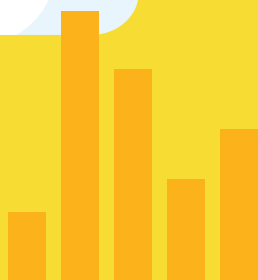


Thomas Unnerstall

Energiewende verstehen

Die Zukunft von Autoverkehr,
Heizen und Strompreisen



EBOOK INSIDE

 Springer

Energiewende verstehen

Thomas Unnerstall

Energiewende verstehen

Die Zukunft von Autoverkehr,
Heizen und Strompreisen

 Springer

Thomas Unnerstall
Stockstadt am Rhein, Deutschland

ISBN 978-3-662-57786-8 ISBN 978-3-662-57787-5 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-57787-5>

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

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2018

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Verantwortlich im Verlag: Margit Maly

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort

Die Diskussion zur Energiewende und zur Klimaschutzpolitik der Bundesregierung ist polarisiert wie nie zuvor. Die einen halten die Energiewende für gescheitert, die anderen für ein Erfolgsmodell. Die einen wollen die nationalen Klimaziele aufgeben und sich auf die weniger ambitionierten EU-Ziele beschränken, die anderen halten eine Verschärfung für dringend geboten. Die einen befürworten, dass es 2050 anstelle der jetzigen Energieträger Strom, Erdgas, Benzin, Heizöl etc. nur noch Strom geben sollte; die anderen glauben an die Zukunft des sog. „grünen Gases“. Die einen warnen vor einer Explosion der Energiepreise, die anderen halten dagegen, die erneuerbaren Energien seien schon jetzt billiger als Kohlestrom. Und die Liste ließe sich fortsetzen.

Die Protagonisten der verschiedenen Positionen zitieren zwar gerne Zahlen und Statistiken, die ihren Standpunkt angeblich eindeutig belegen. Oft versäumen sie es aber, diese Zahlen und Fakten in den jeweils relevanten Zusammenhang zu stellen. So ist z. B. die Aussage „Durch die Energiewende zahlt die deutsche Industrie die höchsten Strompreise in Europa!“ für die meisten Industriebranchen zwar richtig. Aber man sollte dazusagen, dass für diese Unternehmen die Stromrechnung im Durchschnitt weniger als 1 % der Kosten ausmacht.

Unversöhnliche Standpunkte, ideologisch gefilterte Zahlen und Fakten, unterschiedliche Zukunftsvorstellungen – für den interessierten Bürger ist es sehr schwer, die Energiewende zu verstehen und sich ein eigenes Urteil zu Chancen und Risiken der deutschen Klimapolitik zu bilden.

Dieses Buch hat das Ziel, hier Abhilfe zu schaffen. Für die zehn wichtigsten Themen der politisch-gesellschaftlichen Diskussion rund um die Energiewende stellt es die zentralen Fakten *und* die jeweils relevanten Zusammenhänge in allgemeinverständlicher, anschaulicher Form dar. Auf diese Weise möchte ich dem Leser zum einen ein möglichst klares, ideologiefreies Bild der *gegenwärtigen Situation* bzgl. der Energiewende vermitteln. Zum anderen geht es mir darum, den heutigen Wissensstand über die *Zukunft* der Energie und der Energiepreise für eine breite Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

Das Buch versteht sich daher als Angebot für alle, die sich mit Energiefragen nicht auskennen, aber an dem zentralen gesellschaftlichen Projekt Energiewende interessiert sind und sich um den Klimawandel Sorgen machen. Es möchte einen leicht lesbaren, aber sachlich fundierten

Überblick geben über Stand und Perspektiven der Energienutzung und deren Kosten in Deutschland.

Zu großem Dank verpflichtet bin ich meinen Freunden Ariane Bertz, Kurt Lillich und Hans Heinz Zimmer, die die erste Version des Manuskripts gelesen und es mit vielen wichtigen Hinweisen bereichert haben.

Die Arbeit an diesem Buch wäre nicht möglich gewesen ohne meine beruflichen Kenntnisse und Erfahrungen der letzten Jahrzehnte. Es ist mir daher ein großes Anliegen, an dieser Stelle all denen zu danken, die meinen beruflichen Weg in der Energiewirtschaft in besonderer Weise gefördert haben. Namentlich erwähnen möchte ich in diesem Zusammenhang: Winfried Krahl und Werner Franke (LUBW Baden-Württemberg); Michael Wortmann, Armin Wirsing und Harald B. Schäfer (†) (Umweltministerium Baden-Württemberg); Gerhard Goll, Michael Zerr und Kurt Lillich (EnBW AG); Jürgen Ulmer und Siegfried König (Stadtwerke Karlsruhe GmbH); Herbert Dombrowski und Ulrich Maly (N-ERGIE AG).

Schließlich danke ich Barbara Lühker und Margit Maly beim Springer-Verlag für die überaus konstruktive und vertrauensvolle Zusammenarbeit.

Stockstadt
im Juni 2018

Thomas Unnerstall

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
	Worum geht es in diesem Buch?	1
	Wesentliche Basisinformationen	9
	Hinweise an den Leser	16
2	Versorgungssicherheit	19
	Zum Hintergrund	19
	Die Herausforderung	22
	Die Lösung	26
	Fazit: Versorgungssicherheit	33
3	Geopferte Landschaften?	35
	Zum Hintergrund	35
	Die Herausforderung	37
	Die Lösung	40
	Fazit: Geopferte Landschaften?	44

X	Inhaltsverzeichnis	
4	Kohleausstieg	47
	Zur Historie	47
	Die Herausforderung	50
	Die Lösung	52
	Fazit: Kohleausstieg	55
5	Verkehr – Die Zukunft des Autos	57
	Zur Historie	57
	Die Herausforderung	60
	Die Lösung für PKW/LNF	62
	Die Lösung für LKW	67
	Fazit: Verkehr	68
6	Gebäude – Die Zukunft der Heizung	71
	Zur Historie	71
	Die Herausforderung	74
	Die Lösung	75
	Ökonomische Aspekte	81
	Fazit: Gebäude	84
7	Klimaschutzziele	87
	Zum Hintergrund	87
	Klimaschutzziel 2020	90
	Klimaschutzziele 2030, 2040, 2050	93
	E-Brennstoffe	106
	Fazit: Klimaschutzziele	108
8	Was kostet die Energiewende?	111
	Zum Hintergrund	111
	Die Kosten des Energiesystems 1990–2017	114

Die Anlaufkosten der Energiewende	117
Die Kosten des Energiesystems bis 2050	121
Kosten für E-Brennstoffe	127
Auswirkungen auf das BIP	129
Fazit: Was kostet die Energiewende?	130
9 Belastung der privaten Haushalte	133
Zum Hintergrund	133
Die Energieausgaben der privaten Haushalte 1991–2017	134
Die Energieausgaben der privaten Haushalte bis 2050	138
Fazit: Belastung der privaten Haushalte	142
10 Wettbewerbsfähigkeit der Industrie	143
Zum Hintergrund	143
Die Energieausgaben der Industrie 1992–2017	144
Die Energieausgaben der Industrie bis 2050	149
Fazit: Wettbewerbsfähigkeit der Industrie	151
11 Deutschland als Vorreiter?	153
Nachwort: Wie geht es jetzt weiter?	161
Anhang	171
Literatur	175



1

Einführung

Worum geht es in diesem Buch?

Die Energiewende – schillernd und komplex, viel-diskutiert und umstritten, international ebenso bewundert wie kritisiert. Sie ist Schauplatz erbitterter ideologischer Kämpfe, Hort des Lobbyismus, Umverteilungsmaschine von 25 Mrd. € pro Jahr, Gegenstand unzähliger wissenschaftlicher Studien, Pilotprojekte, Konferenzen und Podiumsdiskussionen. Anders als in den ersten Jahren schafft sie es zwar nur noch selten auf die erste Seite der Printmedien und in die Talkshows; aber sie bleibt Dauerthema in Zeitungen und Zeitschriften, in Büchern und Blogs, bei Facebook und Twitter.

Blickt man ohne Ideologie und möglichst nüchtern auf die Energiewende, so kann man – unabhängig von

jeder konkreten Beurteilung – jedenfalls eines feststellen: Sie kann durchaus eine **Ausnahmestellung** im großen Spektrum der politisch-gesellschaftlichen Themen beanspruchen.

Der wichtigste Grund dafür liegt in den schier Dimensionen des Projekts Energiewende: auf 40 Jahre angelegt (2010–2050); mit ambitionierten quantitativen Zielmarken für das Jahr 2050; mit Investitionen von voraussichtlich über 1 Bio. €; mit unmittelbaren, finanziell und technisch spürbaren Folgen für die gesamte Gesellschaft – private Haushalte, Wirtschaft, Verkehr. In welchem anderen Feld der Politik gibt es ein solches Vorhaben?

Die gedanklichen Grundlagen und die politischen Weichenstellungen zur Energiewende fallen zum großen Teil in die Zeit der ersten Großen Koalition unter Bundeskanzlerin Angela Merkel (2005–2009); die offizielle Beschlussfassung und Verkündung durch die CDU/FDP-Bundesregierung erfolgte 2010¹, also gerade einmal vor acht Jahren. Dennoch scheint es mit Blick auf den gegenwärtigen Zustand der deutschen Politik fast ausgeschlossen, dass sich eine heutige Bundesregierung – gleich welcher Zusammensetzung – auf ein derart weitreichendes, folgenschweres und ambitioniertes Projekt einigen könnte.

Die Entscheidung für die Energiewende ist umso bemerkenswerter, als dass sie zum damaligen Zeitpunkt im internationalen Kontext durchaus eine *einsame* Entscheidung war: Das zentrale Motiv – die Bekämpfung

¹Siehe [1].

des Klimawandels – war zwar bereits seit Langem weltweit in der Diskussion und Gegenstand einer Reihe von Abschlusserklärungen bei internationalen Gipfeltreffen; doch die gemeinsame Sorge hatte bis dato noch nicht zu einer einheitlichen politischen Willensbildung geführt. Bekanntermaßen hat sich dies mittlerweile mit dem Pariser Klimaabkommen vom Dezember 2015 substantiell geändert: Es gibt jetzt, jedenfalls vom Grundsatz her, vergleichbare politische Programme in anderen Ländern.

Schaut man zurück auf den **inhaltlichen Verlauf der Energiewende** seit 2010, so kann man folgende Kernpunkte festhalten:

- Vom Konzept her umfasst die Energiewende – der Umstieg von den heute dominierenden fossilen Energieträgern Kohle, Erdöl und Erdgas auf erneuerbare Energien (EE) – alle vier Hauptsektoren des Energieverbrauchs bzw. der klimarelevanten CO₂-Emissionen:
 - Energiewirtschaft (v. a. Stromerzeugung)
 - Verkehr
 - Gebäude (Raumheizung)
 - Industrie (Produktionsprozesse).
- Die politischen Aktivitäten – und in der Folge die gesellschaftlichen Diskussionen – haben sich jedoch weitgehend auf einen dieser Sektoren konzentriert: die *Stromerzeugung*. Dies ist durchaus naheliegend, denn zum einen stellt sie mit ca. 40 % aller energiebedingten CO₂-Emissionen

den „größten Brocken“ dar, zum anderen ist sie aus einer Reihe von Gründen politisch besonders gut steuerbar.

- In Bezug auf den Strombereich war die Politik der Energiewende bisher erfolgreich: Die wesentlichen Meilensteine auf dem Weg zu den angestrebten Zielen für 2030 wurden erreicht, die CO₂-Emissionen fast planmäßig gesenkt, die für die Stromerzeugung notwendigen Importe von Kohle und Erdgas deutlich reduziert. Auch die Versorgungssicherheit hat (entgegen manchen Befürchtungen) nicht gelitten.
- Diese Erfolge hatten allerdings einen hohen Preis: Die erste Phase der Energiewende bis 2017 – in erster Linie der Ausbau von PV und Windkraft – verursacht volkswirtschaftliche Kosten in der Größenordnung von 500 Mrd. €. Die gute Nachricht ist: Diese Kosten verteilen sich über einen Zeitraum von 37 Jahren, womit die durchschnittliche jährliche Belastung für die Volkswirtschaft ziemlich moderat ausfällt.

Zweifellos stellt diese bisherige Transformation der Stromerzeugung eine erhebliche Investition in die deutsche Energie-Infrastruktur dar. Diese Ausgaben in Deutschland hatten jedoch einen weiteren wesentlichen Effekt, der sogar als wichtiger einzuschätzen ist als ihr unmittelbarer Zweck: Die nicht anders als dramatisch zu bezeichnende weltweite Kostendegression bei der PV- und der Wind-Technologie wurde durch die hohe Nachfrage aus Deutschland maßgeblich befördert; und die in den letzten zehn Jahren um 50–80 % gefallen Preise für die erneuerbaren Energien machen Energietransformationen und damit eine aktive Klimapolitik in ärmeren Ländern überhaupt erst möglich.

- Im Gegensatz zum Stromsektor wurden die anderen Sektoren – Gebäude, Industrie, Verkehr – in diesen ersten Jahren der Energiewende politisch kaum angegangen.
Das hat vor allem zwei Gründe. Zum einen hat die geschilderte, überwiegend positive Entwicklung der Energiewende im Strombereich (auch bedingt durch die erheblichen Widerstände von Seiten der Energiewirtschaft und in Teilen der Industrie) viel politische Kraft gekostet. Zum anderen sind die Sektoren Gebäude, Industrie und Verkehr deutlich komplexer, heterogener und dadurch schwerer politisch steuerbar. Tatsächlich sind die CO₂-Emissionen in diesen drei anderen Bereichen zusammengenommen seit zehn Jahren praktisch konstant geblieben.
- Insgesamt gesehen wird daher die Energiewende trotz der bemerkenswerten Erfolge im Stromsektor ihren ersten Hauptmeilenstein – CO₂-Reduktion um 40 % im Jahr 2020 (gegenüber 1990) – klar verfehlen.
- Es gibt eine sehr kontroverse Debatte darüber, wie die bisherige Entwicklung der Energiewende und insbesondere das Verfehlen des ersten zentralen Klimaschutzziels einzuschätzen ist. In jedem Fall aber führt diese seit zwei bis drei Jahren absehbare Tatsache dazu, dass sich die politische Aufmerksamkeit von der Fokussierung auf den Strombereich wegbewegt und sukzessive den anderen Energiesektoren zuwendet. Dabei spielt auch die sogenannte „Sektorkopplung“ – also die Zusammenhänge zwischen Strom auf der einen und v. a. Gebäude und Verkehr auf der anderen Seite – eine wesentliche Rolle.

In den **politischen Diskussionen** um die Energiewende geht es heute also zunehmend um die Frage, wie das Energiesystem des Jahres 2050 insgesamt aussehen kann bzw. sollte: Mit welchen Kraftstoffen werden die Autos fahren, wie werden wir unsere Häuser heizen, wie wird die Industrie klimafreundlich – also weitgehend ohne Kohle, Öl und Gas – produzieren können? Welche Rolle spielen neue Energieträger wie Wasserstoff, „synthetisches Gas“, „grünes Benzin“, Holzpellets? Wie viele PV-Anlagen, Windräder an Land, Windparks in der Nord- und Ostsee brauchen wir im Jahr 2050? Welche digitalen Steuerungen sind nötig, um die verschiedenen Sektoren effizient zu vernetzen? Und natürlich: Welche Investitionen sind nötig, um ein solches „dekarbonisiertes“ (d. h. weitgehend CO₂-freies) Energiesystem in allen Bereichen von Wirtschaft und Gesellschaft zu schaffen? Was wird die Energiewende also in Gänze kosten?

In den letzten Jahren ist eine ganze Reihe von **wissenschaftlichen Studien** zu diesen Fragen veröffentlicht worden, und es vergeht kaum eine Konferenz der Energiebranche, auf der nicht leidenschaftlich und kontrovers über die zukünftige Energieversorgung diskutiert wird. Naturgemäß gibt es auch über diese weitere Entwicklung der Energiewende unterschiedliche Auffassungen: über Möglichkeiten und Grenzen verschiedener Technologieoptionen, über wahrscheinliche Kostenentwicklungen, über den richtigen Mix von zentralen, großen Energie-Infrastrukturen (Stromtrassen, Windparks, Großspeicher) und dezentralen, kleinen Energieeinheiten (PV-Anlagen auf Hausdächern, Batteriespeicher im Keller); und vor allem über die Frage, welche die richtigen

politischen Instrumente sind, um das Energiesystem der Zukunft Wirklichkeit werden zu lassen – um die Energiewende zum Erfolg zu führen.

Jenseits aller Unterschiede kristallisieren sich in all diesen Diskussionen, Studien, Pilotprojekten und Zukunftsentwürfen jedoch auch *Gemeinsamkeiten* bzgl. der geeignetsten Technologien und der zu erwartenden Kosten heraus.

Von diesen Gemeinsamkeiten handelt das vorliegende Buch. Es stellt in kurzer, prägnanter, faktenbasierter Form diejenigen Perspektiven dar, die heute mit einiger Sicherheit über die Zukunft der Energie vorhergesagt werden können. Es hat das Ziel, von einem neutralen Standpunkt aus den Kenntnisstand des Jahres 2018 in Bezug auf das Energiesystem des Jahres 2050 zu vermitteln.

Wir greifen dabei sukzessive die wesentlichen Fragen und Kritikpunkte auf, die die politischen und gesellschaftlichen Diskussionen über die Energiewende in den letzten Jahren bestimmt haben:

- **Versorgungssicherheit:** Ist eine Energieversorgung mit Solar- und Windstrom überhaupt verlässlich machbar?
- **Flächenverbrauch:** Verschandeln wir nicht unsere Natur in einem unakzeptablen Maß durch immer mehr Windräder und durch Energiepflanzen-Monokulturen?
- **Kohleausstieg:** Ist es wirklich notwendig, die Kohlenutzung – die eine lange Tradition in Deutschland hat – zu beenden und die verbliebenen 20.000 Arbeitsplätze zu opfern?

- **Verkehr/Zukunft des Autos:** Sind die Tage des Verbrennungsmotors wirklich gezählt? Ist der Hype um Elektroautos gerechtfertigt?
- **Gebäude/Zukunft der Heizung:** Wie sollen wir ohne Heizöl und Erdgas unsere Häuser heizen?
- **Klimaschutzziele:** Ist es – nachdem das erste Klimaschutzziel 2020 deutlich verfehlt wird – realistisch, zumindest die weiteren Ziele für 2030 und 2050 zu erreichen?
- **Kosten:** Ist eine solch fundamentale Transformation der Energieversorgung überhaupt finanzierbar? Laufen wir nicht Gefahr, dass die Kosten vollends aus dem Ruder laufen?
- **Belastung der privaten Haushalte:** Angesichts des starken Anstiegs der Strompreise in den Jahren 2005–2015: Geht das immer so weiter? Bleibt Energie bezahlbar?
- **Wettbewerbsfähigkeit der Industrie:** Riskieren wir mit dieser „Operation am offenen Herzen der Volkswirtschaft“² nicht die Wettbewerbsfähigkeit unserer Industrie und damit eine Hauptquelle unseres Wohlstands?
- **Deutschland als Vorreiter:** Folgen uns überhaupt andere nach in der Klimapolitik oder haben wir im Gegenteil längst unsere Vorreiterrolle verloren?

Anhand dieser zehn Themenkreise zeichnet das Buch das Bild der Energiewende in den nächsten 30 Jahren – fokussiert auf die zentralen Punkte und die wichtigsten Linien.

²So Bundeswirtschaftsminister Peter Altmeier am 16.04.2018.

Wesentliche Basisinformationen

Einheiten

Wir verwenden in diesem Buch – außer den im Alltag gebräuchlichen Einheiten Kilogramm (kg)/Tonne (t), Meter (m)/Kilometer (km), Liter (L), Cent (ct)/Euro (€), Minute (min)/Stunde (h)/Jahr (a) – zwei Energieeinheiten:

- Kilowatt (kW)/Gigawatt (GW) = 1 Mio. kW
- Kilowattstunde (kWh)/Terawattstunde (TWh) = 1 Mrd. kWh.

Kilowatt ist ein Maß für die Energie-*Leistung*: zum einen für die Leistung, mit der z. B. ein Kraftwerk Strom oder Wärme erzeugt, und zum anderen für die Leistung, die ein Gerät im Betrieb (maximal) benötigt.

Typische Erzeugungsleistungen sind:

- PV-Anlage auf Einfamilienhaus: 5 kW
- Heizung im Einfamilienhaus: 15 kW
- Windrad: 3000 kW
- Kohlekraftwerk: 1 GW

Typische Verbrauchsleistungen sind:

- Kühlschrank: 0,6 kW
- Auto: 100 kW
- Industriebetrieb: 20.000 kW
- Deutschland (Wintertag): 80 GW