

André D. Thess

# Sieben Energiewende- märchen?

Eine  
Vorlesungsreihe  
für Unzufriedene



SACHBUCH



Springer

Sieben Energiewendemärchen?

André D. Thess

# Sieben Energiewendemärchen?

Eine Vorlesungsreihe für Unzufriedene



Springer

Prof. Dr. André D. Thess  
Lehrstuhl für Energiespeicherung  
Universität Stuttgart  
Stuttgart, Deutschland

ISBN 978-3-662-61999-5      ISBN 978-3-662-62000-7 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-62000-7>

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

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert durch Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2020

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

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

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.

Planung/Lektorat: Markus Braun

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

*Genossen, die Berechnungen unserer Planer zeigen, dass die Sowjetunion innerhalb der nächsten fünfzehn Jahre die USA in der Produktion bedeutender Güter nicht nur einholen, sondern überholen wird.*

Nikita Chruschtschow, Generalsekretär der KPdSU, Bericht anlässlich des 40. Jahrestages der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution am 7. November 1957

*Bis zum Jahr 2020 sollen mindestens eine Million Elektrofahrzeuge auf Deutschlands Straßen fahren.*

Nationale Plattform Elektromobilität am 3. Mai 2010

*Staatliche Planwirtschaft ist wie ein prachtvoller Baum mit weit ausladender Krone. Aber in seinem Schatten wächst nichts.*

Harold Macmillan, Britischer Premierminister von 1957 bis 1963

# Inhaltsverzeichnis

<b>Prolog: Das Gleichnis von den vielfältigen Bratpfannen</b> .....	IX
<b>1 Der böse Verbrennungsmotor</b> .....	1
<b>2 Die kluge Denkfabrik</b> .....	33
<b>3 Das gute Elektroauto</b> .....	59
<b>4 Der einfältige Klimaforscher</b> .....	83
<b>5 Das genügsame Haus</b> .....	111
<b>6 Die billige Energiewende</b> .....	141
<b>7 Das stubenreine Flugzeug</b> .....	167
<b>Epilog: Die Hypothese von der unsichtbaren Hand</b> .....	195
<b>Anhang: Die Kaffeebechervermeidungskostenformel</b> .....	211
<b>Danksagung</b> .....	215

# Prolog: Das Gleichnis von den vielfältigen Bratpfannen

*Die Behauptung: „Ideal zum Braten sind die guten alten Eisenpfannen. Sie liefern die besten Bratergebnisse und halten am längsten. Teflonbeschichtete Aluminiumpfannen braten hingegen schlechter, nutzen sich schnell ab und hinterlassen Berge an Aluminiumschrott. Um unser Essen in höchster Qualität und mit nachhaltigen Küchenutensilien zuzubereiten, müssen wir schnellstmöglich auf Eisenpfannen umsteigen. Dazu brauchen wir eine Kaufprämie für Eisenpfannen. Aluminiumpfannen müssen spätestens ab 2030 verboten werden.“*

Unserer modernen Gesellschaft ist die Fähigkeit zur Herstellung schmackhafter Bratkartoffeln weitgehend abhandengekommen. Das liegt daran, dass heute meistens teflonbeschichtete Aluminiumpfannen zum Einsatz kommen, während unsere Großmütter Eisenpfannen für die Zubereitung von Bratkartoffeln benutzten. Mir ist das bestmögliche Bratergebnis wichtig. Überdies finde ich es sympathisch, dass eine Eisenpfanne unbegrenzt haltbar ist. Ginge es allein nach mir, gäbe es in unserer Familie ausschließlich Eisenpfannen.

Meine Frau sieht die Sache anders. Sie mag das Hantieren mit schweren Eisenpfannen nicht. Deshalb bevorzugt sie Aluminiumpfannen. Auch schätzt sie deren Geschirrspülertauglichkeit. Mit Augenzwinkern weist sie mich überdies gern darauf hin, dass sie durch häufigen Kauf neuer Aluminiumpfannen Arbeitsplätze bei einem bekannten schwäbischen Hersteller von Küchenutensilien sichert. Ginge es allein nach meiner Frau, würden wir ausschließlich mit Aluminiumpfannen arbeiten.

Meine Frau und ich sind seit 31 Jahren verheiratet und in vielen Fragen unterschiedlicher Meinung. Aber wegen Bratpfannen gab es bei uns noch nie Streit. Dabei geht es doch um Entscheidungen von großer gesellschaftlicher Tragweite – zwischen Nachhaltigkeit in Gestalt der Eisenpfanne und Arbeitsplatzsicherung in Gestalt der Aluminiumpfanne.

Ähnliche Entscheidungen müssen wir im Zusammenhang mit der „Energie-wende“ im nationalen und internationalen Maßstab ständig treffen. Sollen wir als Beitrag zum Klimaschutz schnell auf Elektroautos umsteigen, auch wenn dadurch

Arbeitsplätze bei heimischen Herstellern von Verbrennungsmotoren verloren gehen? Sollen wir um der Nachhaltigkeit willen auf Urlaubsflüge nach Thailand verzichten, obwohl dadurch Arbeitsplätze in der thailändischen Tourismusindustrie verschwinden? Sollen wir für die Erfüllung von Klimaschutzziele deutsche Kohlekraftwerke abschalten, auch wenn dies mit Arbeitsplatzverlusten in den Kohlerevieren verbunden ist? Soll die EU zwecks Energieeffizienz die Leistung von Staubsaugern begrenzen, obwohl etliche Menschen dies als obrigkeitstaatlichen Eingriff in ihre persönliche Freiheit ablehnen?

So drängend und wichtig solche Fragen auch sein mögen, das Ziel meines Buches besteht *nicht* darin, diese Fragen zu beantworten.

Das Anliegen meiner neun Vorlesungen besteht vielmehr darin, Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, zu verdeutlichen, warum es auf diese und zahlreiche ähnliche Fragen zu Energie- und Klimapolitik in einer freiheitlich-demokratischen Gesellschaft keine allgemeingültigen Antworten geben kann. Ich möchte Ihnen überdies einen Leitfaden geben, Fragen zu Energie- und Klimapolitik in Ihrer Familie, mit Ihren Freunden, mit Ihren Kollegen oder auch mit Ihren Abgeordneten zu diskutieren und dabei ebenso entspannt zu bleiben wie meine Frau und ich bei unseren Diskussionen über Bratpfannen.

### **Energiewendemärchen?**

Die deutschen Debatten um Energie und Klima sind vom Ideal einer sachlichen Diskussion in der Regel weit entfernt. Sie tragen häufig den Charakter von *Energiewendemärchen*. Was ich damit meine, lässt sich anhand meiner Bratpfannengeschichte zu Beginn dieses Kapitels erklären. Werfen wir noch einmal einen Blick zurück.

Die Geschichte bedient sich mehrerer Tricks, die sich auch in Diskussionsbeiträgen zur Energie- und Klimapolitik großer Beliebtheit erfreuen. Im ersten Satz werden die Vorzüge der vermeintlich guten Eisenpfanne – optimales Bratergebnis und lange Haltbarkeit – selektiv zitiert. Die Nachteile – hohes Gewicht und fehlende Geschirrspülertauglichkeit – werden hingegen verschwiegen. Im zweiten Satz werden für die vermeintlich böse Aluminiumpfanne ausschließlich die beiden Nachteile – schlechteres Bratergebnis und hoher Materialverbrauch – thematisiert, während die Vorteile – niedriges Gewicht und Arbeitsplatzsicherung – unter den Teppich gekehrt werden. Im zweiten Teil der Bratpfannengeschichte erhebe ich meine persönliche Sympathie für haltbares Kochgeschirr durch Verwendung von Worten wie „brauchen“ und „müssen“ in den Rang der Allgemeingültigkeit. Diese Art moralischer Selbstermächtigung ist bei Energie- und Klimadiskussionen quer durch das politische Spektrum ebenfalls häufig anzutreffen.

Mit diesen beiden Merkmalen, nämlich einer willkürlichen Auswahl passender Fakten und einer fehlenden Trennung zwischen wissenschaftlichen Erkenntnissen und persönlichen Werturteilen, haben wir zwei zentrale Eigenschaften unserer Bratpfannengeschichte herausgearbeitet. Dies sind gleichzeitig die Merkmale von Energiewendemärchen.

Im vorliegenden Buch werde ich die Anatomie von sieben kontroversen Thesen zur Energiewende analysieren. Manche werden Sie für Energiewendemärchen

halten, andere nicht. Damit Sie, liebe Leserinnen und Leser, sich zu diesen sowie zu ähnlichen Thesen Ihre eigene Meinung bilden können, werde ich Ihnen an konkreten Beispielen zeigen, wie Sie den wissenschaftlichen Kern eines Energie- oder Klimaproblems freilegen und von Ihrer persönlichen politischen Haltung trennen können. Wenn Sie diese Analysen dann auf andere Probleme übertragen, werden Sie im Kreise Ihrer Familie, Freunde und Kollegen kontroverse und anregende, aber jederzeit sachliche Energie- und Klimadebatten führen können.

Um die Methode der bevorstehenden Analyse im Einzelnen zu verstehen, wenden wir uns noch einmal der Bratpfannengeschichte zu.

### **Sozio-technische Analyse**

Der systematische Entscheidungsprozess zwischen Eisen und Aluminium hat zwar nichts mit Energieforschung zu tun und erst recht nichts mit Klimapolitik. Er eignet sich jedoch sehr gut als Anschauungsbeispiel für eine Methode, die als sozio-technische Analyse bezeichnet wird. Eine solche besteht aus einem objektiven und einem subjektiven Teil.

Im objektiven Teil werden wissenschaftlich belegbare Eigenschaften über die Entscheidungsmöglichkeiten zusammengetragen. Im subjektiven Teil wird jeder Eigenschaft ein Gewichtungsfaktor zugeordnet, der die persönlichen Vorlieben und Überzeugungen des Entscheidungsträgers widerspiegelt. Durch Verknüpfung von Eigenschaften und Gewichtungsfaktoren entsteht dann ein Bewertungsergebnis, welches als Entscheidungsvorschlag interpretiert werden kann. Der Analyse- und Bewertungsprozess lässt sich mit Hilfe von Tabellen besonders übersichtlich gestalten. Deshalb sind im Folgenden zwei Bewertungstabellen angegeben – eine aus meiner Perspektive und eine aus der Perspektive meiner Frau. Diese Tabellen offenbaren sozusagen die Anatomie eines gesellschaftlichen Entscheidungsproblems. Sie sind für das Verständnis der folgenden Ausführungen hilfreich, aber nicht unbedingt notwendig.

Ich möchte nun die sozio-technische Analysemethode Schritt für Schritt erläutern.

Der erste Schritt besteht in der Formulierung zweier Handlungsmöglichkeiten, zwischen denen eine Entscheidung getroffen werden soll. Im Fall der Bratpfannen ist dieser Schritt leicht zu bewältigen. Unsere Handlungsmöglichkeiten lauten nämlich entweder „Eisenpfanne kaufen“ oder „Aluminiumpfanne kaufen“. Wir werden in den kommenden Kapiteln sehen, dass die Auswahl dieser Alternativen bei Energie- und Klimaproblemen nicht immer so einfach ist. Wir werden bei der Auswahl stets darauf achten, dass die beiden Alternativen zu gleichen oder zumindest ähnlichen Ergebnissen führen. Deshalb wäre eine Auswahl zwischen „Eisenpfanne kaufen“ und „keine Pfanne kaufen“ keine zielführende Wahl, sofern das gewünschte Ergebnis das Braten eines Hamburgers ist. Auch die Alternativen „Eisenpfanne kaufen“ und „Kochtopf statt Bratpfanne kaufen und kochen statt braten“ wären nicht gleichwertig, weil die Ergebnisse, in diesem Fall etwa ein Hamburger und ein Königsberger Klops keine identischen Produkte wären.

Der zweite Schritt besteht darin, die für eine Entscheidung wichtigen Eigenschaften der beiden Alternativen aufzuspüren und in einer Liste

zusammenzufassen. Ein Merkmal, nämlich die Qualität des Bratergebnisses, haben wir bereits besprochen. Wir wollen jetzt noch drei weitere hinzufügen – Handhabung, Haltbarkeit und Auswirkungen auf Arbeitsplätze in der Industrie. In den beiden Tabellen finden Sie die vier Eigenschaften in den Zeilen „Bratergebnis“, „Handhabung“, „Haltbarkeit“ und „Arbeitsplätze“.

Der dritte Schritt bildet den Kern des objektiven Teils. Hierbei vergleichen wir für jede der vier Eigenschaften die beiden Handlungsmöglichkeiten miteinander. Das Merkmal „Bratergebnis“ haben wir bereits kurz angesprochen. In meiner Vorlesung *Kulinarische Thermodynamik* an der Universität Stuttgart rechne ich den Studenten vor, dass die Eisenpfanne beim scharfen Anbraten eines Steaks einer Aluminiumpfanne überlegen ist. Die Berechnung hierzu ist keineswegs elementar. Sie erfordert die Lösung zweier Differenzialgleichungen für die Temperaturverteilungen in der Pfanne und im Fleisch. Die berechnete Temperatur an der Grenzfläche zwischen Fleisch und Metall hängt sowohl von der Wärmeleitfähigkeit als auch von Dichte und spezifischer Wärmekapazität beider Materialien ab. Sogar die Eigenschaften der dünnen Teflonschicht bei der Alupfanne spielen eine Rolle. Die Qualität des Anbratens lässt sich mathematisch daran festmachen, dass die Fleischoberfläche beim Braten in einer Eisenpfanne schneller auf eine hohe Temperatur gehoben wird und diese Temperatur besser hält als in einer Aluminiumpfanne. Aus diesem Grund ordnen wir für die Eigenschaft „Bratergebnis“ der Handlungsoption „Eisenpfanne kaufen“ die Zahl 1 und der Handlungsoption „Aluminiumpfanne kaufen“ die Zahl 0 zu. Diese Zahlen tragen wir in die Spalten „Wissenschaftliche Erkenntnisse“ ein.

Die Beschränkung auf die beiden Zahlen 0 und 1 ist die einfachste mögliche Art der Bewertung. Sie können das Schema beliebig verfeinern, indem Sie den beiden Alternativen jede beliebige Zahlenkombination zuordnen. Die einzige mathematische Randbedingung besteht darin, dass die Summe der beiden Bewertungszahlen 1 ergeben muss. Der höhere Wert steht für die geeignetere Variante. Wollten wir etwa zwei Elektroautos mit den Reichweiten 100 km und 300 km miteinander vergleichen, so könnten wir ihnen bei einer groben Bewertung die Zahlen 0 beziehungsweise 1 zuordnen. Bei einer feineren Bewertung könnten wir die Zahlen 0,25 und 0,75 wählen, die das Verhältnis 1:3 der Reichweiten charakterisieren. In diesem Buch arbeite ich jedoch ausschließlich mit der einfachsten Variante, beschränke mich also auf die Werte 0 und 1.

Es sei noch bemerkt, dass die Bewertungszahlen nur dann zur Entscheidungsfindung beitragen, wenn sie unterschiedliche Werte besitzen. Zwar kann man auch gleichgewichtige Eigenschaften in der Form 0,5 zu 0,5 in die Tabelle aufnehmen. In einem solchen Fall hätten die beiden Optionen jedoch identische Gewichte und das Kriterium trüge mithin nicht zur Entscheidungsfindung bei.

Bei der „Handhabbarkeit“ in Zeile 2 besteht zwischen meiner Frau und mir Einigkeit darüber, dass die Aluminiumpfanne leichter ist als die Eisenpfanne. Deshalb steht bei „Eisenpfanne kaufen“ die Zahl 0 und bei „Aluminiumpfanne kaufen“ die Zahl 1.

Ähnlich unkompliziert ist die Analyse der Haltbarkeit. Unsere Eisenpfannen sind über zwanzig Jahre alt. Ich habe keinen Zweifel, dass diese Kulturgüter meine Frau und mich überleben und in den Händen unserer Kinder und Enkel gute Dienste leisten werden. Keine unserer Aluminiumpfannen ist hingegen älter als drei Jahre. Dies zeigt, dass die Eisenpfanne der Aluminiumpfanne in puncto Haltbarkeit überlegen ist. Deshalb bekommt die linke Spalte in Tab. 1 bei der „Haltbarkeit“ eine 1 und die rechte Spalte eine 0.

Auch die Analyse der Eigenschaft „Arbeitsplätze“ ist vergleichsweise einfach. Aufgrund der langen Haltbarkeit ist der Arbeitsplatzeffekt der Eisenpfannen wesentlich geringer als bei Aluminiumpfannen. Würden ab morgen in Deutschland nur noch Eisenpfannen gekauft, wäre die Aluminiumpfannenindustrie übermorgen pleite. Deshalb tragen wir in die Tabelle bei der Eisenpfanne 0 und bei Aluminiumpfanne 1 ein.

Damit haben wir den dritten Punkt und zugleich den objektiven Teil unserer sozio-technischen Analyse abgeschlossen. Es ist wichtig, zu betonen, dass die vergleichende Analyse der vier ausgewählten Eigenschaften und die Zuordnung der Zahlen 0 und 1 eine innerwissenschaftliche Angelegenheit ist. Jede der Eigenschaften sollte so ausgewählt werden, dass die Zuordnung der Zahlen 0 und 1 auf der Basis von Experimenten entschieden werden kann, deren Durchführung und Auswertung theoretisch ohne menschliches Zutun erfolgen könnte. So könnten wir etwa für den Vergleich der Bratqualitäten hundert Hamburger kaufen, jeweils fünfzig in einer Eisen- und fünfzig in einer Aluminiumpfanne anbraten und anschließend von Testpersonen blind verkosten lassen. In modifizierter Form könnte das Experiment ohne menschliches Zutun erfolgen, indem der Bräunungsgrad der Fleischoberfläche mittels einer Kamera und Bildverarbeitungssoftware analysiert würde. Die Pfannenart, bei der die größere Zahl von Hamburgern die vorher vorgegebene ideale Bräunung hat, bekäme dann die Zahl 1. Wichtig an den Experimenten ist, dass sie im Fall menschlicher Beteiligung von einer unabhängigen Person durchgeführt werden könnten.

Unsere im objektiven Teil zusammengetragenen Fakten können wir nun wie folgt zusammenfassen:

Brateigenschaften	Eisenpfanne: 1	Alupfanne: 0
Handhabbarkeit	Eisenpfanne: 0	Alupfanne: 1
Haltbarkeit	Eisenpfanne: 1	Alupfanne: 0
Arbeitsplätze	Eisenpfanne: 0	Alupfanne: 1

Es sei an dieser Stelle betont, dass meine Frau und ich uns in der Einschätzung all dieser Eigenschaften vollkommen einig sind. Bezogen auf die Analysen in den folgenden Kapiteln ist diese Feststellung insofern wichtig, als es sich bei den genannten objektiven Eigenschaften um Merkmale handelt, die durch Experimente oder Computersimulationen gewonnen werden können. Die Aufgabe der Forschung besteht zu einem großen Teil darin, die für solche Vergleiche notwendigen Fakten bereitzustellen.

Nachdem wir den objektiven Teil unserer Analyseaufgabe erledigt haben, wenden wir uns nun in einem vierten Schritt dem subjektiven Teil zu.

Meine Frau und ich haben unterschiedliche Ansichten darüber, welche Eigenschaften einer Bratpfanne besonders wichtig sind. Etwas vornehmer ausgedrückt, könnten wir auch von persönlichen Werturteilen sprechen. In der einfachsten Variante der sozio-technischen Analyse ordnet nun jeder von uns die vier Merkmale in der Reihenfolge absteigender Wichtigkeit an. Bei unserem Beispiel geben wir dem wichtigsten Charakteristikum die höchste Zahl – im vorliegenden Fall eine 4 – und dem unbedeutendsten die Zahl 1.

Für mich als Hobbykoch sind die Brateigenschaften am wichtigsten. Deshalb erhalten diese bei mir die Zahl 4. Am zweitwichtigsten ist für mich die Haltbarkeit. Es folgen die Handhabbarkeit und die Arbeitsplätze. Meine eigenen „Werturteile“ sehen demnach wie folgt aus:

Brateigenschaften	4
Handhabbarkeit	2
Haltbarkeit	3
Arbeitsplätze	1

Diese Zahlen sind in Tab. 1 am Ende dieses Kapitels in der Mitte eingetragen. Die Prioritäten meiner Frau sind etwas anders. Für sie ist die leichte Handhabbarkeit am wichtigsten, gefolgt von Brateigenschaften, Arbeitsplätzen und Haltbarkeit. Ihre persönlichen „Werturteile“ lauten somit:

Brateigenschaften	3
Handhabbarkeit	4
Haltbarkeit	1
Arbeitsplätze	2

**Tab. 1** Die Anatomie des Gleichnisses von den vielfältigen Bratpfannen aus meiner eigenen Perspektive. Die Zahlen in der Spalte „Persönliche Werturteile“ geben an, welche Priorität ich jeder der vier Eigenschaften bei meiner Kaufentscheidung beimesse. Gemäß der Tabelle besitzen für mich die Brateigenschaften die höchste Priorität. Multipliziert man die Prioritätszahlen mit den Zahlen in den Spalten „Wissenschaftliche Erkenntnisse“, dann ergibt sich jeweils die in den Spalten „Bewertung“ angegebene Punktzahl. Die Summe der Punkte steht in der Zeile „Gesamtwertung“. Die Option mit der höheren Punktzahl – Eisenpfanne kaufen – spiegelt meine Kaufentscheidung wider

Eisenpfanne kaufen			Herr Thess Persönliche Werturteile	Aluminiumpfanne kaufen		
Kriterien	Bewertung	Wissenschaftliche Erkenntnisse		Wissenschaftliche Erkenntnisse	Bewertung	Kriterien
Brateigenschaften	4 Punkte	1	4	0	0 Punkte	Brateigenschaften
Handhabung	0 Punkte	0	3	1	3 Punkte	Handhabung
Haltbarkeit	2 Punkte	1	2	0	0 Punkte	Haltbarkeit
Arbeitsplätze	0 Punkte	0	1	1	1 Punkt	Arbeitsplätze
Gesamtwertung	<b>6 Punkte</b>				<b>4 Punkte</b>	Gesamtwertung

**Tab. 2** Die Anatomie des Gleichnisses von den vielfältigen Bratpfannen aus der Perspektive meiner Frau. Die Zahlen in der Spalte „Persönliche Werturteile“ geben an, welche Priorität meine Frau jeder der vier Eigenschaften bei ihrer Kaufentscheidung beimisst. Gemäß der Tabelle besitzt für meine Frau die Handhabung höchste Priorität. Multipliziert man die Prioritätszahlen mit den Zahlen in den Spalten „Wissenschaftliche Erkenntnisse“, dann ergibt sich jeweils die in den Spalten „Bewertung“ angegebene Punktzahl. Die Summe der Punkte steht in der Zeile „Gesamtwertung“. Die Option mit der höheren Punktzahl – Aluminiumpfanne kaufen – spiegelt die Kaufentscheidung meiner Frau wider

Eisenpfanne kaufen			Frau Thess Persönliche Werturteile	Aluminiumpfanne kaufen		
Kriterien	Bewertung	Wissenschaftliche Erkenntnisse		Wissenschaftliche Erkenntnisse	Bewertung	Kriterien
Brateigenschaften	3 Punkte	1	3	0	0 Punkte	Brateigenschaften
Handhabung	0 Punkte	0	4	1	4 Punkte	Handhabung
Haltbarkeit	1 Punkt	1	1	0	0 Punkte	Haltbarkeit
Arbeitsplätze	0 Punkte	0	2	1	2 Punkte	Arbeitsplätze
Gesamtwertung	<b>4 Punkte</b>				<b>6 Punkte</b>	Gesamtwertung

Diese Zahlen befinden sich in der mittleren Spalte von Tab. 2.

Ein fundamentaler Unterschied zwischen den wissenschaftlichen Erkenntnissen und den persönlichen Werturteilen besteht darin, dass die Wissenschaft nach Einheit strebt, während Werturteile vielfältig sind. Solange wir uns im Rahmen geltender Gesetze bewegen, ist es in einer freiheitlich-demokratischen Gesellschaft jedem Bürger überlassen, wie er seine Prioritäten setzt. Anders als bei den objektiven Eigenschaften gibt es bei den persönlichen Werturteilen weder „richtig“ noch „falsch“ und weder „gut“ noch „schlecht“. Wir werden auf diesen wichtigen Unterschied in Kap. 4 bei der Frage zurückkommen, ob Maßnahmen gegen den Klimawandel höhere oder niedrigere Priorität besitzen als etwa die weltweite Bekämpfung von Hungersnöten.

Wir kommen nun zum fünften und letzten Schritt. Um aus der Analyse für meine Frau und mich jeweils eine Handlungsempfehlung abzuleiten, müssen wir den objektiven und den subjektiven Teil unserer Analyse verknüpfen. Die dazu notwendige Rechnung ist nicht schwierig. Allerdings lässt sie sich anhand der Tab. 1 und 2 leichter nachvollziehen als nur beim Lesen der folgenden Erläuterungen.

Das Gesamturteil für mich erhalten wir, indem wir für jede Zeile der Tabelle die Zahl aus der Spalte „Persönliche Werturteile“ mit den beiden in den Spalten „Wissenschaftliche Erkenntnisse“ stehenden Zahlen links und rechts multiplizieren und anschließend in die Spalten „Bewertung“ eintragen. Die Punktzahlen addieren wir dann und erhalten für jede der beiden Handlungsoptionen eine Gesamtpunktzahl.

In Tab. 1 ergeben sich für mich sechs Punkte für die Eisenpfanne und vier Punkte für die Aluminiumpfanne. Das Gesamturteil meiner Frau in Tab. 2 ist umgekehrt – vier Punkte für die Eisenpfanne und sechs Punkte für die Aluminiumpfanne. Damit ist unsere sozio-technische Analyse des Bratpfannenproblems

abgeschlossen. Wir kommen zu dem Schluss, dass für mich der Kauf der Eisenpfanne und für meine Frau der Kauf der Aluminiumpfanne jeweils besser zum eigenen Werturteil passt. Der Widerstreit löst sich in unserer Familie dadurch auf, dass in unserem Küchenschrank zwei Eisenpfannen und zwei Aluminiumpfannen liegen.

In der Energie- und Klimapolitik lassen sich widersprüchliche Wählerwünsche leider nicht so einfach ausgleichen wie in unserer häuslichen Bratpfannendemokratie. Ein Land muss sich bei der Gesetzgebung in der Regel für eine von zwei Alternativen entscheiden. Aus diesem Grunde wäre es wünschenswert, wenn politische Entscheidungen auf der Basis sozio-technischer Analysen getroffen würden.

### **Fünf Analyseschritte auf einen Blick**

Um uns auf die kommenden Analysen vorzubereiten, fasse ich noch einmal die fünf wesentlichen Schritte unserer Analysemethode zusammen:

1. Legen Sie zwei Handlungsalternativen fest, die zu gleichen oder ähnlichen Ergebnissen führen. In unserem Beispiel sind die Handlungsalternativen „Eisenpfanne kaufen“ oder „Aluminiumpfanne kaufen“ und das Ergebnis „Schnitzel ist gebraten“.
2. Definieren Sie die Kriterien, nach denen die Entscheidung zwischen diesen Handlungsalternativen vorgenommen werden soll. In unserem Beispiel sind das „Bratqualität“, „Handhabbarkeit“, „Haltbarkeit“ und „Arbeitsplätze“.
3. Bestimmen Sie durch Experimente, welche Handlungsalternative jedem einzelnen Kriterium in höherem Maße genügt, und markieren Sie diese mit „1“. Markieren Sie die jeweils andere Handlungsalternative mit „0“.
4. Ordnen Sie jedem Kriterium Ihre persönliche Priorität zu, indem Sie die Kriterien in aufsteigender Priorität durchnummerieren. In unserem Beispiel besitzt das Kriterium „Bratergebnis“ für mich die höchste Priorität (4).
5. Verknüpfen Sie die Ergebnisse der Punkte 3 und 4 zu einer Gesamtpunktzahl für jede Handlungsalternative. In unserem Beispiel besitzt für mich die Option „Eisenpfanne kaufen“ die höhere Punktzahl (6).

Die Handlungsalternative mit der höheren Punktzahl liefert – auf der Basis der für die Bewertung ausgewählten wissenschaftlichen Erkenntnisse für die persönlichen Werturteile der analysierenden Person – die Entscheidung mit der größtmöglichen Passfähigkeit. Um diese exakte Formulierung auf einen einfachen Nenner zu bringen, könnte man auch schlicht sagen: Die Option mit der höheren Punktzahl gewinnt.

Der Psychologe Gerd Gigerenzer warnt in seinem unterhaltsamen und lehrreichen Buch *Risiko: Wie man die richtigen Entscheidungen trifft* vor einer zu starken Formalisierung von Entscheidungen, insbesondere wenn es sich um Systeme mit großen Unsicherheiten handelt. Er empfiehlt stattdessen, Entscheidungen unter bestimmten Bedingungen nur an einem einzigen wichtigen Kriterium festzumachen. Dieses Prinzip lässt sich in unserem Schema dadurch abbilden, dass wir dem betreffenden Kriterium eine so hohe Priorität geben, beispielsweise 100 statt 4, dass es die gesamte Entscheidung dominiert.

Bevor wir unsere Methodik auf konkrete Fragen der Energie- und Klimapolitik anwenden, möchte ich Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, empfehlen, unser Vorgehen anhand einfacher Beispiele aus Ihrem Alltagsleben durchzuspielen. Nehmen Sie sich eine bevorstehende Entscheidung, wie etwa „Kauf eines Benzinautos“ oder „Kauf eines Elektroautos“. Oder analysieren Sie eine geplante Urlaubsreise wie etwa „Baden in der Karibik“ oder „Wandern auf dem Rennsteig“. Wählen Sie ein Problem, bei dem Sie im Familien-, Freundes- oder Kollegenkreis unterschiedliche Ansichten haben, und legen Sie die Anatomie dieses Entscheidungsproblems mit unserer Analysemethode frei.

In den Kap. 1, 3, 5 und 7 dieses Buches werden wir unser Schema auf unterschiedliche Energiewendeprobleme anwenden. Die vier technologisch orientierten Themen Verbrennungsmotor, Elektroauto, Häuserdämmung und Flugverkehr werden wir streng anhand unserer Tabellen analysieren. Die drei übergreifenden Themen Denkfabrik, Klimaforscher und Energiewende werden wir hingegen verbal und ohne Bewertungstabelle behandeln.

Wie wir bei der Analyse unserer Bratpfannengeschichte gesehen haben, hängen Entscheidungen von objektiven sowie von subjektiven Faktoren ab. Um diese Trennung im Folgenden auch bei der Analyse energie- und klimapolitischer Probleme deutlich zu machen, werde ich Erkenntnisse, über deren Richtigkeit in der Fachwelt wenig Zweifel bestehen, in der Passivform oder in der Wir-Form beschreiben. Meine eigene Meinung werde ich in der Ich-Form ausdrücken. Dadurch soll für alle Leser Transparenz hinsichtlich der Trennlinie zwischen wissenschaftlichem Konsens und persönlicher Meinung hergestellt werden.

### **Bratpfannen und politische Meinungsbildung**

Das Gleichnis von den vielfältigen Bratpfannen mag auf den ersten Blick amüsan und simpel daherkommen. Es ist in der Tat einfacher gestrickt als politische Entscheidungsprozesse. Nichtsdestotrotz ermöglicht es uns, die Komplexität solcher Entscheidungen in leicht verständlicher Weise herauszuarbeiten. Das Gleichnis ermöglicht uns beispielsweise, die unterschiedlichen Rollen von Wissenschaftlern und Politikern bei der Meinungsbildung zu veranschaulichen. Schauen wir uns hierzu noch einmal die Tab. 1 und 2 an.

Die Rolle der Wissenschaft besteht – vereinfacht gesprochen – darin, das für Entscheidungen notwendige Fachwissen bereitzustellen. In unserem Gleichnis spiegelt sich das Fachwissen in der Verteilung der Zahlen 0 und 1 in den Zeilen Brateigenschaften, Handhabung, Haltbarkeit und Arbeitsplätze wider. Bei den energie- und klimapolitischen Problemen der folgenden Kapitel werden wir erkennen, dass die Verteilung von Nullen und Einsen einen außerordentlich hohen Forschungsaufwand erfordern kann. Das Wesen der Wissenschaft ist geprägt von dem Ziel, *Einigkeit* über die Fakten und somit über die Verteilung der Nullen und Einsen herzustellen. Es liegt allerdings im Wesen des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses, dass sich diese Verteilung durch den technischen Fortschritt ändern kann. So könnte sich theoretisch durch Preisverfall bei Batterien ein Kostenvergleich zwischen konventionellen Autos und Elektroautos zugunsten der Elektroautos umkehren.

Die Rolle politischer Parteien ist hingegen eine gänzlich andere als die von Wissenschaftlern. Demokratische Staaten erkennen an, dass jeder Mensch eine eigene Meinung hat, wie etwa meine Frau und ich zur Priorität von Bratqualität und Handhabbarkeit. Während eine Diktatur wie die DDR eine Gleichschaltung der Meinungen aller Bürger anstrebte, beruht unsere Demokratie auf einer Wertschätzung von Vielfalt.

Die Rolle von Parteien bei der Beteiligung am Meinungsbildungsprozess des Volkes besteht in unserer Demokratie unter anderem darin, gewisse Wertvorstellungen zu bündeln und bei Wahlen zu repräsentieren. Dabei muss eine Partei sehr viele politische Präferenzen ihrer Wähler abbilden. Diese Vielfalt lässt sich gut an der inhaltlichen Breite der Fragen erkennen, die beim Wahl-O-Mat gestellt werden.

In unserem Gleichnis liegt die Sache deutlich einfacher. Die bratpfannenpolitische Meinungsbildung wird hier durch die Prioritätenlisten aus den Tab. 1 und 2 widergespiegelt. Meine Einstellung wäre dann durch die Zahlenkombination 4-2-3-1 aus der mittleren Spalte von Tab. 1 beschrieben, während das persönliche Urteil meiner Frau durch 3-4-1-2 aus Tab. 2 abgebildet würde. Würde ich die Analogie zur Rolle der Parteien noch etwas weiter treiben, so könnte ich beispielsweise die „Feinschmeckerpartei“ FsP gründen, die alle Menschen mit dem Meinungsbild 4-2-3-1 vereinigt. Meine Frau könnte hingegen die Partei „Leichtigkeit beim Braten“ LbB ins Leben rufen, der sich alle Bürger mit der Prioritätenliste 3-4-1-2 anschließen.

Da es genau 24 unterschiedliche Kombinationen der Zahlen 1 bis 4 gibt, wäre eine „Bratpfannendemokratie“ durch 24 Parteien vollständig repräsentiert. Bei einer Wahl würden 24 Parteiführer um die Gunst der Wähler wetteifern und nach erfolgter Wahl eine regierungsfähige Koalition bilden. Diese könnte dann beispielsweise über Verbote von Aluminiumpfannen oder Kaufprämien für Eisenpfannen entscheiden. Wir erkennen jedoch an unserem einfachen Beispiel, dass es keinerlei Widerspruch zwischen einer *einheitlichen* wissenschaftlichen Basis in Gestalt der Verteilung der Nullen und Einsen und den *vielfältigen* persönlichen Werturteilen in Gestalt der Zahlenkombinationen wie etwa 4-2-3-1 gibt.

### **Pippi-Langstrumpf-Klimaschutz**

Neben meinem Hauptziel – der Versachlichung der Energiewende-Debatte – verfolge ich mit diesem Buch ein weiteres Anliegen. Ich möchte Sie, liebe Leserinnen und Leser, befähigen, die Grenzen von Energiepolitik und Klimaschutz zu erkennen, die durch die Naturgesetze sowie die Gesetze unseres Landes festgelegt sind. Oder um es etwas verständlicher auszudrücken: Ich möchte Ihnen mit diesem Buch Werkzeuge in die Hand geben, mit denen Sie zwischen echtem Klimaschutz und Pippi-Langstrumpf-Klimaschutz unterscheiden können.

Schauen wir uns dazu drei Verlautbarungen aus den Jahren 2018 und 2019 an. Jede für sich mag unbedeutend erscheinen. Doch ihre Zahl wächst und kann das Vertrauen der Gesellschaft in Wissenschaft und Rechtsstaat untergraben.

Erstens: Das Nachrichtenmagazin *Spiegel-Online* hat im Jahr 2018 Tipps zu Klima- und Umweltschutz bei Langstreckenflügen gegeben. Die Redakteure

empfehlen, zwecks Verringerung von Erdölverbrauch und Müllproduktion auf Plastikbecher zu verzichten und stattdessen ein eigenes Trinkgefäß an Bord zu bringen. Man muss kein Luftfahrtexperte sein, um herauszufinden, dass für jeden Fluggast auf der Reise von Frankfurt nach Los Angeles knapp vierhundert Liter Kerosin verbrannt werden. Der Erdölverbrauch für die Herstellung eines Trinkbechers dürfte sich hingegen auf weniger als zehn Gramm belaufen. Die Ressourcenaufwände für Kerosin und vier Trinkbecher verhalten sich mithin wie zehntausend zu eins. Der Beitrag dieser gepriesenen guten Tat zum Klimaschutz ist ungefähr so, als würde ein Autofahrer pro Jahr statt 10.000 km nur noch 9.999 km fahren.

Zweitens: Die Deutsche Bahn verkündete im Jahr 2018, alle Reisenden im Fernverkehr seien mit hundert Prozent Ökostrom unterwegs. Gleichzeitig räumte sie 2018 ein, der Anteil erneuerbarer Energie an ihrem Strommix liege bei etwa vierzig Prozent. Man muss kein Elektrotechniker sein – ein wenig Schulwissen im Fach Physik reicht für die Erkenntnis, dass es physikalisch unmöglich ist, ein „schwarzes“ Elektron aus Kern- und Kohlekraftwerken daran zu hindern, sich unter die „grünen“ Elektronen aus Wind- und Solaranlagen zu mischen. Einen ICE heute ausschließlich mit Ökostrom anzutreiben, ist ungefähr so realistisch wie die Verwandlung eines Rühreis in ein Spiegelei.

Drittens: 2018 haben sich im Hambacher Forst Personen widerrechtlich Zutritt zum Betriebsgelände des Energiekonzerns RWE verschafft. Bei Protestaktionen sollen sie Polizisten mit Gegenständen und Fäkalien beworfen haben. In zahlreichen Medien werden diese Menschen als „Umweltschützer“ und „Aktivisten“ bezeichnet (ich spreche hier nicht von den friedlichen Demonstranten außerhalb des Werksgeländes). Man muss kein Jurist sein, um zu begreifen, dass der widerrechtliche Aufenthalt auf fremdem Grund und Boden Hausfriedensbruch darstellt und das Bewerfen von Polizisten Widerstand gegen die Staatsgewalt. Sehen wir von juristischen Feinheiten ab, dann handelt es sich bei den Widerständlern schlichtweg um Straftäterinnen und Straftäter.

Was haben diese drei Beispiele gemeinsam?

Sie spiegeln eine Haltung zu Energiepolitik und Klimaschutz wider, die ich gern mit Pippi Langstrumpfs Leitspruch „Ich mach’ mir die Welt, wie sie mir gefällt“ vergleiche.

Das Märchen vom klimaschützenden Mehrwegbecher klingt so kuschelig, da spielen mathematische Nebensächlichkeiten wie das Verhältnis 1 : 10.000 keine Rolle. Es dient ja schließlich einem guten Zweck. Oder um es mit dem Liedtext von Pippi Langstrumpf auszudrücken: „Zwei mal drei macht vier ...“

Das Märchen vom grünen ICE ist so rührend, dass wir für den edlen Zweck des Klimaschutzes großzügig über die Grundgesetze der Elektrotechnik hinwegsehen dürfen. Es dient ja schließlich einer guten Sache. Oder um mit Pippi Langstrumpfs Worten fortzufahren: „...widewidewitt und drei macht neune.“

Das Märchen von den Umweltaktivisten im Hambacher Forst klingt fast so romantisch wie die Geschichte von Robin Hood. Wenn es darum geht, gegen böse Großkonzerne zu Felde zu ziehen, gehört schon etwas ziviler Ungehorsam dazu – so bekommen wir oft zu hören.

Aus diesen und zahlreichen ähnlichen Beispielen können wir zwei wiederkehrende Wesensmerkmale des Pippi-Langstrumpf-Klimaschutzes ableiten: das Ignorieren wissenschaftlicher Erkenntnisse und die Vernachlässigung rechtsstaatlicher Grundsätze.

Mit diesem Buch möchte ich nicht nur die Anatomie vermeintlicher Energiewendemärchen freilegen, sondern auch die Grenzen verdeutlichen, die uns bei unserem Bemühen um Klimaschutz von den Naturgesetzen und von den Gesetzen des Rechtsstaates auferlegt werden. Das ist notwendig, damit wir unsere persönlichen und gesellschaftlichen Kräfte auf den echten Klimaschutz konzentrieren – und nicht auf Pippi-Langstrumpf-Klimaschutz.

Pippi-Langstrumpf-Klimaschutz untergräbt nämlich nicht nur das Vertrauen der Gesellschaft in die Wissenschaft, sondern lenkt uns auch von den wirklich wichtigen Aufgaben des Klimaschutzes ab. Denn er lullt uns in dem trügerischen Gefühl ein, den Klimawandel mit symbolischen Gesten stoppen zu können. Wie viel es in Wirklichkeit zu tun gibt, wird beispielsweise an einem Dokument deutlich, welches in der breiten Öffentlichkeit fast unbekannt ist.

Das Umweltbundesamt hat im Jahr 2016 eine Liste umweltschädlicher Subventionen in Deutschland publiziert. Diese summieren sich auf über fünfzig Milliarden Euro. Die meisten sind nicht nur umweltschädlich, sondern auch klimarelevant. Die besonders dicken Brocken, allesamt milliardenschwer, sind die Kohlesubventionen bis 2018, die Subvention von Dieseltreibstoff, die Entfernungspauschale, das Dienstwagensteuerprivileg und die Befreiung des Kerosins von der Mineralölsteuer.

Wenn wir einen ernsthaften Beitrag zum Klimaschutz leisten wollen, könnten wir eine breite öffentliche Diskussion darüber führen, wie sich diese Subventionen mit den Klimaschutzzielen Deutschlands vertragen. Teil dieser Diskussion sollte die Frage sein, wie eine aufkommensneutrale ökologische Steuerreform gestaltet werden könnte, die diese Subventionen eindämmt, ohne die Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandortes Deutschland zu gefährden.

Doch sollten wir uns nichts vormachen: Diese Diskussion wird für weitaus weniger öffentliche Begeisterung sorgen als das Geplauder über Plastikbecher auf Transatlantikflügen und grüne ICEs. Denn bei einer solchen Debatte werden die Gegensätze zwischen Wissenschaft und Ideologie, Klimaschutz und Lobbyismus sowie Planwirtschaft und Marktwirtschaft in aller Deutlichkeit zutage treten.

Wenn die Wissenschaft ihrer Rolle in der Gesellschaft gerecht werden will, dürfen wir uns der Herausforderung nicht verschließen, Klimaschutz statt Pippi-Langstrumpf-Klimaschutz zu unterstützen.

### **Umgang mit unsicheren Zahlen**

Bevor wir uns den Analysen zuwenden, möchte ich den Umgang mit unsicheren Zahlen erläutern und bei dieser Gelegenheit auf das neuartige Berufsbild des Faktencheckers eingehen.

Das vorliegende Buch ist kein Fachbuch. Ich werde deshalb in der Regel mit stark gerundeten Zahlen arbeiten und auf die Angabe von Vertrauensbereichen und Unsicherheiten verzichten. Beim Umgang mit solchen Zahlen gilt es, einige Regeln zu beachten.

In wissenschaftlichen Veröffentlichungen ist es üblich, wichtige Zahlen nicht in nackter Form zu präsentieren, sondern diese mit einem Vertrauensbereich zu versehen. Dieser gibt den maximalen Messfehler oder anderweitige Unsicherheiten an, die mit dieser Zahl verbunden sind. So schreibt beispielsweise der Weltklimarat IPCC in einem seiner Berichte: „Im Jahre 2010 erreichten die fossil bedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen einen Wert von 32 ( $\pm 2.7$ ) Gigatonnen pro Jahr“. Der in Klammern angegebene Wert bringt zum Ausdruck, dass wir mit den heutigen statistischen Daten und den uns zur Verfügung stehenden Messverfahren nicht in der Lage sind, die CO<sub>2</sub>-Emissionen genauer zu bestimmen als in dem Intervall zwischen 29,3 und 34,7 Gigatonnen. Auf diese wissenschaftliche Form der Angaben möchte ich zugunsten der Lesbarkeit und Verständlichkeit des Buches verzichten.

Manche Studien erwecken durch die Angabe hochgenauer Zahlen den Eindruck, sie könnten die Zukunft vorhersagen. So habe ich kürzlich in einer Studie gelesen, die Flotte der Elektrofahrzeuge in Deutschland würde im Jahr 2050 elektrische Energie im Umfang von 53,5 Terawattstunden verbrauchen. Kein irdisches Wesen ist in der Lage, das Energie- und Verkehrssystem des Jahres 2050 auf eine Stelle nach dem Komma genau zu prognostizieren. Nach derzeitigem Stand des Wissens können wir das Fertigstellungsjahr eines Hauptstadtflughafens und eines schwäbischen Bahnhofs nicht einmal auf eine Stelle *vor* dem Komma vorhersagen. Eine seriösere Angabe für den Energiebedarf der Elektrofahrzeuge im Jahr 2050 wäre deshalb vermutlich 50 ( $\pm 40$ ) Terawattstunden gewesen.

Um uns vor Scheingenauigkeit zu schützen, werde ich in diesem Buch Zahlenwerte ohne Fehlerintervalle und in stark gerundeter Form angeben. Mein akademischer Lehrer hat einmal zu mir gesagt: „Wenn es um die Abschätzung von Größenordnungen geht, dann ist  $\pi$  ungefähr eins und  $\pi^2$  ungefähr zehn.“ Ganz so großzügig wollen wir in diesem Buch nicht sein. Doch werden Sie feststellen, dass meine Großzügigkeit beim Auf- oder Abrunden von Zahlen stets in einem ausgewogenen Verhältnis zur Unsicherheit der Eingangsdaten und zur gewünschten Rechengenauigkeit steht. Schauen wir uns den Umgang mit unsicheren Zahlen an einigen Beispielen an.

Für das Verständnis der meisten hier erörterten Fragen ist es ausreichend, Zahlenwerte mit höchstens zwei gültigen Dezimalziffern anzugeben, in seltenen Fällen mit drei. Wir werden deshalb annehmen, dass die Erde derzeit sieben Milliarden Bewohner hat, das globale Bruttosozialprodukt bei 70 Billionen Euro pro Jahr liegt und die Menschheit pro Jahr ungefähr 35 Mrd. t CO<sub>2</sub> ausstößt. Diese gerundeten Zahlen besitzen den Vorteil, dass sich daraus für jeden Erdenbürger jährlich ein Bruttosozialprodukt von etwa zehntausend Euro und ein CO<sub>2</sub>-Ausstoß von ungefähr fünf Tonnen ergibt. Diese Zahlen lassen sich wesentlich leichter merken als die präziseren Schätzungen. Die genauen Werte dieser Zahlen sind freilich – anders als der Wert der Zahl  $\pi$  – unbekannt.

Wenn es um flüssige Kraftstoffe geht, werde ich annehmen, dass ein Liter Benzin oder Diesel ungefähr ein Kilogramm wiegen, obwohl es in Wirklichkeit nur etwa achthundert Gramm sind. Diese zwanzigprozentige Großzügigkeit wäre für die Konstruktion eines Flugzeuges inakzeptabel. Für Grundsatzfragen

der Energie- und Klimapolitik, die durch Unschärfe gekennzeichnet sind, reicht diese Genauigkeit jedoch aus. Weiterhin werde ich gelegentlich davon Gebrauch machen, dass Benzin oder Diesel einen chemischen Energiegehalt von ungefähr zehn Kilowattstunden pro Kilogramm haben und dass jedes Kilogramm bei der Verbrennung etwa drei Kilogramm  $\text{CO}_2$  hinterlässt. Es ist ferner nützlich zu wissen, dass jeder Deutsche pro Jahr im Durchschnitt ungefähr zehn Tonnen  $\text{CO}_2$  verursacht, während die Chinesen bei sieben und unsere französischen Nachbarn bei etwa fünf Tonnen liegen.

Oft werden für den Energieverbrauch Deutschlands, Europas oder der Welt sehr große Zahlen in den Maßeinheiten Terawattstunden oder Exajoule genannt. Daran ist aus wissenschaftlicher Sicht nichts auszusetzen. Doch können sich die meisten Menschen unter solchen Größenordnungen nichts vorstellen. Ich werde deshalb den Primärenergieverbrauch pro Einwohner angeben. Für Deutschland liegt dieser Wert bei etwa hundertzwanzig Kilowattstunden pro Tag. Das entspricht dem Energiegehalt von zwölf Litern Benzin und lässt sich in der Form „Ein Dutzend Liter pro Tag“ leicht merken.

### **Faktenchecks und Faktenchecker**

Ein Hinweis zur journalistischen Gattung des *Faktenchecks* erscheint mir bei dieser Gelegenheit angebracht.

Der Begriff besitzt eine hohe Suggestivkraft und lässt vor dem geistigen Auge mancher Leser das Bild vom unbestechlichen Wächter an den Sicherheits-schleusen des Frankfurter Flughafens entstehen. Das Wort verleitet leichtgläubige Menschen insbesondere zu der Vorstellung, *Faktenchecker* verkörpern eine besonders ausgebildete Berufsgruppe. In Wirklichkeit kann jeder diese Autoapothose ohne irgendeine Prüfung vollziehen. Es handelt sich nach meiner Erfahrung oft um Personen, die sich ohne fachliche Qualifikation und ohne demokratische Legitimation zu Sittenwächtern der öffentlichen Meinungsbildung erheben wollen.

So stellt sich Annika Joeres von der Organisation Correctiv in ihrem Artikel „Fünf Gesetze, die *wirklich* das Klima retten“ [Hervorh. d. Verf.] vom 9. Oktober 2019 (im Internet frei verfügbar) als Sachwalterin wissenschaftlicher Wahrhaftigkeit und journalistischer Sorgfalt dar. Mit der demonstrativen Verwendung des Wörtchens „wirklich“ beansprucht sie anscheinend die Qualifikation für die abschließende Beantwortung einer der schwierigsten Fragen unserer Zeit.

Bei genauem Hinsehen offenbart die Formulierung „Die Idee: *Klimaschädliches* Verhalten, etwa Autofahren, massives Heizen oder das *Kaufen von Plastikprodukten* teurer zu machen“ [Hervorh. d. Verf.] in meinen Augen schlicht das Fehlen von Fachkompetenz. Der Kauf von Plastikprodukten kann zwar unter bestimmten Umständen Umweltschäden bewirken, aber die Klimaschädlichkeit ist im Vergleich zu anderen Industrieprozessen gering. Die Klimarelevanz der Produktion von Plastik rangiert weit hinter Industriematerialien wie Stahl, Beton und Aluminium, ganz zu schweigen von der Emission aus Kohlekraftwerken. Auf eine Anfrage meinerseits – mit der Bitte um Erläuterung – hat die Autorin nicht geantwortet. Weiter unten schreibt sie: „Vegetarische oder fleischarme Ernährung *sollte also gefördert werden* – etwa durch einen normalen Mehrwertsteuersatz

auf Fleischprodukte.“ [Hervorh. d. Verf.] Diese Aussage steht mit dem journalistischen Grundprinzip der Trennung zwischen Fakten und Meinungen nicht in Einklang. Die Formulierung „sollte also gefördert werden“ ist nämlich nicht als persönliche Meinung der Autorin gekennzeichnet, sondern erweckt den Eindruck klimapolitischer Selbstermächtigung.

Checken Sie deshalb die Faktenchecker, bevor Sie ihnen vertrauen!

Seriöse Faktenchecker erkennen Sie übrigens nicht nur an fachlicher Qualifikation, sondern auch daran, dass sie diesen Begriff meiden. Ein aus meiner Sicht vorbildliches Beispiel ist die „Unstatistik des Monats“, die der Berliner Psychologe Gerd Gigerenzer, der Bochumer Ökonom Thomas Bauer und der Dortmunder Statistiker Walter Krämer im Jahr 2012 ins Leben gerufen haben. Sie hinterfragen jeden Monat Zahlen sowie deren Interpretation und machen das Ergebnis im Internet publik. Den Begriff des Faktenchecks habe ich in den Beiträgen an keiner Stelle gefunden.

### **Vorlesungsaufgaben: Selbst rechnen statt glauben**

Viele Bürger mit Interesse für Energie und Klima fühlen sich angesichts der Vielfalt an Studien, Positionspapieren, Fachartikeln, Büchern, Blogs, Fernsehsendungen und Zeitungsbeiträgen orientierungslos. Denn über die Qualität der Dokumente kann sich ein Laie in der Regel kein sachgerechtes Urteil bilden.

Um dieses Problem zu überwinden, möchte ich in diesem Buch auf das Referieren von Studienergebnissen und statistischen Daten weitgehend verzichten. Stattdessen möchte ich Ihnen einige Tipps geben, wie Sie wichtige Zahlen auf der Grundlage einfachster Prämissen ohne fremde Hilfe berechnen können. Albert Einstein hat einmal gesagt: „Eine Theorie ist desto eindrucksvoller, je größer die Einfachheit ihrer Prämissen ist, je verschiedenartigere Dinge sie verknüpft, und je weiter ihr Anwendungsbereich ist.“ Ich möchte Sie in diesem Sinne ermuntern, möglichst viele Zahlen dieses Buches selbst nachzurechnen.

Zum Zweck des Selbstrechnens habe ich für Sie eine Reihe von Aufgaben in den Text eingebaut, die ich als *Vorlesungsaufgaben* bezeichne. Dank Internet und Smartphone haben wir heute die Möglichkeit, fast überall auf der Welt auf Daten zuzugreifen, um Recherchen und Rechnungen durchzuführen. Falls Sie sich in Ihrer Freizeit oder im Urlaub aktiv mit Fragen der Energie- und Klimapolitik beschäftigen wollen, wird Ihnen dieses Buch zahlreiche Anregungen geben.

Wenn Sie in den folgenden Kapiteln auf eine Vorlesungsaufgabe stoßen und diese bearbeiten möchten, nehmen Sie ein Blatt Papier, einen Stift und Ihr Smartphone zur Hand. Begeben Sie sich damit an einen Ort, wo Sie Ruhe und eine gute Internetverbindung haben. Auf Ihrem Smartphone benötigen Sie nur drei Apps: den Taschenrechner, eine Internet-Suchmaschine und die Online-Enzyklopädie Wikipedia. Mit diesen Instrumenten werden Sie die meisten der hier durchgeführten Berechnungen nachvollziehen und alle Vorlesungsaufgaben lösen können.

Falls Sie kein Interesse am Selbstrechnen haben, können Sie nach einer Vorlesungsaufgabe gleich weiterlesen und stoßen sofort auf meine *Beispiellösung*. Dort gebe ich stets den einfachsten Rechenweg mit stark gerundeten Zahlen an.

In der Regel sind die Vorlesungsaufgaben offen formuliert – sie erlauben unterschiedliche Lösungswege. Sie können meine Beispiellösungen durch eigene Recherchen und präzisere Daten beliebig verfeinern und präzisieren.

### **Quellenangaben: Die Doppelrolle von Wikipedia**

Ein wichtiges Anliegen dieses Buches ist es, Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, Methoden zu vermitteln, mit denen Sie wesentliche Zusammenhänge zu Energie und Klima nachvollziehen und möglichst viele Zahlen selbst berechnen können. Aus diesem Grund werde ich in diesem Buch – anders als in Fachveröffentlichungen – die Zahl der Quellenangaben auf ein Mindestmaß beschränken. Die wichtigsten Grundlagen dieses Buches werden deshalb nicht Studien oder Fachartikel, sondern einige wenige fundamentale Größen wie etwa der Energiegehalt eines Liters Benzin oder die Zahl der auf der Erde lebenden Menschen sein. Diese finden Sie in Wikipedia.

Bei der Nutzung von Wikipedia möchte ich allerdings zu Wachsamkeit raten. Ich halte die Online-Enzyklopädie einerseits für ein großartiges Instrument der Demokratisierung des Wissens und für ein beeindruckendes Beispiel bürgerschaftlichen Engagements. Falls Sie Zahlen oder harte Fakten wie etwa die Masse eines Kohlenstoffatoms oder den Geburtsort von Peter Falk benötigen, finden Sie in Wikipedia zuverlässige Antworten. Andererseits enthält das Nachschlagewerk eine Reihe inhaltlich und politisch unausgewogener Beiträge, die von anonymen Vollzeitschreibern wie „Andol“ verfasst und von „Sichtern“ vor Richtigstellung abgeschirmt werden. Sie können sich davon überzeugen, dass der Eintrag zum Stichwort „Energiewende“ alle Merkmale eines Energiewendemärchens aufweist, die ich zu Beginn dieses Kapitels mit meiner Bratpfannengeschichte veranschaulicht habe.

Der fünfzigseitige Artikel zeigt, dass ein Dokument sachlich unzutreffend sein kann, obwohl es allem Anschein nach keine falschen Tatsachen enthält. Der Text listet die Vorzüge der Energiewende in voller Breite korrekt auf, verschweigt hingegen Argumente von Kritikern. Die Subventionskosten erneuerbarer Energie werden nicht thematisiert. Das verfehlte deutsche Ziel einer Million Elektroautos für 2020 wird verschwiegen. Die Tatsache, dass der Weltklimarat IPCC die Kernenergie als Klimaschutzinstrument betrachtet, wird mit dröhnendem Schweigen bedacht. Da Andol die russische Sprache anscheinend nicht beherrscht, bleibt wenigstens die Artikelversion „Энергетический поворот“ von seinem schriftstellerischen Wirken verschont. So kann der interessierte Leser auf dem Umweg über die Sprache Alexander Puschkins erfahren, „dass die Mehrzahl der Experten die Unerreichbarkeit des Ziels [1 Mio. Elektroautos in Deutschland bis 2020, Anm. d. Verf.] zugibt.“ Während im deutschen Energiewendeintrag eine Trennung von Fakten und Meinungen oft fehlt, kennzeichnet die russische Seite Meinungen als Meinungen: „Einige russische Experten erklären die ‚Energiewende‘ mit der Armut Deutschlands an kohlenwasserstoffhaltigen Rohstoffen sowie mit der Verfügbarkeit ‚überflüssiger‘ Mittel im Staatshaushalt zur Subvention von Unternehmen der erneuerbaren Energetik“ und verweist auf einen Internet-Beitrag der Deutschen Welle auf [www.dw.de](http://www.dw.de) vom 22. Mai 2013.

Für Informationen, die über Wikipedia-Zahlenwerte hinausgehen, werde ich – so weit wie möglich – auf Quellen verweisen, die im Internet frei verfügbar sind. Diese werde ich im Text mit einem entsprechenden Hinweis versehen. Zahlreiche hochwertige Fachinformationen sind jedoch auch im Zeitalter des Internets nicht kostenlos. Dabei handelt es sich zum einen um Fach- und Sachbücher und zum anderen um Veröffentlichungen in kostenpflichtigen Fachzeitschriften. Auf solche Quellen werde ich im Text verweisen, wenn sie für die Belegbarkeit von Aussagen wichtig oder besonders lesenswert sind. Falls Sie auf Fachartikel in Journalen mit Bezahlschranke zugreifen wollen, können Sie diese entweder einzeln online kaufen oder in Universitätsbibliotheken kostenlos lesen. Universitäten verfügen über elektronische Zugänge zu internationalen Fachzeitschriften und deren Bibliotheken sind als öffentliche Einrichtungen für jedermann frei zugänglich.

Drei Tipps für die Beschaffung kostenloser hochwertiger Informationen zu Energie und Klima möchte ich Ihnen zu guter Letzt noch geben.

Die beiden führenden Wissenschaftsjournale *Nature* und *Science* sind in ihren Hauptteilen kostenpflichtig. Sie besitzen auf ihren Internetseiten jedoch eine große Zahl frei zugänglicher Rubriken wie etwa *News & Views* oder *Perspectives*. Hier berichten Wissenschaftsjournalisten regelmäßig über aktuelle Erkenntnisse und politische Aspekte der Energie- und Klimaforschung. Die Artikel sind verständlich geschrieben und weitgehend frei von Polemik. Sie spiegeln die technologische, ökonomische und politische Vielfalt der Themen Energie und Klima in einer weit aus größeren Breite wider als die deutsche Presse und das deutsche Fernsehen.

Die Internetseite Our World in Data ([ourworldindata.org](http://ourworldindata.org)) enthält eine Vielzahl von Zahlen und Fakten zu Energie, Klima und Weltwirtschaft. Die dort vorliegenden Informationen werden von namentlich genannten international anerkannten Wissenschaftlern auf der Grundlage qualitätskontrollierter Fachveröffentlichungen verständlich präsentiert und sind mit umfassenden Quellenangaben versehen.

# Kapitel 1

## Der böse Verbrennungsmotor



Die Behauptung: „Verbrennungsmotoren sind Dreckschleudern. Sie schädigen nicht nur das Klima, sondern verpesten auch die Luft in unseren Städten. Tausende Menschen sterben weltweit an den Folgen von Lungenerkrankungen durch Feinstaubemissionen und Stickoxide. Wenn Energie- und Verkehrswende gelingen sollen, müssen wir einen schnellen Umstieg auf Elektromobilität schaffen. Verbrennungsmotoren sollten deshalb spätestens ab 2030 verboten werden.“

Am 16. Januar 1919 wurde unter Präsident Woodrow Wilson der 18. Zusatzartikel zur Verfassung der Vereinigten Staaten von Amerika ratifiziert. In Abschnitt 1.1 legte er fest: „Ein Jahr nach der Ratifizierung dieses Artikels sind Herstellung, Verkauf oder Transport berauschender Spirituosen zu Trinkzwecken sowie deren Ein- und Ausfuhr aus den Vereinigten Staaten und deren Hoheitsgebiet verboten.“ Mit diesem Gesetz begann in den USA die Prohibition, die von 1920 bis 1933 währte. Sie führte einerseits zu einem Rückgang des Alkoholkonsums. Andererseits wirkte die Prohibition als Treibsatz für das organisierte Verbrechen, welches mit der illegalen Herstellung und dem Schmuggel von Alkohol ein neues Segment der Schattenwirtschaft erschuf.

Ähnliche Erfahrungen musste Michail Gorbatschow in den Achtzigerjahren machen. Ab dem Jahr 1985 verordnete er dem Sowjetvolk eine drastische Einschränkung des Alkoholkonsums und setzte dies mit teilweise drakonischen Maßnahmen wie der Rodung tausender Hektar Wein in Georgien und der Ukraine durch. Zwar ging die Sterblichkeit in der Sowjetunion während dieser Zeit tatsächlich zurück. Doch gleichzeitig kamen zahlreiche Menschen durch den Konsum von Selbstgebranntem, sogenanntem самогон („Samogon“), ums Leben. Überdies kann ich mich an die Klagen meiner russischen Großmutter erinnern, weil Zucker in den Geschäften knapp wurde. Er wurde zum Schnapsbrennen aufgekauft. Die Steuereinnahmen des Staates gingen durch den Wegfall des Wodkaverkaufs zurück. KPdSU-Generalsekretär Gorbatschow, der dank Perestroika und Glasnost in Ost- wie in Westdeutschland wachsende Beliebtheit genoss, musste sich derweil