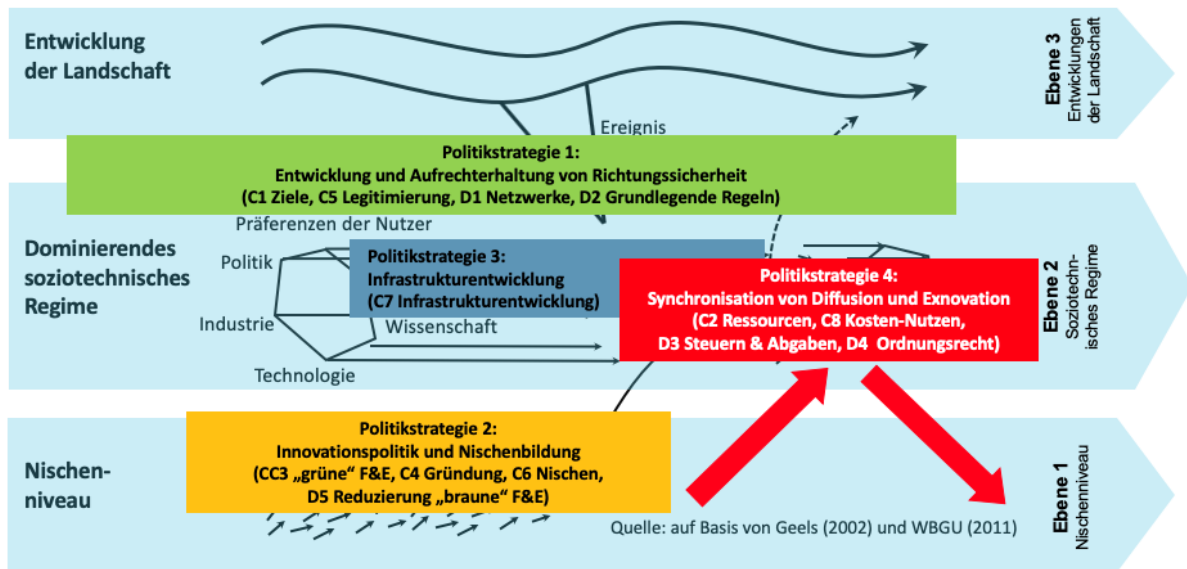


Quelle: Borderstep

Die im Folgenden dargestellte Abbildung 3 zeigt die Basisstrategien und Abbildung 4 die politischen Instrumente der Transformation in einer prozessualen Zuordnung und ordnet sie im Zeitverlauf.



**Abbildung 3: Idealtypischer Einsatz von Basisstrategien der Transformation großer Versorgungs- und Produktnutzungssysteme**



Quelle: Borderstep

Ausgangspunkt ist immer ein politisches Ziel der Transformation, die Grundlage für die Entwicklung und Aufrechterhaltung von Richtungssicherheit ist (Basisstrategie 1). Über Ziele sollte Einigkeit herrschen und sie sollten gesellschaftlich legitimiert sein. Die Richtungssicherheit kann schon in der frühen Phase der Transformation durch diagnostisches Framing dadurch in Frage gestellt werden, dass der Grund der Notwendigkeit einer Veränderung in Frage gestellt werden. Auch kann durch prognostisches Framing die Richtung der Veränderung in Frage gestellt und der Transformationsprozess so verzögert werden. Netzwerkstrukturen des etablierten Regimes werden tendenziell dazu neigen, die Transformation eher zu behindern, weshalb in dieser Phase nicht nur Legitimität und Unterstützung für die Transformationsidee aufgebaut werden muss, parallel dazu muss das Bewusstsein für transformationskritische Strukturen und Netzwerke entwickelt werden und mit ihnen muss bewusst und aktiv umgegangen werden.

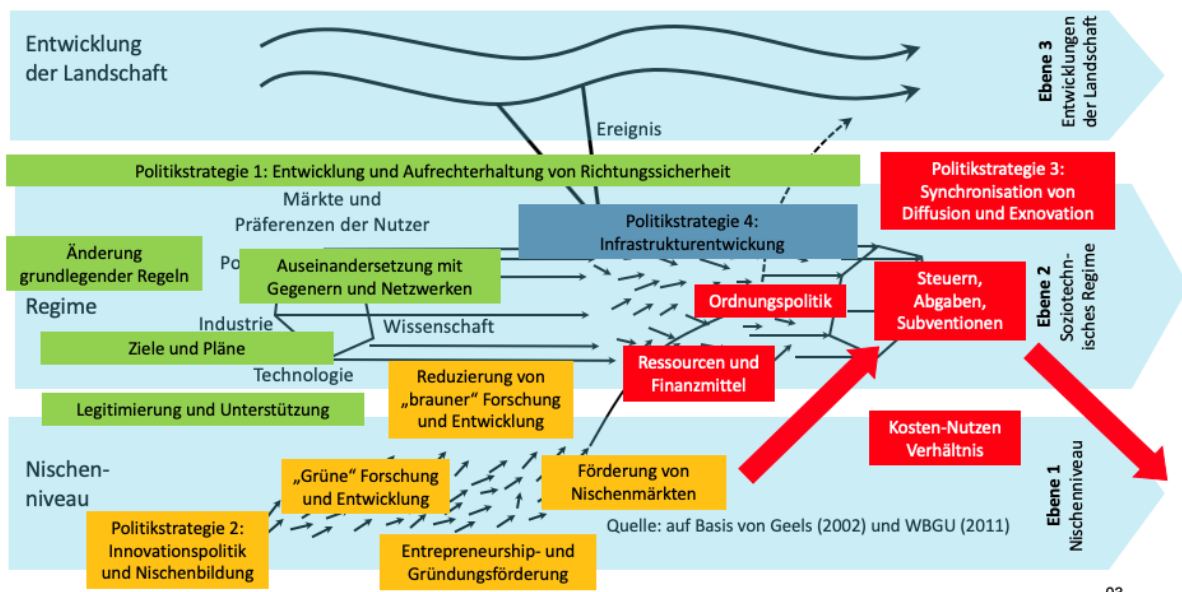
Ist die technische Grundlage einer Transformation nicht gegeben, so waren z.B. in den 1970er und 1980er Jahren verlässliche Technologien zur Gewinnung erneuerbarer Energie wie auch Automobile mit alternativen Antrieben schlicht nicht existent, muss von der Gesellschaft durch Forschung und Entwicklung, die Förderung von Gründungen und Entrepreneurship sowie den Aufbau von Nischenmärkten die Verfügbarkeit einer funktionalen, kostengünstigen und skalierbaren Alternative geschaffen werden (Basisstrategie 2). Auch parallel zur Durchsetzung der Innovation im Massenmarkt müssen durch Forschung und Entwicklung kontinuierlich Verbesserungen von Leistung, Qualität und Kosten der Schlüsselinnovationen vorangetrieben werden.

In der heißen Phase der Transformation stehen starke Instrumente im Vordergrund der Politik, die durch hohe Förderungen bzw. die Internalisierung externer Kosten die Wirtschaftlichkeit der besse-

ren Alternative herstellt sowie parallel dazu durch ordnungsrechtliche Regelungen, z.B. im Genehmigungsrecht, die Verbreitung der alternativen Lösung begleitet und durch gezielte Verbote die Exnovation in Gang setzt. Die Diffusion der alternativen Lösung in den Massenmarkt ist untrennbar damit verbunden, das Verschwinden der etablierten, aber nicht nachhaltigen Lösung aus dem Massenmarkt (Exnovation) zu organisieren und für eine Synchronisation von Diffusion und Exnovation zu sorgen (Basisstrategie 3). Implizit weist die Darstellung darauf hin, dass es von Bedeutung ist, in die „heiße Phase“ der Transformation mit den Instrumenten der ordnungsrechtlichen und ökonomischen Steuerung dann einzutreten, wenn durch externe Ereignisse sich hierfür ein politisches Window of Opportunity öffnet (Kahlenborn et al., 2019).

In der heißen Phase der Transformation muss grundsätzlich mit erheblichem Widerstand des etablierten Regimes gerechnet werden. Mehrfach wurde z.B. durch eine Infragestellung der Pfadwechselkosten der Fortschritt von Transformationsprozessen wirksam gehemmt, z.B. durch die Strompreisbremse in Deutschland (Anonym, 2012), aber auch im Kontext der norwegischen Transformation zu Elektroautos (Clausen, 2019b). Kontinuierliche Anstrengungen zur Kostensenkung stellen hier eine Gegenstrategie zur Gegenstrategie dar. Gegen Verbote jeder Art wird gern das Argument der persönlichen Freiheit angeführt, mit dem das Weiternutzen von Ölheizungen und Dieselmotoren begründet wird (Clausen & Beucker, 2020; Pausch, 2020). Eine wirksame Gegenstrategie ist auch, zwar Verbote zu tolerieren, gleichzeitig aber dafür zu sorgen, dass kein Vollzug stattfindet und so das Verbot wirkungslos bleibt.

**Abbildung 4: Idealtypischer Einsatz der Instrumente der Basisstrategien der Transformation großer Versorgungs- und Produktnutzungssysteme**



Quelle: Borderstep

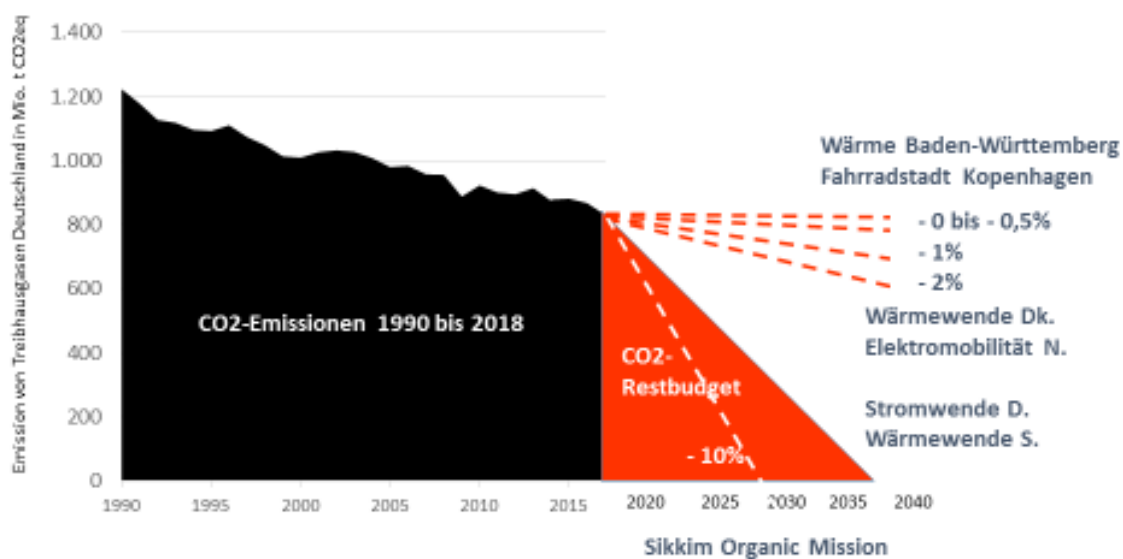
Wie unsere Fallstudien gezeigt haben, kommt es bei radikalen Systemtransformationen auch immer darauf an, dass die notwendigen Infrastrukturen (Strom-, Wärme-, Wassernetze, Schienenwege,

Prüf- und Zertifizierungsinstitutionen usw.) durch staatliches Handeln und staatliche Förderung gezielt entwickelt und geschaffen werden (Basisstrategie 4).

## 7.2 Berücksichtigung der Transformationsgeschwindigkeit

Über den ganzen Prozess der Transformation ist neben der kontinuierlichen Entwicklung und Verbesserung der Alternative die Frage der Gegenstrategien permanent zu beleuchten und in die Planung der Transformationspolitik einzubeziehen. Denn es ist zu bedenken, dass wir mit Blick auf den Klimawandel unter Zeitdruck stehen. Dies lässt sich zeigen, wenn wir die in den Fallbeispielen beobachteten „Transformationsgeschwindigkeiten“ zur zukünftig notwendigen Absenkung der Treibhausgasemissionen in Beziehung setzen.

**Abbildung 5: Emissionstrajektorien bis 2040 und Transformationsgeschwindigkeiten**



Quelle: Borderstep auf Basis von Rahmstorff (2019).

Die Kurve entspricht einem verbleibenden Restbudget für Deutschland von 7,3 Gt CO<sub>2</sub> und stellt ein mit dem Pariser Abkommen zu vereinbarendes Emissionsbudget für Deutschland dar. Die mit 0 bis 0,5%, 1%, 2% und 10% markierten Linien stellen das Spektrum der Transformationsgeschwindigkeiten der untersuchten Fälle dar.

Allein die Erkenntnisse zur Transformationsgeschwindigkeit lassen den Schluss zu, dass die Regierungen weltweit in unverantwortlicher Weise mit dem Ergreifen wirksamer Maßnahmen zögern. Und jedes Jahr, welches keine Trendwende erreicht, erhöht den Handlungsdruck weiter.

Einer der zentralen Fehler bei der Governance radikaler Systeminnovationen dürfte also darin bestehen, Irrwegen zu folgen, die notwendige Transformationsgeschwindigkeit nicht zu erreichen und sich von zu schwachen Maßnahmen zu starke Wirkungen zu erhoffen.

Schon alleine um klarere Vorstellungen vom zeitlichen Ablauf großer Systemtransformationen zu bekommen ist an dieser Stelle festzuhalten, dass weitere Fallstudien der in „Go“ erstellten Art hilfreich wären, um das Wissen über diese für das Überleben der Menschheit zentralen Prozesse zu vergrößern.

## 8 Quellen

- AgroSpectrum. (2019, Dezember 30). IFFCO ties up with Sikkim Govt for largest organic processing unit. Zugriff am 10.1.2020. Verfügbar unter: <http://agrospectrumindia.com/news/26/259/iffco-ties-up-with-sikkim-govt-for-largest-organic-processing-unit.html>
- Anonym. (2012). *Energiewende sichern – Kosten begrenzen* Vorschlag zur Einführung einer Strompreis-Sicherung im EEG. Berlin. Zugriff am 20.5.2019. Verfügbar unter: [https://web.archive.org/web/20130203035722/http://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Erneuerbare\\_Energien/Strompreissicherung\\_20130128.pdf](https://web.archive.org/web/20130203035722/http://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Erneuerbare_Energien/Strompreissicherung_20130128.pdf)
- Avasthe, R., Singh, R., Babu, S., Pashte, V. & Sharma, P. (2019). Organic farming for doubling farmers income by 2022: Sikkim model, Pathway and strategies. *Technological Interventions in Organic Farming for Doubling Farmers' Income* Publisher. Gangtok. Zugriff am 7.5.2019. Verfügbar unter: [https://www.researchgate.net/publication/330900370\\_Organic\\_farming\\_for\\_doubling\\_farmers\\_income\\_by\\_2022\\_Sikkim\\_model\\_Pathway\\_and\\_strategies](https://www.researchgate.net/publication/330900370_Organic_farming_for_doubling_farmers_income_by_2022_Sikkim_model_Pathway_and_strategies)
- Bijker, W. E. (1995). *Of Bicycles, Bakelites and Bulbs: Towards a Theory of Sociotechnical Change*. Cambridge MA, London: The MIT Press.
- BMBF (Hrsg.). (2018). *Forschung und Innovation für die Menschen: Die Hightech-Strategie 2025*. Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).
- Bruns, E., Köppel, J., Ohlhorst, D. & Schön, S. (2007). *Die Innovationsbiographie der Windenergie unter besonderer Berücksichtigung der Absichten und Wirkungen von Steuerungsimpulsen. Endbericht zum Forschungsprojekt im Schwerpunkt „Innovationsprozesse in Wirtschaft und Gesellschaft“*. Hannover: Volkswagenstiftung.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2017). Förderprogramm SINTEG: „Schaufenster intelligente Energie - Digitale Agenda für die Energiewende“. *BMWi*. Zugriff am 20.2.2018. Verfügbar unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/sinteg.html>
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2018a). *Bundesbericht Energieforschung 2018. Forschungsförderung für die Energiewende*. Berlin. Verfügbar unter: [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/bundesbericht-energieforschung-2018.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=15](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/bundesbericht-energieforschung-2018.pdf?__blob=publicationFile&v=15)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2018b). *EEG in Zahlen: Vergütungen, Differenzkosten und EEG-Umlage 2000 bis 2019*. Berlin. Zugriff am 15.11.2019. Verfügbar unter: [https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/eeg-in-zahlen-pdf.pdf%3F\\_\\_blob%3DpublicationFile](https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/eeg-in-zahlen-pdf.pdf%3F__blob%3DpublicationFile)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2020). SINTEG – das Programm. Zugriff am 7.1.2020. Verfügbar unter: <https://www.sinteg.de/programm/>
- Carsalesbase.com. (2019). Norway car sales data. Zugriff am 14.11.2019. Verfügbar unter: <http://carsalesbase.com/total-market-sales-country/norway-car-sales-data/>
- CICD. (2002). Tvindkraft Windmill. Zugriff am 24.4.2019. Verfügbar unter: <https://www.cicd-volunteerinafrica.org/activism/tvindkraft>
- City of Copenhagen. (2017). *Copenhagen City of Cyclists. The Bicycle Account 2016*. Kopenhagen.
- Clausen, J. (2004). *Umsteuern oder Neugründen? die Realisierung ökologischer Produktpolitik in Unternehmen*. Norderstedt: Books on demand.

- Clausen, J. (2009). *Feldvermessungsstudie Klimaschutzregion Hannover Überblick über das Praxisfeld und die Fokusbereiche Solarthermie und Ökostrom*. Hannover. Zugriff am 16.9.2016. Verfügbar unter: <http://www.fk2.uni-oldenburg.de/wenke2/download/Feldvermessungsstudie-Energie3-1.pdf>
- Clausen, J. (2017). *Stromeinspeisungsgesetz und EEG. Fallstudie im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy*. Berlin. Zugriff am 28.3.2017. Verfügbar unter: [https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/2017-03-e2g-fallstudie\\_eeg\\_borderstep.pdf](https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/2017-03-e2g-fallstudie_eeg_borderstep.pdf)
- Clausen, J. (2019a). *Verbreitung radikaler Systeminnovationen Fallbeispiel Stromversorgung Deutschland*. Berlin: Borderstep Institut.
- Clausen, J. (2019b). *Verbreitung radikaler Systeminnovationen. Fallbeispiel Elektromobilität Norwegen*. Berlin: Borderstep Institut.
- Clausen, J. (2019c). *Industrie 4.0 im Kontext von Umweltinnovationen*. CliDiTrans Werkstattbericht 3-4. Berlin: Borderstep Institut. Zugriff am 20.11.2019. Verfügbar unter: <https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2019/09/IndustrieVierNull-CliDiTrans20190912.pdf>
- Clausen, J. & Beucker, S. (2019a). *Verbreitung radikaler Systeminnovationen. Fallbeispiel Wärmeversorgung Schweden*. Berlin.
- Clausen, J. & Beucker, S. (2019b). *Verbreitung radikaler Systeminnovationen. Fallbeispiel Wärmeversorgung Dänemark*. Berlin: Borderstep Institut. Zugriff am 20.6.2019. Verfügbar unter: <https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2019/06/W%C3%A4rmeversorgung-Danemark-Go-19-6-2019.pdf>
- Clausen, J. & Beucker, S. (2020). *Verbreitung radikaler Umweltinnovationen: Fallbeispiel Gebäudeenergiegesetz*. Berlin.
- Clausen, J. & Fichter, K. (2018). *Umweltinnovationen 2: Faktoren und Dynamiken der Verbreitung grüner Dienstleistungen und Produkte in der Gesellschaft*. Unveröffentlicht. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Clausen, J. & Fichter, K. (2019a). *Governance radikaler Umweltinnovationen: Theoretische Grundlagen und Forschungskonzeption*. Berlin: Borderstep Institut. Zugriff am 19.11.2019. Verfügbar unter: <https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2019/07/AP1Theorie-und-Methoden-31-07-2019.pdf>
- Clausen, J. & Fichter, K. (2019b). The diffusion of environmental product and service innovations: Driving and inhibiting factors. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 31, 64–95. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.01.003>
- Clausen, J. & Gandenberger, C. (2018). *Umweltinnovationen 1: Grundlagenanalysen*. Unveröffentlicht. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Clausen, J. & Loew, T. (2009). *CSR und Innovation, Literaturstudie und Befragung. Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit*. Verfügbar unter: [www.4sustainability.org](http://www.4sustainability.org)
- Clausen, J. & Olteanu, Y. (2019). *Verbreitung radikaler Systeminnovationen. Fallbeispiel Sikkim Organic Mission*. Berlin: Borderstep Institut.

- Clausen, J. & Warnecke, N. (2019). *Governance radikaler Umweltinnovationen. Fallbeispiel Erneuerbare Wärme Baden-Württemberg*. Berlin: Borderstep Institut. Zugriff am 19.11.2019. Verfügbar unter: [https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2019/09/Fallstudie-BaW%C3%BC\\_20190912.pdf](https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2019/09/Fallstudie-BaW%C3%BC_20190912.pdf)
- Clausen, J., Warnecke, N. & Schramm, S. (2019). *Verbreitung radikaler Systeminnovationen. Fallbeispiel Fahrradstadt Kopenhagen*. Berlin. Zugriff am 2.7.2019. Verfügbar unter: <https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2019/06/Fahrradstadt-Kopenhagen-Go2006-2019-1.pdf>
- Danish Customs and Tax Administration. (2019). Registration tax. Zugriff am 6.6.2019. Verfügbar unter: <https://skat.dk/skat.aspx?oid=2244599>
- Danish Energy Agency. (2018). *Energy Statistics 2016*. Kopenhagen. Zugriff am 14.11.2019. Verfügbar unter: [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Statistik/energy\\_statistics\\_2016.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Statistik/energy_statistics_2016.pdf)
- Danish Energy Authority. (2005). *Heat Supply in Denmark. Who What Where and - Why*. Kopenhagen. Zugriff am 24.4.2019. 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)
- DICE Consult. (2016). *Kosten der Energiewende. Gutachten im Auftrag der Initiative Neue Soziale Marktwirtschaft*. Düsseldorf. Zugriff am 15.11.2019. Verfügbar unter: [https://www.insm.de/fileadmin/insm-dms/text/soziale-marktwirtschaft/eeg/INSM\\_Gutachten\\_Energiewende.pdf](https://www.insm.de/fileadmin/insm-dms/text/soziale-marktwirtschaft/eeg/INSM_Gutachten_Energiewende.pdf)
- Die Bundesregierung. (2017). *Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie - Neuauflage 2016*. Berlin: Die Bundesregierung. Zugriff am 27.2.2017. Verfügbar unter: [https://www.bundesregierung.de/Content/DE/\\_Anlagen/2017/01/2017-01-11-nachhaltigkeitsstrategie.pdf?\\_\\_blob=publication-file&v=5](https://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/2017/01/2017-01-11-nachhaltigkeitsstrategie.pdf?__blob=publication-file&v=5)
- Die Bundesregierung. (2019). *Gesetzentwurf der Bundesregierung: Entwurf eines Gesetzes zur Einführung eines Bundes-Klimaschutzgesetzes und zur Änderung weiterer Vorschriften*. Zugriff am 24.10.2019. Verfügbar unter: [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Gesetze/gesetzesentwurf\\_bundesklimaschutzgesetz\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Gesetze/gesetzesentwurf_bundesklimaschutzgesetz_bf.pdf)
- Diget, T. (2018, 12.6). How to include surplus energy from Apple. Gehalten auf der Deutsch-Dänischer Dialog Wärmenetze, Stuttgart. Zugriff am 26.4.2019. Verfügbar unter: [https://www.energiekompetenz-bw.de/energiekompetenz-bw/veranstaltungen/rueckblick/detail/?tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=523&cHash=3375a14e27c607cde0f95b25db67b963](https://www.energiekompetenz-bw.de/energiekompetenz-bw/veranstaltungen/rueckblick/detail/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=523&cHash=3375a14e27c607cde0f95b25db67b963)
- Edenhofer, O., Flachsland, C., Kalkuhl, M., Knopf, B. & Pahle, M. (2019). *Optionen für eine CO2-Preisreform*. Potsdam.
- Ehlerding, S. (2020, Januar 8). Starke Kürzungen bei der Projektförderung der Energieforschung. *Tagespiegel*.
- Eikeland, P. O. & Inderberg, T. H. (2016). Energy system transformation and long-term interest constellations in Denmark: can agency beat structure? *Energy Research & Social Science*, 11, 164–173.
- Ericsson, K., Huttunen, S., Nilsson, L. J. & Svenningsson, P. (2004). Bioenergy policy and market development in Finland and Sweden. *Energy Policy*, 32(15), 1707–1721. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(03\)00161-7](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(03)00161-7)
- European Commission. (2011). *Innovation for a sustainable Future - The Eco-innovation Action Plan (Eco-AP)*. Brüssel.

- European Cyclists Federation. (2017). Smarter Cycling Series: City of Copenhagen introduces variable message signs – exclusively for cyclists. Zugriff am 8.3.2019. Verfügbar unter: <https://ecf.com/news-and-events/news/smarter-cycling-series-city-copenhagen-introduces-variable-message-signs-%E2%80%93>
- Eurostat. (2019). Number of passenger cars per 1000 inhabitants, 2016. Zugriff am 28.2.2019. Verfügbar unter: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Passenger\\_cars\\_in\\_the\\_EU](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Passenger_cars_in_the_EU)
- Fichter, K. (2009). Innovation communities: the role of networks of promoters in Open Innovation. *R&D Management*, 39(4), 357–371. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2009.00562.x>
- Fichter, K. & Beucker, S. (Hrsg.). (2012). *Innovation Communities: Teamworking of Key persons - A Success Factor in Radical Innovation*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Fichter, K. & Clausen, J. (2013). *Erfolg und Scheitern „grüner“ Innovationen*. Marburg: Metropolis.
- FIF Marketing. (2016). *Fjernwarmens Image*.
- Figenbaum, E. (2018). *Electromobility status in Norway. Mastering long distances – the last hurdle to mass adoption*. Oslo. Zugriff am 4.5.2019. Verfügbar unter: <https://www.toi.no/publications/electromobility-status-in-norway-mastering-long-distances-the-last-hurdle-to-mass-adoption-article34903-29.html>
- Figenbaum, E. & Kolbenstvedt, M. (2013). *Electromobility in Norway -experiences and opportunities with Electric vehicles*. Oslo. Zugriff am 15.11.2016. Verfügbar unter: <https://www.toi.no/get-file.php?mmfileid=33828>
- Forum Energii, Agora Energiewende & DBDH. (2018). *Good heating practices from Denmark and Germany. Conclusions for Poland*. Warschau. Zugriff am 25.4.2019. Verfügbar unter: [https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Partnerpublikationen/2018/Forum\\_Energii\\_Good\\_heating\\_practices\\_from\\_Denmark\\_and\\_Germany/Good\\_heating\\_practices\\_en\\_final.pdf](https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Partnerpublikationen/2018/Forum_Energii_Good_heating_practices_from_Denmark_and_Germany/Good_heating_practices_en_final.pdf)
- Fraunhofer ISE. (2019, November 14). Monatliche Börsenstrompreise in Deutschland in 2019. Zugriff am 14.11.2019. Verfügbar unter: [https://www.energy-charts.de/price\\_avg\\_de.htm?year=2019&price=nominal&period=monthly](https://www.energy-charts.de/price_avg_de.htm?year=2019&price=nominal&period=monthly)
- Freeman, C. & Perez, C. (1988). Structural crises of adjustment, business cycles and Investment Behaviour. *Technical Change and Economic Theory* (S. 38–66). London/ New York.
- Geels, F. W. (2014). Regime Resistance against Low-Carbon Transitions: Introducing Politics and Power into the Multi-Level Perspective. *Theory, Culture & Society*, 31(5), 21–40. <https://doi.org/10.1177/0263276414531627>
- Geier, B. (2019). Willkommen in Sikkim. *Böll Thema*, (2), 36–38.
- Götze, S. (2019). Gute Nacht. Vor 30 Jahren wären die Klima-Eckpunkte der Koalition eine Revolution gewesen. Heute sind sie ein Desaster. Experten bewerten die Einigung als „klares Politikversagen“. *Spiegel Online*.
- Government of Sikkim. (2014). *The Sikkim Agricultural, Horticultural Input And Livestock Feed Regulatory Act*. Zugriff am 8.5.2019. Verfügbar unter: <http://www.lawsofin-dia.org/pdf/sikkim/2014/2014Sikkim10.pdf>
- Heller, A. (2000). 15 Years of R&D in central Solar Heating in Denmark. *Solar Energy*, 69(6), 437–447.



- Hirschl, B. (2007). *Erneuerbare Energien-Politik: Eine Multi-Level Policy-Analyse mit Fokus auf den deutschen Strommarkt (Energiepolitik und Klimaschutz. Energy Policy and Climate Protection)*. Berlin.
- Institut für Wärme und Oeltechnik e.V. (IWO) & MEW Mittelständische Energiewirtschaft Deutschland e.V. (2018). *Synthetische Energieträger - Perspektive für die Deutsche Wirtschaft und den internationalen Handel*. Berlin. Zugriff am 13.1.2020. Verfügbar unter: [https://www.frontier-economics.com/media/2504/frontier-iw-studie\\_ptx\\_markt\\_und\\_beschaeftigungsperspektiven.pdf](https://www.frontier-economics.com/media/2504/frontier-iw-studie_ptx_markt_und_beschaeftigungsperspektiven.pdf)
- Jänicke, M. (2012). *Megatrend Umweltinnovation zur ökologischen Modernisierung von Wirtschaft und Staat*. München: Oekom.
- Kahlenborn, W., Clausen, J., Behrendt, S. & Göll, E. (Hrsg.). (2019). *Auf dem Weg zu einer Green Economy. Wie die sozialökologische Transformation gelingen kann*. Bielefeld: transcript.
- Kivimaa, P. & Kern, F. (2016). Creative destruction or mere niche support? Innovation policy mixes for sustainability transitions. *Research Policy*, 45(1), 205–217. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.09.008>
- KNOEMA Weltdatenatlas. (2019). Sikkim - Net state domestic product at factor cost in agriculture at current prices. Zugriff am 14.1.2019. Verfügbar unter: <https://knoema.de/atlas/Indien/Sikkim/Net-state-domestic-product-in-agriculture>
- Lund, R., Ilic, D. D. & Trygg, L. (2016). Socioeconomic potential for introducing large-scale heat pumps in district heating in Denmark. *Journal of Cleaner Production*, 139, 219–229. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.135>
- Ministry of Agriculture and Farmers Welfare, Govt. of India. (2018). *Transition from Conventional farming to Organic Farming*. Odisha. Zugriff am 8.5.2019. Verfügbar unter: [https://www.mst-cindia.co.in/DMS/TRANSITION\\_FROM\\_CONV\\_TO\\_ORGANIC\\_FARMING.pdf](https://www.mst-cindia.co.in/DMS/TRANSITION_FROM_CONV_TO_ORGANIC_FARMING.pdf)
- Nelson, R. R. & Winter, S. G. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, MA.: Belknap Press of Harvard University Press.
- Nordic Council of Ministers. (2017). *Nordic heating and cooling. Nordic approach to EU's Heating and Cooling Strategy*. Kopenhagen. Zugriff am 2.7.2019. Verfügbar unter: <https://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:1098961/FULLTEXT01.pdf>
- Norsk elbilforening. (2019). Norwegian EV policy. Norway is leading the way for a transition to zero emission in transport. Zugriff am 3.5.2019. Verfügbar unter: <https://elbil.no/english/norwegian-ev-policy/>
- Oelker, J. (2005). *Windgesichter. Aufbruch der Windenergie in Deutschland*. Dresden: Sonnenbuch. Verfügbar unter: <http://www.sonnenbuch.de/windgesichter/start.htm>
- Pausch, R. (2020, Januar 9). Heldchen der Arbeit Seit an Seit mit der Normalität. Wie FDP-Chef Christian Lindner seine Partei in eine Heimat für Modernisierungszweifler verwandeln will. *Die Zeit*.
- Petersen, H. (2003). *Ecopreneurship und Wettbewerbsstrategie: Verbreitung ökologischer Innovationen auf Grundlage von Wettbewerbsvorteilen*. Marburg: Metropolis. Verfügbar unter: <http://www.gbv.de/dms/zbw/370245148.pdf>
- Power to X Allianz. (2019). Power to X Allianz. Verfügbar unter: <https://www.ptx-allianz.de/ueberuns/sprecher-der-power-to-x-allianz/>

- Rahmstorf, S. (2019). Emissionsbudget Darum schweigt die Bundesregierung zur wichtigsten Zahl beim Klimaschutz. *Spiegel Online*.
- Rao, S. B. S. (2017). *Study of Organic Cultivation in Sikkim*. Lucknow. Zugriff am 8.5.2019. Verfügbar unter: <http://www.nbsc.in/MediaGallery/Study%20on%20Organic%20cultivation%20in%20Sikkim%20-%20SBR.pdf>
- Rogge, K. S. (2015, Dezember 14). Innovationsaktivitäten von Herstellern erneuerbarer Stromerzeugungstechnologien. Karlsruhe. Zugriff am 4.7.2018. Verfügbar unter: [https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccx/gretchen/Rogge-2015-GRETCHEN\\_Befragungsergebnisse.pdf](https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccx/gretchen/Rogge-2015-GRETCHEN_Befragungsergebnisse.pdf)
- Rubik, F. (2002). *Integrierte Produktpolitik* (Ökologie und Wirtschaftsforschung). Marburg: Metropolis-Verl.
- Schaltegger, S. (2002). A Framework for Ecopreneurship. Leading Bioneers and Environmental Managers to Ecopreneurship. *Greener Management International*, 2002(38), 45–58. <https://doi.org/10.9774/GLEAF.3062.2002.su.00006>
- Schaltegger, S. & Petersen, H. (2000). *Ecopreneurship - Konzept und Typologie* (R.I.O.-Management-Forum Analysen). Luzern: R.I.O IMPULS [u.a.].
- Schneidewind, U. (2018). *Die große Transformation: eine Einführung in die Kunst gesellschaftlichen Wandels* (Fischer) (Originalausgabe.). Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch.
- Singh, R., Babu, S., Avasthe, R., Yadav, G. S. & Ngachan, S. V. (2017). *Organic Production Technology for Alternative Cropping Systems in Sikkim*. Gangtok. Zugriff am 8.5.2019. Verfügbar unter: [https://www.researchgate.net/publication/316172533\\_Organic\\_Production\\_Technology\\_for\\_Alternative\\_Cropping\\_Systems\\_in\\_Sikkim?\\_iepl%5BgeneralViewId%5D=BsPijl5zZFRFr1DHDBJEK095m3Dx3w05h2c&\\_iepl%5Bcontexts%5D%5B0%5D=searchReact&\\_iepl%5BviewId%5D=v9ZNFs1ha4JNlc1YQf3hwqEX6krh1PkbID0n&\\_iepl%5BsearchType%5D=publication&\\_iepl%5Bdata%5D%5BcountLessEqual20%5D=1&\\_iepl%5Bdata%5D%5BinteractedWithPosition19%5D=1&\\_iepl%5Bdata%5D%5BwithEnrichment%5D=1&\\_iepl%5Bposition%5D=19&\\_iepl%5BrgKey%5D=PB%3A316172533&\\_iepl%5BtargetEntityId%5D=PB%3A316172533&\\_iepl%5BinteractionType%5D=publicationTitle](https://www.researchgate.net/publication/316172533_Organic_Production_Technology_for_Alternative_Cropping_Systems_in_Sikkim?_iepl%5BgeneralViewId%5D=BsPijl5zZFRFr1DHDBJEK095m3Dx3w05h2c&_iepl%5Bcontexts%5D%5B0%5D=searchReact&_iepl%5BviewId%5D=v9ZNFs1ha4JNlc1YQf3hwqEX6krh1PkbID0n&_iepl%5BsearchType%5D=publication&_iepl%5Bdata%5D%5BcountLessEqual20%5D=1&_iepl%5Bdata%5D%5BinteractedWithPosition19%5D=1&_iepl%5Bdata%5D%5BwithEnrichment%5D=1&_iepl%5Bposition%5D=19&_iepl%5BrgKey%5D=PB%3A316172533&_iepl%5BtargetEntityId%5D=PB%3A316172533&_iepl%5BinteractionType%5D=publicationTitle)
- Singha, K. (2020, Januar 12). Sikkim Organic Mission.
- Sköldberg, H. & Rydén, B. (2014). *The heating market in Sweden - an overall view*. Lund und Halmstad. Zugriff am 26.6.2019. Verfügbar unter: [http://www.varmemarknad.se/pdf/The\\_heating\\_market\\_in\\_Sweden\\_141030.pdf](http://www.varmemarknad.se/pdf/The_heating_market_in_Sweden_141030.pdf)
- Statistisches Bundesamt. (2019a, Oktober 9). Bruttostromerzeugung in Deutschland. Zugriff am 14.11.2019. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Energie/Erzeugung/Tabellen/bruttostromerzeugung.html>
- Statistisches Bundesamt. (2019b). *Produzierendes Gewerbe 2017. Fachserie 4 Reihe 6.1*. Wiesbaden. Zugriff am 15.11.2019. Verfügbar unter: [https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Energie/Beschaeftigte-Umsatz-Investitionen/\\_inhalt.html#sprg236398](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Energie/Beschaeftigte-Umsatz-Investitionen/_inhalt.html#sprg236398)
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. (2019, Februar 22). Endenergieverbrauch der Haushalte und sonstigen Verbraucher. Zugriff am 14.11.2019. Verfügbar unter: <https://www.statistik-bw.de/Energie/Energiebilanz/LRt1005.jsp>

- Stortinget. (2017). *Innstilling fra transport- og kommunikasjonskomiteen om Nasjonal transportplan 2018–2029*. Oslo. Zugriff am 4.5.2019. Verfügbar unter: <https://www.stortinget.no/globalassets/pdf/innstillinger/stortinget/2016-2017/inns-201617-460s.pdf>
- Swedish Ministry of Environment and Energy. (2019). *Sweden's draft integrated national energy and climate plan*. Stockholm. Zugriff am 27.6.2019. Verfügbar unter: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/sweden\\_draftnecp.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/sweden_draftnecp.pdf)
- Umweltbundesamt. (2019, September 18). Beschäftigungswirkungen erneuerbarer Energien. Zugriff am 12.11.2019. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-wirtschaft/beschaeftigung-umweltschutz#textpart-3>
- UN FCCC. (2015). *Adoption of the Paris Agreement*. Paris. Zugriff am 20.6.2016. Verfügbar unter: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>
- Unruh, G. C. (2000). Understanding carbon lock-in. *Energy Policy*, 28, 817–830.
- Weiß, R. & Fichter, K. (2013). *Green Economy Gründungsmonitor: Konzeptstudie und Piloterhebung*. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gemeinnützige GmbH. Verfügbar unter: [http://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2014/06/Green\\_Economy\\_Gruendungsmonitor.pdf](http://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2014/06/Green_Economy_Gruendungsmonitor.pdf)
- Wenger, E. (2008). *Communities of practice: learning, meaning, and identity* (Learning in doing : social, cognitive, and computational perspectives). Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Werner, S. (2017). District heating and cooling in Sweden. *Energy*, 126, 419–429. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.03.052>
- Wicke, L., Schellnhuber, H. J. & Klingensfeld, D. (2010). *Nach Kopenhagen. Neue Strategie zur Realisierung des 2 Max Klimaziels. PIK-Report 116*. Potsdam. Zugriff am 17.11.2019. Verfügbar unter: <https://www.pik-potsdam.de/research/publications/pikreports/.files/pr116.pdf>
- Zu Klampen, R. (2019, November 2). Enercon-Krise: Olaf Lies fordert schnelle Hilfe für Windkraftbranche.

## 9 Anhang: Fallübergreifende Auswertung des Einsatzes von Politikinstrumenten bzw. Instrumentengruppen

Systeminnovation	Stand Transformation	Einheit	Betrachtungszeitraum	Fortschritt p.a. in %-Pkte.	C1 Ziele, Einfluss auf Richtung	C2 Ressourcenmobilisierung	C3 F&E, Wissensverbreitung	C4 E./G-Förd.	C5 Legitimierung neuer Technolog., Praktiken, Visionen	C6: Etablierung Marktnischen, Marktformation	C7 Infrastrukturentwicklung	C8 Kosten-Nutzen-Verhältnis	D1 Veränderung Netzwerke	D2 Grundlegende institut. Veränderungen	D3 Steuern, Abgaben, inkl. Abbau Subventionen	D4 Ordnungsrecht	D5 Reduz. F&E-Förd.
Ökolandbau im indischen Bundesstaat Sikkim (Clausen & Olteanu, 2019)	100%	Ökolandbau an der Agrarfläche	10 Jahre 2005 bis 2014	10	Nat. Programm für ökolog. Landbau (S. 9); Sikkim Organic Mission (S. 14)	Förderung Produktion org. Düngemittel (S. 8, 13); Nat. Pro. Öko-Landbau (S. 9), Bewässerungsanlagen, Saatgut (S. 22)	Vermittlung Wissen u. Fähigkeiten (S. 8); Ausbil. Landwirte (S. 22)  2 Musterfarmen plus Multiplikatoren		Machbarkeitsstudien (S. 8)	Marketing mit Label „Organic Sikkim“ (S. 15); 100 dann 400 Biodörfer (S. 21), Gründung Sikkim Organic Board für Überwachung (S. 8); Schaffung ökolog. Wertschöpfungsketten (S. 15)	Einrichtung Bodenprüflabor (S. 8, 13); Unterstützung Sammlung, Transport; Lagerung (S. 15), Versuchsgüter (S. 22)	Max. Verkaufspreis für Öko-Produkte festgelegt (S. 11)	2 Musterfarmen plus Multiplika.; 100 dann 400 Biodörfer (S. 21)	Ökolog. Landwirtschaftsstaat (S. 7/8)	Reduzierung Subv. chem. Düngemittel (S. 8, 14; Siebenjahresplan für Substitution chem. Düngemittel (S. 14)	Sikkim Agri., Horti. Inputs... Act (S. 9, 14); Import-/Verkaufsverbot nicht ökolog. (S. 10); Straftatbestand (S. 14); Aufhebung Importverbot (S. 11) Beschlagnahmung/Vernechtung (S. 10)	
Wärmeversorgung durch mit erneuerbarer Wärme gespeiste Wärmenetze oder Wärmepumpen in Schweden (Clausen & Beucker, 2019a)	88%	Anteil nicht fossile Energieträger in Wärmenetzen	30 Jahre 1989 - 2019	2,1	Klare Zielsetzung für UWS in Energiewirt. und Klimaschutz erst 2009 (S. 22); Aktueller Energie-/Klimaplan: Klimaneutralität bis 2045, 100% EE 2040 (S. 11)	Zuschüsse für erste Biomasse-KWK-Kraftwerke u. Markteintritt von Biomasse-KWK gefördert seit 1991 (S. 12, 21);	Biomasseforschung 1980er, Forschungsförd. Wärmenetze 2002 – 2006 (S. 12)		Referendum zum Atomausstieg 1980 (S. 22).  Wechselnde, teils aber große parlamentar. Mehrheiten	Zuschüsse für erste Biomasse-KWK-Kraftwerke u. Markteintritt von Biomasse-KWK gefördert (S. 21);	Rentable Invest.-mittel für neue Wärmeversorgungsstrukturen (S. 22); Viele Kommunen bauten öffentl. Strom- u. Wärmeversorg.-strukturen (S. 22), die bis 1990 gemeinnützig war (S. 15)	Effizienzgewinne durch Großaufträge von Beschaffungsgruppen (S. 21)	Beschaffungsgruppen für Diffusion Effizienztech. In Bau-/Wohnsektor (S. 21)		1991 eingeführte CO2-Steuer sichert u.a. Wirtschaftl. Strombetrieb. Wärmepumpen (S. 21), zentrales Instrument um Biomasse etc. gegenüber fossilen konkurrenzfähig zu machen (S. 21)	Energemarktinspektion überwacht transparente Preise von Fernwärmeverorgern (S. 14)	
	99%	Anteil Regenerative und Fernwärme am Energieverbrauch für Heizwärme		1,8													

Systeminnovation	Stand Transformation	Einheit	Betrachtungszeitraum	Fortschritt p.a. in %-Pkte.	C1 Ziele, Einfluss auf Richtung	C2 Ressourcenmobilisierung	C3 F&E, Wissensverbreitung	C4 E./G-Förd.	C5 Legitimierung neuer Technolog., Praktiken, Visionen	C6: Etablierung Marktischen, Marktformation	C7 Infrastrukturentwicklung	C8 Kosten-Nutzen-Verhältnis	D1 Veränderung Netzwerke	D2 Grundlegende institut. Veränderungen	D3 Steuern, Abgaben, inkl. Abbau Subventionen	D4 Ordnungsrecht	D5 Reduz. F&E-Förd.
		und Warmwasser															
Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland (Clausen, 2019a)	41%	Anteil an der gesamten Stromerzeugung	20 Jahre 1998 bis 2018	1,7	Beschlüsse zum Atomausstieg (2002, 2011), Kohleausstieg (2019); Anteil EE am Bruttostromverbrauch (50% bis 2030); Verminderung THG 55% bis 2030 etc. (S. 8)	1991: 250-MW-Programm und Förderung der Länder (S.20); EEG (2000) (S. 5) sowie Novelierungen (S. 12); EEG-Umlage (S. 21); 100.000-Dächer -Programm (1999); danach z.T. zögerliche oder bremsende EE-Förderung, u.a. PV-Deckel (S. 6)	C3: Seit den 1970er Jahren kontinuierlich steigende F&E-Mittel für EE, im 6. Energieforschungsprogramm Großteil für EE (S. 9), Information u. Weiterbildung zu EE, z.B. Bioenergie über LW-Ministerien und Fachagentur NaWaRo (S.16)	Gezielte Einbeziehung Startups in Energieforschungsprogramm seit 2018	Unterstützung durch Bevölkerung (S. 21)	1991: 250-MW-Programm (S.20); 100.000-Dächer-Programm (1999)	Durch vielfältige Regelungen des Netzbetriebs im StromEspG (S. 19) und EEG (S. 20) sowie durch das Energiewirtschaftsrecht erfolgten erhebliche Eingriffe in die privaten Netzinfrastrukturen.	Seit 1990 kontinuierlich sinkende Stromgestehungskosten für EE (S. 13) Z.T. Steigender Strompreis durch EEG-Umlage (S. 20)		Beschluss Atomausstieg bis 2022; Beschluss Kohleausstieg bis 2038 (S. 6) Einspeisevorrang und Vergütungsregeln (S. 20)	Einstellung Subventionierung Steinkohleförderungen (2018)	1990 StrEG (S. 10), EEG (2000) (S. 20), vielfältige neue Vorschriften im Genehmigungsrecht	
PKW-Elektromobilität in Norwegen	14%	Anteil BEV und PHEV am norwegischen Automobilbestand	10 Jahre 2009 bis 2019	1,4	Implizite Zielsetzung seit 1992; 2016: Norweg. Parlament setzt Ziel, dass alle ab 2025 verkauften Neuwagen Null-Emissionen	Die norwegische Regierung mobilisiert Ressourcen, um die erheblichen Einnahmeausfälle durch den Wegfall verschiedener Steuern zu kompensieren, die	Förderung für Elektroautoforschung 1970 – 1990, Tests (1990 – 1999) (S. 5, 17); Fortsetzung bis heute (S. 8/9), Seit 2000 Fokus nicht auf		Parteiübergreifender Konsens in norwg. Regierung (S. 14) sowie breite gesell. Konsens (S. 18)	Förderorganisation Transnova (2009) u.a. für Ladeinfrastruktur (S. 9)	Ausbau Ladeinfrastruktur (S. 13) u.a. durch Regierungsorganisation Transnova ab 2009; u.a. Schnellladestationen (aktuell 10.000 öffentl. zugänglich) (S.	Zahlreiche konsensenkende Maßnahmen und finanzielle Anreize (s. D.3 und D.4) (S. 17)			Stadttrat von Oslo stellt Elektroautos von Maut frei; Ab 1996 Befreiung von Zulassungs- und Importsteuer und ab 1997 von Mautgebühren national bis 2017	Zahlreiche Maßnahmen, z.B. Zugang Busspuren (S. 10)	

Systeminnovation	Stand Transformation	Einheit	Betrachtungszeitraum	Fortschritt p.a. in %-Pkte.	C1 Ziele, Einfluss auf Richtung	C2 Ressourcenmobilisierung	C3 F&E, Wissensverbreitung	C4 E./G-Förd.	C5 Legitimierung neuer Technolog., Praktiken, Visionen	C6: Etablierung Marktnischen, Marktformation	C7 Infrastrukturentwicklung	C8 Kosten-Nutzen-Verhältnis	D1 Veränderung Netzwerke	D2 Grundlegende institut. Veränderungen	D3 Steuern, Abgaben, inkl. Abbau Subventionen	D4 Ordnungsrecht	D5 Reduz. F&E-Förd.
					sionsfahrzeuge sein sollen (S. 8)	Elektroautos erlassen werden (S. 6 bis 10)	Auto, sondern Anwendung				13), Staatl. Straßen etc. werden aktiv genutzt (S. 18)				(S. 6, 9); Zahlreiche weitere Einzelmaßnahmen für ökonomische Anreize (S. 9/10)		
Wärmeversorgung durch mit erneuerbarer Wärme gespeiste Wärmenetze in Dänemark (Clausen & Beucker, 2019b)	62%	Anteil erneuerbare Wärme an der beheizten Fläche	30 Jahre 1985 bis 2015	0,97	Ziele seit Wärmeversorgungsgesetz von 1979 mehrfach angepasst; u.a. Unabhängigkeit Fernwärmeversorgung von Kohle/Öl bis 2030 (S. 10)  Energieplan 1979, 1990, 2000, 2005, 2018 (S. 13); 1986 Ausstieg Atomenergie, Verzicht auf Kohlekraftwerke (S. 14)	Mittel für verschiedene F&E-Programme (S. 10) sowie Aktivitäten der Entwicklung von Nischenmärkten (S. 11-12) wurden bereitgestellt.	Seit 1978 große, nationale Förderprogramme für Entwicklung Windenergie (S. 10); Verschiedene Forschungs- und Subventionsprogramme für Entwicklung Biokraftstoff-Heizkessel, Solarwärmanlagen, effiziente Heizpumpen; Forschung und Förderung Solar- und Photovoltaikfelder und		Seit Ölkrise zunehmende Unterstützung für zentral gesteuerte Energiepolitik (S. 8)  2001 neoliberale Koalition mit vorübergehend reduzierten Ambitionen (S. 15)  Hohe Legitimität (S. 24)	Einrichtung 10.000 Biokraftstoffkessel (S. 11); Entwicklung Niedrigtemperatur-Wärmenetze (S. 12), Sektorkopplung (S. 13); Solarkollektorfelder und Großspeicher (S. 12);	Das dänische Erdgasnetz ist im Besitz der staatl. Gesell. Energienetze; Wärmenetze sind im Besitz kommunaler und gemeinnütziger Org. (S. 18)  Gemeinnützige Wärmeversorger und Netze; Starke Regulierung von Rechtsform und Preisgestaltung (S. 8)	Durch langfristige Politik der Wärme Preisgestaltung und der Gemeinnützigkeit ist Wärme relativ preisgünstiger als in Dtl. (S. 23)	Einbindung von Interessengruppen in Energieplan mit Fokus EE in 1980er Jahren (S. 23)	1985: Parlamentsbeschluss zur Einstellung aller Pläne für Nukleartechnik (S. 11) und Atomforschung (S. 23)  Grundlage für neuen Pfad: Wärmeversorgungsgesetz 1979, darauf aufbauende Folgegesetze;  Wärme Preisgestaltung (S. 23)  1981 Einführung System kommunal-	1993: Grüne Steuerreform (Verlagerung Steuern auf Umweltgüter) (S. 14)  Hohe Steuern auf fossile Energien Erdgas und Heizöl (S. 23)  1995: CO2-Steuer ausgeweitet (S. 14)	Prinzip Wärme Preisgestaltung nach tatsächlichen Kosten auf gemeinnütziger Basis (S.7)  Gemeinnützige Wärmeversorger; Starke Regulierung von Rechtsform und Preisgestaltung (S. 8)  Kommunen können Anschlusspflicht verfügen (S. 8)  Weitgehendes Verbot Einbau neuer Gas-/Ölheizung (S. 10, 15, 23)	
	50%	Anteil Wärmenetze an der beheizten Fläche	30 Jahre 1985 bis 2015	0,83													

Systeminnovation	Stand Transformation	Einheit	Betrachtungszeitraum	Fortschritt p.a. in %Pkte.	C1 Ziele, Einfluss auf Richtung	C2 Ressourcenmobilisierung	C3 F&E, Wissensverbreitung	C4 E./G-Förd.	C5 Legitimierung neuer Technologien, Praktiken, Visionen	C6: Etablierung Marktnischen, Marktformation	C7 Infrastrukturentwicklung	C8 Kosten-Nutzen-Verhältnis	D1 Veränderung Netzwerke	D2 Grundlegende institut. Veränderungen	D3 Steuern, Abgaben, inkl. Abbau Subventionen	D4 Ordnungsrecht	D5 Reduz. F&E-Förd.
							Großspeicher (S. 12);							ler Energiepläne (S. 14)			
Umbau der Stadt Kopenhagen zur Fahrradstadt (Clausen et al., 2019)	36%	Anteil am Modal Split in der Kernstadt	45 Jahre 1976 - 2016	0,27	Regelmäßige Langzeitpläne (S. 26) 2007: Dokument "Die Umweltmetropole" mit Ziel fahrradfreundlichste Stadt der Welt (S. 12) (S. auch D.5) 2011:lan zur Entwicklung des Fahrradverkehrs (S. 12) Akt. Cycle Strategy (S. 17) Generell: Plan-Do-Check-Act-Ansatz (S. 19)	1979: Gelder für Ausbau Fahrradinfrastruktur im städt. Budget (S. 11) (s. auch C.7) Finanzierung Infrastruktur wird kontinuierlich gesichert (S. 26)	Bycle Innovation Lab und Smarter Cycling: Förderung des Austauschs über Innovationen (S. 14) Bau und Erprobung neuer Typen von Fahrradwegen z.B. Bicycle Superhighways (S. 25)		Bicycle AccountGrundlage für Entscheidungen (S. 12, 18), schafft Legitimität (S. 26) 2005: Politiker Pro-Radfahrer zu OB u. Stellv. gewählt (S. 12) OB, Stadtparla., Verwaltung treiben gemeinsam voran (S. 23) Integrierte Planungsorga. (S. 20) Befragungen, die zeigen, dass Bewohner zufrieden sind (S. 24) Fahrradstadt von sämtl. Parteien getragen (S. 24) konsequentes Verwaltungshandeln (S. 20)	Bau u.a. von Lastenfahrrädern parallel zum Ausbau Infrastruktur (S. 11) Websites und Apps für Fahrradfahrer (S. 17)	1979: Gelder für Ausbau Fahrradinfrastruktur im städt. Budget (S. 11). Ab 1990er weiterer Ausbau (S. 12), z.B. Green Bicycle Routes sowie „Bicycle Superhighways“ (S. 15) und "Desire-Lines", Fahrradparkplätze etc.(S. 16); Rückbau von PKW-Parkplätzen	z.B. Grüne-Wellen-Vorrang für Fahrradfahrer (S. 15) Beschleunigung im Vergleich zum Auto (S. 26) Sicherheit der Fahrradfahrer verbessert, sehr geringes Verletzungsrisiko (S. 16) Preisvorteil für Anschaffung und Betrieb (S. 21)	Sehr geringer „Corruption Perception Index“	Konzept „liveable cycling city“ (S. 12) Dokument "Die Umweltmetropole" mit Ziel fahrradfreundlichste Stadt der Welt (S. 12)	Zulassungssteuer für Autos verteuert PKWs erheblich (S. 15)		

Systeminnovation	Stand Transformation	Einheit	Betrachtungszeitraum	Fortschritt p.a. in %-Pkte.	C1 Ziele, Einfluss auf Richtung	C2 Ressourcenmobilisierung	C3 F&E, Wissensverbreitung	C4 E./G-Förd.	C5 Legitimierung neuer Technolog., Praktiken, Visionen	C6: Etablierung Marktnischen, Marktformation	C7 Infrastrukturentwicklung	C8 Kosten-Nutzen-Verhältnis	D1 Veränderung Netzwerke	D2 Grundlegende institut. Veränderungen	D3 Steuern, Abgaben, inkl. Abbau Subventionen	D4 Ordnungsrecht	D5 Reduz. F&E-Förd.	
Förderung des Ausbaus der Versorgung mit erneuerbarer Wärme in Baden-Württemberg (Clausen & Warnecke, 2019)	16% (Ba.-Wü.) 14% (Bund)	Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch Wärme und Kälte im Unterschied (Prozentpunkte) zum Bundesdurchschnitt	15 Jahre (2003 - 2017)	0	Energiekonzept Ba.-Wü. 2020 von 2009 (S. 7)	Verschiedene Förderprogramme, z.B. Klimaschutz-Plus, seit 2002, „Heizen und Wärmenetze mit regenerativen Energien (2007 bis 2013), Energieeffiziente Wärmenetze (2017-2021) (S. 16), im Vergleich zum Bund aber schlecht ausgestattet (S. 22)  Allg. Kreditprogramme (S. 22)	Informationen über Einsatzmögl. erneuerbarer Wärme u.a. über 36 Klimaschutz- und Energieagenturen in Ba.-Wü. (S. 16)		Handeln der Landesregierung und der 36 Klimaschutz- und Energie-Agenturen verschaffen Legitimität (S. 23)	Programm „Demonstrationsvorhaben ... erneuerbarer Energieträger fördert seit 2014 Investitionen für nicht am Markt eingeführte Techniken (S. 9)  Online-Plattform „Zukunft Altbau“ (S. 17) Pilotmarkt „Bioenergiedörfer“ etabliert (S. 22)							Erneuerbare-Wärme-Gesetz erstmals 2007 verabschiedet (S. 9): Für Neubauten mind. 20% Wärme aus erneuerbaren Quellen, wurde 2008 durch das EE-WärmeG und EnEV des Bundes ersetzt. Seit 2015 novell. E-WärmeG in Ba.-Wü. (S. 10)  Regelung für Altbauten seit 2010: mind. 10% erneuerbare Wärme. (S. 10)	