

WILEY-VCH

Gerd Ganteför

Wir drehen am Klima

– na und?



ERLEBNIS
wissenschaft



Vorwort

Deutschland lebt in einer Illusion. Die Energiewende sei eine Erfolgsstory und alle Nationen werden Deutschland folgen. Die Wende koste nur so viel wie eine »Kugel Eis«, sie rette das Klima und sie sei ein Jobwunder. Auf den Rausch folgt die Ernüchterung. Die Energiewende vernichtet Arbeitsplätze, sie ist unbezahlbar und sie rettet das Klima nicht. Die Energieexperten in den seriösen Forschungsinstituten wissen schon lange, dass es eine globale Wende nicht geben wird. Dem Bürger wurde jahrelang erklärt, dass ohne Energiewende die Klimakatastrophe droht. Nun scheitert die Wende. Aber was sagt man jetzt dem Bürger? Also macht man weiter, solange es irgendwie geht.

Derweil steigen weltweit die Treibhausgasemissionen immer weiter. Es ist etwas wärmer geworden, aber das hat zunächst sogar Vorteile. Langfristig könnten jedoch die Klimaforscher recht behalten. Und was dann? Ich habe das Buch für die Zukunft geschrieben, wenn es offensichtlich wird, dass die Energiewende scheitert. Auch dann droht kein Weltuntergang, wie ich bereits in meinem ersten Buch dargelegt habe. Aber es wäre gut, rechtzeitig über Alternativen nachzudenken, wenn es schließlich doch zu warm werden sollte. Das wird frühestens in 50 Jahren geschehen. Die einzige dann noch verbliebene Option ist die aktive Kühlung des Klimas. Das Buch gibt einen Überblick über die technischen Möglichkeiten der Klimakühlung. Es könnte langfristig der einzige noch mögliche Weg in eine menschenwürdige Zukunft sein.

Dezember 2014

Gerd Ganteför

Danksagung

Die wichtigste Person, die dieses Buch ermöglicht hat, ist meine Frau. Alle Kapitel gingen durch ihre Endkontrolle und mussten lesbar, interessant und verständlich sein. Ich danke auch meinen beiden Lektoren, Frau Wüst und Herrn Preuss, sowie dem Verlag Wiley-VCH für die Möglichkeit, ein Buch zu veröffentlichen, das so gar nicht zum aktuellen Zeitgeist in Deutschland passt. Das Buch konnte ich nur schreiben, weil die sehr guten Arbeitsbedingungen an der Universität Konstanz es mir erlaubt haben.

1 Einleitung

1.1 Zukunftsvisionen

Wie wird die Erde in einigen Hundert Jahren aussehen? Wird es noch Menschen geben oder wird die Erde unbewohnbar sein? Und wenn es noch Menschen gibt: Wie werden sie leben? Viele heute lebende Menschen haben Angst vor der Zukunft, weil sie glauben, dass die vom Menschen geschaffene Technologie unsere Umwelt zerstören wird. Das betrifft insbesondere die Energie. Die moderne Industriegesellschaft mit ihrem hohen Lebensstandard beruht auf der massiven Nutzung der vier großen Energiequellen Kohle, Erdöl, Erdgas und Kernenergie. Bei der Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas entsteht das Treibhausgas Kohlendioxid. Das Gas ist die Hauptursache der Klimaerwärmung, die laut den Prognosen der Klimaforscher zu einem dramatischen Anstieg des Meeresspiegels, verheerenden Stürmen, häufigeren und längeren Dürren und katastrophalen Überflutungen führen wird. Die vierte der klassischen Energien, die Kernenergie, verursacht zwar keine Klimaveränderungen, aber es besteht die Gefahr von nuklearen Katastrophen wie in Tschernobyl und Fukushima, wobei ganze Landstriche unbewohnbar werden. Daher sind selbst Mitbürger, die sonst der Umweltbewegung skeptisch gegenüberstehen, der Meinung, dass die Menschheit langfristig auf die vier erneuerbaren Energien Biomasse, Wind, Wasser und Sonne umsteigen sollte. Aber es ist fraglich, ob dieser Umstieg rechtzeitig gelingen wird. Eine der vier erneuerbaren Energien, die Biomasse, kann nicht in großem Umfang für

die globale Energieerzeugung eingesetzt werden. Das würde den Hunger in der Welt verschärfen. Auch die Menge an Energie, die sich aus der Wasserkraft gewinnen lässt, ist begrenzt. Sie hängt von der Menge an Regen und der Höhe der Berge ab. In Deutschland wird diese Energiequelle bereits zu fast 100% genutzt und ein weiterer Ausbau ist kaum möglich. Den Menschen bleiben letztlich also nur zwei erneuerbare Energien übrig, die im Prinzip weiter ausgebaut werden können: die Windenergie und die Sonnenenergie. Aber ist das realistisch? Ist es technisch möglich und bezahlbar, ausreichend viel Energie für die 10 oder 12 Mrd. Menschen, die in 100 Jahren auf der Erde leben werden, hauptsächlich mit diesen beiden Energieformen zu erzeugen? Wenn die erneuerbaren Energien nicht ausreichen, wird eine globale Energiewende scheitern. Der Verbrauch an Erdöl, Erdgas und Kohle würde weiter wachsen und dann die Klimakatastrophe drohen. Die globale mittlere Temperatur steigt dann um weit mehr als nur 2 °C, der Meeresspiegel erhöht sich um viele Meter und Extremereignisse wie Stürme, Dürren und Überschwemmungen nehmen ein unerträgliches Ausmaß an. Diese »Klimahölle« ([Abb. 1.1](#)) ist eine Möglichkeit, wie die Zukunft der Menschheit aussehen könnte.



Abb. 1.1 Eine außer Kontrolle geratene Klimaerwärmung könnte zu immer heftigeren Extremereignissen führen. Es wird unerträglich heiß, Stürme peitschen die Landschaft. Die Menschen werden abwechselnd von Dürren und Überschwemmungen heimgesucht

(Quelle: Ghetty Images/Stockphoto; Clint Spencer).

Ein anderes pessimistisches Szenario geht von einer globalen Verarmung als Folge der Energie- und Ressourcenverknappung aus. Der heutige hohe Lebensstandard der Industrieländer könnte der Gipfelpunkt einer zyklischen Entwicklung sein. Der Lebensstandard ist so hoch wie noch nie und geht mit einem hohen Energie- und Ressourcenverbrauch einher. Die erneuerbaren Energien, die die knapper werdenden konventionellen Energieträger ersetzen könnten, sind ebenfalls knapp und es kostet viel mehr Aufwand, Energie aus diesen Quellen zu gewinnen. Die Gesellschaft der Zukunft ist in diesem Szenarium eine Energiespargesellschaft. Der Mangel an Energie bestimmt den Alltag der Bürger. Der technologische Fortschritt kann dieses Problem mildern, indem die wenige Energie besser genutzt wird, aber die

Bemühungen um eine Erhöhung der Energieeffizienz sind teuer. Der Ressourcenverbrauch kann durch Maßnahmen wie Recycling oder eine längere Lebensdauer der Produkte reduziert werden, aber auch diese Maßnahmen sind teuer. In einer Energiespargesellschaft wird insbesondere die Mobilität der Bürger eingeschränkt, denn Autos, Flugzeuge und Schnellzüge können nur mit einem hohen Energieaufwand betrieben werden. Das Gleiche gilt für die Industrieproduktion. Wird die Energie knapp, werden alle Produkte, für deren Herstellung Energie benötigt wird, teurer. In gewisser Weise ähnelt diese Gesellschaft einer Zeit vor 100 Jahren, als die Menschen ärmer waren, viel zu Fuß gingen und sich kaum Luxusgüter leisten konnten. Insofern ist es eine zyklische Entwicklung. Ein gravierender Unterschied ist allerdings die sehr viel höhere Bevölkerungszahl. Bei einem Sinken des Lebensstandards und einem weiterhin starken Bevölkerungswachstum droht eine globale Verarmung. Die Menschen werden in überbevölkerten Städten in kleinen Wohnungen zusammengepfercht. Ansätze zu dieser Entwicklung lassen sich in den Großstädten der wenig entwickelten Länder beobachten. In Indien, Nigeria oder Brasilien findet ein Wettlauf zwischen der wirtschaftlichen Entwicklung und dem Bevölkerungswachstum statt ([Abb. 1.2](#)). Heute ist offen, ob das Bevölkerungswachstum diesen Wettlauf gewinnen wird und die überbevölkerte Erde in den Zustand bitterster Armut zurückfällt. Armut ist der Nährboden für Fundamentalismus. Eine Verarmung bedeutet also auch Terrorismus und Bürgerkriege.

Eine dritte Vision ist die einer idealen ökologischen Gesellschaft, in der die Bürger zu einer Lebensweise in Harmonie mit der Natur zurückgefunden haben. Nach dem Ende der Konsum- und Industriegesellschaft leben die Menschen in autarken Nullenergiehäusern und beziehen ihren Strom aus Solardachanlagen und Windrädern ([Abb.](#)

1.3). Die meisten Güter des täglichen Bedarfs stellen die Bürger mit geringem Material- und Energieverbrauch selber her und vieles wird recycelt. Die Lebensdauer der Haushaltsgeräte und Kleidungsstücke erstreckt sich über viele Jahrzehnte und es ist kaum nötig, etwas Neues zu kaufen. Private Fahrzeuge gibt es, abgesehen von E-Bikes, nicht. Die Menschen reisen weniger, und wenn sie reisen, dann mit öffentlichen Verkehrsmitteln. Auch arbeiten müssen sie weniger, weil sie weniger konsumieren. Der Schulunterricht kann größtenteils per Computer zu Hause erteilt werden und arbeiten können sie ebenfalls zu Hause. In kleinen Zentren erhalten die verstreut lebenden Menschen die wenigen Dinge, die sie nicht selber herstellen können. Die Landschaft dieses ökologischen Zukunftsstaats ähnelt dem Aussehen der Erde vor dem Erscheinen des Menschen. Es ist die Vision einer nachhaltigen Gesellschaft ohne Industrie, ohne Großstädte, ohne Flughäfen und ohne Autobahnen, in der die Menschen müßig in einer fast unberührten Natur einen hohen Lebensstandard genießen.



Abb. 1.2 Das Bild einer heutigen brasilianischen Großstadt illustriert den Wettlauf zwischen der Bevölkerungszunahme, die zur Verarmung und dem Entstehen von Slums führt (unten im Bild), und dem Wirtschaftsaufschwung der Industriegesellschaft, die akzeptablen Wohnraum schaffen kann (oben im Bild)

(Quelle: Rocinha Favela, fotografiert von Alicia Nijdam 2008).



Abb. 1.3 Zukunftsvision eines Lebens in Harmonie mit der Natur in einer fast unberührten Landschaft. Autobahnen und Industriewerke gibt es nicht mehr (© Gerd Ganteför).

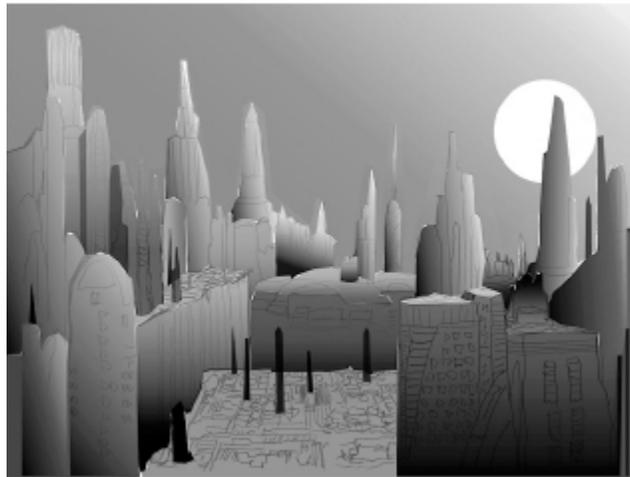


Abb. 1.4 Vision einer Hochtechnologie-Zivilisation, in der die Menschen einen noch höheren Lebensstandard genießen als heute. Es ist die Extrapolation der bisherigen historischen Entwicklung. Diese Vision passt nicht zum heutigen Zeitgeist, der von Zukunftsängsten, Technologieskepsis und Pessimismus geprägt ist (© Gerd Ganteför).

Bis in die 1970er-Jahre hinein waren die Menschen in den Industrieländern Technik und Wissenschaft gegenüber sehr aufgeschlossen und blickten zuversichtlich auf die Innovationen, die die Zukunft bringen würde. In dieser Phase der Technik-Euphorie beherrschte eine ganz andere Zukunftsvision das Denken der Menschen: die Vorstellung einer Hochtechnologie-Zivilisation ([Abb. 1.4](#)). Dieses Szenario ist die Extrapolation der historischen Entwicklung seit der industriellen Revolution. Vor 150 Jahren hätte niemand geglaubt, dass es möglich sein würde, in wenigen Stunden einen anderen Kontinent zu erreichen. Auch war es undenkbar, dass jeder Bürger ein Auto haben würde, mit dem er an einem Tag Deutschland durchqueren könnte. Der Fortschritt der letzten 100 Jahre hat das Leben der Menschen in den Industriestaaten ungeheuer erleichtert und gewährte jedem Bürger ein großes Maß an Selbstbestimmung und Privatsphäre. Insbesondere beim Reisen wird diese Freiheit erkennbar, aber es sind auch viele andere Dinge, die einem Menschen aus dem 19. Jahrhundert als unvorstellbarer Luxus erscheinen würden.

Die Zukunftsgesellschaft, die dem heute lebenden Menschen als Science-Fiction erscheint, basiert auf der Annahme, dass die technologische Entwicklung so wie bisher weitergeht und alle Probleme löst. Die Technik muss auch die Probleme lösen, die sie selber verursacht hat. Filter und Kläranlagen sorgen für eine saubere Umwelt und voll automatisierte Recyclinganlagen ermöglichen es, trotz knapper werdender Ressourcen am Modell der Konsum- und Industriegesellschaft festzuhalten. Auch das Klimaproblem könnte mit technischen Methoden behoben werden, sollte die Reduktion der Treibhausgasemissionen zu spät oder gar nicht erfolgen. Eine solche Zivilisation kann nur auf der Basis von leistungsstarken Energiequellen existieren, die noch mehr und noch preiswertere Energie liefern können als die konventionellen Energien heute. Es

ist eine Vision einer Zukunft der Menschen, die in dicht bevölkerten Städten leben, die aber hochmodern sind und jedem Menschen viel Platz und angenehmen Luxus bieten.

Es stellt sich die Frage, welches der Zukunftsszenarien wünschenswert wäre, wenn wir die Wahl hätten. Das ist sicher nicht die Vision einer übermäßigen Klimaerwärmung mit weltuntergangsähnlichen Stürmen, Überschwemmungen und Dürren. Die Vision einer verarmten, überbevölkerten und von Terrorismus und Bürgerkriegen verwüsteten Erde ist noch erschreckender. Es ist auch möglich, dass beide Visionen Realität werden. Ein verarmter und überbevölkerter Planet wird von den Folgen einer übermäßigen Klimaerwärmung gebeutelt. Daneben gibt es die zwei optimistischen Szenarien. In der ökologischen Zukunft schaffen es die Nationen der Erde rechtzeitig, die Treibhausgasemissionen zu reduzieren und die Zivilisation auf ein Leben in Harmonie mit der Natur umzustellen. Es hört sich an wie der Traum eines umweltbewussten Idealisten, aber es ist die sehr konkrete Forderung eines Gremiums der Bundesregierung. Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen – kurz WBGU – fordert in seiner Studie zur »Großen Transformation« [1] den schnellen Umstieg in eine ideale ökologische Gesellschaft. Ob eine Rückkehr zu einem Leben in Harmonie mit der Natur für moderne Großstadtbewohner attraktiv wäre, ist fragwürdig. Viele Bewohner heutiger Großstädte werden das Szenarium einer hoch technisierten Zukunftsgesellschaft wohl für die attraktivste Variante halten, weil sie ihre hohe Mobilität und ihr Konsumverhalten beibehalten möchten.

1.2 Der Zeitgeist: die Brille, die die Sicht auf die Realität erschwert

Nur ein klarer Blick auf die Wirklichkeit ermöglicht es zu entscheiden, welche Szenarien tatsächlich eintreten könnten und welche nicht. Das Gleiche gilt für die Maßnahmen, mit denen ungünstige Entwicklungen wie eine Verarmung, eine Überbevölkerung oder eine übermäßige Klimaerwärmung verhindert werden können. Ideologische Wunschvorstellungen helfen beim Kampf gegen Probleme nicht und sie verhindern sogar wirkungsvolle Lösungen. Ein Beispiel ist die Pest. Zu Zeiten der Pest waren Bakterien unbekannt. Stattdessen nutzten Ideologen die Katastrophe, um die Menschen von ihren Glaubensvorstellungen zu überzeugen. Besonders extrem waren die Flagellanten, die die Pest als Strafe Gottes für Völlerei und Unzucht deklarierten ([Abb. 1.5](#)). Die Bürger sollten Buße tun, indem sie sich selbst auspeitschten und dann würde die Pest verschwinden. Heute wissen wir, dass nur der Bau einer Kanalisation, Quarantänemaßnahmen und Antibiotika tatsächlich etwas gegen die Pest hätten ausrichten können. Die Flagellanten, die von ihrem Glauben überzeugt waren, hätten naturwissenschaftliche Lösungen vermutlich nicht akzeptiert.

Bis heute ist es schwierig, die Realität zu erkennen und ideologiefreie, vernünftige Entscheidungen zu treffen. Die Schaltzentralen einer Industrienation sind Flughäfen, Autobahnen, Bahnhöfe, Kraftwerke und Industriebetriebe. Das gilt insbesondere für ein Land, das eine führende Exportnation sein will. Umso erstaunlicher ist es, dass sich viele Bürgerinitiativen gegen Flughäfen, Autobahnen, Bahnhöfe, Kraftwerke und Industriebetriebe richten. Das Verhalten der Bürger wirkt - zumindest aus der Entfernung - irrational. Aber es gibt Gründe für dieses Verhalten. Ein Grund ist die Angst. In keinem Land der Welt haben die Menschen so viel Angst vor der Klimaerwärmung, der Kernenergie, dem Fracking, dem Artensterben, den Nanopartikeln oder der Handystrahlung wie in

Deutschland. Die deutschen Medien sind Weltmeister im Verbreiten von Horrorszenarien [2]. Aber Angst ist ein schlechter Ratgeber, wenn es um die Lösung ernster Probleme geht.



Abb. 1.5 Mittelalterliche Darstellung der Flagellanten, die durch Büßen die Pest bekämpfen wollten

(Quelle: Flagellanten. Holzschnitt, 1493, Schedel'sche Weltchronik, Blatt CCXVr.).

Katastrophenprophezeiungen wie die Klimaerwärmung haben eine lange Tradition. Während der letzten 2000 Jahre gab es alle 20 oder 30 Jahre einen Propheten, der einen neuen Weltuntergang vorhersagte. Die Ursache war in vielen Fällen die Rache der Götter für das Fehlverhalten der Menschen. Die Art des Weltuntergangs variierte, aber besonders häufig waren es Überschwemmungen. Es gibt viele gute Gründe, Weltuntergangsprophet zu werden. Propheten können, wenn sie überzeugend auftreten, rasch berühmt und reich werden. Auch für Religionsgemeinschaften und politische Parteien sind Katastrophenszenarien nützlich. Eine drohende Katastrophe ist ein schlagendes Argument für den Beitritt zu einer Sekte oder die Wahl einer Partei. Die Naturwissenschaft kämpft gegen die Angst. Manchmal wird

sie allerdings missbraucht, um die Glaubwürdigkeit einer Katastrophenvorhersage zu erhöhen. Ein erstes Beispiel für eine anscheinend präzise und wissenschaftlich fundierte Vorhersage war die des Astrologen Johannes Carion ([Abb. 1.6](#)). Er prophezeite für den 15.7.1525 eine Überflutung der Stadt Berlin. Die Begründung ist auf den ersten Blick wissenschaftlich überzeugend: Alle damals bekannten Planeten standen in einer Reihe und verstärkten so die Springflut, die an diesem Tag ohnehin drohte. Die Politik in Berlin glaubte ihm:



[Abb. 1.6](#) Johannes Carion (1499–1537). Er war einer der ersten Gelehrten, der auf der Basis einer physikalisch richtigen Überlegung eine Katastrophe vorhersagte. Allerdings hatte er sich um den Faktor 1000 verrechnet und die Katastrophe blieb aus (Bildnis von Lucas Cranach dem Älteren (1472–1553) um etwa 1530; Gemäldegalerie Berlin).

»... Die kurfürstliche Familie, die hohen Beamten und die Staatskasse sollten auf der schwindelnden Höhe des ‚Kreuzbergs‘ in Sicherheit gebracht werden. Gegen Abend kam ein kleiner Gewitterregen, und es wurde den Herren auf dem Ararat en miniature recht ungemütlich und bänglich; als aber die Sonne wieder durch die Wolken brach, da ermannte sich der einzige Mann unter den Herrschaften, die Kurfürstin Elisabeth, und überredete ihren Gemahl zur Heimkehr, da offenbar der Weltuntergang abgesagt worden sei.« [3]

Die Überlegung des Herrn Carion enthielt einen Rechenfehler: Die Flut erhöhte sich nicht um die 100 m, die Herr Carion prophezeite, sondern nur um 1 mm. Es gab keine Flut, aber Herr Carion wurde trotzdem berühmt.

Die lange Reihe der Untergangsvisionen lässt sich bis in die heutige Zeit weiter verfolgen. Ein berühmtes Beispiel ist der Club of Rome mit seinem Buch *Die Grenzen des Wachstums* [4], dessen Autoren 1972 unter anderem die folgenden Prognosen veröffentlichten:

»Bei der gegenwärtigen Verbrauchssteigerung reichen die Rohstoffvorräte für Aluminium nur noch 31 Jahre, für Kupfer 36 Jahre ... Silber, Zink und Uran können noch in diesem Jahrhundert knapp werden« [4].

»Mehr als dreieinhalb Milliarden Menschen bevölkern bereits unseren sterbenden Planeten - und etwa die Hälfte von ihnen wird verhungern«, Paul Ehrlich 1972 (aus [5]).

Und so geht es bis heute weiter: Baumsterben, Vogelgrippe, SARS, Schweinepest, Rinderwahnsinn, Ozonloch, das Versiegen des Golfstroms und die Klimaerwärmung. Es ist eine endlose Folge von Panikmeldungen, die zwar häufig eine sachliche Grundlage haben, aber übertrieben werden. Aus dem Jahr 2013

stammt eine Pressemeldung zu der angeblich extremen Gefahr, die heute, drei Jahre nach dem Unglück, von den havarierten Reaktoren in Fukushima ausgeht:

»Die Wahrscheinlichkeit, dass die Rettung gelingt, geht gegen Null. Die Menschheit könnte beim Scheitern der Versuche, die gebrauchten Brennelemente des KKW Fukushima zu bergen, in einer bisher nicht gekannten Weise durch Strahlen geschädigt werden« Deutsche Wirtschaftsnachrichten vom 6.1.2013 [6].

In dem Artikel wird betont, dass der Untergang der gesamten Menschheit nicht zu befürchten sei, da »die Menschheit ziemlich robust sei«. Tatsächlich sind abgebrannte Brennstäbe sehr gefährlich, aber die Strahlung klingt über Wochen und Monate immer weiter ab. Das wissen nur Spezialisten und damit ist der Weg frei für die Medien, mit übertriebenen Schlagzeilen Aufmerksamkeit zu erhaschen. Auch beim Klima wird mit Übertreibungen nicht gespart. Jeder Sturm und jede Flut sind heute ein Jahrhundert- oder ein Jahrtausendereignis. Dem Bürger wird der Eindruck vermittelt, dass es vor der menschengemachten Klimaerwärmung keine solchen Ereignisse gegeben hätte. Das ist falsch. Beispielsweise sind das Ijsselmeer und der Jadebusen erst wenige Hundert Jahre alt und ihre Entstehung verdanken sie sehr viel katastrophaleren Überflutungen als die Überschwemmungen der letzten Jahre in Deutschland.

Die ununterbrochene Serie von Katastrophenvorhersagen zeigt inzwischen ernsthafte Auswirkungen auf das Denken der Menschen. Die Bevölkerung wird zunehmend technologieskeptisch oder sogar technologiefeindlich. Immer häufiger sind die Reaktionen nicht mehr logisch nachvollziehbar. Dagegen basieren brauchbare Lösungen auf nachprüfbaren Fakten und einer ideologiefreien

wissenschaftlichen Abwägung der möglichen Alternativen. Darum geht es in dem hier vorliegenden Buch.

1.3 Welche Vision könnte Realität werden?

Ein Ziel des Buches ist die Beantwortung der Frage, welche der Zukunftsszenarien eintreten könnten, welche unrealistisch sind und ob vielleicht noch ganz andere Möglichkeiten existieren. Auch wenn es darauf keine endgültige Antwort gibt, so ist es doch möglich, einer Antwort näher zu kommen. Da wäre zunächst die Vision einer außer Kontrolle geratenen Klimaerwärmung. Es gibt Wissenschaftler und Bürger, die diese Prognosen für übertrieben oder sogar falsch halten ([Abb. 1.7](#)). Das Lehrbuchwissen über das Klima und die Prognosen des Weltklimarats werden in [Kapitel 5](#) zusammengefasst. Das Kapitel liefert die Grundlage für die Bewertung der breiten Palette anderer Meinungen zum Thema Klima, die in [Kapitel 6](#) diskutiert wird. Es gibt zwei verfeindete Lager: die Klimaskeptiker, die die menschengemachte Klimaerwärmung leugnen, und die Klimaalarmisten, denen die aktuellen Vorhersagen des Weltklimarats nicht drastisch genug sind. Sie meinen, der Weltklimarat verharmlose die Klimaerwärmung. Die Naturwissenschaftler stehen zwischen diesen beiden Lagern und versuchen, die Wahrheit mit Experimenten und Computermodellen zu ergründen.



Abb. 1.7 In einer tief verschneiten Winterlandschaft wirkt der Kampf gegen die Klimaerwärmung seltsam. In der Kältewelle in den USA im Winter 2013/14 büßten die Klimaschützer viel von ihrer Glaubwürdigkeit ein (© Lukas Salzmann, www.lukassalzmann.ch).

Wenn die Klimahölle eine reale Gefahr ist, müssen Maßnahmen dagegen getroffen werden. Die Europäische Union hat dazu bereits Gesetze erlassen. Glühbirnen und leistungsstarke Staubsauger wurden für die 500 Mio. Bürger Europas verboten. Mit diesen Verboten sollen die Kohlendioxidemissionen des Kontinents klimawirksam eingeschränkt werden. Aber genügen diese Maßnahmen? Eine 100 W Glühbirne verbraucht in 10 h genauso viel Energie wie ein SUV in 30 s. SUVs wurden nicht verboten. Bei dem Verbot von Glühbirnen und Staubsaugern handelt es sich wohl eher um symbolische Handlungen, mit denen die Politik zeigen will, dass sie sich des Problems bewusst ist. Symbolische Handlungen sind allerdings für die Lösung wirklicher Probleme ungeeignet. Es ist ein Anliegen des vorliegenden Buches, zwischen echten Lösungen und symbolischen Handlungen zu unterscheiden.

Um die Kohlendioxidemissionen klimarelevant zu reduzieren, sind umfassendere Maßnahmen notwendig als das Verbot einzelner Geräte. Deswegen verfolgt Deutschland die Energiewende, den Umstieg auf die

erneuerbaren Energien. Aber auch hier stellt sich die Frage, ob es sich nicht eher um eine symbolische Maßnahme handelt. Bisher beschränkt sich die Energiewende auf die Stromerzeugung und das ist nur ein Fünftel des gesamten Energieverbrauchs. In [Kapitel 3](#) wird der Stand der deutschen Energiewende dargelegt. Es stellt sich heraus, dass die Energiewende bei Weitem noch nicht so weit fortgeschritten ist, wie es vermittelt wird. Auch hat es wenig Sinn, wenn nur Deutschland die Energiewende umsetzt. Die anderen Länder sollen dem Vorbild Deutschlands folgen, aber können sie das überhaupt? In [Kapitel 4](#) wird die globale Situation in überprüfbaren Zahlen erfasst. Fakten wie das Pro-Kopf-Bruttoinlandsprodukt, die Entwicklung der globalen Kohlendioxidemissionen und das Bevölkerungswachstum müssen berücksichtigt werden, um zwischen machbaren und unrealistischen Maßnahmen zu unterscheiden. Ein so ernstes Problem wie die Klimaerwärmung kann nur mit einem klaren Blick auf die Realität gelöst werden.

Eine realistische Möglichkeit, ein Scheitern der Energiewende zu verhindern, ist die »Große Transformation« des WBGU [1]. Sie wird in [Kapitel 7](#) als eine der verschiedenen Meinungen zum Thema Energie näher beschrieben. Die Große Transformation bedeutet eine massive Umgestaltung der Industriegesellschaft, weg von einer Konsum- und Exportgesellschaft hin zu einer autarken Energiespargesellschaft. Würde die Bundesregierung diesem Vorschlag folgen, würde das Szenario einer ökologischen Gesellschaft ([Abb. 1.3](#)) in Deutschland Realität werden. Aber lässt sich eine derartig drastische Umgestaltung, die mit vielen Einschränkungen und Verboten verbunden ist, durchsetzen? Und sollte sie überhaupt durchgesetzt werden? Bedeutet die Große Transformation doch Einschränkungen der Grundrechte auf Selbstbestimmung und Privatsphäre. Das ist eine Frage

der Werte und daher wird in [Kapitel 8](#) eine Wertediskussion durchgeführt.

Bei der Diskussion über die Klimaerwärmung und ihrer Gefahren wird oft vergessen, dass es noch andere Probleme gibt: Die Probleme der Armut und des Bevölkerungswachstums. Das Szenario einer verarmten und überbevölkerten Erde ist daher mindestens genauso realistisch wie die Vision einer übermäßigen Klimaerwärmung. Umwelt- und Klimaschutz kann es in einer verarmten Welt nicht geben. Eine drastische Verteuerung der Energie würde eine Verarmung bewirken. Der enge Zusammenhang zwischen Energieverfügbarkeit, technologischer Entwicklung, Produktivität und Wohlstand offenbart sich in der historischen Entwicklung der westlichen Zivilisationen. Dieser Zusammenhang ist die Grundlage aller weiteren Schlussfolgerungen und wird in [Kapitel 2](#) dargelegt. Zwei Industrienationen führen zurzeit unbeabsichtigt ein Experiment durch, das zeigen wird, wie groß der Einfluss des Energiepreises auf den Wohlstand heute ist. Die Energiewende in Deutschland, sollte sie in der geplanten Weise umgesetzt werden, führt zu einer massiven Verteuerung und Verknappung der Energie ([Kapitel 3](#)). Nach den Erfahrungen der Vergangenheit ([Kapitel 2](#)) muss das zu einem Absinken des Lebensstandards führen, das vor allem die einkommensschwachen Haushalte treffen wird. In den USA geschieht eine Energiewende der anderen Art. Das Fracking ([Kapitel 3](#)) hat zu einem Preisverfall beim Erdgas und beim Strom geführt. Die Energiepreise in Deutschland sind nun dreimal so hoch wie in den USA. Die Folgen sind bereits erkennbar: Die USA erleben einen Wirtschaftsboom und eine Reindustrialisierung. Die Zukunft wird zeigen, ob die enge Verknüpfung von Energie und Lebensstandard, die die historische Entwicklung so dominierte ([Kapitel 2](#)), auch in der Zukunft weiterbestehen wird. Diese

Zusammenhänge sollten bedacht werden, bevor Entscheidungen getroffen werden, die zu einer Verknappung und Verteuerung der Energie führen.

Die vierte Vision ist die einer wissenschaftlichen und technischen »Superzivilisation«, die alle Probleme mit noch mehr Energie und noch mehr Technologie löst. Aber kann es eine solche Weiterentwicklung geben? Die Voraussetzung ist die Entwicklung neuer leistungsstarker Energiequellen. Wenn die Energiewende und auch der Übergang in eine ökologische Klimaschutzgesellschaft scheitern sollten, dann werden die Treibhausgasemissionen bis 2050 oder 2080 so stark angewachsen sein, dass eine übermäßige Klimaerwärmung unvermeidlich ist. Hätte eine hoch technisierte Gesellschaft dann noch Mittel zur Verfügung, um die Klimaerwärmung abzuwenden? Eine letzte Möglichkeit ist die künstliche Kühlung des Klimas. Die Erfahrung zeigt allerdings, dass eine Einflussnahme auf das Wetter und das Klima sehr schwierig ist. Eine Übersicht über die vergangenen Versuche der Wetter- und Klimakontrolle wird in [Kapitel 9](#) gegeben. Die heute denkbaren Möglichkeiten der Klimakontrolle werden in [Kapitel 10](#) diskutiert. In [Kapitel 11](#) wird schließlich ein möglicher Weg in die Zukunft gezeichnet, der sich aus den Fakten und Schlussfolgerungen der vorherigen Kapitel ergibt. Er berücksichtigt ganzheitlich die vier großen Probleme der Erde, die Armut, das Bevölkerungswachstum, die Ressourcenverknappung und die Klimaerwärmung.

Literatur

1 Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, Hauptgutachten: Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation, Berlin 2011. Internet (aufgerufen am 4.12.2014):

<http://www.wbgu.de/hauptgutachten/hg-2011-transformation/>.

2 Krämer, W. (2011) *Die Angst der Woche*, Piper, München.

3 Moszkowski, A. (1916) *Das Buch der 1000 Wunder*, Kapitel 87, Albert Langen, München.

Internet (aufgerufen 4.12.2014):

<http://gutenberg.spiegel.de/buch/das-buch-der-1000-wunder-5685/87>.

4 Meadows, D., Meadows, D.H., Zahn, E. und Milling, P (1972) *Die Grenzen des Wachstums*, Deutsche Verlags-Anstalt, München.

5 Toffler, A. (1984) *Kursbuch für das Dritte Jahrtausend*, Scherz, München.

6 Internet (aufgerufen 4.1.2014): <http://deutsche-wirtschafts-nachrichten.de/2013/10/09/fukushima-die-wahrscheinlichkeit-dass-die-rettung-gelingt-geht-gegen-null/>.

Quellen

[Abb. 1.2](#) Bildnachweis

Internet (aufgerufen am 15.01.2015):

<http://en.wikipedia.org/wiki/Slum>.

[Abb. 1.5](#) Bildnachweis

Internet (aufgerufen am 4.12.2014): <https://www.adv-boeblingen.de/zrbb/leonb/leonb/pest.htm>.

[Abb. 1.6](#) Bildnachweis

Internet (aufgerufen am 4.12.2014):

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/99/Johan-n-Carion.jpg>.

2

Geschichte

Die westlichen Länder verbrauchen sehr viel Energie für die industrielle Produktion, die Mobilität und die Heizung. Energie ist Teil der Grundversorgung, aber Energie ist noch sehr viel mehr. Der hohe Lebensstandard in den Industriegesellschaften beruht auf zwei Neuerungen: der Dampfmaschine und der Nutzung von Kohle, Erdöl und Erdgas. Mit der Dampfmaschine war es erstmals möglich, Wärme in Arbeit umzuwandeln und große Maschinen anzutreiben. Bei der Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas entsteht Wärme im Überfluss. Kohle, Erdöl und Erdgas sind daher die Grundlage der industriellen Revolution und den damit verbundenen dramatischen Verbesserungen der Lebensbedingungen. Sie haben den Menschen erstmals von der Umklammerung des Energiemangels befreit, der die Entwicklung aller Lebewesen, Pflanzen wie Tiere, begrenzt. Kohle, Erdöl und Erdgas können daher nicht einfach durch etwas anderes ersetzt werden. Bei ihrer Verbrennung entsteht aber unweigerlich das Treibhausgas Kohlendioxid, das die Klimaerwärmung verursacht. Die Ozonlöcher konnten durch das Verbot der Fluorchlorkohlenwasserstoffe beseitigt werden und das Waldsterben wurde durch die Entschwefelung der Kraftwerksabgase gestoppt. Die Klimaerwärmung lässt sich aber nicht auf die gleiche Art bekämpfen. Die Nutzung von Kohle, Erdöl und Erdgas kann – zumindest auf absehbare Zeit – nicht verboten werden, denn diese Energieformen sind die Grundlage der Industriegesellschaften. Die Entwicklung der menschlichen Zivilisation ist eng mit der Verfügbarkeit von Energie

verknüpft. Aber die Bedeutung der Energie geht sogar noch weiter: Ohne Energie ist Leben nicht möglich.

2.1 Energie ist Leben

Das Leben widerspricht eigentlich dem Naturgesetz von der Erhöhung der Entropie. Entropie ist ein fast mystischer Begriff aus der Physik und ein Maß für die Unordnung in einem System. Alle Vorgänge im Universum laufen nur dann von selbst ab, wenn sie zu höherer Entropie und damit zu mehr Unordnung führen. Eine biologische Zelle ist aber das Gegenteil von Unordnung. Sie ist eine winzige Nanofabrik, in der unerhört komplexe und hoch geordnete Prozesse ablaufen. Das Leben auf der Erde konnte sich nur deshalb entwickeln, weil es eine Ausnahme vom Gesetz der ständig wachsenden Unordnung gibt. Ordnung kann mit einem hohen Energieaufwand erkaufte werden. Für die Entwicklung des Lebens hin zu immer höheren Lebensformen war eine enorme Menge an Energie notwendig. Jahrmilliarden lang hat die Sonne diese Energie geliefert und ermöglichte so in einem quälend langsamen Prozess die Entwicklung von höherem Leben bis hin zum Menschen.

Leben beruht auf dem Verbrauch von Energie. In Tier- und Pflanzenzellen läuft permanent ein Verbrennungsprozess ab, der der Verbrennung von Benzin in einem Automotor grundsätzlich ähnelt. Zucker, der Treibstoff der Zellen, ist ein Kohlenwasserstoff, ähnlich dem Benzin, und beide Substanzen verbrennen mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlendioxid. In einer Zelle ist es eine kalte Verbrennung, aber ansonsten sind die Unterschiede gering. Auch der Mensch ist eine Verbrennungsmaschine, in der die Kalorien der Nahrung mit Sauerstoff zu Kohlendioxid verbrannt werden. Bei der Verbrennung wird viel Energie frei und diese Energie erhält jede Zelle am Leben. Tierzellen

unterscheiden sich von Pflanzenzellen hauptsächlich dadurch, wie sie ihren Treibstoff gewinnen. Pflanzenzellen besitzen kleine grün gefärbte Solarfabriken, die Chloroplasten, in denen Zucker aus Sonnenlicht gewonnen wird. Tierzellen können dies nicht. Tiere müssen daher entweder Pflanzen oder andere Tiere fressen, um an deren Energievorräte heranzukommen. Sonnenenergie ist knapp und Pflanzen wachsen daher nur langsam und bewegen sich wenig oder gar nicht. Höheres Leben konnte sich daher nur auf der Basis von tierischen Zellen entwickeln, die einen um ein Vielfaches höheren Energieumsatz haben. Der Überlebenskampf in der Natur ist nichts anderes als ein Kampf um Energie. Die Pflanzen hatten lediglich Zugang zu einer Energiequelle - der Sonnenenergie - und sie wuchsen im Überlebenskampf immer höher, um mehr Licht zu erhalten. Den Tieren steht ebenfalls nur eine Energiequelle zu Verfügung: die Biomasse. Beide Energieformen, die Sonnenenergie und die Biomasse, waren immer knapp und dieser andauernde Mangel hat die Entwicklung des Lebens massiv eingeschränkt. Erst der Mensch konnte diese Umklammerung aufbrechen, indem er sich mit seiner Technik Zugang zu neuen Energieformen verschaffte. Damit begann die Entwicklung der höheren Zivilisationen.

2.2 Die drei Phasen der Entwicklung der Zivilisation

Hinter der Geschichte der Könige, Kriege und Revolutionen, die im Schulunterricht gelehrt wird, gibt es noch eine zweite »Geschichte«. Es ist die Geschichte der Zivilisation [1]. Diese Geschichte beginnt in der Steinzeit mit der Zähmung des Feuers. Das Feuer war die erste Energieform, die der Mensch zu beherrschen lernte und die ihm einen Vorteil gegenüber den Tieren - insbesondere

den Raubtieren - einbrachte. Mit der Kontrolle über diese Energie begann die steile Karriere des *Homo sapiens*. Hochkulturen konnten sich aber erst entwickeln, als die frühen Jäger und Sammler sesshaft wurden. Sesshafte Bauern betrieben Ackerbau und Viehzucht und konnten sehr viel mehr Nahrung erzeugen als die Nomaden, die nur das einsammelten, was die Natur ihnen lieferte. Von da an lassen sich bis heute drei Entwicklungsphasen unterscheiden, die in der Verfügbarkeit verschiedener Energieformen variieren. In Phase I, die bis 500 n. Chr. andauerte, waren die Bewohner Mitteleuropas Selbstversorger und ihre einzige Energiequelle war die Biomasse. In Phase II kamen Wasserkraft und Windenergie hinzu und in diesem Zeitalter der Mühlen ging es den Menschen zehnmal besser als in Phase I. Phase III begann, als 1800 die Dampfmaschine eingeführt wurde. Sie ermöglichte die Nutzung von Kohle, Erdöl, Erdgas und schließlich Uran und bewirkte eine nochmalige Steigerung des Lebensstandards um den Faktor zehn. Heute geht es den Menschen hundertmal besser als in Phase I. In jeder Phase kamen neue Energieformen hinzu, und als Folge davon sank die Arbeitsbelastung des Menschen, weil Maschinen immer mehr Arbeit übernahmen. Die Produktion lebensnotwendiger Güter wie Nahrungsmittel, Wohnraum und Energie nahm immer weniger Arbeitszeit in Anspruch. Erst als neben den für das Existenzminimum notwendigen Arbeiten noch Zeit blieb, konnten sich höhere Zivilisationen entwickeln. Während aller drei Phasen stiegen der Lebensstandard, der Stundenlohn und der Energieverbrauch ständig an und heute sind sowohl der Stundenlohn als auch der Pro-Kopf-Energieverbrauch hundertmal höher als vor 2000 Jahren. Der damalige Stundenlohn lässt sich deswegen angeben, weil auch heute noch rund eine halbe Milliarde Menschen in Phase I lebt.

Phase I

In der Phase I gab es nur eine einzige Energiequelle, die heute mit dem Begriff »Biomasse« bezeichnet wird: Getreide, Feldfrüchte, Obst, Holz, Gras etc. ([Abb. 2.1](#)). Alle Arbeiten mussten die Menschen selbst verrichten und der »Motor« war die menschliche Muskelkraft. Dieser Motor bezog seine Energie aus der Nahrung, also der Biomasse. Es gab Nutztiere, die dem Menschen halfen, wie zum Beispiel Ochsen beim Pflügen. Aber bei Weitem nicht jeder Bauer hatte Ochsen oder gar ein Pferd. Für die meisten Bauern waren Pferde zu teuer und daher wurden allenfalls die genügsamen Ochsen zum Pflügen eingesetzt. Die Tiere brauchten Weideflächen und damit konkurrierten sie mit dem Menschen um das kostbare Ackerland. Oft mussten sich die Menschen auch selbst vor den Pflug spannen. Dieses Pflügen war uneffektiv, denn es konnte nur eine flache Furche für die Einsaat gezogen werden. Für ein wirksames Wenden und Auflockern des Bodens fehlte die Kraft. Entsprechend niedrig waren die Erträge. Das Leben der Menschen konzentrierte sich auf den täglichen Überlebenskampf. Eine besonders harte Arbeit war das Mahlen des Getreides. Eine Rotationsmühle wurde von zwei Arbeitern angetrieben, die tagein, tagaus im Kreis liefen und den Mühlstein drehten. In dieser Phase lebten rund 5 Mio. Menschen auf der Fläche des heutigen Deutschlands und mehr konnte das Land auch nicht ernähren. Es gab kaum Handel und die meisten Menschen arbeiteten in der Landwirtschaft. In einem Weiler Germaniens gab es keine Läden und keine Handwerker. Alle Güter des täglichen Bedarfs mussten selber hergestellt werden. Ackerbau und Viehzucht produzierten gerade genug Lebensmittel, um die Bevölkerung zu ernähren und bei einer Fehlernte drohte sofort eine Hungersnot. Da die Bauern keine Überschüsse produzierten, die sie verkaufen konnten, waren auch keine größeren Ortschaften oder

Städte möglich. Nach heutigen Maßstäben lag die Wochenarbeitszeit bei 72 h und der Stundenlohn bei 10 cts. Die Menschen lebten im Einklang mit der Natur und verbrauchten nur so viel, wie die Natur ihnen gab. Aber das war sehr wenig und die Lebenserwartung lag weit unter 50 Jahren.



Abb. 2.1 So könnte ein Dorf in der Zeit um 200–500 n. Chr. in Germanien ausgesehen haben (mit freundlicher Genehmigung des Freilichtmuseums Germanische Siedlung Klein Körös e. V., Zeichnung von B. Fischer, Zeuthen).

Phase II

Die Phase II begann um das Jahr 500 n. Chr. mit der Erfindung der Wassermühle. Der Mensch erhielt Zugang zu einer neuen, zusätzlichen Energieform. Das folgende Zitat veranschaulicht die Bedeutung, die Historiker dieser Entwicklung beimessen:

»Der Kraftantrieb durch das Wasserrad ist eine menschliche Fundamental-erfindung, die wichtigste überhaupt in der Geschichte der Energie vor der Verwertung der Dampfkraft. Und die Erschließung dieser neuen, von der Biomasse unabhängigen Energiequelle ist vielleicht sogar der Beginn der Kultur des Abendlandes« (aus Karl H. Metz, Ursprünge der Zukunft, Schöningh, Paderborn, 2005).

Neuentwicklungen brauchten damals lange, bis sie sich durchsetzten, und erst nach 500 Jahren waren Mühlen weitverbreitet. Zunächst wurden sie nur zum Mahlen von Getreide verwendet, aber bald wurden sie auch für andere Arbeiten eingesetzt. Die Ära der Mühlen dauerte über 1000 Jahre und im Jahr 1800 erreichte sie ihren Höhepunkt. Es gab mehr als 100 verschiedene Typen. In Walkmühlen wurden Tuche verdichtet und geklopft und dadurch geschmeidiger gemacht. Sie ersetzten zehn oder sogar mehr Arbeiter, die Tuche mit den Füßen stampften. In Schmiedemühlen wurde ein schwerer Schmiedehammer, den ein Mensch nicht hätte heben können, von einem Wasserrad angetrieben. Sie ermöglichten eine Steigerung der Produktion des kostbaren Eisens, das für Pflugscharen und andere landwirtschaftliche Geräte dringend benötigt wurde. Mühlen wurden im Bergbau eingesetzt, um Abraum, Erz und Grundwasser aus den Schächten zu transportieren ([Abb. 2.2](#)). Erst der Einsatz der Wasserkraft ermöglichte es tiefere Lagerstätten auszubeuten, denn die Kraft der Menschen reichte ab einer gewissen Tiefe nicht mehr aus, um das eindringende Grundwasser schnell genug herauszupumpen. So wurde es möglich, tiefer gelegene Lagerstätten von Eisenerz oder Kohle zu erreichen, denn die oberflächennahen Lagerstätten waren schnell erschöpft. Das Eisenerz wurde in Hochöfen in Eisen umgewandelt und für die Wärmeproduktion wurde Holz in großen Mengen verbraucht. Gegen 1800 gab es einige