

utb.

Sören Becker | Britta Klagge
Matthias Naumann (Hg.)

Energiegeographie



Eine Arbeitsgemeinschaft der Verlage

Brill | Schöningh – Fink · Paderborn
Brill | Vandenhoeck & Ruprecht · Göttingen – Böhlau Verlag · Wien · Köln
Verlag Barbara Budrich · Opladen · Toronto
facultas · Wien
Haupt Verlag · Bern
Verlag Julius Klinkhardt · Bad Heilbrunn
Mohr Siebeck · Tübingen
Narr Francke Attempto Verlag – expert verlag · Tübingen
Ernst Reinhardt Verlag · München
transcript Verlag · Bielefeld
Verlag Eugen Ulmer · Stuttgart
UVK Verlag · München
Waxmann · Münster · New York
wbv Publikation · Bielefeld
Wochenschau Verlag · Frankfurt am Main

Sören Becker
Britta Klagge
Matthias Naumann (Hg.)

Energiegeographie

137 Abbildungen
22 Tabellen
24 Informationskästen

Verlag Eugen Ulmer Stuttgart

Dr. Sören Becker ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Wirtschaftsgeographie an der Universität Bonn. Innerhalb der geographischen Nachhaltigkeitsforschung liegen seine Schwerpunkte in den Feldern Infrastruktur, neue Technologien und Entwicklungsstrategien von Städten und Regionen.

Prof. Dr. Britta Klage ist Professorin für Geographie an der Universität Bonn und leitet die Arbeitsgruppe Wirtschaftsgeographie. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen in der geographischen Energie- und Infrastrukturforschung sowie in der Finanzgeographie und Governance-Forschung.

Prof. Dr. Matthias Naumann ist Professor für Geographie und Regionalforschung an der Universität Klagenfurt. Seine Arbeitsschwerpunkte umfassen Transformationen von Infrastruktur, Stadtgeographie und Geographie ländlicher Räume sowie Politische Geographie.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© 2021 Eugen Ulmer KG

Wollgrasweg 41, 70599 Stuttgart (Hohenheim)

E-Mail: info@ulmer.de

Internet: www.ulmer.de

Lektorat: Sabine Mann, Ulrike Andres

Herstellung: Birgit Heyny

Umschlagbilder: Stromleitung (Bild unten): © can Stock Photo/sssccc; Solarenergie (Bild links oben);

mvtstockshot/Shutterstock.com; Windräder und Kohlekraftwerk (Bild rechts oben): © dpa/picture alliance/Julian Stratenschulte. Weltkarte: Thepalmer/iStock

Umschlaggestaltung: Atelier Reichert, Stuttgart

Satz und Repro: primustype Robert Hurler, Notzingen

Druck und Bindung: Pustet, Regensburg

Printed in Germany

UTB Band-Nr. 5320

ISBN 978-3-8252-5320-2 (Print)

ISBN 978-3-8385-5320-7 (Web)

Inhaltsverzeichnis

Energiegeographie – Konzepte und Herausforderungen 17

1 Einführung: Konzepte und Herausforderungen der Energiegeographie 18

Sören Becker, Britta Klagge und Matthias Naumann

1.1	Energiesysteme im Spannungsfeld von Technologie und Gesellschaft ...	20	1.4	Herausforderungen der Energiewende im deutschsprachigen Raum – zu den Beiträgen in Block II	26
1.2	Entwicklungslinien der Energiegeographie	22	1.5	Umbrüche der Energieversorgung: internationale Erfahrungen – zu den Beiträgen in Block III	28
1.3	Konzepte und Perspektiven der Energiegeographie – zu den Beiträgen in Block I	25	1.6	Zur Nutzung dieses Buches in Lehre und Praxis	32
			1.7	Danksagung	32

Block I – Konzepte und Perspektiven der geographischen Energieforschung 35

2 Energieinfrastrukturen als soziotechnische Systeme 36

Timothy Moss

2.1	Einleitung	36	2.2.2	Transitionen als Regimewechsel	39
2.2	Veränderbarkeit von Infrastruktursystemen	37	2.2.3	Rekonfiguration im räumlich-politischen Kontext	39
2.2.1	Evolution von großen technischen Systemen	37	2.3	Das Beispiel Berlin	40
			2.4	Fazit	43

3 Energiesysteme und Transitionen zur Nachhaltigkeit aus räumlicher Perspektive 45

Harald Rohrer

3.1	Soziotechnische Transition und Geographie	45	3.2.3	Kritik und Weiterentwicklungen	49
3.2	Das Konzept der Nachhaltigkeitstransition	46	3.3	Die strategische Bedeutung von Städten und Regionen für eine Energietransition	49
3.2.1	Eine systemische Perspektive	46	3.4	Fazit	51
3.2.2	Die Multi-Level-Perspektive soziotechnischer Transitionen	47			

4 Politische Ökologie der Energieversorgung 54

Sybille Bauriedl

4.1	Politische Ökologie als Ansatz der geographischen Energieforschung ...	54	4.4	Externalisierung: Verlagerung sozialer und ökologischer Kosten	58
4.2	Geographien ungleicher Entwicklung: Gerechtigkeitsdimensionen des Energiesystems	55	4.5	Imperiale Lebensweise: Energieversorgung auf Basis globaler Ungleichheit	59
4.3	(Neo-)Extraktivismus: Abbau von Energierohstoffen im Globalen Süden	57	4.6	Grüne Ökonomie: Wachstum ohne Emissionen?	60
			4.7	Fazit: Energiegeographie als herrschaftskritische Konfliktforschung ...	62

5 Poststrukturalistische Zugänge zur Geographischen Energieforschung 65

Markus Leibenath

5.1	Macht, Dekonstruktion und Kritik ...	65	5.3	Energielandschaften und kollektive Identitäten in diskurstheoretischer Perspektive: das Beispiel Wolfhagen.....	68
5.2	Grundzüge der poststrukturalistischen Diskurstheorie.....	67	5.4	Fazit.....	71

6 Praxistheorie in der Energiegeographie: Reflexionen zur solaren Energiewende in Kenia 73

Festus Boamah und Eberhard Rothfuß

6.1	Einleitung: <i>why practice matters</i>	73	6.3.2	Subventionierte Elektrifizierungsprogramme und ihre Herausforderungen seit den 2000er-Jahren	77
6.2	<i>What is energy for?</i> Praktiken in der Energiegeographie	75	6.3.3	Praktiken dezentraler Energieversorgung: „In Kenia ist Solarenergie nichts für ‚Große Männer‘“.....	78
6.3	Fallstudie Kenia: dezentrale Energieversorgung und lokale Praxis.....	76	6.4	Fazit.....	81
6.3.1	Räumliche und soziale Ungleichheiten in der Energieversorgung von Kenia	76			

7 Finanzgeographische Perspektive auf die erneuerbare Stromerzeugung 83

Britta Klagge

7.1	Einleitung	83	7.6	Förderpolitiken für die erneuerbare Stromerzeugung	88
7.2	Rendite, Risiko, Eigen- und Fremdkapital: finanzgeographische Perspektiven	84	7.7	Akteursvielfalt in der erneuerbaren Stromerzeugung	90
7.3	Die erneuerbare Stromerzeugung und ihre Finanzierung in globaler Perspektive	85	7.8	Finanzierungsstrukturen: die weltweit wachsende Bedeutung von Projektfinanzierungen und institutionellen Anlegern	92
7.4	Transformationen im Stromsektor: Liberalisierung, Privatisierung und Klimapolitik.	86	7.9	Fazit und Ausblick.	93
7.5	Risiken bei Investitionen in die erneuerbare Stromerzeugung.	87			

8 Akzeptanz erneuerbarer Energien: Herausforderungen und Lösungsansätze aus räumlicher Perspektive 95

Anne von Streit

8.1	Akzeptanz als Herausforderung der deutschen Energiewende	95	8.3	Beteiligung als Lösungsansatz: mehr Partizipation = mehr Akzeptanz? ...	102
8.2	Ansätze der Akzeptanzforschung. ...	96	8.3.1	Formelle und informelle Beteiligung an Planungsverfahren in Deutschland	102
8.2.1	Standortkonflikte und Akzeptanz: das NIMBY-Phänomen	97	8.3.2	Finanzielle Beteiligung von Bürger*innen an Erneuerbare-Energie-Anlagen	103
8.2.2	Drei Dimensionen von Akzeptanz ...	98	8.4	Fazit.	104
8.2.3	Einflussfaktoren auf lokale Akzeptanz	99			

9 Energiedemokratie: Beteiligung und Mitbestimmung in der Energieversorgung 107

Sören Becker und Matthias Naumann

9.1	Einleitung	107	9.3.1	Was ist Rekommunalisierung?	111
9.2	Energiedemokratie: für Mitbestimmung in der Energieversorgung	109	9.3.2	Rekommunalisierungen in Hamburg und Berlin	112
9.3	Rekommunalisierungen als Beispiel für Energiedemokratie	110	9.4	Fazit.	115

Block II – Herausforderungen der Energiewende im deutschsprachigen Raum..... 119

10 Die deutsche Stromwende: Rahmenbedingungen und Akteure einer unvollständigen Energiewende 120

Benedikt Walker, Sören Becker und Britta Klagge

10.1	Einleitung	120	10.4	Die räumliche Koordination des Ausbaus der erneuerbaren Energien	126
10.2	Veränderte Rahmenbedingungen und neue Akteure in der Stromversorgung	122	10.5	Der räumlich ungleiche Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland	129
10.3	Liberalisierung und Wandel der Marktstrukturen	124	10.6	Fazit und Ausblick: die unvollständige Energiewende	131

11 Von der Anti-AKW-Bewegung bis *Ende Gelände*: soziale Bewegungen in der deutschen Energiepolitik 133

Jürgen Oßenbrügge

11.1	Einleitung	133	11.3	<i>Klimakiller Kohle</i> : aktuelle fossile Energiekonflikte	140
11.2	Anti-AKW-Proteste und das Entstehen einer sozial-ökologischen Bewegung	134	11.3.1	Hamburg: <i>Stoppt Moorborg! und Tschüss Kohle!</i>	140
11.2.1	Wyhl am Oberrhein	134	11.3.2	Lausitz: aktuelle und ambivalente Formen von Heimat- und Umweltschutz	141
11.2.2	Brokdorf an der Elbe	136	11.3.3	Rheinland: <i>Hambi bleibt! und Retten statt roden!</i>	142
11.2.3	Gorleben im niedersächsischen Wendland	137	11.4	Zwischenfazit	143
11.2.4	Wackersdorf in der Oberpfalz	138	11.5	Fazit	143
11.2.5	Zwischenfazit	139			

12 Kohleförderung und -nutzung in Deutschland: Ausstieg aus dem Brennstoff der Industrialisierung 145

Sören Becker

12.1	Einleitung	145	12.2.3	Umweltwirkungen der Kohleförderung und -nutzung	148
12.2	Entwicklung der Kohlewirtschaft in Deutschland	146	12.3	Kohleausstieg zwischen unternehmerischen Strategien und politischen Vorgaben	150
12.2.1	Krisenhafte Entwicklung der Steinkohlewirtschaft in der Bundesrepublik	146	12.4	Das Rheinische Revier: regionale Innovationen für den Strukturwandel	153
12.2.2	Braunkohle zwischen Bedeutungsverlust als Heizstoff und günstigem Stromlieferanten	147	12.5	Fazit	156

13 Räumliche Steuerung von Erneuerbare-Energie-Anlagen: Planungsrecht, Wirtschaftlichkeit, Landschaftsästhetik und Partizipation 159

Stephan Bosch

- | | | | | | |
|------|---|-----|------|---|-----|
| 13.1 | Einleitung | 159 | 13.4 | Landschaftsästhetik: die Perspektive(n) der Betroffenen | 165 |
| 13.2 | Planungsrecht für erneuerbare Energien | 160 | 13.5 | Partizipation: Vermittlung zwischen Planung, Projektentwicklern und Betroffenen | 167 |
| 13.3 | Wirtschaftlichkeit und die Sichtweise(n) der Projektentwickler .. | 161 | 13.6 | Fazit | 168 |

14 Energiekonflikte im Übertragungsnetzausbau: rechtliche Regelungen und die Rolle von Bürgerinitiativen..... 171

Florian Weber und Olaf Kühne

- | | | | | | |
|------|---|-----|--------|--|-----|
| 14.1 | Einleitung: der Übertragungsnetzausbau in Deutschland und einhergehende Konflikte..... | 171 | 14.3.1 | Die Governance des Netzausbaus. . . . | 173 |
| 14.2 | Konflikte und ihre gesellschaftliche Funktion: die Konflikttheorie Ralf Dahrendorfs | 172 | 14.3.2 | Bürgerinitiativen und ihre Argumente | 175 |
| 14.3 | Konflikte um den Übertragungsnetzausbau | 173 | 14.4 | Einordnung und Potenziale zur Regelung der Konflikte im Übertragungsnetzausbau | 179 |
| | | | 14.5 | Fazit..... | 180 |

15 Speichertechnologien und Solarstromspeicher in Deutschland: Bedeutung, Entwicklungen, Herausforderungen 182

Andrea Käsbohrer und Hans-Martin Zademach

- | | | | | | |
|------|---|-----|------|----------------------------------|-----|
| 15.1 | Einleitung | 182 | 15.5 | Aktuelle Herausforderungen | 191 |
| 15.2 | Speichertechnologien in Deutschland | 184 | 15.6 | Fazit | 193 |
| 15.3 | Meilensteine im Markt für Solarstromspeicher | 189 | | | |
| 15.4 | Neue Geschäftsmodelle und Anbieter-Kunden-Beziehungen | 190 | | | |

16 Bürgerenergie in Deutschland: das Beispiel Energiegenossenschaften 195

Thomas Meister

16.1	Einleitung	195	16.3	Entwicklung und räumliche Verteilung von Energiegenossenschaften in Deutschland	199
16.2	<i>Community energy</i> und Bürgerenergie: Begriffsklärung und Einordnung	196	16.4	Charakteristika von Energiegenossenschaften in Deutschland ...	200
16.2.1	<i>Community energy</i> : Definition über die Dimensionen <i>process</i> und <i>outcome</i> ...	196	16.4.1	Aktivitäten von Energiegenossenschaften	200
16.2.2	Bürgerenergie: Abgrenzung basierend auf Beteiligungsquote und Regionalität	197	16.4.2	Mitglieder und Ziele	202
16.2.3	Weitere Abgrenzungskriterien für Bürgerenergie und die besondere Rolle der Energiegenossenschaften in Deutschland	198	16.4.3	Dividende und Bedeutung der ehrenamtlichen Tätigkeit	204
			16.5	Fazit	204

Praxisbeitrag 1: Wie können Kommunen die Energiewende in Deutschland unterstützen? 206

Johannes Venjakob, Valentin Espert und Ralf Schüle

P1.1	Einleitung	206	P1.3	Neue Steuerungsansätze für eine kommunale Energiewende	209
P1.2	Technische Maßnahmen im Bereich Strom und Wärme	206			

Praxisbeitrag 2: Energieraumplanung in Österreich 211

Hartmut Dumke, Rudolf Giffinger, Florian Pühringer, Arno Brugger und Arthur Kammerhofer

P2.1	Schwerpunkte, Ziele und Definition der Energieraumplanung	211	P2.3	Steuerungsinstrumente der ERP	213
P2.2	Rechtlicher Rahmen und Datengrundlagen der ERP	212	P2.4	Beispiele der ERP aus den Bundesländern Steiermark und Wien	214
			P2.5	Fazit	216

Praxisbeitrag 3: Energieregionen in Österreich 218

Philipp Späth und Sören Becker

P3.1	Einleitung	218	P3.3.3	Ziele und die koordinierende Rolle eines Leitbilds	220
P3.2	Was sind Energieregionen?	218	P3.3.4	Die unterstützende Rolle von Intermediären	221
P3.3	Entwicklungsfaktoren für Energieregionen	219	P3.4	Fazit und künftige Herausforderungen	222
P3.3.1	Fördermittel als Anstoß für Energieregionen	219			
P3.3.2	Kooperation von unterschiedlichen Akteuren	220			

17 Wasserkraftnutzung in der Schweiz und ihre Perspektiven 223

Gero Willi, Yasmine Willi und Marco Pütz

- | | | | | | |
|--------|--|-----|--------|--|-----|
| 17.1 | Einleitung | 223 | 17.3.2 | Der Wasserzins: bewährt, aber reformbedürftig | 227 |
| 17.2 | Wasserkraftnutzung in der Schweiz .. | 223 | 17.3.3 | Ökologische Auswirkungen der Wasserkraftnutzung und Gewässerschutz | 228 |
| 17.2.1 | Typen von Wasserkraftwerken | 223 | 17.3.4 | Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserkraft | 229 |
| 17.2.2 | Geschichte und heutige Nutzung der Wasserkraft | 224 | 17.3.5 | Wasserkraft in der Energiestrategie 2050 | 230 |
| 17.3 | Herausforderungen der Wasserkraftnutzung zwischen Rentabilität, Umwelt- und Energiepolitik | 227 | 17.4 | Fazit | 231 |
| 17.3.1 | Rentabilität der Wasserkraftnutzung | 227 | | | |

18 Energiearmut in Deutschland und Europa 233

Katrin Großmann

- | | | | | | |
|--------|---|-----|--------|--|-----|
| 18.1 | Einleitung | 233 | 18.3.1 | Diskussion und Hintergründe zu Energiearmut in Deutschland | 237 |
| 18.2 | Energiearmut: Konzepte und Indikatoren | 234 | 18.3.2 | Messung von Energiearmut in Deutschland | 238 |
| 18.2.1 | Entwicklung des Konzepts: von <i>affordable warmth</i> zu <i>energy justice</i> | 234 | 18.3.3 | Energiearmut in räumlicher Perspektive | 241 |
| 18.2.2 | Energiearmut messen: die Entwicklung von Indikatoren | 235 | 18.4 | Handlungsansätze gegen Energiearmut | 241 |
| 18.3 | Energiearmut in Deutschland | 236 | 18.5 | Fazit | 244 |

Block III – Umbrüche der Energieversorgung – internationale Erfahrungen 247

19 Internationale Entwicklungen der Windturbinenindustrie und die Rolle deutscher Hersteller 248

Max-Peter Menzel

- | | | | | | |
|------|---|-----|------|--|-----|
| 19.1 | Einleitung | 248 | 19.5 | Die Entwicklung der Windturbinenindustrie in Deutschland | 254 |
| 19.2 | Die Anfänge der globalen Windturbinenindustrie | 248 | 19.6 | Die regionale Geographie der deutschen Windturbinenindustrie ... | 257 |
| 19.3 | Das globale Wachstum der Windturbinenindustrie | 249 | 19.7 | Fazit | 258 |
| 19.4 | Staatliche Rahmenbedingungen für die Entwicklung der Windturbinenindustrie in Deutschland | 253 | | | |

20 Entstehung globaler Technologiemarkte für erneuerbare Energien: das Beispiel der Photovoltaik 260

Ulrich Dewald

- | | | | | | |
|------|--|-----|------|---|-----|
| 20.1 | Technologische Systeme als Analyse-
rahmen | 260 | 20.3 | Boom der Photovoltaik nach 2000
und der Aufstieg Chinas | 264 |
| 20.2 | Globale Entwicklung der Photovoltaik
bis zur Jahrtausendwende | 262 | 20.4 | Die Rolle Deutschlands in der
Entwicklung der Photovoltaik | 266 |
| | | | 20.5 | Fazit. | 269 |

Praxisbeitrag 4: Große versus kleine Photovoltaik: die geteilte Entwicklung des portugiesischen Solarsektors 271

Siddharth Sareen

- | | | | | | |
|------|--|-----|------|---|-----|
| P4.1 | Einleitung | 271 | P4.4 | Die Entwicklung von kleinen
Photovoltaik-Projekten | 274 |
| P4.2 | Kleine und große Solarprojekte in
Portugal im Vergleich | 271 | P4.5 | Fazit. | 275 |
| P4.3 | Die Entwicklung von großen
Photovoltaik-Projekten | 272 | | | |

21 Der langsame Aufgang der Sahara-Sonne: zur verzögerten Energietransition in Nordafrika 276

Thomas Schmitt

- | | | | | | |
|------|---|-----|------|--|-----|
| 21.1 | Einleitung | 276 | 21.6 | <i>Desertec</i> : endgültig, partiell oder
nur vorläufig gescheitert? | 281 |
| 21.2 | Elektrifizierung und erneuerbare
Energien in Nordafrika | 277 | 21.7 | Marokkos Transition zu erneuerbaren
Energien und das Solarkraftwerk
<i>NOORo</i> | 282 |
| 21.3 | Fossile Energien und wirtschaftliche
Strukturen in Nordafrika | 277 | 21.8 | Gegenwart und Zukunft regenerativer
Energien in Nordafrika. | 284 |
| 21.4 | Erneuerbare Energien in Nordafrika:
physisch-geographische Bedingungen
und Wirtschaftlichkeit | 279 | 21.9 | Fazit. | 285 |
| 21.5 | Die Inwertsetzung der Sahara-Sonne
und das <i>Desertec</i> -Konzept | 280 | | | |

22 Elektrifizierung und Großprojekte der Stromerzeugung in Kenia. 287

Clemens Greiner und Britta Klagge

- | | | | | | |
|------|---|-----|--------|---|-----|
| 22.1 | Einleitung | 287 | 22.4.1 | Geothermische Kraftwerke als neues
Rückgrat des kenianischen
Stromsektors | 293 |
| 22.2 | Zentrale versus dezentrale Strom-
versorgung im Globalen Süden | 289 | 22.4.2 | Der größte afrikanische Windpark
südlich der Sahara | 295 |
| 22.3 | Kenias Stromsektor und Elektrifizie-
rungsstrategie | 290 | 22.4.3 | Das (vorerst) gescheiterte <i>Lamu-Port</i> -
Kohlekraftwerk | 296 |
| 22.4 | Großprojekte der Stromerzeugung in
Kenia | 293 | 22.5 | Fazit. | 299 |

23 Der WEF-Nexus in Städten des Globalen Südens aus Perspektive der Urbanen Politischen Ökologie 301

Antje Bruns

- | | | | |
|--------|---|--------|---|
| 23.1 | Wasser-, Energie- und Nahrungssicherheit: das <i>Nexus</i> -Konzept 301 | 23.3.2 | Heterogene Infrastrukturkonfigurationen und der Energie-Wasser- <i>Nexus</i> in Accra 306 |
| 23.2 | Politische und wissenschaftliche Hintergründe des WEF- <i>Nexus</i> 302 | 23.4 | Fazit: die Politische Ökologie des WEF- <i>Nexus</i> 309 |
| 23.3 | Der <i>Nexus</i> im urbanen Kontext 305 | | |
| 23.3.1 | Infrastrukturelle Kopplungen und der urbane Metabolismus 305 | | |

24 Land Grabbing und Extraktivismus in Südamerika 311

Robert Hafner

- | | | | |
|------|--|------|---|
| 24.1 | Einleitung 311 | 24.4 | Vom kolonialen zum klassischen Extraktivismus in Südamerika 314 |
| 24.2 | <i>Land Grabbing</i> : konzeptionelle Überlegungen und Datenlage 313 | 24.5 | Neo-Extraktivismus und der Fokus auf Primärgüter 315 |
| 24.3 | <i>Land Grabbing</i> : Kritik und offene Fragen 314 | 24.6 | Perspektiven des Post-Extraktivismus 317 |
| | | 24.7 | Fazit 318 |

25 Die Erdöl- und Erdgasindustrie und ihre Produktionsnetzwerke in Südostasien 321

Moritz Breul und Javier Revilla Diez

- | | | | |
|------|--|------|--|
| 25.1 | Einleitung 321 | 25.4 | Indonesiens Einbindung in globale Erdöl- und Erdgas-Produktionsnetzwerke: das <i>Upstream</i> -Segment .. 327 |
| 25.2 | Organisatorische Strukturen und Veränderungen der Erdöl- und Erdgasindustrie seit den 1980er-Jahren 322 | 25.5 | Indonesiens Einbindung in globale Erdöl- und Erdgas-Produktionsnetzwerke: das <i>Downstream</i> -Segment 328 |
| 25.3 | Räumliche Struktur der Erdöl- und Erdgasindustrie und die Bedeutung von Nationalstaaten 323 | 25.6 | Fazit 329 |

26 Chinas Boom im Stromsektor: zwischen Kohlestrom, Kernkraft und erneuerbaren Energien 332

Thomas Hennig und Britta Klagge

- | | | | |
|------|---|------|--|
| 26.1 | Einleitung 332 | 26.6 | Ausbau von Windenergie und Photovoltaik und das Problem des Transports 339 |
| 26.2 | Regionale Disparitäten bei Ressourcenausstattung, Stromerzeugung und -verbrauch 334 | 26.7 | Nuklearer Ausbau mit internationalen Ambitionen 340 |
| 26.3 | Stromnetzentwicklung und institutioneller Wandel 336 | 26.8 | China als Global Player im Stromsektor 341 |
| 26.4 | Trotz Umweltproblemen weiterer Ausbau der Kohleverstromung 338 | 26.9 | Fazit und Ausblick 341 |
| 26.5 | Hydroenergieausbau und die besondere Rolle der Provinzen Yunnan und Sichuan 339 | | |

27 Indiens neue Kohlegeographie: Importe, private Akteure und neue Infrastrukturen 344

Kenneth Bo Nielsen, Patrik Oskarsson und Sören Becker

- | | | | | | |
|------|--|-----|------|---|-----|
| 27.1 | Einleitung | 344 | 27.4 | Goa: der Umbau der regionalen Infrastrukturen für den Kohleimport | 350 |
| 27.2 | Kohle in Indien: von einer staatlichen Ressource zur Versorgungskrise..... | 346 | 27.5 | Fazit: Indiens neue Kohlegeographie | 352 |
| 27.3 | Indiens neue Kohlegeographie: wachsende Importe und Megakraftwerke..... | 346 | | | |

28 Australische Kohle und der Carbon Lock-in: zwischen Energietransition und Weltmarktabhängigkeit 355

Boris Braun

- | | | | | | |
|------|--|-----|------|--|-----|
| 28.1 | Einleitung | 355 | 28.6 | Kohle und die australische Energiewirtschaft | 361 |
| 28.2 | Australien als Bergbauökonomie ... | 356 | 28.7 | Erneuerbare Energien und Energiepolitik | 362 |
| 28.3 | Kohle für Binnen- und Weltmarkt ... | 356 | 28.8 | Kohlekraftwerke und ihre Zukunft | 363 |
| 28.4 | Geographische Strukturen und Auswirkungen der Kohlewirtschaft .. | 358 | 28.9 | Fazit..... | 363 |
| 28.5 | Das Beispiel des Adani-Projekts | 360 | | | |

29 Postsozialistische Transformationen: der Wandel der Energieversorgung in den Nachfolgestaaten der Sowjetunion 365

Matthias Schmidt

- | | | | | | |
|--------|---|-----|--------|---|-----|
| 29.1 | Einleitung | 365 | 29.4.1 | Verflechtungen von Staat und Wirtschaft im Energiesektor Russlands | 369 |
| 29.2 | Postsozialistische Transformation ... | 365 | 29.4.2 | Rohstoffreichtum als Machtfaktor ... | 370 |
| 29.3 | Energieversorgung in der Sowjetunion | 366 | 29.5 | Zwischenstaatliche Energiekonflikte in Zentralasien | 371 |
| 29.3.1 | Aufbau der sowjetischen Energieversorgung | 367 | 29.6 | Energie und Umwelt: ineffizienter Energieeinsatz und Potenziale erneuerbarer Energien | 372 |
| 29.3.2 | Energieverschwendung und Umweltfolgen | 368 | 29.7 | Fazit..... | 375 |
| 29.4 | Postsozialistische Transformation und Auswirkungen auf die Energiesysteme | 369 | | | |

30 Zwischen dezentraler Bürgerenergie und kommerziellen Großprojekten: Entwicklungspfade erneuerbarer Energien in Dänemark und Schottland 378

David Rudolph

- | | |
|--|---|
| <p>30.1 Energiewende und erneuerbare Energien im internationalen Kontext 378</p> <p>30.2 Dänemark: von dezentraler Bürgerenergie zur „Grünen Umstellung“ 380</p> | <p>30.3 Schottland: zwischen regionalen Ambitionen und nationalen Einschränkungen 384</p> <p>30.4 Zur Durchsetzung erneuerbarer Energien: zwischen politischem Willen, Marktmechanismen und räumlichen Maßstabsebenen 386</p> <p>30.5 Fazit. 387</p> |
|--|---|

31 Der Durchbruch der Elektromobilität in Norwegen: räumliche und zeitliche Dynamiken 390

Marianne Ryghaug und Tomas Moe Skjølsvold

- | | |
|--|---|
| <p>31.1 Einleitung 390</p> <p>31.2 Vorteile von Elektroautos und die Entwicklung der Fördermaßnahmen in Norwegen 391</p> <p>31.3 Produktion und industriepolitische Förderung von Elektroautos in Norwegen 393</p> | <p>31.4 Der internationale Automobilmarkt und das Ende der Produktion in Norwegen 395</p> <p>31.5 Fazit. 396</p> |
|--|---|

Sachregister	399
Ortsregister	404
Verzeichnisse	406

Energiegeographie – Konzepte und Herausforderungen

**Herausgegeben von Sören Becker (Bonn),
Britta Klagge (Bonn) und
Matthias Naumann (Klagenfurt)**

1 Einführung: Konzepte und Herausforderungen der Energiegeographie

Sören Becker, Britta Klage und Matthias Naumann

Energie und ihre Nutzung bilden das Rückgrat jeder Gesellschaft. Gegenwärtig steht das bislang vor allem auf fossilen und nuklearen Quellen beruhende Energiesystem vor zahlreichen Herausforderungen. Dazu zählen der Klimawandel, die Verknappung fossiler Rohstoffe und eine fortbestehende Ungleichheit bei der Versorgung mit Energie, insbesondere zwischen dem Globalen Norden und dem Globalen Süden (Bradshaw 2013; s. Abb. 1.1). Obwohl Energiesysteme langlebige Infrastrukturen sind, gibt es derzeit viele Initiativen für eine Transformation der Energieversorgung. Als zentrale Ziele der Energiepolitik werden in der Regel Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit benannt (s. Abb. 1.2). Dabei bleibt allerdings unklar, wie diese Ziele operationalisiert werden und wie mit den vielfältigen Zielkonflikten umzugehen ist. Proteste gegen Tagebaue und Debatten um den Kohleausstieg in Deutschland, das Wachstum erneuerbarer Energien (EE) in vielen Staaten Europas, aber auch in China und Indien sind ebenso Beispiele für diese Dynamiken wie die Anstrengungen, eine Energieversorgung abgelegener Regionen im Globalen Süden zu gewährleisten.

Die genannten Fälle illustrieren, dass die Verfügbarkeit von Energie immer auch eine räumliche Frage ist. Die Energieversorgung von Unternehmen, privaten Haushalten, Kommunikations- und Verkehrssystemen etc. ist durch eine spezifische Geographie geprägt. Diese umfasst die Standorte von Kraftwerken und Lagerstätten für Brennstoffe ebenso wie internationale Verflechtungen durch den Handel, Pipelines und Investitionen. Politische Entscheidungen wie etwa kommunale Energiekonzepte und die internationalen Abkommen zum Klimaschutz sind Teil dieser Geographie und setzen von der lokalen bis zur globalen Ebene wichtige Rahmenbedingungen für die Governance der Energieversorgung (Bulkeley 2015, Castán Broto 2019). Seit Längerem steigt

der Energiebedarf weltweit an, unter anderem in Zusammenhang mit steigenden Lebensstandards und aktuellen Entwicklungen wie der Digitalisierung. Trotzdem bestehen weiterhin erhebliche Unterschiede zwischen dem Globalen Süden und dem Globalen Norden sowie innerhalb von einzelnen Staaten und Regionen.

Die globale Relevanz von Energiefragen drückt sich in einer sehr dynamischen Entwicklung der Energieforschung aus, die eine Vielzahl an wissenschaftlichen Disziplinen umfasst. Auch in der Geographie wird der Wandel von Energiesystemen in zahlreichen Arbeiten mit einer großen Bandbreite konzeptioneller Ansätze, methodischer Zugänge und empirischer Gegenstände aufgegriffen. Dieses Buch möchte einen aktuellen Überblick über diese Vielfalt energiegeographischer Forschung geben. Neben Beiträgen von Autor*innen aus dem deutschsprachigen Raum macht es internationale Forschungen in deutscher Sprache zugänglich. Dabei waren die folgenden Fragen leitend:

- Mit welchen konzeptionellen Ansätzen und theoretischen Bezügen lassen sich die Gestaltung und der Wandel von Energiesystemen verstehen?
- Wie verändern sich die Energieversorgung und ihre Governance im deutschsprachigen Raum? Welche Wechselwirkungen bestehen mit weiteren wirtschaftlichen, sozialen und räumlichen Strukturen?
- Welche Aspekte, Konflikte und Perspektiven sind für die Transformationen im globalen Energiesystem relevant? Was sind deren räumliche Voraussetzungen und Auswirkungen?

Das Buch leistet einen Beitrag zum grundlegenden Verständnis, zur Relevanz sowie zur Lösung aktueller energiegeographischer Herausforderungen. Es stellt eine theoretisch fundierte Grundlage für geographische Lehrveranstaltungen dar und schließt somit eine Lücke auf dem deutschsprachi-

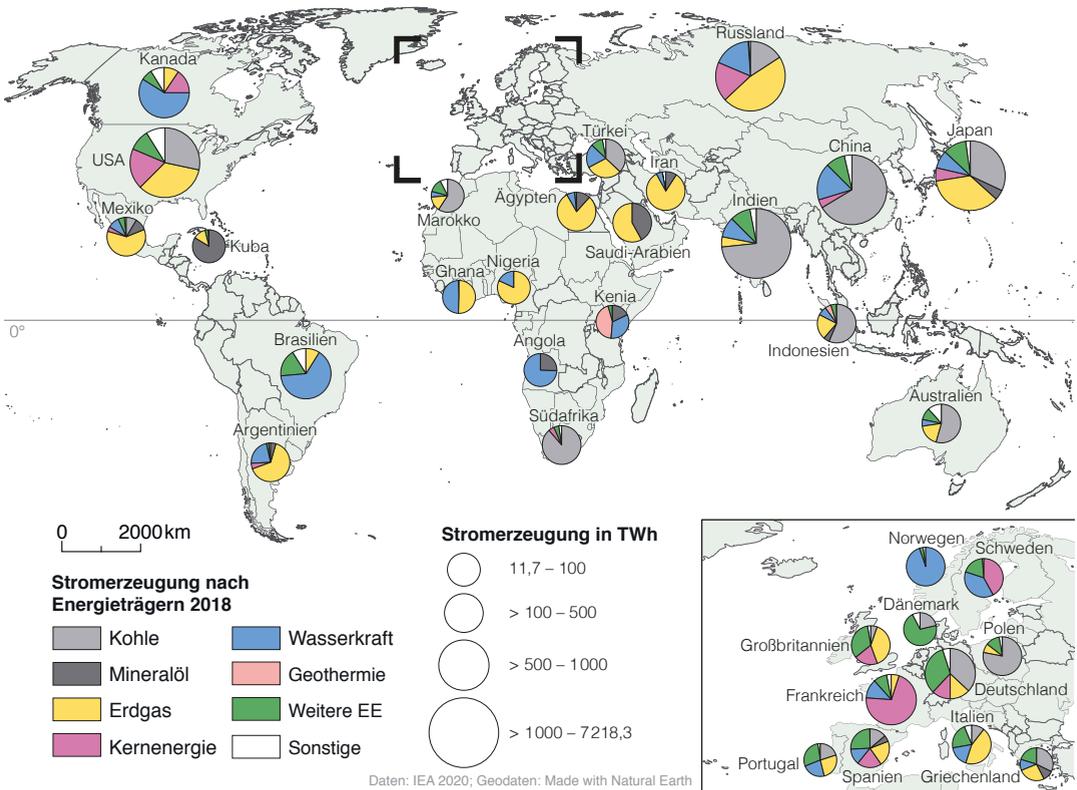
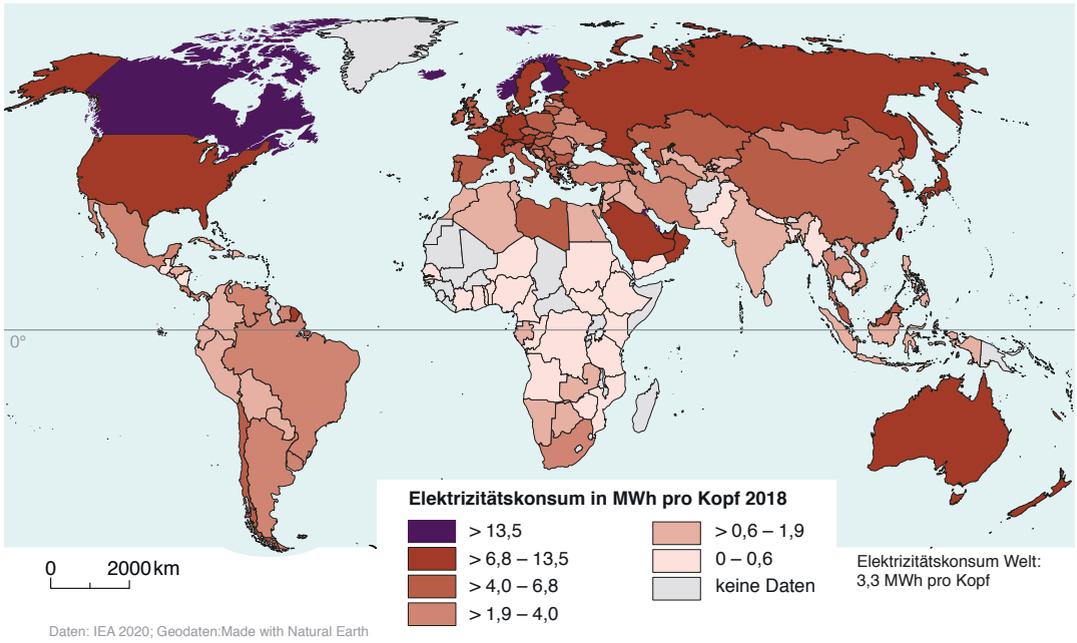


Abb. 1.1 Weltkarte des Stromverbrauchs pro Kopf und Mix der Stromerzeugung ausgewählter Staaten für 2018. Quelle: eigene Darstellung auf der Grundlage von IEA (2020).

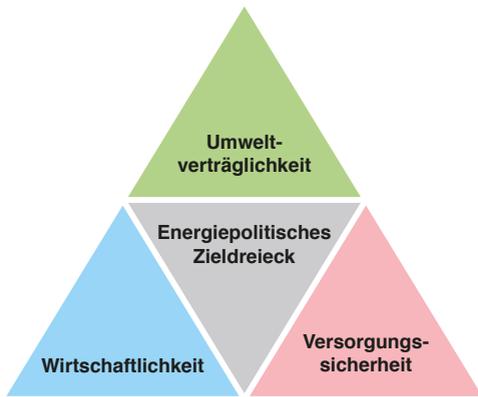


Abb. 1.2 Das energiepolitische Zieldreieck. Quelle: eigene Darstellung.

gen Lehrbuch-Markt der Geographie. Gleichzeitig soll es auch Leser*innen außerhalb der Disziplin ermöglichen, mehr über den geographischen Blick auf die Energieversorgung zu erfahren.

Im Folgenden beschäftigen wir uns zunächst mit Energie als Untersuchungsgegenstand zwischen Technologie und Gesellschaft (1.1), skizzieren dann zentrale Entwicklungslinien der Energiegeographie (1.2), die den Hintergrund für die aktuelle Forschung bilden. Anschließend stellen wir die drei Teile des Buches und die einzelnen Beiträge vor (1.3–1.5), gehen kurz auf deren Bedeutung für Lehre und Praxis ein (1.6) und schließen mit einer Danksagung (1.7).

1.1 Energiesysteme im Spannungsfeld von Technologie und Gesellschaft

Systeme der Energieversorgung verbinden technische und soziale Elemente. Sie bestehen aus technischen Infrastrukturen wie Kraftwerken und Leitungen, aus regulierenden Organisationen und Institutionen, Unternehmen sowie vielen weiteren öffentlichen, privaten und zivilgesellschaftlichen Akteuren. Sie sind also eng mit den Gesellschaften verbunden, die sie hervorbringen. Gleichzeitig gehen sie beim Abbau und Transport von Rohstoffen sowie der Herstellung und dem Einsatz von Technologien der Energieumwandlung (s. Kasten 1.1) mit Abfallprodukten, Emissionen und weiteren Wirkungen auf die natürliche Umwelt einher. Aus

wissenschaftlicher Perspektive besteht die Herausforderung, dieses Zusammenspiel zwischen Technologien, gesellschaftlichen Entwicklungen und der Nutzung von Energie sowie deren Umweltwirkungen zu konzeptualisieren.

Bereits frühzeitig postulierte Leslie White (1943, S. 335), dass kulturelle beziehungsweise gesellschaftliche Entwicklung nur im Zusammenhang mit den Formen und der Organisation der genutzten Energie verstanden werden kann. Die Nutzung fossiler Energieträger sowie deren Rolle für die Entwicklung des industriellen Kapitalismus und der europäischen Wohlfahrtsstaaten stellt hierfür ein anschauliches Beispiel dar (Huber 2009; Mitchell 2009). So wird die Entwicklung der Kernenergienutzung auch heute noch stark politisch gefördert. Sie ist außerdem wie kaum ein anderer Energieträger mit bestimmten gesellschaftlichen Vorstellungen von Fortschritt und Kontrolle der Natur durch Technologie verknüpft (Jasanoff & Kim 2009). Heute gilt es vor dem Hintergrund der Klimakrise als globale Herausforderung, die gewachsenen Strukturen der Energieversorgung weiterzuentwickeln und gleichzeitig von der Nutzung fossiler Energieträger zu entkoppeln (Bruckner et al. 2014).

Eine Analyse dieser Zusammenhänge erfordert **soziotechnische Ansätze**, welche die Wechselbeziehungen von Technologien und Gesellschaft erfassen. Dabei ist es wichtig, nicht in deterministische Betrachtungsmuster zu verfallen, denen zufolge eine spezifische Form der Energieversorgung bestimmte gesellschaftliche Entwicklungen quasi automatisch hervorbringt. Wie im physikalischen Sinn (s. Kasten 1.1) ermöglicht Energie – verstanden als die Versorgung mit Strom, Wärme und Treibstoffen für Mobilität – vielmehr gesellschaftliche Veränderungen und Entwicklungsprozesse. Vor diesem Hintergrund haben die Vereinten Nationen die Versorgung mit bezahlbarer und sauberer Energie als wichtiges Ziel nachhaltiger Entwicklung definiert (s. Kasten 1.2). Allerdings ist zu berücksichtigen, dass Energie für verschiedene gesellschaftliche Zwecke, zum Beispiel Produktion, Bildung, Gesundheit, Unterhaltung, Mobilität und öffentliche Sicherheit, genutzt werden kann und dabei nicht allen Akteuren und Interessen gleichermaßen zugute kommt. Die Governance der Energieversorgung sowie die räumlichen Muster des Energiekonsums

spiegeln dementsprechend immer gesellschaftliche Prioritäten, Machtverhältnisse und Ungleichheiten wider.

Welche Energietechnologien weiterentwickelt werden und sich durchsetzen, ist einerseits von technologischen Fortschritten und entsprechender Forschung abhängig. Andererseits sind auch wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen, Fragen der Kapitalverfügbarkeit und Akzeptanz sowie vor allem die Steuerung auf verschiedenen Ebenen von zentraler Bedeutung. Dazu gehören politische Instrumente wie Anreizsysteme und Förderungen, Genehmigungsverfahren, Emissionsauflagen oder Verbote. So wurden viele

Energietechnologien zusammen mit staatlichen Institutionen entwickelt und finanziell gefördert. Letztlich haben auch Verbraucher – private Haushalte und Unternehmen – einen Einfluss darauf, wie sich Energiesysteme entwickeln, insbesondere aber darauf, wie viel Energie in der Summe benötigt wird. Diese Beispiele illustrieren, dass die Energieversorgung als soziotechnisches System verstanden werden muss. Sie machen die Bedeutung einer sozialwissenschaftlichen Energieforschung deutlich, welche die Energieversorgung im Spannungsfeld unterschiedlicher Akteure und Interessen erfasst.

Kasten 1.1 Energie als Gegenstand der Natur- und Ingenieurwissenschaften

Im physikalischen Sinne ist Energie Arbeitsvermögen, also die Fähigkeit, mechanische Arbeit zu verrichten, Wärme abzugeben oder Licht auszustrahlen. Es werden diverse Formen unterschieden, darunter elektrische, thermische, kinetische, potenzielle, chemische und Kernenergie. Körper, die Energie besitzen oder gespeichert haben, bezeichnet man als Energieträger oder Energiequellen. Da die Gesamtsumme der Energie in einem geschlossenen System immer konstant bleibt, kann Energie entgegen der umgangssprachlichen Gewohnheit nicht „verbraucht“, sondern nur umgewandelt werden. Die meisten Energieformen können, teilweise mit „Verlust“ (häufig in Form von Wärmeenergie), ineinander umgewandelt werden.

Energie wird mit der Einheit Joule gemessen, wobei ein Joule einer Wattsekunde entspricht. Die daraus abgeleitete Kilowattstunde (kWh) ist die Einheit, mit der unser Stromverbrauch abgerechnet wird. Hingegen wird die installierte (oder Nenn-)Leistung eines Kraftwerks in Kilowatt (kW) beziehungsweise Megawatt (MW) angegeben, also als Arbeit (beziehungsweise Energie) pro Zeiteinheit. Dies drückt die maximal mögliche Leistung aus; so kann eine Wind-

turbine mit einer Nennleistung von 1 MW bei optimaler Auslastung in einer Stunde eine Megawattstunde Strom erzeugen. Die Kapazität von Speichern wird hingegen als Arbeit, also in kWh beziehungsweise MWh, gemessen und gibt die maximale Menge des darin gespeicherten Stroms wieder. Die technologische Entwicklung und der Betrieb von Kraftwerken, Speichern sowie weiteren technischen Elementen eines Energiesystems ist Gegenstand der Ingenieurwissenschaften, die damit eine zentrale Rolle für die Energieversorgung spielen.

Im Hinblick auf die Energieversorgung unterscheidet man des Weiteren zwischen Primär- und Sekundärenergie. Zur Primärenergie zählen die Rohstoffe oder Energieträger, die zur Energieversorgung genutzt werden. Diese beinhalten Kohle, Erdöl und Erdgas, Strahlungsenergie im Uran, aber auch die Sonneneinstrahlung, die Bewegung der Gezeiten und das Potenzial von Biomasse, also Phänomene, mit denen sich unter anderem die Physische Geographie beschäftigt. Bei der Sekundärenergie gelten Elektrizität und Wärme als die wichtigsten Formen, meistens wird Bewegungsenergie im Verkehrssektor noch hinzugerechnet.

Kasten 1.2 Sustainable Development Goal 7 (SDG7)

In der Agenda 2030 formulierte die Generalversammlung der Vereinten Nationen im Jahr 2015 siebzehn Ziele für nachhaltige Entwicklung als Teil eines globalen Plans zur „Förderung nachhaltigen Friedens und Wohlstands und zum Schutz unseres Planeten“ (siehe hier und im Folgenden UNRIC 2020). Ausgangspunkt bildete die gemeinsame Vision, bis 2030 weltweit erfolgreich die Armut zu bekämpfen und Ungleichheiten zu reduzieren. Im Entwicklungsziel 7 (SDG7) geht es darum, den „Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle [zu] sichern“. Hintergrund ist, dass weltweit fast eine Milliarde Menschen ohne Zugang zu Strom leben – davon etwa die Hälfte in Afrika (s. Abb. 1.1). Darüber hinaus haben rund drei Milliarden Menschen „keinen Zugang zu energieeffizienten und sauberen Kochmög-

lichkeiten“ und sind deswegen bei der Zubereitung von Mahlzeiten

„einer gefährlichen Luftverschmutzung ausgesetzt“. Ein wichtiges Element in Strategien zur Realisierung von SDG7 ist die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energieträger, mit deren Hilfe neben wirtschaftlichen und sozialen auch ökologische Ziele erreicht werden sollen. So wird eine sichere und saubere Energieversorgung als Grundlage für weitere Entwicklungsziele gesehen, darunter die Möglichkeit zu kommunizieren, Felder zu bewässern, Licht zum Lernen oder Arbeiten nach Sonnenuntergang zu ermöglichen und insbesondere für Frauen die Sicherheit im öffentlichen Raum zu erhöhen.



1.2 Entwicklungslinien der Energiegeographie

Energie ist als Thema geographischer Forschung keinesfalls neu, erhält aber durch die aktuellen Transformationen neue Aufmerksamkeit. Es lassen sich einige Traditionen und Entwicklungslinien geographischer Energieforschung konstatieren, die wichtige Ausgangspunkte für dieses Buch darstellen. Hierzu zählen erstens deutschsprachige Lehrbücher und Glossare der Energiegeographie im Allgemeinen sowie zur Energiewende im Besonderen (Brücher 2009; Kühne & Weber 2018; Bosch et al. 2019). Eine wichtige Inspiration für unser Buch stellen englischsprachige Überblicksdarstellungen zur Energiegeographie dar, die einen stärker konzeptionell orientierten Zugriff haben (Bouzarovski et al. 2017; Solomon & Calvert 2017). Dazu gehört eine Betrachtung der verschiedenen räumlichen Dimensionen von Energiesystemen und -infrastrukturen, die deren Komplexität nicht nur sichtbar, sondern auch erklärbar macht (s. Kasten 1.3).

Zweitens beziehen wir uns auf die humangeographische und sozialwissenschaftliche Infrastrukturforschung, die technische Systeme der Ver- und Entsorgung aus räumlicher Perspektive

sowie im Hinblick auf deren Governance diskutiert (für einen deutschsprachigen Überblick siehe Flitner et al. 2017 und Moss et al. 2008). Damit eng verknüpft ist die interdisziplinär ausgerichtete Nachhaltigkeits- und Transitionsforschung. Diese befasst sich damit, wie sich neue Technologien im Zusammenspiel verschiedener Akteure und Prozesse durchsetzen (Geels 2014; Truffer et al. 2015; Schwanen 2018). Dementsprechend sind in diesem Band einige Beiträge von Autor*innen aus den Nachbardisziplinen der Geographie vertreten.

Drittens hat der Umbau von Energiesystemen eine immanent politische Komponente. So liefern aktivistische Debatten zu Fragen von Energiedemokratie (Kunze & Becker 2015) und Klimagerechtigkeit (Sander 2016) wichtige Anregungen, die aktuellen Transformationen der Energieversorgung als einen konflikthaften Prozess zu begreifen, der Chancen für die Entwicklung emanzipatorischer Perspektiven bietet. Diese Diskussionen beeinflussen akademische Diskussionen, unter anderem zu Partizipation und Energiegerechtigkeit (Devine-Wright 2011; Sovacool & Dworkin 2015). Nicht zuletzt wird die politische Relevanz der Energiegeographie darin deutlich, dass die Energieversorgung im Jahr 2017 für 41 % der weltweiten CO₂-Emissionen verantwortlich

Kasten 1.3 Raumdimensionen in der energiegeographischen Forschung

Energieinfrastrukturen sind zwar eindeutig räumlich lokalisierbar, können sich aber über mehrere Standorte erstrecken und dementsprechend durch komplexe Standortmuster gekennzeichnet sein. Mit dem Ausbau erneuerbarer Energieträger verändern sich diese Standortmuster, insbesondere, weil erneuerbare Energien bezogen auf die Kraftwerksleistung mehr Fläche als die fossil-nukleare Stromerzeugung benötigen. Brücher (2009, S. 15 ff.) spricht in diesem Zusammenhang von einer Rückkehr zum Prinzip *energy from space* – im Gegensatz zu fossilen und nuklearen Großkraftwerken, die an wenigen Standorten *energy for space* generieren. Damit verbunden ist eine Debatte darüber, inwiefern erneuerbare Energien mit einer Dezentralisierung des Energiesystems einhergehen (Gailing & Röhring 2015). Der Wandel der räumlichen Strukturen von Energiesystemen geht jedoch weit über die Veränderung von Standorten und deren räumlicher Verteilung hinaus. Eine Gruppe um den britischen Geographen Gavin Bridge (2013) unterscheidet folgende Raumdimensionen von Energiesystemen:

- Der Standort (*location*) bezieht sich sowohl auf die absolute Lage im physischen Raum als auch auf die relative Lage zu anderen Objekten. Damit spielt hier unter anderem die räumliche Entfernung eine Rolle, zum Beispiel zwischen einer Kohlemine und einem Kohlekraftwerk.
- Die Landschaft (*landscape*) bezieht sich im Sinne der Landschaftsforschung in der englischsprachigen Geographie auf die sichtbaren materiellen Elemente in einem Raumschnitt und die zugehörigen kulturellen Zuschreibungen, die jeweils als Ergebnis eines historischen Prozesses gelesen werden. Veränderungen von Energielandschaften, zum Beispiel durch Windräder oder Solarparks, sind ein wichtiger Ausgangspunkt für Konflikte um erneuerbare Energien.
- Das Territorium (*territoriality*) bezeichnet einen abgegrenzten Bereich mit jeweils gültigen Regeln. Neben den Gebietskörperschaften im politisch-administrativen Mehr-

ebenensystem kann sich dies auch auf die Ausdehnung einzelner Energienetze oder Flächenkategorien in der Raumplanung beziehen. Eine territoriale Veränderung entstand beispielsweise durch die Harmonisierung von Gesetzen und die Schaffung eines Binnenmarkts für Energie in der Europäischen Union.

- Räumliche Ungleichheiten (*uneven development*) prägen Energiesysteme in Bezug auf die Qualität der Versorgung sowie hinsichtlich weiterer sozialer und ökonomischer Disparitäten innerhalb und zwischen Regionen. Der Ausbau von Energiesystemen kann räumliche Ungleichheiten verringern, aber auch verstärken, zum Beispiel beim Bau eines emissionsstarken Großkraftwerks in einem benachteiligten Stadtviertel.
- Die räumliche Maßstabebene (*scaling*) bezieht sich nicht nur auf die Größe von Anlagen und die Ausdehnung eines Versorgungsgebiets, sondern auch auf die Verteilung von Verantwortlichkeiten in politischen Mehrebenensystemen, zum Beispiel bei der Energiegesetzgebung und bei Planungsschritten.
- Die Dimension der räumlichen Einbettung und Pfadabhängigkeit (*spatial embeddedness and path dependency*) ist als eine Querschnittsdimension zu verstehen. Sie zeigt auf, dass Energiesysteme stets mit ihren räumlichen Kontexten verbunden sind, sich mit diesen verändern und dass Veränderungen im Energiesystem auf weitere räumliche Strukturen zurückwirken.

Diese Dimensionen sind nicht notwendigerweise voneinander zu trennen, sondern können auch in ihren Wechselwirkungen betrachtet werden. Daran schließen aktuelle Arbeiten an, die sich auf räumliche Maßstabebenen (Becker & Naumann 2017) oder das Zusammenspiel verschiedener räumlicher Dimensionen bei der Transformation von Energiesystemen und der Finanzierung erneuerbarer Energien beziehen (Gailing et al. 2020; Klagge 2021).

war (IEA 2019, S. 11) und der Umbau der Energieversorgung ein zentrales Element von Klimaschutzstrategien ist.

In der englischsprachigen Forschung wird von *energy geographies* im Plural gesprochen, um die Vielfalt von Gegenständen und Zugängen zu betonen (Solomon & Calvert 2017). So weisen energiegeographische Arbeiten eine hohe Anschlussfähigkeit an verschiedene geographische Teildisziplinen auf, in denen die Betrachtung energiebezogener Fragestellungen wertvolle konzeptionelle und empirische Beiträge geliefert hat. Beispielhaft hierfür stehen die folgenden Verknüpfungen:

- **Ressourcegeographie:** räumliche Verteilung energetischer Ressourcen sowie Strategien der Erschließung und Inwertsetzung
- **Wirtschaftsgeographie:** Innovationen, Wertschöpfungsketten, Finanzierungsstrukturen und räumlicher Wandel der Energiewirtschaft, Governance und Fördermechanismen grüner Technologien
- **Politische Geographie:** geopolitische Fragen der Kontrolle und Nutzung energetischer Ressourcen, internationale Abhängigkeiten in der Energieversorgung
- **Geographische Entwicklungsforschung:** Nord-Süd-Disparitäten und -Beziehungen, Energieinfrastrukturen als „Entwicklungsprojekte“
- **Geographie von Gesellschaft-Umwelt-Verhältnissen:** sozial-ökologische Dimensionen der Energieversorgung
- **Sozialgeographie:** Konflikte um und Akzeptanz von Energieinfrastrukturen, Nutzung von Energie im Alltag
- **Stadtgeographie:** Energieinfrastrukturen und städtische Nachhaltigkeitstransformationen
- **Geographie ländlicher Räume:** Energiewende und Strukturwandel ländlicher Räume
- **Verkehrsgeographie:** Verhältnis der Energie zu einer möglichen Verkehrswende

Unser Zugang zum Feld der Energiegeographie in diesem Buch basiert auf drei Prinzipien. **Konzeptionell** begreifen wir die Energieversorgung erstens als soziotechnisches System, in das sich gesellschaftliche Verhältnisse einerseits einschreiben, andererseits prägen die Energieversorgung und die sie regulierenden Institutionen in entscheidendem Maße gesellschaftliche Entwicklung. Damit bilden sie einen konstitutiven Teil der Poli-

tischen Ökonomie, gleichzeitig sind Energieinfrastrukturen aber auch Teil der gebauten Umwelt beziehungsweise des investierten Kapitals. Zweitens haben energiegeographische Arbeiten eine **integrative** Ausrichtung, die Verknüpfungen zwischen verschiedenen geographischen Teildisziplinen sowie weiteren wissenschaftlichen Disziplinen herstellt (Cherp et al. 2018). Dazu gehört auch die Integration naturwissenschaftlicher Perspektiven, vor allem der Physischen Geographie (s. Kasten 1.1). Drittens plädieren wir für eine **transformative** Energiegeographie, die den Wandel der Energieversorgung als Triebkraft gesellschaftlicher Veränderungen begreift (s. Abschnitt 1.1).

Die Transformation der Energieversorgung ist nicht nur als Reaktion auf den Klimawandel oder als Folge von Globalisierung und Digitalisierung zu begreifen, sondern auch durch eigenständige Dynamiken, Entwicklungsziele und spezifische Governance-Strukturen gekennzeichnet (Becker & Klagge 2017; Sovacool 2019). Insbesondere kann der Wandel der Energieversorgung dazu beitragen, Vorstellungen von Nachhaltigkeit, Demokratie und Gerechtigkeit zu diskutieren, zu konkretisieren, umzusetzen und damit auf weitere gesellschaftliche Bereiche zu erweitern. Konflikte um die Energieversorgung sind vor diesem Hintergrund einerseits eine Momentaufnahme gesellschaftlicher Spannungen, andererseits aber auch eine Gelegenheit für die Aushandlung künftiger gesellschaftlicher Entwicklungen.

Im Folgenden werden die drei Teile des Buches und die 35 Beiträge vorgestellt. Die dabei illustrierte konzeptionelle Vielfalt der Energiegeographie bildet eine große Stärke dieses Forschungsfeldes, da sie – wie die Beiträge zeigen – den Anschluss an verschiedene Debatten und Disziplinen ermöglicht. Angesichts des begrenzten Umfangs und der dynamischen Entwicklung der geographischen Energieforschung erhebt dieser Band allerdings keinen Anspruch auf Vollständigkeit. So stehen in der Energiegeographie beispielsweise Arbeiten zur Bedeutung der Klimapolitik für die Finanzierung erneuerbarer Energien, zu Energie und Geschlechterverhältnissen, geopolitischen Fragen sowie zur Beziehung zwischen technischen Objekten und menschlichen Handlungen im *new materialism* noch am Anfang.

1.3 Konzepte und Perspektiven der Energiegeographie – zu den Beiträgen in Block I

Die Energiegeographie legt den Fokus auf das Zusammenspiel zwischen technischen, gesellschaftlichen und räumlichen Entwicklungen. Hierbei greifen energiegeographische Arbeiten unter anderem auf Ansätze aus den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften, der Innovations- und Nachhaltigkeitsforschung sowie Techniksoziologie und *Science and Technology Studies* zurück. Aktuell erfahren außerdem verschiedene Transitionstheorien beziehungsweise die Kritik daran in der Energiegeographie eine große Aufmerksamkeit, wie mehrere Beiträge dieses Buches verdeutlichen. Dabei existieren einige übergreifende Fragestellungen: Erstens, durch welche Prozesse eine Veränderung langlebiger Energieinfrastrukturen erreicht werden kann; zweitens, wie die Entwicklung von Energiesystemen in soziale und räumliche Ungleichheiten eingebettet ist; und drittens, welche Bezüge zwischen nationalen und internationalen Strukturen beziehungsweise Prozessen und dem Handeln von einzelnen Akteuren, zum Beispiel von Konsument*innen, bestehen. Block I dieses Buchs – Konzepte und Perspektiven der Energiegeographie – bereitet verschiedene theoretische Zugänge zu diesen Fragestellungen auf.

In den beiden ersten Beiträgen des Bandes stehen soziotechnische Perspektiven im Zentrum der Betrachtung. Timothy Moss stellt in Kapitel 2 drei konzeptionelle Ansätze aus der sozialwissenschaftlichen Technikforschung vor, die in der Humangeographie oft rezipiert werden: den Ansatz der großtechnischen Systeme, die Perspektive der soziotechnischen Transitionen und den Ansatz der Rekonfiguration von Infrastrukturen. Die Vorteile und Charakteristika dieser Ansätze veranschaulicht er am Beispiel der Geschichte der Berliner Energieversorgung. Daraufhin vertieft Harald Rohrer in Kapitel 3 den Ansatz der soziotechnischen Transitionen beziehungsweise *Sustainability Transitions*, der seit mehreren Jahren breit diskutiert wird. Dieser versteht Transformationen von Energiesystemen als ein Zusammenspiel von innovativen Nischen, einem etablierten soziotechnischen Regime und übergreifenden gesellschaft-

lichen und ökonomischen Veränderungen (*Multi Level Perspective*). Die Veränderung eines Energiesystems ist damit als komplexer Prozess zu verstehen, in dem eine geographische Weiterentwicklung die jeweils spezifischen Bedingungen von soziotechnischen Transitionen in Städten und Regionen in den Vordergrund stellt.

Kapitel 4 von Sybille Bauriedl diskutiert die globalen Zusammenhänge in der Energieversorgung aus der Perspektive der Politischen Ökologie. Diese interdisziplinäre Forschungsperspektive legt einen Schwerpunkt auf den Zusammenhang zwischen gesellschaftlichen Machtverhältnissen und ökologischen Krisen. Energiegeographische Fragestellungen der Politischen Ökologie konzentrieren sich auf die Aneignung von Energieresourcen sowie damit verbundene Nutzungskonflikte und Umweltzerstörungen, deren lokale Ausprägungen im Kontext globaler Machtverhältnisse analysiert werden.

Poststrukturalist*innen fokussieren darauf, wie Machtverhältnisse im Kleinen wirken und wie sie Bedeutungen sowie Räume, Institutionen, Akteure, Probleme und andere soziale Phänomene in gesellschaftlichen Prozessen produzieren. So beleuchtet Markus Leibenath in Kapitel 5 die Zusammenhänge zwischen Bedeutung, Wissen und Macht am Beispiel der Kontroverse um einen geplanten Windpark. Er zeigt, wie Energielandschaften, politische Positionen zur Windenergienutzung und soziale Gruppierungen durch Diskurse entstehen und wirken. Ebenfalls zwischen gesellschaftlicher Mikro- und Makroebene angesiedelt skizzieren Festus Boamah und Eberhard Rothfuß in Kapitel 6 eine praxisorientierte Energiegeographie. Die konzeptionelle Perspektive der Praktiken stellt die alltägliche Nutzung von Energietechnologien in das Zentrum der Betrachtung. Die sozialen Räume, in denen wir leben, werden durch Praktiken hervorgebracht und geprägt. Das gilt auch für die Nutzung von Energie in ihren verschiedenen Formen. An verschiedenen Beispielen der Energienutzung in Kenia zeigen sie, dass nicht nur politische Vorgaben für die Energiewende zentral sind, sondern die Nutzung einzelner Technologien von deren Alltagsauglichkeit abhängt.

Britta Klagge widmet sich in Kapitel 7 der Bereitstellung von Kapital für die Umstellung der Stromerzeugung auf erneuerbare Energien. Aus einer finanzgeographischen Perspektive unter-

sucht sie die Frage, welche Akteure in welche Anlagen investieren, welche Rolle das Investitionsrisiko dabei spielt und wie Investitionen durch institutionelle Kontexte, inklusive politischen Anreizen, unterstützt werden. Internationale Vergleiche verweisen auf die zentrale Rolle staatlicher Investitionen und Förderpolitik, deren Ausgestaltung einen entscheidenden Einfluss auf die Investitionstätigkeit und Zusammensetzung der Investoren hat.

Die Umgestaltung der Energieversorgung ist ein politischer Prozess, bei dem normative Orientierungen eine große Bedeutung haben und vielfältige Konflikte auftreten können. Diese Punkte werden in den beiden folgenden Beiträgen explizit adressiert. Anne von Streit untersucht in Kapitel 8 gesellschaftliche Akzeptanz als eine wichtige Voraussetzung für die Transformation von Energiesystemen. Ihr Beitrag diskutiert unterschiedliche Einflussfaktoren auf die (Nicht-)Akzeptanz von Erneuerbare-Energie-Anlagen und verschiedene Formen der Bürgerbeteiligung für die Lösung dieser Konflikte. Anschließend stellen Sören Becker und Matthias Naumann in Kapitel 9 die Diskussion zum Thema Energiedemokratie vor. Der Begriff wird sowohl in der Energieforschung als auch von sozialen Bewegungen verwendet und hinterfragt die grundsätzlichen Möglichkeiten sowie die praktischen Ansätze für demokratische Kontrolle und Mitbestimmung in der Energieversorgung. Für den Rückkauf beziehungsweise die Neugründung von kommunalen Energieversorgungsunternehmen stellt der Beitrag konkrete Vorschläge und Entwicklungen in Hamburg und Berlin vor – und leitet damit zu den Beiträgen über, die sich mit Entwicklungen im deutschsprachigen Raum beschäftigen.

1.4 Herausforderungen der Energiewende im deutschsprachigen Raum – zu den Beiträgen in Block II

Im deutschsprachigen Raum sind Energiethemen bereits seit vielen Jahren wichtige Punkte auf der politischen Agenda. In Deutschland, Österreich und der Schweiz ist die Energiewende ein wichtiges politisches Vorhaben, in dessen Verlauf sich

der Anteil erneuerbarer Energieträger an der Stromerzeugung erhöht hat (s. Abb. 1.3). Ausgehend von Protesten gegen die Atomenergie haben sich erste Pioniere zunächst eher kleinskalig mit der Entwicklung von EE-Technologien jenseits der Wasserkraft beschäftigt, und spätestens mit dem Waldsterben in den 1980er-Jahren und der Debatte über den „Treibhauseffekt“ seit den frühen 1990er-Jahren steht auch die Nutzung fossiler Energieträger in der Kritik. Die deutsche Energiewende als politische Reaktion auf diese Entwicklungen fokussiert bisher allerdings vor allem auf den Stromsektor und wurde aufgrund des zügigen Ausbaus der erneuerbaren Stromerzeugung international stark beachtet.

In Kapitel 10 zeigen Benedikt Walker, Sören Becker und Britta Klagge, wie das Zusammenwirken von (neuen) Technologien, Akteuren und Rahmenbedingungen die deutsche „Stromwende“ ermöglicht hat. Die Autor*innen sprechen dabei von einer unvollständigen Energiewende, da der Wärme- und Verkehrssektor lange vernachlässigt wurde. Dies spiegelt sich in der relativ stabilen Entwicklung der CO₂-Emissionen wider (s. Abb. 1.4), die im Stromsektor allerdings erst seit wenigen Jahren deutlich sinken. Hintergrund ist, dass aufgrund der Funktionsweise des deutschen Strommarkts (*Merit Order*, vgl. Kasten 10.3) mit dem Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung auch die schmutzige Braunkohle einen Aufschwung erlebt hat, der erst mit dem Preisanstieg der CO₂-Emissionszertifikate ab 2017 gestoppt wurde.

Proteste gegen Kohleabbau und -nutzung bilden den aktuellen Untersuchungsgegenstand in Kapitel 11 von Jürgen Oßenbrügge. Der Beitrag beschäftigt sich mit der Geschichte sozialer Bewegungen in der deutschen Energiepolitik und identifiziert diese als Grundpfeiler der Energiewende. Ausgehend von der Anti-AKW-Bewegung vergleicht er Akteure und Strategien der beiden Protestbewegungen aus einer politisch-geographischen Perspektive, die die lokalisierten Konflikte als räumlichen Ausdruck grundsätzlicher gesellschaftlicher Auseinandersetzungen, unter anderem um alternative Denk- und Lebensweisen, versteht. Daraufhin diskutiert Sören Becker in Kapitel 12 die Entwicklung der Kohlenutzung in Deutschland und die aktuellen Prozesse im Kontext des Kohleausstiegs. Er zeigt, dass große finan-

zielle Zugeständnisse an die Kohlewirtschaft nötig waren, um eine Abkehr von diesem Entwicklungspfad der fossilen Energieversorgung zu ermöglichen.

Die Umsetzung der deutschen Energie- beziehungsweise Stromwende erfordert Flächen für EE-Anlagen, die aufgrund ihrer Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft kontrovers diskutiert werden. In Kapitel 13 stellt Stephan Bosch die Grundlagen zur räumlichen Steuerung von EE-Anlagen vor und erläutert, wie in den Prozessen der Raumplanung ökonomische, ökologische und soziale Belange abgewogen werden (sollen), um Lösungsstrategien für räumliche Zielkonflikte zu finden. Um räumliche (Energie-)Konflikte geht es auch in Kapitel 14, in dem Florian Weber und Olaf Kühne sich mit den rechtlichen Regelungen und der Rolle von Bürgerinitiativen im Übertragungsnetzausbau beschäftigen. Dieser soll die Orte der (erneuerbaren) Stromerzeugung im Norden und Osten Deutschlands mit den großen Verbrauchszentren im Westen und Süden verbinden. Die Planungen rufen entlang der geplanten Trassen erhebliche Widerstände hervor, die die beiden Autoren mithilfe der Konflikttheorie von Ralf Dahrendorf auf Potenziale zur Regelung der Konflikte analysieren.

Neben dem Netzausbau stellen zentrale und dezentrale Stromspeicher einen wichtigen Baustein von Strategien zur Systemintegration der erneuerbaren Stromerzeugung dar. In Kapitel 15 stellen Andrea Käsbohrer und Hans-Martin Zademach zunächst die verschiedenen Speichertechnologien vor und diskutieren dann den sehr dynamischen Markt der dezentralen Solarstromspeicher aus einer innovationsorientierten Perspektive. Eine große Bedeutung haben Privathaushalte auch für die sogenannte Bürgerenergie, also die Beteiligung von Bürger*innen an gemeinschaftlich entwickelten Energieprojekten, die meistens eine starke regionale Verankerung aufweisen. In Kapitel 16 untersucht Thomas Meister die in Deutschland besonders prominenten Energiegenossenschaften; diese haben einen wichtigen Beitrag zur Energiewende und ihrer Akzeptanz auf lokaler und regionaler Ebene geleistet. Danach zeigen Johannes Venjakob, Valentin Espert und Ralf Schüle in Praxisbeitrag 1, wie Kommunen die Energiewende unterstützen können. Neben technischen Maßnahmen im Bereich Strom und Wär-

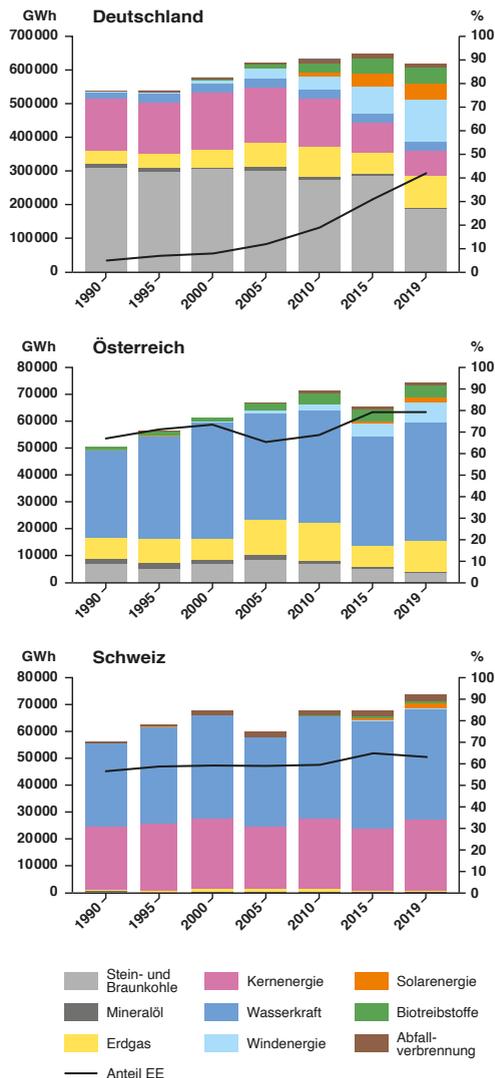


Abb. 1.3 Entwicklung der Stromerzeugung nach Energieträgern sowie des Anteils erneuerbarer Energien in Deutschland, Österreich und der Schweiz, 1990–2019. Quelle: eigene Darstellung auf der Grundlage von IEA (2020).

me werden dabei neue Steuerungsansätze für eine kommunale Energiewende vorgestellt.

Zwei weitere Praxisbeiträge beschäftigen sich mit der Energiewende in Österreich. In Praxisbeitrag 2 stellen Hartmut Dumke, Rudolf Giffinger und ihre Kollegen die Energieraumplanung vor, die sich in Österreich als eigenes, ebenenübergreifendes und sektoral integriertes Handlungsfeld herausgebildet hat. Dieser umfassende Ansatz verfolgt neben dem Umstieg auf erneuerbare

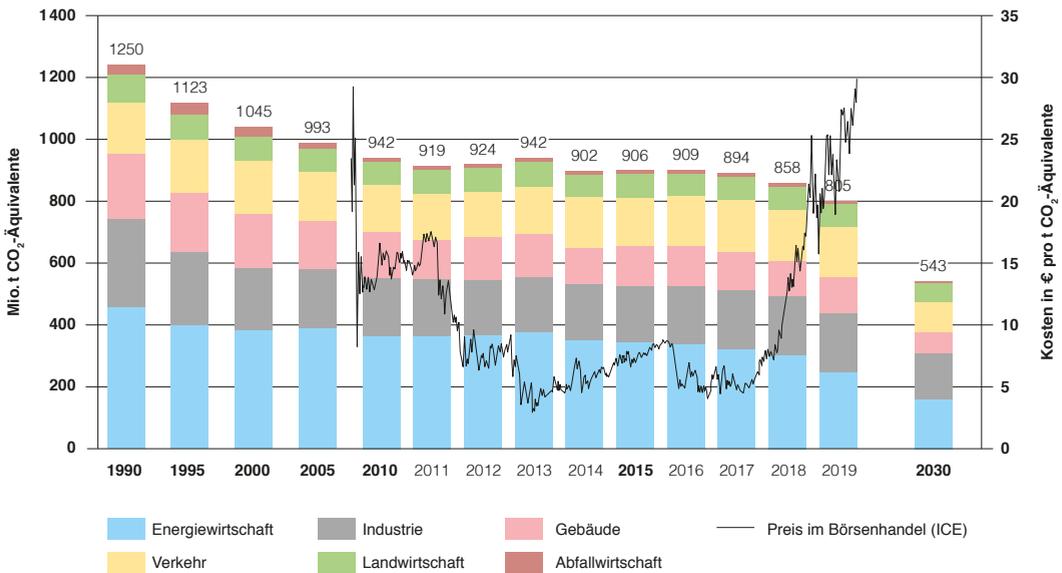


Abb. 1.4 Entwicklung der CO₂-Emissionen in Deutschland nach Sektoren, 1990–2019, und der Preise für EU-Emissionszertifikate, 2008–2019 (bis 2010 gestaucht). Quelle: eigene Darstellung auf der Grundlage von DEHST (o. J.), UBA (2020).

Energien das Ziel, den Energieverbrauch zu reduzieren und die Mobilitätsstrukturen auf Basis kompakter Siedlungen und umweltfreundlicher Mobilitätssysteme zu verändern. Eine weitere räumliche Strategie in der österreichischen Energiewende sind sogenannte Energieregionen, in denen es darum geht, die Energieversorgung auf Grundlage regional vorhandener Energieträger umzubauen. In Praxisbeitrag 3 untersuchen Philipp Späth und Sören Becker die Entwicklungsfaktoren, Ziele und Akteursstrukturen von österreichischen Energieregionen und heben die besondere Rolle von Kooperationen und Leitbildern hervor.

Sowohl in Österreich als auch in der Schweiz hat die Wasserkraft aufgrund der guten naturräumlichen Voraussetzungen einen viel größeren Anteil an der Stromerzeugung als in Deutschland (s. Abb. 1.3). In Kapitel 17 zeichnen Gero Willi, Yasmine Willi und Marco Pütz die Entwicklung und Strukturen der Wasserkraftnutzung für die Stromerzeugung in der Schweiz nach und diskutieren die energie-, umwelt- und wirtschaftspolitischen Herausforderungen sowie die Perspektiven für die Zukunft.

Den Abschluss von Block II und die Überleitung zu Block III bildet eine Vorstellung des Konzepts der Energiearmut. In Kapitel 18 analysiert

Katrin Großmann, wie das Konzept in Großbritannien entwickelt wurde, inzwischen aber auch in Deutschland angewendet wird. Einen Schwerpunkt legt sie auf die empirische Bestimmung von Energiearmut sowie die Diskussion von politischen Handlungsansätzen.

1.5 Umbrüche der Energieversorgung: internationale Erfahrungen – zu den Beiträgen in Block III

Aus internationaler Perspektive ist neben der Transformation von Energiesystemen in Richtung Nachhaltigkeit der Ausbau der Versorgung für bisher nicht oder unterversorgte Länder, Regionen und Bevölkerungsgruppen ein zentrales Thema der Energiegeographie sowie der Energiepolitik (s. Kasten 1.2). In der Folge schreitet, global gesehen, nicht nur der Ausbau der erneuerbaren Energien zügig voran, sondern auch die fossile Stromerzeugung wächst weiter (s. Abb. 1.5). Dies gilt vor allem für die besonders bevölkerungsreichen Länder China und Indien, während zum Beispiel in Kenia stärker auf erneuerbare Energien gesetzt wird (s. Abb. 1.6). Damit global die Nutzung fossi-