

Samuel Alexander, Joshua Floyd

Herausgegeben von
Simon Göß

DAS ENDE DER KOHLENSTOFF- ZIVILISATION

Wie wir mit weniger
Energie leben können



Inhaltsverzeichnis

Gender-Hinweis	7
Danksagungen	9
Vorworte	11
Abkürzungen	18
Kapitel 1. Einleitung	19
Kapitel 2. Die Rolle von Energie für Zivilisationen	27
2.1 Energie in Jäger-und-Sammler-Gesellschaften	28
2.2 Landwirtschaft, Energieüberschuss und gesellschaftspolitische Komplexität	30
2.3 Fossile Brennstoffe, Industrialisierung und die Geburtsstunde der Kohlenstoff-Zivilisation	35
Kapitel 3. Kohlenstoff-Zivilisation, Wirtschaftswachstum und Endlichkeit fossiler Brennstoffe	40
3.1 Peak-Oil und die wirtschaftlichen Auswirkungen steigender Energiekosten	43
3.2 Warum ist der Ölpreis Mitte 2014 gesunken?	47
3.3 Zehn Gründe, warum die Vorbereitung auf knappes und teures Öl vernünftig ist	50

Kapitel 4. Klimawandel, Kohlenstoffbudgets und die Ökonomik einer weitgehenden Dekarbonisierung	67
4.1 Der Temperaturgrenzwert	70
4.2 Die Erfolgswahrscheinlichkeit	71
4.3 Kohlenstoffabscheidung und -speicherung und negative Emissionstechnologien	74
4.4 Die Verteilungsthematik	77
4.5 Die Ökonomik einer weitgehenden Dekarbonisierung	78
Kapitel 5. Kernkraft und erneuerbare Energien: das Potenzial und die Grenzen alternativer Energiequellen	83
5.1 Potenzial und Grenzen der Kernkraft	85
5.2 Kann die Weltwirtschaft vollständig auf erneuerbaren Energien basieren?	89
5.3 Modellbasierte Machbarkeitsstudien verstehen: eine Landkarte ist keine Landschaft	91
5.4 Zehn Gründe, warum fossile Brennstoffe nicht komplett oder direkt durch erneuerbare Energietechnologien ersetzt werden können	93
Kapitel 6. Ansätze und Hinweise für eine Zukunft des Energierückgangs	117
Kapitel 7. Die Zukunft gestalten	128
Glossar	133
Endnoten	136
Literaturverzeichnis	167
Index	186

Kapitel I. Einleitung

Wie der Bau und Unterhalt eines Vogelneests, Dachbaus oder Bienenstocks den Einsatz von Energie erfordert, so ist dies auch bei menschlichen Siedlungen der Fall. Aufgrund ihrer extremen Größe und Komplexität sind Siedlungen in der Form von Städten die energieintensivsten Schöpfungen der Menschheit. Tatsächlich können Städte als Metaformen angesehen werden, die die Entstehung und Entwicklung anderer Ausdrucksformen menschlicher Schaffenskraft erst ermöglichen. Diese Kreativität ist, wie alles Lebendige, abhängig von Energie, in den erforderlichen Formen und Mengen.

Der Energiehunger ist besonders tief in das Wesen und den Zustand der modernen Menschheit eingewoben. Wir fällen die Wälder und graben uns durch die Landschaften, um Wohnungen und Straßen zu bauen. In weiten Teilen der Welt beruht die Beheizung von Häusern und die Erhitzung von Wasser auf der Verbrennung von Holz, Gas, Öl oder Kohle. Wie ein Gott gibt uns die Elektrizität Licht und treibt die Unmenge unserer praktischen und bequemen Geräte und Maschinen an. Öl bringt uns ohne Mühe dorthin, wo wir sein wollen, und wieder zurück. Die Ausweitung der Energiegewinnung und -nutzung ermöglicht es Großgesellschaften zu wachsen. Sie führt allerdings zwangsläufig zu neuen Problemen, mit denen sich diese Gesellschaften dann auseinandersetzen müssen. In der Regel treiben die Reaktionen auf diese Probleme wiederum den Energiebedarf weiter an. Die Entstehungs- und Entwicklungsprozesse von Großgesellschaften werden durch ihre energetischen Grundlagen sowohl ermöglicht als auch eingeschränkt.

Im Laufe der Geschichte war die *Übernutzung* von Energie kein vorherrschendes Problem – häufiger sahen sich Menschen existenziellen Herausforderungen in Form von Energieknappheit gegenüber. Wäre der Zugang zu neuen Energiequellen problemlos möglich gewesen, hätten viele frühere Gesellschaften und Zivilisationen möglicherweise die Krisen überwunden (oder zumindest verzögert), die ihren Untergang herbeiführten.

I. Einleitung

Gleichwohl verursachte die Beschaffung und Nutzung von Energie auch in früheren Zeiten Probleme. Rodung und Entwaldung ist kein rein modernes Phänomen. Eine lange Geschichte haben ebenfalls Gesundheitsschäden, die bei der Verbrennung von Holz und Kohle durch luftübertragene Teilchen verursacht werden. Als sich der Transport mit Pferden zum dominierenden Verkehrsmittel entwickelte, wurde deren Mist auf den Straßen zu einer Gesundheitsgefahr. Dass die menschliche Nutzung von Energieressourcen Umweltveränderungen vorantreibt, ist nichts Neues. Dieses Erkenntnis ist so alt wie die Beherrschung des Feuers. Und unser Energieverbrauch hat und wird immer Konsequenzen haben, die über den Nutzen der Energiedienstleistungen den er bringt, hinausgeht.

Dennoch scheint es, dass wir nun ein Zeitalter erreicht haben, in welchem Probleme durch zu wenig verfügbare Energie von denen, durch übermäßige Nutzung hervorgerufenen, in den Schatten gestellt werden. Zugegebenermaßen haben Menschen auch heutzutage einen sehr uneinheitlichen Zugang zu Energie, mit Milliarden von Menschen, die immer noch in Energiearmut leben. Gemeinsam stehen wir heute jedoch vor zwei unterschiedlichen Energiekrisen, die eng miteinander verbunden sind. Erstens, der Erschöpfung fossiler Energierohstoffe und zweitens der Verbrennung dieser Energieträger als maßgeblichen Beitrag zum Klimawandel. Beide Krisen sind Folge des enorm gestiegenen Energieverbrauchs der Menschheit im Industriezeitalter. Mit zunehmendem Energiebedarf der Menschheit verschärfen sich die Probleme, die bei Befriedigung dieser Nachfrage auftreten. Solange herkömmliche Reaktionen auf diese Situation den Energiebedarf weiter erhöhen – einschließlich dem standardmäßigen Vertrauen in und der Abhängigkeit von „technologischen Lösungen“ – verstetigt sich diese Doppelkrise. Dieses Energieparadox wird unsere Zeit bestimmen: Wir erwarten, dass wir die beiden Energiekrisen mit Ansätzen lösen können, die ihrerseits einen höheren Gesamtenergieverbrauch erfordern.

Energieprognosen konventioneller Institutionen verstärken in der Regel die typische Annahme, dass die Menschheit (oder zumindest der Teil in der reichen Welt) immer in der Lage sein wird, ihren laufenden Energiebedarf rechtzeitig und kostengünstig zu decken.¹ Dies ist nicht unbedingt eine bewusst getroffene Annahme. Vielmehr folgt aus der Art und Weise,

wie Großgesellschaften aufgebaut sind und funktionieren, dass der Zusammenhang zwischen institutionellen Reaktionen auf kollektive Probleme und einem erhöhten Energiebedarf selten auffällt. Als Bürger von marktkapitalistischen und industriellen Gesellschaften haben wir uns einfach daran gewöhnt, jedes unmittelbare Problem zu überwinden (oder zumindest zu verlagern) und gleichzeitig das gesamte Nachfragewachstum nach Energie zu befriedigen. Im Energiediskurs des Mainstreams wird die Tatsache, dass fossile Brennstoffe endlich sind, und mit zunehmendem Tempo erschöpft werden, generell als ein weit entferntes Bedenken abgetan, das vor seiner Ankunft gelöst wird. Auch wenn eine solche Sichtweise keineswegs allgemeingültig ist, spiegelt und verbreitet ein Großteil der medialen Landschaft die weit verbreitete und populäre Annahme, dass erneuerbare Energien und/oder Kernenergie in der Lage sein werden, die derzeitige Nutzung fossiler Brennstoffe zu ersetzen, sowie gleichzeitig den wachsenden globalen Energiebedarf bis in die ferne Zukunft zu decken. Und dies, ohne dass nennenswerte soziale oder wirtschaftliche Brüche auftreten werden.

Zur Unterstützung dieses „Energieoptimismus“ verweisen Analysten auf vielversprechende technologische Fortschritte. Sicher, sagen sie, werden neue Bedarfe nach Energie entstehen. Aber eine kluge und einfallsreiche Menschheit wird in der Lage sein, ihnen zu begegnen. Märkte und Preissignale werden die richtigen Anreize setzen. Nach dieser Einschätzung wird der industrielle Kapitalismus bald global sein – ein fast abgeschlossener Übergang. Effizienzgewinne sowie neue Energiequellen und Technologien werden es uns ermöglichen, die schlimmsten Szenarien der Erschöpfung von Ölreserven und des Klimawandels vermeiden zu können. „Schauen wir uns doch die Geschichte an und wir werden sehen, dass es den Menschen in der jüngeren Zeit immer gelungen ist, einen wachsenden Energiebedarf zu decken. In der Zukunft wird dies ebenso sein, nicht wahr?“

Dieses Buch stellt das eben beschriebene vorherrschende Energie-Narrativ aus verschiedenen Blickwinkeln infrage und zeigt eine alternative Perspektive der Energiezukunft der Menschheit auf.

Zuerst wollen wir unsere Leser daran erinnern, dass fossile Brennstoffe – derzeit etwa 85 % des weltweiten Primärenergieverbrauchs – endlich

I. Einleitung

sind.² Daher ist unsere Kohlenstoff-Zivilisation auf die eine oder andere Weise zeitlich begrenzt. Unser einmaliges fossiles Energieerbe ist nur eine Ausnahmereignung in der Menschheitsgeschichte, aus dem Blickwinkel von geologischen Zeiträumen nurmehr ein kurzzeitiger Gipfel der Energienutzung. Obwohl der Zeitpunkt und Verlauf der Erschöpfung fossiler Energieträger vielen Unsicherheiten und Meinungsverschiedenheiten unterliegt – einige davon werden im Folgenden erläutert –, ist die Tatsache, dass fossile Brennstoffe im Vergleich zum aktuellem Verbrauch endlich und erschöpfbar sind, unbestreitbare geologische Realität. Diese Thematik ist insbesondere für Öl von Bedeutung, da es industrielle Landwirtschaft, sowie globale Transportsysteme und Lieferketten ermöglicht. Mit jedem Tag wird es schwieriger, die aktuelle Nettoenergieversorgung aufrecht zu erhalten oder gar zu erhöhen, da die „niedrig hängenden Früchte“ schon geerntet wurden. Das starke Wachstum der Ölproduktion aus Schieferöl unter Verwendung von Technologien der hydraulischen Frakturierung („Fracking“) in den USA während der letzten Jahre hat einige Kommentatoren dazu veranlasst, „Peak-Oil“ für tot zu erklären. Unserer Einschätzung nach deutet die Beweislage allerdings darauf hin, dass solche Verlautbarungen stark übertrieben sind.³ Über kurz oder lang – vielleicht früher als die meisten denken – wird die Ölförderrate eine Phase des Nettoenergierückgangs erreichen. Das heißt, neue Funde werden die zurückgehende Förderung aus bestehenden Förderanlagen dann nicht mehr ausgleichen können. Während im öffentlichen Diskurs über die Endlichkeit fossiler Energieressourcen das Öl die überwiegende Aufmerksamkeit erhält, ist der Zeitrahmen für Gas und Kohle möglicherweise nicht annähernd so lange, wie oft angenommen. Parallel dazu, und wie wir im weiteren Verlauf näher erläutern, werden exponentielle Wachstumstrends (sowohl energetische als auch ökonomische), als vorherrschende Realität und auch als Vorstellung der menschlichen Entwicklung seit der industriellen Revolution, voraussichtlich enden, und sich sogar umkehren. Dies wirft nicht nur Fragen darüber auf, wie eine postfossile Zivilisation aussehen wird. Vielleicht noch dringender ist die Frage, wie wir die unvermeidliche und vorhersehbare Abnahme der Förderung fossiler Energieträger in den kommenden Jahren und Jahrzehnten bestmöglich bewältigen.

Zweitens, und wohl noch offenkundiger, ist die Klimakrise nicht mehr eine abstrakte Gefahr der fernen Zukunft, sondern in der Gegenwart angekommen. Was noch vor wenigen Jahren als ausreichend weit entfernt galt, um aufgeschoben oder ignoriert zu werden, steht nun unmittelbar vor uns. Verbunden mit der Herausforderung die Energieversorgung im Angesicht der Erschöpfung fossiler Energieträger weiterhin zu gewährleisten, kommt die Klimawissenschaft mit erdrückenden Beweisen zum Schluss, dass die Verbrennung fossiler Brennstoffe eine der Hauptursachen für den anthropogenen Klimawandel ist. Eine angemessene Reaktion auf diese potenziell existenzielle Bedrohung erfordert unter anderem einen raschen und entschlossenen Übergang weg von fossilen Energieträgern. Nach bestem wissenschaftlichem Kenntnisstand ist klar, dass wir den Verbrauch fossiler Brennstoffe begrenzen müssen, noch bevor das geologische Grenzen erzwingen, damit die Auswirkungen des Klimawandels im Bereich der möglichen menschlichen Anpassung bleiben – wir müssen sie verlassen, bevor sie uns verlassen. Die Frage ist, ob wir in der Lage sind, die Weisheit und den Mut aufzubringen, fossile Energien hinter uns zu lassen. Und wie die dann entstehenden Gesellschaften aussehen könnten, falls uns das gelingt. Scheitern wir, so scheint es, werden wir brennen – denn schon jetzt heizt sich die Atmosphäre auf. Laut NASA sind neunzehn der zwanzig heißesten Jahre in der aufgezeichneten Geschichte seit 2001 aufgetreten.⁴ Ganz zu schweigen von der zunehmenden Regelmäßigkeit und Schwere extremer Wetterereignisse.⁵ Und dennoch warten wir ab.

Mit Blick auf die dringende Notwendigkeit die Verbrennung kohlenstoffbasierter Energierohstoffe zu reduzieren, um den Klimawandel abzuschwächen, mag es verlockend sein, die Aussicht auf die Erschöpfung fossiler Energieträger als Ablenkung anzusehen. Wenn die Nutzung fossiler Brennstoffe ohnehin nicht mit Erhaltung eines bewohnbaren Weltklimas vereinbar ist, warum sollten wir uns dann über geophysikalische Versorgungsengpässe Gedanken machen? Sicherlich müssten diese, wenn sie rechtzeitig zum Tragen kommen, nur hilfreich für den Kampf gegen den Klimawandel und für die Dekarbonisierung der Wirtschaft sein.

Während diese Sichtweise zunächst einleuchtend erscheint, wenn unsere derzeitige Abhängigkeit von fossilen Energien sehr abstrakt betrachtet

I. Einleitung

wird, vereinfacht sie den komplexen Zusammenhang zwischen Klimawandel und Erschöpfung der fossilen Energieressourcen allzu sehr.⁶ Wenn Vorbereitungen für den Eintritt von „Peak-Oil“ getroffen werden, ergeben sich gänzlich andere Auswirkungen auf unsere Gesellschaft, als bei einem mehr oder weniger unvorbereiteten „Peak-Oil“ ohne viel Vorbereitung. Die Annahme, dass „Peak-Oil“ notwendigerweise gut für den Klimaschutz ist, kann daher keineswegs als selbstverständlich betrachtet werden. Wenn wir in einer unserer pessimistischeren Stimmungen die Lage betrachten, müssen wir darüber hinaus erkennen, dass die bisher schleppenden politischen und kulturellen Reaktionen auf den Klimawandel es auch plausibel machen, dass „Peak-Oil“ die Weltwirtschaft von Grund auf verändert (oder starke Verwerfungen verursacht), bevor wir ernsthaft auf den Klimawandel reagieren. Dementsprechend reicht es nicht aus zu sagen, dass wir die Weltwirtschaft dekarbonisieren müssen, um den Klimawandel einzudämmen. Das müssen wir zwar. Falls die Welt jedoch in dieser Hinsicht nicht ausreichend mobilisiert wird – was uns wiederum als plausibles Szenario erscheint –, dann könnte „Peak-Oil“ die energetische Herausforderung sein, mit der sich die Welt *zwingend* auseinandersetzen *muss*.

Die Betrachtung der Situation der Menschheit durch die sich überschneidenden Perspektiven der Erschöpfung fossiler Ressourcen und der Klimaveränderung, schafft den Hintergrund für den folgenden, dritten Untersuchungskontext. Zu welchem Grad und Umfang werden alternative Energiequellen – insbesondere erneuerbare Energien und/oder Kernenergie – in der Lage sein, die fossilen Energiequellen unserer Kohlenstoff-Zivilisation zu ersetzen. Kann diese Ablösung und Ersetzung ohne wesentliche Störungen oder grundlegende Veränderungen des industriellen, energieintensiven, extraktivistischen und expansiven Charakters unserer Zivilisation erreicht werden? Wir erkennen an, dass es vielversprechende, technologische und wirtschaftliche Fortschritte im Energiesektor gibt und unterstützen nachdrücklich den geplanten Übergang zu einer postfossilen Gesellschaft. Gleichzeitig werfen wir kritische Fragen auf, ob alternative Energiequellen die etablierten Energiesysteme nahtlos ersetzen können, ohne die breiteren sozialen und kulturellen Kontexte zu verändern, in denen sie eingesetzt werden.

Zusätzlich zu diesen Herausforderungen, stellen wir in diesem Buch die immer wiederkehrende Frage nach dem „Cui Bono“ oder wer profitiert? Während der gesamten Analyse werfen wir Verteilungsfragen auf. Wie soll die Menschheit die erschlossenen Energieressourcen unter einer wachsenden Weltbevölkerung aufteilen, die derzeit über 7,7 Milliarden Menschen umfasst und nach Angaben der Vereinten Nationen bis zum Ende des Jahrhunderts auf bis zu 11 Milliarden Menschen anwachsen könnte. Dies ist die ethische Dimension, die von Untersuchungen zur Energiegewende und –transformation, zugunsten technologischer und marktgerechter Lösungen, allzu oft marginalisiert oder gänzlich ignoriert wird.

Wir wollen das Energiethema von einem alternativen Blickwinkel aus präsentieren. Dieser zeigt auf, dass wir uns nicht auf eine Zukunft mit Energie im Überfluss, sondern mit reduzierter Energieverfügbarkeit vorbereiten sollten. Eine Zukunft, in welcher tragfähige Lebensweisen und Lebensstile von einem absoluten Rückgang des Energieverbrauchs oder Energiesuffizienz charakterisiert sind. Hinsichtlich der energieintensivsten Gesellschaften bedeutet dies, das Vorbereiten auf und Planen hin zu einem „Energierückgang“ oder „energy descent“, wie Permakultur-Theoretiker und -Praktiker David Holmgren das Merkmal dieser Zukunft bezeichnet. Wir berücksichtigen eine Reihe von Unsicherheiten in Bezug auf die Entwicklung der Energiezukunft der Menschheit. Gleichwohl argumentieren wir, dass die Plausibilität und auch die Wahrscheinlichkeit einer Zukunft geprägt von Energierückgang bedeutet, dass die Planung und Vorbereitung auf eine solche Zukunft, die umsichtigste Vorgehensweise ist.

Die Implikationen dieser alternativen Sichtweise sind tiefgreifend, werden aber in den vorherrschenden Diskursen um Energie selten thematisiert. Das Ziel unseres Buches ist es, den Diskurs über die Zukunft der Energiefrage zu erweitern. Falls wir nicht in der Lage sind, immer umfassende Antworten in dem zur Verfügung stehenden Raum zu geben, hoffen wir zumindest zum Nachdenken anregen zu können. Das Ziel ist es dabei, an einigen Annahmen zu rütteln, welche das derzeit unverhältnismäßige Vertrauen in bestimmte Energiezukünfte untermauern. Ein solcher Akt des „Aus-dem-Gleichgewicht-Bringens“, kann den Weg für die Entwicklung neuer Sichtweisen auf Energiezukünfte ebnen. Sichtweisen,

I. Einleitung

die die Menschheit befähigen, vor dem Hintergrund der bestehenden und sich weiter abzeichnenden globalen Herausforderungen, neue und zukunftsfähige Wege zu finden.

Kapitel 2. Die Rolle von Energie für Zivilisationen

Es ist nicht notwendig, einer Art Energiedeterminismus oder grobem Reduktionismus zu verfallen, um die grundlegenden Rolle hervorzuheben, welche Energie(verfügbarkeit) bei Aufstieg (und Niedergang) menschlicher Zivilisationen gespielt hat und weiterhin spielen wird. Energie ist nicht einfach nur ein weiterer Rohstoff oder eine weitere Ware: Sie ist der Schlüssel zum Zugang aller anderen Ressourcen und Güter. Damit setzt die Verfügbarkeit von Energie die physischen Grenzen, innerhalb derer menschliche Gesellschaften entstehen können. Die energetischen Grundlagen einer Gesellschaft begrenzen die sozioökonomischen Formen, die sie annehmen kann. Kurzum, eine bestimmte Form von Gesellschaft kann ohne die Unterstützung ausreichender Energie in geeigneten Formen nicht entstehen. Weiterhin muss eine Gesellschaft in der Lage sein ihren *laufenden* Energiebedarf zu decken, soll ihre spezifische sozioökonomische Form bestehen bleiben. Wenn sie dies nicht kann, wird die Gesellschaft verändert oder transformiert werden, ob freiwillig oder anderweitig. Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die entscheidende Rolle von Energie in menschlichen Zivilisationen. Darüber hinaus zeigen wir auf, wie die Ausweitung der Energieversorgung typische Prozesse einer immer komplexer werdenden Gesellschaft (gesellschaftliche Komplexifizierung oder der Prozess steigender gesellschaftlicher Komplexität) – zunehmende Differenzierung, Spezialisierung und Erweiterung sozialer Rollen, sowie die Mechanismen für deren Koordination – ermöglicht hat. Dies bietet die theoretischen Grundlagen für spätere Diskussionen über die potenziellen sozioökonomischen Auswirkungen eines Energierückgangs.

2. Die Rolle von Energie für Zivilisationen

2.1 Energie in Jäger-und-Sammler-Gesellschaften

Wir beginnen in der Vorgeschichte, bevor dauerhafte menschliche Siedlungen entstanden: in der Altsteinzeit der nomadischen Jäger und Sammler. Wenn man durch die Energiebrille schaut, wird deutlich, warum und wie grundlegend diese Stammesgesellschaften durch die begrenzten Energiequellen zu denen sie Zugang hatten, geformt wurden.⁷ Bei dieser Betrachtung finden sich unerschwellige Lektionen, die für uns auch heute noch relevant sind.

Paläolithische Gesellschaften waren auf direkte Sonnenenergie für Wärme und Photosynthese angewiesen. Diese lieferten die energetischen Bedingungen für das Wachstum von Pflanzen und Tieren als Grundlage der menschlichen Ernährung. Mit der Zeit beherrschten diese Stämme von Jägern und Sammlern die Verwendung von Feuer und setzten Holz als Brennstoff ein. Dies formte ihre Gesellschaften um, indem es die nützlichen Stunden des Tages über den Sonnenuntergang hinaus verlängerte. Ebenso dehnte die Nutzung von Feuer den Bereich der menschlichen Besiedlung auf Regionen aus, die sonst zu kalt waren, um zu überleben. In erster Linie wurden diese frühen menschlichen Gesellschaften aber durch die Art und Weise geprägt, wie sie ihre grundlegende Energieversorgung organisierten: nämlich durch die Jagd und das Sammeln der für den biophysikalischen Energiebedarf benötigten Nahrung.

Lehrreich ist ein genauerer Blick auf das Verhältnis zwischen Energieversorgung und sozioökonomischer Form in Jäger-und-Sammler-Gesellschaften. Nur manche dieser frühen Gesellschaften hatten das Glück unter Bedingungen eines solchen natürlichen Überflusses zu entstehen, dass es nicht notwendig war, ständig mobil zu sein um neue Jagd- und Sammelgründe zu suchen. Allerdings betrachten Anthropologen dies eher als Ausnahme als die Regel.

Jäger-und-Sammler-Gesellschaften waren also im Allgemeinen nomadische Gesellschaften, weil sie, um zu überleben, dorthin ziehen mussten, wo die Nahrungsmittelversorgung am zuverlässigsten war. Wurde die Nahrung in einer bestimmten Bioregion aufgrund von übermäßiger Jagd oder Sammlung oder einer Umwelteinwirkung (z. B. Dürre) knapp,

mussten die Stämme in eine andere Bioregion ziehen, um nach neuen Nahrungsquellen zu suchen – oder untergehen. Gleichwohl gab es in einer menschenleeren Welt immer ein neues Gebiet, welches erschlossen werden konnte, während sich das alte gleichzeitig regenerierte. Über Hunderttausende von Jahren wanderten frühe menschliche Gesellschaften auf diese Weise über die Erde.

Hierbei sei noch bemerkt, dass diese paläolithischen Gesellschaften aufgrund der Umstände und Gegebenheiten generell zwangsweise nomadisch waren. Dies war in vielen Fällen das zweckmäßigste Mittel um die notwendige Nahrung für den Lebensunterhalt – also die Energieversorgung – zu sichern. Weiterhin hatte das Nomadentum bestimmte andere sozioökonomische Folgen. Es gab starke Anreize, keine dauerhaften, arbeitsintensiven Behausungen zu bauen, wenn der Stamm regelmäßig zwischen verschiedenen Regionen wechseln musste, um eine kontinuierliche Nahrungsversorgung zu gewährleisten. Es scheint, dass Jagen und Sammeln ausreichend relative Energieüberschüsse pro aufgewendeter Arbeitseinheit erwirtschaftete, um die biologischen Bedürfnisse bei gleichzeitig reichlich Freizeit decken zu können. Dies war möglich, wenn innerhalb der biophysikalischen Leistungsgrenzen des jeweiligen Landstrichs gewirtschaftet, also gejagt oder gesammelt wurde. Das heißt, die Arbeitsproduktivität konnte hoch bleiben, sofern kein übermäßiger Druck auf die „natürliche“ Produktivität des Landes ausgeübt wurde. In dieser Situation würde jeder Versuch, den absoluten Energieüberschuss – sprich Nahrungsüberschuss – durch den Einsatz von mehr Arbeitskraft zu erhöhen, das Land näher an seine Produktivitätsgrenze bringen. Dadurch würde die Grenzproduktivität oder der Grenzertrag der Arbeitskraft verringert. Solange die Ansprüche eines Stammes an die Umwelt relativ gering blieben, konnte ein bescheidener Arbeitsaufwand die Bedürfnisse der nomadischen Lebensweise bequem erfüllen. Die Erfüllung von Ansprüchen aber, die über dieses Niveau hinausgingen, würde zunehmend schwerer fallen. Ebenso wirkten bescheidene Ansprüche, welche mit geringem zeitlichen Aufwand erfüllt und somit Zeit für Spiel und Interaktion ließen, als negativer Anreiz, härter für einen absolut höheren Energie-, also Nahrungsüberschuss, zu arbeiten. Kurz: Die Mehrarbeit für

2. Die Rolle von Energie für Zivilisationen

einen etwas höheren Nahrungsüberschuss hätte die freie Zeit ungleich stärker begrenzt. Dies wiederum brachte den Vorteil mit sich, dass große Institutionen und Infrastrukturen unnötig waren. Deren Einrichtung und Instandhaltung hätte genau solche höheren Energieüberschüsse notwendig gemacht.

Außerdem gab es einen zwingenden praktischen Grund dafür, dass nomadische Stämme nur Werkzeuge von außergewöhnlichem Wert aufbewahrten. Nämlich die Notwendigkeit auf der Suche nach Nahrung immer den gesamten Besitz mit sich führen zu müssen. Weitere Besitztümer waren nicht nur eine Belastung in Form von höherem Energiebedarf während des Transports. Natürliche Raubtiere und rivalisierende Stämme boten den Anreiz, so leicht wie möglich zu reisen, um effektiver kämpfen oder fliehen zu können. Mit dem von vornherein begrenzten Wunsch nach Besitz und da der absolute Energieüberschuss für die Entwicklung und den Transport selbst gewünschter Güter nicht ausreichte, konnten sich sozioökonomische Formen, die diese Güter bereitstellen, auch nicht entwickeln.

Auch wenn dieses Bild aus dem Paläolithikum nur ansatzweise gezeichnet wurde, zeigt es doch auf, wie die begrenzte Verfügbarkeit von Energiequellen (damals also Energiequellen, die aus biophysikalischen Quellen entsprangen und im Vergleich zur Situation im nachfolgenden Neolithikum kaum durch menschliche Aktivitäten beeinflusst wurden) das Wesen von prähistorischen Gesellschaften geprägt hat. Das Potenzial für die Entwicklung gesellschaftlicher oder politischer Komplexität war dadurch stark begrenzt. Diese Gesellschaften waren (im begrenzten sozialwissenschaftlichen Sinn) so „einfach“, wie man sie sich vorstellen kann.⁸

2.2 Landwirtschaft, Energieüberschuss und gesellschaftspolitische Komplexität

Die Entwicklung oder „Entdeckung“ der Landwirtschaft und Viehzucht in der Jungsteinzeit, etwa 10.000 v. Chr., markierte einen wichtigen Abzweigpunkt in der sozialen Entwicklung von *Homo sapiens*. Tatsächlich

ist dies der Punkt, der typischerweise als die „Geburtsstunde“ der Zivilisation verstanden wird. Zum ersten Mal war die Sicherung einer ausreichenden Ernährung für den menschlichen Lebensunterhalt nicht so stark von der natürlichen Versorgung durch lokale Ökosysteme abhängig. Die sichere Bereitstellung geschah durch aktive Planung und Bewirtschaftung von Systemen zur Erzeugung von Nahrungsmitteln (d. h. Bodenbearbeitung, Anpflanzung, Bewirtschaftung des Wasserkreislaufs und Ernte). Alle diese Systeme waren auf die Produktion von lagerfähigen Überschüssen ausgerichtet.

Obwohl es nicht immer zu einem abrupten oder sofortigen Übergang kam, verschaffte der Wandel zur Landwirtschaft den Menschen mehr Kontrolle über ihre Nahrungsversorgung. Ein prometheischer Schritt in unseren scheinbar ständigen Bemühungen, die Natur zu zwingen, unseren Zwecken zu dienen, anstatt sich an die Rhythmen und Unbeständigkeiten der Natur anzupassen. Darüber hinaus bedingte das Wesen der Landwirtschaft die Sesshaftigkeit dieser Gesellschaften. Sie mussten dort ernten, wo sie gesät hatten. Folglich, bot die Landwirtschaft den Anreiz, nomadische Lebensweisen aufzugeben und dauerhafte Siedlungen zu schaffen – zuerst das Dorf, dann die Siedlung und schließlich die Stadt. Man könnte vielleicht sogar sagen, dass die heutigen Industriegesellschaften nur Fußnoten dieser bahnbrechenden Innovation des Neolithikums sind.

Der Übergang zur Landwirtschaft war neben der neuen revolutionären Art und Weise der Nahrungsbeschaffung ebenso eine Revolution in der Energieversorgung. Die Landwirtschaft brachte den menschlichen Gesellschaften einen absoluten Energieüberschuss. Dieser ermöglichte *und* erforderte einen gesellschaftspolitischen Prozess der Komplexifizierung, welchen wir heute noch erleben. Wir sind sowohl Produkt als auch Beteiligte dieses Prozesses. Schon bald nach ihrer Anfangsphase war die landwirtschaftliche Gesellschaft hinsichtlich der Nahrungsbeschaffung pro Hektar weitaus produktiver als Jäger-und-Sammler-Gesellschaften. Die zusätzliche Ausbeutung von Tieren (für Nahrung und Arbeit) sorgte für einen weiteren Energieschub. Dies bedeutete, dass Agrargesellschaften einen wachsenden Anteil von sogenannten Nichtlebensmittelspezialisten

2. Die Rolle von Energie für Zivilisationen

unterstützen konnten. Diese neuen „Spezialisten“ waren wiederum notwendig, um die sich bildende, größere und umfassendere Gesellschaftsform überhaupt erst zu ermöglichen und zu unterstützen.⁹

Da nur die Arbeit von einem Teil der Bevölkerung dieser neuen landwirtschaftlichen Gesellschaften benötigt wurde, um die Gesellschaft zu ernähren, hatte der Rest der Bevölkerung mehr Zeit (und Energie) für andere Dinge. Dazu gehörten die Entwicklung von neuen Technologien, Werkzeugen und Waffen, der Aufbau einer Armee oder institutionalisierter religiöser Aktivitäten, die Herstellung von Kunst und natürlich die Verwaltung, Koordination und Steuerung der wachsenden Aktivitäten der Agrargesellschaft. Die erhöhte Produktivität der Landwirtschaft (eher pro Hektar, als pro Arbeitsstunde) erhöhte auch die Gesamtnahrungsmittelversorgung erheblich. Damit konnte eine wachsende Bevölkerung in einer bestimmten Region in einem Maße ernährt werden, welches für Jäger und Sammler nicht möglich war.¹⁰ Dies ging jedoch zu Lasten einer größeren Anzahl von Landarbeitern, die in absoluten Zahlen länger arbeiteten, als es in paläolithischen Gesellschaften der Fall war. Die Arbeitskosten pro produzierter Lebensmitteleinheit waren in landwirtschaftlichen Gesellschaften höher.

In den nun sesshaften Gesellschaften war der Aufwand von Zeit und Energie für den Bau arbeitsintensiver und dauerhafter Wohnungen nun lohnend und wirtschaftlich – die Vorteile überwogen die Kosten. Mit der Zeit wurde aufgrund dieser Verschiebung auch die Stadt als Ort für kreative menschliche Bemühungen geboren. Dauerhafte Wohnungen wurden ebenfalls notwendig, da die Bevölkerung durch ihre Lebensweise mit den dortigen, notwendigen Infrastrukturen verankert war. Diese Bauten erforderten kontinuierlichen Ausbau und Instandhaltung. Mit dem Schwund von Wäldern aufgrund der Ausweitung der landwirtschaftlichen Flächen gingen auch die Mittel zum Bau von temporären Unterkünften verloren. Die Art von Materialien, die für den Bau von Unterkünften zur Verfügung standen (Stein, Lehm usw.), erforderte ebenso langfristige Investitionen in feste Strukturen.

Der sesshafte Charakter von landwirtschaftlichen Gesellschaften schuf die Voraussetzungen für die *Akkumulation* (von Besitz, Werkzeug, Land

usw.) in einem Ausmaß, das in nomadischen Gesellschaften unerschwinglich oder einfach undenkbar war. Es kam zu Auseinandersetzungen um Grundstücke und Besitztümer, was frühe Formen von Eigentumsrechten und -regeln zur Folge hatte. Diese wiederum erforderten rudimentäre Mechanismen der Durchsetzung, des Schutzes und der Auslegung. So kann Landwirtschaft als ursprünglicher Treiber für die Entstehung von politischen Gesellschaften an sich, und den damit verbundenen verschiedenen Institutionen von Regierung verstanden werden, die diese Gesellschaften benötigen. Kurz gesagt wurden die menschlichen Gesellschaften sozialwissenschaftlich gesehen immer komplexer – der verfügbare Energieüberschuss (in Form von Nahrung, aber auch durch Nutzung von Tieren und nun verfügbarer menschlicher Arbeitskraft) konnte eine größere Vielfalt an sozialen Rollen, Technologien, Bürokratien und Institutionen finanzieren.

Insbesondere die Existenzfähigkeit einer Armee und die Entwicklung effektiverer Waffen führten zu neuen Machtverhältnissen zwischen rivalisierenden menschlichen Gruppen. Agrargesellschaften hatten einen großen Machtvorteil gegenüber Jäger-und-Sammler-Gesellschaften und konnten ihr Territorium im Allgemeinen bei Bedarf, gewaltsam oder anderweitig erweitern. Im Guten wie im Schlechten hatte diese neue militärische Macht, hervorgehend aus dem Energieüberschuss der Landwirtschaft, klare evolutionäre Vorteile: Gesellschaften, die keine Landwirtschaft betrieben, waren anfällig dafür, von anderen Gesellschaften überwältigt zu werden. Kein Wunder also, dass die überwiegende Mehrheit der heute lebenden Menschen in einer von der Landwirtschaft abhängigen Gesellschaft lebt. Da die Agrargesellschaften ihr Territorium – auch heutzutage noch – immer weiter ausbauen, nimmt die Lebensfähigkeit von Jägern und Sammlern von Tag zu Tag ab. Hierin sehen wir einen zwingenden Grund für Gesellschaften absolute Energieüberschüsse anzustreben, um damit eine fortschreitende gesellschaftspolitische Komplexität zu ermöglichen: nicht, weil es die Gesellschaft unbedingt will, sondern weil sonst andere mächtigere Gesellschaften die eigene Lebensweise auszulöschen drohen.

Auch hier war die Analyse so kurz, dass eine Vereinfachung notwendig war. Die wesentliche Dynamik sollte dennoch klar genug sein. Die Lösung

2. Die Rolle von Energie für Zivilisationen

von Problemen verschiedener Bedürfnisse und Größenordnungen, die die menschliche Existenz mit sich bringt, erfordert ausreichend Energie. Darüber hinaus wird die Art und Weise, wie auf die aufgeworfenen Probleme reagiert wird, wesentlich von den verfügbaren Energiequellen beeinflusst. Vor diesem Hintergrund kann die Einführung der Landwirtschaft im Neolithikum sinnvollerweise als Revolution in der Energieversorgung verstanden werden. Die neue Energieversorgung unterstützte die Komplexifizierung der menschlichen Gesellschaften durch Art und Umfang des bereitgestellten Energieüberschusses.

Damit die gesellschaftspolitische Komplexität Bestand haben konnte, musste die Energieversorgung in ausreichendem Maße aufrechterhalten werden. Mit dem unweigerlichen Auftreten neuer Probleme und der Lösungen dieser sowie der Befriedigung weiterer menschlicher Wünsche, stieg die benötigte Rate der Energieversorgung in diesen Gesellschaften an. Diese Dynamik der gesellschaftspolitischen Komplexifizierung treibt den Energiehunger der Menschheit bis heute an (z. B. steigender Energieverbrauch durch Digitalisierung). Denn wenn die Energieversorgung einer Gesellschaft den Anforderungen ihrer zunehmenden Komplexität nicht mehr gerecht werden kann, so kann auch die sozioökonomische Form der Gesellschaft nicht bestehen bleiben. Die entsprechende Gesellschaft müsste sich entweder auf eine reduzierte Energieversorgung einstellen und sich der freiwilligen Einfachheit oder Vereinfachung (*voluntary simplicity*) zuwenden¹¹ – eine Strategie, die wir in späteren Kapiteln betrachten. Oder aber die Gesellschaft verkommt und bricht schließlich zusammen, wenn zusätzliche Probleme auftauchen, für deren Lösung die Gesellschaft keinen ausreichenden Energieüberschuss aufbringen kann.¹²

Diese vorindustriellen landwirtschaftlichen Gesellschaften verfügten über verschiedene Energiequellen, die ihre wachsende Komplexität sozusagen ermöglichten: Verbrennung von Holz (und später Kohle) zum Heizen von Wohnungen, zum Kochen und zum Schmelzen, Raffinieren und Verarbeiten von Metallen; Nahrung für die Aufrechterhaltung von Arbeitskraft durch Mensch und Tier; Wind für Segelboote und irgendwann Windmühlen; und Wasser, unter Schwerkraft über Aquädukte fließend verteilt und zur Versorgung von Wasserrädern verwendet. All dies

trug zu den Energieüberschüssen bei, die zur Unterstützung der wachsenden gesellschaftspolitischen Komplexität erforderlich waren. So stellt etwa die römische Zivilisation ein ausgezeichnetes historisches Beispiel dar. Aber selbst im Verbund verblassen diese Energiequellen im Vergleich zu den Energieüberschüssen, die die Menschheit (oder zumindest Teile davon) seit Mitte des 18. Jahrhunderts zu nutzen begann. Diese neuen Energiequellen ermöglichten eine bis dahin unvorstellbare gesellschaftspolitische Komplexität.

2.3 Fossile Brennstoffe, Industrialisierung und die Geburtsstunde der Kohlenstoff-Zivilisation

War die Landwirtschaft die erste eigentliche Revolution in der menschlichen Energieversorgung, so begleitete die zweite die Welle der industriellen Revolutionen, die im 18. Jahrhundert in England begann. Diese führte bald zur Nutzung des enormen Energiepotenzials der fossilen Brennstoffe: Kohle, dann Öl und später Erdgas. Die Explosion technologischer und wirtschaftlicher Entwicklungen, die mit der Erfindung und Verbesserung der Dampfmaschine begann, veränderte das Leben der Menschen (zumindest in den Industriegesellschaften) auf der Erde grundlegend.¹³ Die Bedeutung dieser Energiewende ist kaum zu überschätzen, und doch ist es leicht, sie als selbstverständlich hinzunehmen. Und dies nicht nur in Bezug auf die *Größenordnung* der jetzt verfügbaren Energie, sondern auch auf die *Art und Beschaffenheit* dieser Energie(formen).

Was die Größenordnung betrifft, wird dies besonders für Öl deutlich. Die Energie in einem Barrel (umgerechnet etwa 159 Liter) Öl entspricht der Größenordnung von drei Jahren menschlicher Arbeitskraft.¹⁴ Und 2019 erreichte der globale Ölverbrauch über 100 Millionen Barrel pro Tag.¹⁵ Tatsächlich ist diese Zahl so außerordentlich, dass sie es verdient, wiederholt zu werden: Ein einziges Barrel Öl kann die Arbeit verrichten, die drei Jahren menschlicher Arbeit entspricht, und die Menschheit verbraucht derzeit etwa 100 Millionen Barrel *pro Tag* – oder mehr als 36 Milliarden Barrel pro Jahr. Ohne fossile Brennstoffe bräuchte ein Durchschnittsbürger

2. Die Rolle von Energie für Zivilisationen

einer typischen Industriegesellschaft heute die menschliche Arbeit von 50 bis 90 „Energiesklaven“, die an sieben Tagen die Woche, Jahr für Jahr, in acht Stunden Schichten arbeiteten, um den gesamten Energiebedarf seiner energieintensiven Lebensweise zu decken.¹⁶ Um den derzeitigen weltweiten Primärenergiebedarf zu decken, wären über 170 Milliarden solcher „Energiesklaven“ erforderlich. Man halte einen Moment inne, um sich diese Zahlen zu vergegenwärtigen.

Aber die Größenordnung der Energieversorgung durch fossile Brennstoffe ist nur ein Teil der Geschichte. Ihre *einzigartigen Merkmale* sind nicht weniger außergewöhnlich. Die Tragweite der Art und Beschaffenheit fossiler Brennstoffe wird allerdings noch leichter als selbstverständlich betrachtet – oder gar ganz übersehen. Dies lässt sich wohl am deutlichsten mit dem Konzept der „Leistungsdichte“ verdeutlichen. Also der *Geschwindigkeit*, mit der Energie *pro Raumeinheit*, wie etwa Volumen oder Landfläche, beschafft und genutzt werden kann. Um auf das vorherige Beispiel zurückzukommen: Es ist nicht nur die Menge an Energie in jedem Fass Öl, welche Öl zu einer so außergewöhnlichen Energiequelle macht; die weitere Besonderheit, die es (neben Kohle und Gas) von anderen Energiequellen unterscheidet, ist die *sehr hohe Rate oder Geschwindigkeit*, mit der diese Energie *auf relativ kleinem Raum* genutzt werden kann.

Die sehr hohen Leistungsdichten fossiler Brennstoffe spielen eine Schlüsselrolle für die hohen Gesamtraten, mit denen Energiedienstleistungen erbracht werden können. Die Energie, die drei Jahren menschlicher Arbeit entspricht, kann im Falle eines Barrels Öl in nur einem Bruchteil dieser Zeit genutzt werden. Dies ermöglicht Aktivitäten oder Verfahren, die ohne solche Energiequellen einfach nicht realisierbar wären. Beispiele hierfür sind der Hochgeschwindigkeitsflugverkehr, extreme Stadtverdichtung und der Abbau von Ressourcen in Tausenden von Metern unter der Erdoberfläche. Industriegesellschaften können Dinge tun, die in vorindustriellen Gesellschaften unmöglich waren. Selbst wenn diese früheren Gesellschaften über so viele Pferde und Windmühlen verfügt hätten, um den gesamten Energiebedarf für solche Aktivitäten bereitzustellen, hätten die Leistungsdichten dieser Energiequellen nicht ausgereicht, um die Art von physischen Veränderungen zu ermöglichen, die wir heute als

selbstverständlich ansehen. Die Größenordnung physischer Veränderungen ist die eine Sache; die Geschwindigkeit und flächenbezogene oder räumliche Intensität, mit der sie bewirkt wird, ist eine andere – und in jeder Hinsicht sind die durch fossile Brennstoffe ermöglichten Leistungen absolut einzigartig.

Neben den sehr hohen Leistungsdichten heben sich fossile Brennstoffe auch durch einfache Lagerung und Transport von den meisten anderen Energiequellen ab. Es ist schwierig, Sonnen- oder Windenergie zu gewinnen und sie dann einer späteren oder entfernten Nutzung zuzuführen. Fossile Brennstoffe sind hingegen in Formen einsatzbereit, die sich leicht erschließen, speichern und transportieren lassen. Zu diesen bemerkenswerten Merkmalen kommen noch die preislichen Vorzüge (zumindest wenn Externalitäten nicht berücksichtigt werden) und der historische Überfluss hinzu. Es sollte nun deutlicher sein, wie und warum fossile Brennstoffe – sowohl in Bezug auf die Größenordnung *als auch auf die* Art und Beschaffenheit des von ihnen ermöglichten Energieüberschusses – die gesellschaftspolitischen und wirtschaftlichen Ausprägungen und Besonderheiten dessen geformt haben, was wir hier die *Kohlenstoff-Zivilisation* nennen.

An dieser Stelle können wir das Bild einer Metropole bei Nacht aus einem Flugzeugfenster betrachten, um die praktische Bedeutung und Tragweite der vorherigen Analyse hervorzuheben. Das Flugzeug selbst ist vollständig abhängig von der einzigartigen Leistungsdichte von Öl. Und dies nicht nur, um den Treibstoff bereitzustellen, sondern auch, um die gesamte Bandbreite der komplexen Hintergrundaktivitäten, von denen moderne Flugzeuge abhängen, nutzbar zu machen: der Abbau von Rohstoffen und die Herstellung von Kunststoffen; der Bau von Straßen und Start- und Landebahnen; die Entwicklung und Herstellung von Computern und Kommunikationstechnologien, welche die Zehntausende von täglichen Flügen koordinieren; ganz zu schweigen von den weiteren Investitionen, die für Ausbildung der Ingenieure, Informatiker, Piloten und mehr, erforderlich sind. In diesem Geflecht von Abhängigkeiten und Wechselwirkungen dauert es nicht lange, bis man beim Mährescher ankommt, welcher eine Schlüsselrolle für die Ernährung

2. Die Rolle von Energie für Zivilisationen

eines Großteils der Bevölkerung spielt. Diese Maschinen, ebenfalls mit Öl betrieben, knüpfen an die neolithische Innovation der Freisetzung menschlicher Arbeitskräfte für die Nichtelebensmittelspezialisierung an und verstärken deren Wirkung durch die Industrialisierung der Landwirtschaft. Waren in der Vergangenheit im Wesentlichen alle Mitglieder von Jäger-und-Sammler-Gesellschaften notwendigerweise „Ernährungsspezialisten“, ist heute der Anteil der als Bauern benötigten Bevölkerung in einigen industriell hochentwickelten Gesellschaften auf bis zu 2 % gesunken.¹⁷ Während dieses demografischen Übergangs wurden die Menschen durch Maschinen aus dem Land in die Fabriken und Büros der bebauten Umwelt vertrieben. Es ist dieses Bild der Massmigration, das vielleicht am anschaulichsten die enge Wechselwirkung zwischen der durch den Energieüberschuss entstandenen Intensivierung der gesellschaftspolitischen Komplexität und der Urbanisierung des modernen Lebens in der industrialisierten Welt veranschaulicht.

Unter dem Flugzeug liegen die weitläufigen, leuchtenden Vororte – die Ausprägung der Kohlenstoff-Zivilisation am Erdboden. Keine frühere Form der menschlichen Besiedlung war jemals energieintensiver in ihrer Entwicklung und Instandhaltung. Hier sollte ebenso an die langen und vielfältigen Förder- und Produktionsketten gedacht werden, von denen solch eine (Industrie-)Vorstadt abhängt, nicht nur für ihre Entstehung, sondern auch weil diese Lieferketten die weit verbreiteten verbrauchsintensiven Lebensweisen erst ermöglichen: angefangen von der zugrunde liegenden Energieinfrastruktur wie Öl- und Gaspipelines und dem Stromnetz; die Bergbau- und Transportaktivitäten, welche Ressourcen aus der globalen Peripherie in die Stadt- und Vorstadtlandschaften pumpen; über die Endverbraucherprodukte, die über ein ausgedehntes und komplexes Netz von globalen Handelsrouten und -praktiken in die Logistik- und Einkaufszentren verschifft und per LKW transportiert werden; hin zur Herstellung von Fahrzeugen zum Transport von Menschen zu und von Arbeits-, Freizeit- und Tourismusaktivitäten; die Herstellung von Häusern, Küchengeräten, Kunststoffen, Computern, Pharmazeutika, Geräten und Kleidung; die Kühlung von Lebensmitteln; die Warmwasserbereitung sowie die Raumheizung und -kühlung; und dank der aus fossilen

Kohlenwasserstoffen gewonnenen Düngemittel die reichhaltige Versorgung mit Lebensmitteln aus aller Welt, zu jeder Jahreszeit, frei von Schönheitsfehlern durch den freien Einsatz von Pestiziden und Herbiziden aus fossilen Kohlenwasserstoffen. Tatsächlich nimmt diese Auflistung kein Ende, denn in unserer zunehmend globalisierten und vernetzten Weltwirtschaft scheint alles von allem anderen abhängig zu sein. Nichts ist jedoch grundlegender als die fossilen Brennstoffe, die all diese anderen physischen Transformationen ermöglichen. Seht euch einfach in dem Raum um, in dem ihr gerade lest: Es mag nicht immer offensichtlich sein, aber im Wesentlichen ist der Werdegang jedes Gegenstands, den ihr seht, mit fossilen Energiequellen, insbesondere Öl, verflochten.

Das ist die Kohlenstoff-Zivilisation.

Die Menschheit steht heute vor einer Doppelkrise: Zum Klimawandel gesellt sich die Erschöpfung fossiler Brennstoffe. Beide Krisen sind Folge der grundlegenden Abhängigkeit der modernen Welt von der Energiedichte der Fossilen. Doch können die Erneuerbaren die endliche Energiegrundlage der Kohlenstoff-Zivilisation ersetzen?

Die These lautet: Statt allein auf erneuerbare Energie zu setzen, sollten wir uns auf eine Welt des rückläufigen Energiedargebots einstellen sowie auf Energiesuffizienz setzen. Für Industriegesellschaften bedeutet dies eine enorme Herausforderung – mit tief greifenden Implikationen. Denn wir müssen nichts weniger als unser wachstumsbasiertes Gesellschaftsmodell reformieren.

Samuel Alexander ist Dozent an der Universität Melbourne. Er forscht über die sozioökonomischen Auswirkungen des Übergangs zu erneuerbaren Energien. Er ist Autor von zwölf Büchern, darunter *Prosperous Descent* (2015) und *Sufficiency Economy* (2015).

Joshua Floyd ist Fellow für Energie, Systeme und Gesellschaft beim Rescope-Projekt. Er forscht an der Zukunft von Energiesystemen. Seine ausführlichen Texte zu Energie und Gesellschaft sind unter beyonthis-briefanomaly.org verfügbar.

Simon Göß ist Ingenieur für erneuerbare Energiesysteme und Experte für Energiepolitik und -märkte und der Energiewende. Außerdem baut er ein Reallabor für suffiziente Lebensweisen und eine sozial-ökologische Wende auf.