

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation .....	1
1.2 Aufbau des Buches .....	6
1.2.1 Teil I .....	7
1.2.2 Teil II .....	8
1.2.3 Teil III .....	8
1.3 Konzeptionelle Grundlagen und methodische Ansätze .....	8
1.3.1 Angewandte Transformationsforschung .....	9
1.3.2 Analyse und Dekonstruktion von Narrativen .....	15
1.3.3 Systemgutanalyse .....	16

## **Teil I Narrative und historische Analysen zur Energiewende**

<b>2 Visionen und narrative Barrieren .....</b>	<b>21</b>
2.1 Einleitung .....	21
2.2 Die Vordenker*innen der Energiewende im 20. Jahrhundert ....	21
2.2.1 Ernst F. Schumacher 1977 – “Small is beautiful” .....	22
2.2.2 Amory B. Lovins 1979 – “Sanfte Energien” .....	24
2.2.3 Florentin Krause et al. 1980 – „Energie-Wende – Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran“ .....	25
2.2.4 Peter Hennicke et al. 1985 – „Die Energiewende ist möglich“ .....	28
2.2.5 Klaus Müschen und Erika Romberg 1986 – „Strom ohne Atom“ .....	29

2.3	Vom Grundlastmodell zur Flexibilität: Ein Blick auf die Entwicklung des deutschen Stromsystems .....	30
2.4	Strategien und Narrative zur Erhaltung der fossil-zentrischen Energieinfrastruktur: Eine kritische Analyse .....	34
2.4.1	Brücken-Narrativ .....	38
2.4.2	„Grüne“-Gase Narrativ .....	41
2.4.3	Technologieoffenheit .....	45
2.4.4	„H <sub>2</sub> -ready“ .....	48
2.4.5	Klimaneutralität und Netto-Null .....	51
2.5	Schlussfolgerungen für die Sektoranalysen und die Energieinfrastrukturrentwicklung .....	52

## Teil II Sektoranalysen

3	Fossiler Erdgasausstieg .....	59
3.1	Einleitung .....	60
3.2	Rahmenbedingungen für Erdgas in Europa .....	62
3.2.1	Vom Fokus auf Wettbewerb... .....	62
3.2.2	... zum „Brückenenergieträger“... .....	64
3.2.3	... zur Überlebensstrategie der fossilen Erdgasindustrie .....	65
3.3	Analyse von fossilem Erdgas und anderen Energiegasen .....	67
3.3.1	Übersicht der Energiegase .....	67
3.3.2	Methan und Klimawandel .....	69
3.3.3	Erkenntnisse zu Emissionen aus Erdgas werden in Szenarien nur unzureichend behandelt .....	72
3.3.4	Kohlenstoffabscheidung, -transport und -speicherung (CCTS) ist keine Lösung .....	74
3.3.4.1	Gegenwärtige Entwicklungen und CCTS in der Kraftwerksstrategie .....	79
3.3.5	Irreführende Erzählungen verhindern eine direkte Transformation zu einem 100%-EES .....	85
3.3.6	Fossile Erdgas Lock-ins verzögern den Transformationsprozess zu einem 100%-EES .....	87
3.3.7	Investitionen in die Gasinfrastruktur können „stranden“ und binden das für die Energiewende benötigte Kapital .....	88

3.4	Erkenntnisse aus der Modellierung des europäischen Energiesystems bei vollständiger Dekarbonisierung .....	90
3.4.1	Die EU-Referenzszenarien .....	91
3.4.2	Konsequenter Erdgasausstieg bei starken Kohlenstoffbeschränkungen .....	91
3.5	Schlussfolgerungen und Ausblick – Erdgasausstieg .....	94
<b>4</b>	<b>Fossiler LNG-Einstieg .....</b>	<b>99</b>
4.1	Einleitung .....	100
4.2	Energiewirtschaftliche und industriepolitische Bewertung des Energie- und Industrieprojekts Mukran mit dem Bau von LNG-Infrastruktur und Pipelineanbindung nach Lubmin ...	105
4.2.1	Rahmenbedingungen nachhaltiger Regionalentwicklung .....	107
4.2.1.1	Klimawirkung von fossilem Erdgas .....	107
4.2.1.2	Klimaschutzziele in Deutschland und die Gefahren des Aufbaus fossiler Importüberkapazitäten .....	108
4.2.1.3	Sozial-ökologische Transformation und Erdgasausstieg .....	110
4.2.1.4	Adäquate Verwendung nachhaltiger Entwicklungsziele (SDGs) für Rügen .....	114
4.2.1.5	Zwischenfazit .....	116
4.2.2	Energiewirtschaftliche Notwendigkeit .....	117
4.2.2.1	Rahmenbedingungen und Prüfpunkte .....	117
4.2.2.2	Gasversorgung für den Winter 2023/24 .....	118
4.2.2.3	Analyse potenzieller Kapazitätsengpässe im deutschen Pipelinesystem .....	132
4.2.2.4	Zwischenfazit .....	136
4.2.3	Perspektiven einer regionalen Wasserstoffwirtschaft am Standort Mukran/Hafen .....	137
4.2.3.1	Status quo im Rahmen des LNG-Beschleunigungsgesetzes .....	137
4.2.3.2	Wasserstoffinfrastruktur: Zentrale vs. dezentrale Ansätze .....	139
4.2.3.3	Einschätzungen zur Entwicklung eines nachhaltigen Wasserstoff-Clusters in Mukran .....	140
4.2.3.4	Zwischenfazit .....	143
4.3	Schlussfolgerungen und Ausblick – LNG-Einstieg .....	144

<b>5 Wasserstoffumstieg .....</b>	<b>147</b>
5.1 Einleitung .....	147
5.2 Wasserstoff im Kontext der EU .....	149
5.3 Technisches System – Herstellungsverfahren, Produktionspotenziale in Europa und Importoptionen .....	151
5.3.1 Herstellungsverfahren mit Fokus auf die EU .....	151
5.3.1.1 Herstellung unter Einsatz von fossilen Energieträgern .....	152
5.3.1.2 Herstellung mittels Elektrolyse und EE-Strom .....	154
5.3.1.3 Wasserstoffderivate .....	155
5.3.2 Produktion in Europa vs. Importe aus Drittländern .....	156
5.3.2.1 Produktion in Europa .....	156
5.3.2.2 Import aus Drittländern .....	158
5.3.2.3 Arbeitsplatzeffekte der Wasserstoffproduktion .....	160
5.3.3 Transportinfrastrukturen .....	162
5.3.4 Speicheroptionen .....	164
5.3.5 Einsatzbereiche .....	167
5.3.5.1 Haushalte .....	167
5.3.5.2 Industrie .....	171
5.3.5.3 Verkehr .....	175
5.3.5.4 Strom .....	177
5.4 Schnittstellen und Koordinationsbedarf in der Energieinfrastrukturplanung .....	179
5.4.1 Technisch-systemische Aspekte: Wasserstoff als Teil des Energiesystems .....	180
5.4.2 Energieinfrastrukturplanung .....	181
5.4.3 Wasserstoffinfrastrukturplanung .....	183
5.5 Politische Ebene: Die europäische Wasserstoffstrategie .....	186
5.5.1 Herstellungsverfahren .....	188
5.5.2 Ausbau- bzw. Mengenziele .....	188
5.5.3 Infrastruktur und Kostenüberblick .....	189
5.5.4 Priorisierung von Anwendungen/Sektoren .....	190
5.5.5 Import .....	191
5.6 Schlussfolgerungen und Ausblick – Wasserstoffumstieg .....	192

<b>6 Atomwende</b> .....	197
6.1 Einleitung .....	198
6.1.1 Atomenergie und Nachhaltige Entwicklung .....	200
6.1.2 Atomwende und Energiewende in Deutschland .....	201
6.1.3 Technische Betrachtungen der Atomenergie in der Energiewende .....	202
6.2 Das Konzept der „Atomwende“ .....	205
6.2.1 Zum Begriff der „Atomwende“ .....	206
6.2.2 Narrative und Gegennarrative .....	209
6.3 Atompolitische Wendepunkte .....	210
6.3.1 20. Jahrhundert .....	213
6.3.1.1 (Atom-)Einstieg auch in Deutschland (1959/1960): Die ersten Atomgesetze (BRD und DDR) .....	213
6.3.1.2 1970er-Jahre: Institutionalisierung der technischen Kontroverse und der Anti-Atom-Bewegung .....	213
6.3.1.3 1990er: Aufbrechen vertikal integrierter (Gebiets-)Monopole .....	214
6.3.2 21. Jahrhundert .....	214
6.3.2.1 Erster Beschluss zur Beendigung der kommerziellen Nutzung von Atomenergie (1998–2002) .....	214
6.3.2.2 EEG (2000) .....	215
6.3.2.3 Wendepunkte im Energiekonzept: Laufzeitverlängerung (2010) und beschleunigte Abschaltung post-Fukushima (2011) .....	215
6.3.3 Zeitenwende 2022 und mögliche zukünftige Ereignisse und Wendepunkte .....	216
6.4 Atomwende? Ja, bitte!	216
6.4.1 Zusammenhang zwischen der Atomwende, dem Endlagerprozess und der Energiewende .....	217
6.4.2 Eine neue Atomenergie-Ära?	220
6.4.3 Die Entsorgung radioaktiver Abfälle als zentrales Element der Atomwende .....	222
6.4.3.1 Der Bedeutungsrahmen des „wicked problem“ der Endlagersuche .....	224
6.4.3.2 Rahmenbedingungen für einen „guten“ Endlagerprozess .....	227

6.4.3.3	Risiken, Herausforderungen und der lange Weg zurendlagerung hochradioaktiver Abfälle in Deutschland .....	229
6.4.3.4	Begleitprodukte für transdisziplinäre Dialoge und Lehre für die Entsorgung radioaktiver Abfälle .....	232
6.4.4	Barrieren für eine konsequente Atomwende .....	234
6.4.4.1	Bagatellisierung von LZV von Kernkraftwerken in Deutschland .....	236
6.4.4.2	Banalisierung der Gefahren von neuen Kernkraftwerken in Deutschland .....	239
6.4.4.3	Subventionierung von Atomenergie als „nachhaltige“ Technologie im Rahmen der EU-Taxonomie Regulierung .....	241
6.5	Schlussfolgerungen und Ausblick – Atomwende .....	243
<b>7</b>	<b>Energieinfrastrukturentwicklung für ein 100 %-Erneuerbare-Energiesystem .....</b>	<b>247</b>
7.1	Einleitung .....	248
7.2	Analyse der Energieinfrastrukturplanung .....	248
7.2.1	Infrastruktur hat „dienende“ Funktion .....	249
7.2.2	Traditionelles System: Infrastrukturausbau für Engpassfreiheit .....	250
7.2.3	Unbundling und Engpassmanagement ohne Klimaschutzziele .....	250
7.2.4	Klimaschutzziele erst seit 2014 im Szeniorahmen für den NEP Strom 2015 .....	252
7.3	Status quo der Netzentwicklungsplanung .....	252
7.3.1	Zwischenstand NEP Gas 2022–2023 .....	252
7.3.2	Netzentwicklung im Stromsektor .....	254
7.3.3	Neubau von Erdgaskraftwerken? .....	255
7.4	Problemfelder der Netzentwicklungsplanung .....	257
7.4.1	Fossile Überkapazitäten .....	257
7.4.2	Pfadabhängigkeiten und fehlende Ausrichtung auf ein Zielsystem .....	259
7.4.3	Kein umfassender Einbezug von Klimazielen .....	259
7.4.4	Keine integrierte Betrachtung auf Basis quantitativer Modellierung .....	260

7.4.5	Kein systemdienlicher Ausbau von Wasserstoffinfrastruktur .....	261
7.4.6	Agilität vs. Planungssicherheit .....	262
7.4.7	Klimakrise und Energieinfrastrukturplanung .....	263
7.5	Von der Netzentwicklungsplanung zur Systementwicklungsstrategie .....	264
7.5.1	Strategien der Bundesregierung und einzelner Ministerien zur Transformation des Energiesystems .....	264
7.5.2	Die Systementwicklungsstrategie als Weg zu einem ganzheitlichen Energiekonzept .....	266
7.5.3	Gegenwärtiger Stand der Systementwicklungsstrategie und offene Fragen .....	267
7.6	Elemente zur Ausgestaltung einer 100%-EES-kompatiblen Energieinfrastrukturplanung .....	270
7.6.1	Element Szenarienentwicklung („Angebot“) .....	270
7.6.2	Element Energieverbrauch („Nachfrage“) .....	272
7.6.3	Element Zentralität – Dezentralität .....	275
7.6.4	Element Wasserstoff und PtG/PtL .....	277
7.7	Empfehlungen zur intentionellen Weiterentwicklung der SES .....	280
7.7.1	Transformation zur Sache der Bundesregierung machen .....	280
7.7.2	Kohärenzanspruch erfüllen .....	281
7.7.3	Nicht-lineare Entwicklungen frühzeitig antizipieren – SES agil organisieren .....	286
7.7.4	Beteiligung effektiv steuern und Transparenz schaffen .....	290
7.7.5	Flankierende Maßnahmen .....	296
7.8	Schlussfolgerungen und Ausblick – Energieinfrastrukturentwicklung im 21. Jahrhundert .....	299

### **Teil III 100%-Erneuerbare-Energien-Ökonomie**

8	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick .....</b>	305
8.1	Einleitung .....	305
8.2	Thesen und Gedanken zum „eigentlichen“ Energieproblem im 21. Jahrhundert .....	305

8.2.1	Paradigmenwechsel in der Energieinfrastrukturplanung für ein 100%-EES .....	306
8.2.2	Ressourcenknappheit und -ungerechtigkeit erfordert nachhaltigere und regenerative Energien .....	308
8.2.3	Der fossil-fissile Kampf um die Grundlasterzeugung ....	309
8.2.4	Vom „harten“ zum „sanften“ Pfad im 21. Jahrhundert .....	312
8.2.5	Wirtschaftliches Erwachsenwerden: Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung jenseits des Wachstumsparadigmas .....	314
8.3	Grundpfeiler einer 100%-Erneuerbare-Energien-Ökonomie für das 21. Jahrhundert .....	319
8.3.1	Logik der Systemintegration ändern: Vom Ziel ausgehend denken und planen .....	320
8.3.2	Reform des Strommarktdesigns: Der Weg zur optimalen Nutzung von EE und gerechte Kostenverteilung .....	322
8.3.3	Organisation von Bereitstellungsentscheidungen für Infrastruktur: Lang- und Kurzfriststrategien .....	323
8.3.4	Ein Leitbild für die Energieinfrastrukturentwicklung im 21. Jahrhundert .....	324
8.3.4.1	Die „Notwende“ in der Energieinfrastrukturplanung... .....	325
8.3.4.2	...hin zum „sanften“ 100%-EE-Zielsystem... .....	326
8.3.4.3	...in einer versorgungssicheren 100%-EEÖ ....	327
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	329