

Das Märchen vom „grünen Kapitalismus“

Bruno Kern

Die Welt im „Zangengriff“

Die Bedrohungsszenarien sind inzwischen hinlänglich bekannt und vielfach veröffentlicht. Ich muss sie deshalb hier nicht im Detail noch einmal erörtern. Die Computersimulationen werden immer genauer, der wissenschaftliche Beirat der Vereinten Nationen für Klimafragen (Intergovernmental Panel on Climate Changes, IPCC) liefert ständig verbesserte Prognosen, die leider keinen Anlass zur Entwarnung geben, im Gegenteil: Die prognostizierten Entwicklungen treten in der Regel schneller ein als ursprünglich angenommen. Die großen Rückversicherungsgesellschaften, also die Versicherer der Versicherungen, sind in ihrem wirtschaftlichen Interesse unmittelbar von zunehmenden Katastrophen aufgrund der Erderwärmung betroffen und geben deshalb regelmäßig entsprechende Studien in Auftrag. Nach Angaben der Münchener Rückversicherung haben sich etwa die Naturkatastrophen, die durch die Erderwärmung wesentlich mitbedingt sind, seit den 1960er-Jahren verfünffacht. Inzwischen gibt es für die Ernsthaftigkeit der Bedrohung einen unverdächtigen Zeugen: das Pentagon selbst! Unter dem Titel *Yodas apokalyptische Visionen* hat *Spiegel online* über eine Klima-Studie des Pentagon berichtet.¹ Das Szenario ist ebenso bedrohlich wie realistisch: Der Golfstrom, der wie eine riesige Warmwasserheizung Milliarden Liter von Tropenwasser in den Norden pumpt, verliert an Kraft, ändert seine Richtung und kollabiert plötzlich ganz. Eisige Winde brausen über Nordeuropa hinweg, verheerende Stürme und Fluten verwüsten die Küsten. Die Wälder sterben ab, die Ebenen an Nord- und Ostsee gefrieren zur Tundra. Die dramatischen Klimaänderungen bringen Menschen und Regierungen in Not. Öl wird knapp, die friedenssichernden Bündnisse erodieren. Blutige Konflikte brechen aus, Kriege um Rohstoffe und Nahrung verwüsten die Kontinente. Innerhalb weniger Jahre gerät die Welt an den Rand der totalen Anarchie. Die Hauptsorge der Wissenschaftler ist, dass der Klimawechsel die Welt innerhalb kürzester Zeit destabilisieren könnte. Durch die enormen Süßwassermengen, die von schmelzenden Gletschern und Polareis freigesetzt werden, könnte der Golfstrom schon in den nächsten Jahren an Kraft verlieren. Die Folge wären verheerende Dürren im Süden der USA, Überschwemmungen in China. Skandinavien würde sich in eine Eiswüste verwandeln, dicht besiedelte Küstenstaaten wie die Niederlande oder Bangladesch würden überflutet. Millionen hungernder Flüchtlinge würden ihre Heimat verlassen und in die reichen Länder drängen.

Länder mit labilen Regierungen wie Pakistan oder Russland könnten versucht sein, ihr Nukleararsenal einzusetzen, um sich Nahrung oder Rohstoffe zu erkämpfen. Die Welt könnte in Anarchie versinken – und das nicht erst in tausend Jahren, sondern innerhalb der nächsten drei Dekaden.

Allerdings ist es wichtig, stets im Blick zu behalten: Der Klimawandel ist nur ein Aspekt – wenn auch einer der dramatischsten – einer umfassenden Biosphärenkrise. Der rasante Verlust an fruchtbarem landwirtschaftlich nutzbarem Boden, das Abnehmen der Humusschicht der Erde, die zunehmende Desertifizierung, das heißt Ausbreitung der Wüsten, der Verlust der Artenvielfalt und damit einhergehend die zunehmende Instabilität der Ökosysteme, die Abnahme der Fischbestände und damit Nahrungsmittelressourcen in den Ozeanen, die zunehmende Entwaldung – all das ist Teil des fortschreitenden Wegbrechens unserer natürlichen Lebensgrundlagen.

¹ Spiegel Online, 22. Februar 2004: www.spiegel.de/politik/ausland/0,1518,287518,00.html.

Die ständige Heraufbeschwörung der tatsächlich apokalyptisch anmutenden Szenarien ist nicht sehr hilfreich und hat eher eine lähmende Wirkung. Entscheidend allerdings scheint es mir zu sein, die Dimension der Herausforderung, die zu bewältigen ist, genau in den Blick zu nehmen, um einen klaren Maßstab zu gewinnen, an dem sich politische Lösungsvorschläge zu messen haben. Unredlich wäre es, sich die Zivilisationskrise der Menschheit so lange kleinzurechnen, bis unsere bescheidenen Reformansätze ihr gegenüber als ausreichend erscheinen. Deshalb ist es wichtig festzuhalten, welche Ziele auf keinen Fall unterschritten werden dürfen.

Beschränken wir uns zunächst der Einfachheit halber auf den Klimawandel: International hat man sich darauf verständigt (Pariser Abkommen 2015), dass die Erderwärmung auf deutlich unter 2 Grad Celsius im Vergleich zum vorindustriellen Niveau beschränkt werden muss, um den Klimawandel noch in einigermaßen kontrollierbaren Grenzen zu halten. Anzustreben seien 1,5 Grad Celsius. Aus den Berichten des Weltklimarates, aber auch aus entsprechenden Analysen von Wissenschaftlern des Potsdamer Instituts für Klimaforschung² lässt sich herleiten, dass bis zum Jahr 2050 vom wichtigsten Treibhausgas, nämlich Kohlendioxid, noch ein Budget von etwa 500 Gigatonnen (500 Mrd. Tonnen) verbleibt, das emittiert werden darf. Wenn man nun dieses Budget nach der Maßgabe auf die Weltbevölkerung verteilt, dass jedem Menschen auf der Erde dasselbe Maß an Naturnutzung zusteht (Umweltraum-Konzept von Hans Opschoor), dann bedeutet das etwa für die Bundesrepublik Deutschland mit einem Anteil an der Weltbevölkerung von 1,2 Prozent und einem derzeitigen jährlichen CO₂-Ausstoß von etwa 790 Mio. Tonnen, dass die Kohlendioxid-Emissionen sofort und dauerhaft auf deutlich weniger als ein Viertel zu reduzieren wären! Ähnliches gilt für die meisten europäischen Industrieländer (für die USA stellt sich diese Situation aufgrund des wesentlich höheren Emissionsniveaus pro Kopf noch verschärft dar). Die selbstgesetzten Klimaziele etwa der Europäischen Union, aber auch der meisten einzelnen Länder, sind von dieser Zielvorgabe weit entfernt. Sie können also nicht unseren Maßstab bilden. Dies gilt es bei der Beurteilung politischer Maßnahmen und Strategien stets im Auge zu behalten.

Um einen Anstieg der globalen durchschnittlichen Temperatur um über zwei Grad Celsius zu verhindern, muss die Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre auf maximal 400 ppm („parts per million“) und das Kohlendioxid-Äquivalent aller Treibhausgase (zum Beispiel Methan) zusammengenommen auf maximal 490 ppm stabilisiert werden. Zumindest der erste Wert ist aber bereits erreicht! Das heißt aber, dass wir neben der raschen und drastischen Reduzierung des Ausstoßes von Treibhausgasen darauf angewiesen sind, bereits freigesetzte Mengen zu binden und die Kapazität von Kohlendioxid-Senken zu vergrößern. Wiederaufforstung im großen Stil, die Neubewässerung von trockengelegten Sumpfbereichen, Neuschaffung von Terra preta, usw. sind Maßnahmen, die beherzt in Angriff genommen werden müssen. Zu bedenken ist dabei, dass dies Flächen in Anspruch nimmt, die dann anderweitig nicht mehr zur Verfügung stehen. Mit äußerster Skepsis ist allerdings das genannte „geo-engineering“ zu betrachten, das heißt die Beeinflussung des Klimas bzw. bestimmter Klimafaktoren durch großtechnische Eingriffe wie etwa den Eintrag von Schwefelpartikeln in die Atmosphäre, das Anbringen riesiger das Sonnenlicht reflektierender Flächen aller Art, die „Düngung der Ozeane“ durch Eisenspäne, usw. Diese Methoden wären, in die Tat umgesetzt, völlig unverantwortliche Großexperimente mit höchst ungewissem Ausgang und werfen zudem äußerst delikate geopolitische Fragen auf. Auch CCS (carbon capture and sequestration = CO₂-Abscheidung und -speicherung) mit unterschiedlichen chemischen Verfahren ist jedenfalls nicht der Königsweg. Abgesehen davon, dass die entsprechenden Verfahren sich noch in einem frühen Entwicklungsstadium befinden, sind sie nur sinnvoll an großen Kohlendioxidquellen (Kraftwerken). Sie erhöhen zudem zunächst den Energiebedarf erheblich, vor allem aber ist die Frage

² Vgl. etwa Malte Meinshausen, „Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2°C, in: nature 458 (30. April 2009).

der sicheren Endlagerung des Kohlendioxids in großem Stil völlig ungelöst. Den künftigen Generationen könnte hier ähnlich wie im Fall der Atomenergie ein nicht zu verantwortendes Risiko aufgebürdet werden.³

Die noch vorhandenen fossilen Bodenschätze binden schätzungsweise etwa 15.000 Gigatonnen Kohlendioxid. Das heißt aber: Ausgehend vom Gesamtbudget an Kohlendioxid, das wir maximal noch emittieren dürfen, müssen etwa 70 Prozent der Kohle, 30 Prozent des Erdgases und 30 Prozent des noch vorhandenen Erdöls im Boden bleiben, um das Weltklima innerhalb kontrollierbarer Grenzen stabil zu halten! Das Ende des fossilen Zeitalters ist inzwischen endgültig eingeläutet.

Allerdings: Diese „normative Knappheit“ der fossilen Ressourcen, das heißt die Tatsache, dass sie schlicht nicht mehr verbrannt werden dürfen, wird begleitet von einer immer stärker spürbaren faktischen Knappheit! Wenn auch der Prozess der allmählichen Erschöpfung dieser nicht erneuerbaren fossilen Energiequellen nicht schnell genug voranschreitet, dass sich damit das Problem der Erderwärmung quasi von selbst lösen würde und unser politisches Handeln deshalb nicht ersetzen kann, so schränken sich unsere Handlungsspielräume dadurch zunehmend ein. Zu bedenken ist auch: Andernorts, nämlich im globalen Süden, ist die Knappheit der fossilen Ressourcen längst im Alltag spürbar. Der Blick der reichen Industrieländer, die über genügend Kaufkraft verfügen, um sich die knapper werdenden Ressourcen in überproportionalem Maß anzueignen, ist in dieser Hinsicht getrübt. Die kapitalistische Weltwirtschaft hängt immer noch zu mehr als 80 Prozent von nicht erneuerbaren Energiequellen ab. Sie deckt Angaben der Internationalen Energieagentur zufolge ihren Primärenergiebedarf zu 35 Prozent aus Erdöl, zu 25 Prozent aus Kohle, zu etwa 20 Prozent aus Erdgas und zu etwa 6 Prozent aus Atomenergie. Gerade Erdöl ist für das internationale Transportsystem und damit für den global integrierten Kapitalismus mit seiner etablierten internationalen Arbeitsteilung essenziell. Der „Peak“ der Erdölförderung, zumindest was die konventionellen Ölfelder betrifft, ist inzwischen erreicht.⁴ Darüber kann auch der nun bereits einige Jahre anhaltende Fracking-Boom in den USA nicht hinwegtäuschen, im Gegenteil: Im Grunde ist dieser verzweifelte Versuch, mit großem finanziellen und energetischen Aufwand und unter Inkaufnahme von großen Umweltschäden im Gestein abgelagertes Öl und Gas herauszusprenken, die Bestätigung dafür, dass diese Ressource nun zur Neige geht. Bei der Erschließung unkonventioneller Quellen, etwa der kanadischen Ölsande, ist es fraglich, wie hoch der Nettoenergieoutput noch ist, wenn man den energetischen Aufwand der Erschließung, der Aufbereitung, den Transport, usw. in die Bilanz mit einbezieht – von den verheerenden Umweltschäden ganz zu schweigen.

Welche dramatischen Auswirkungen die zunehmend spürbare Knappheit von Erdöl auf die Ökonomie haben kann, darüber belehrt uns eine sicherheitspolitische Studie der deutschen Bundeswehr:

„Der Peak Oil kann dramatische Konsequenzen für die Weltwirtschaft haben. Das Ausmaß dieser Konsequenzen wird sich – nicht nur, aber eben auch – durch einen Rückgang des Wachstums der Weltwirtschaft messen lassen. [...] Ein ökonomischer Tipping Point besteht dort, wo – zum Beispiel infolge des Peaks – die Weltwirtschaft auf unbestimmte Zeit schrumpft. In diesem Fall wäre eine Kettenreaktion die Folge, die das Wirtschaftssystem destabilisiert [...]. Mittelfristig bricht das globale Wirtschaftssystem und jede marktwirtschaftlich organisierte Volkswirtschaft zusammen [...] Eine auf unbestimmte Zeit schrumpfende Wirtschaftsleistung stellt einen höchst instabilen Zustand dar, der unumgänglich in einem Systemkollaps endet. Die Sicherheitsrisiken einer solchen Entwicklung sind nicht abzuschätzen ...“⁵

³ Vgl. dazu Ted Trainer, *Renewable Energy Cannot Sustain a Consumer Society*, Springer, Dordrecht 2007, S. 110–111.

⁴ Colin J. Campbell, zitiert bei Minqi Li, *The Rise of China and the Demise of the Capitalist World-Economy*, Pluto Press, London 2008, S. 149.

⁵ Zentrum für Transformation der Bundeswehr, *Peak Oil – Sicherheitspolitische Implikationen knapper*

Auch die anderen wesentlichen fossilen Energiequellen (Erdgas, Kohle) gehen schneller zur Neige, als man noch vor einigen Jahren annehmen durfte. Die Energy Watch Group Germany geht etwa davon aus, dass bis zum Jahr 2050 nur noch ein Drittel der heute jährlich geförderten Erdölmenge zur Verfügung stehen wird. Bei Erdgas sei ab 2035 eine längere Phase der Stagnation des Fördervolumens zu erwarten, bis dann im Jahr 2045 die Fördermenge rapide abnimmt. Und selbst bei Kohle sei ab dem Jahr 2035 mit einem steilen Abfall der Förderung zu rechnen. Das Fördermaximum aller fossilen Energieträger zusammengenommen wird für das Jahr 2025 prognostiziert.⁶

Die Situation, in der wir uns befinden, kann man zutreffend als eine „Zangengriffkrise“ bezeichnen:⁷ Wir sind gleichsam gefangen zwischen der drohenden Gefahr der Klimakatastrophe einerseits und der immer deutlicher spürbar werdenden Erschöpfung der fossilen Energiequellen und anderer wichtiger Ressourcen wie mineralischer Rohstoffe andererseits. Wenn man die beiden Seiten des Dilemmas nicht gleichzeitig im Auge behält, dann wird man sich zwangsläufig in eine Sackgasse verlaufen und „Lösungen“ anstreben, die an dieser Situation völlig vorbeigehen. Paradigmatisch dafür sind zwei prominente Studien, deren grundsätzliche Schwäche darin liegt, dass sie jeweils eine Seite des Dilemmas aus den Augen verloren haben: Der „Hirsch-Report“, den Robert Hirsch im Auftrag des US-Energieministeriums erstellt hat, stellt eine Peak-Oil-Strategie dar, die den Klimawandel völlig ausblendet. Die Lösungsvorschläge konzentrieren sich darauf, das fossile Zeitalter möglichst lange zu strecken bzw. die auf fossiler Energie basierende Infrastruktur möglichst lange aufrechtzuerhalten, zum Beispiel durch Treibstoffgewinnung aus Kohleverflüssigung.⁸ Anders der prominentere Stern-Report, von Nicholas Stern im Auftrag der britischen Regierung erstellt. Seine Modelle zur Finanzierung von Maßnahmen, um den Klimawandel einzudämmen, unterstellen ein Wirtschaftswachstum, das nur auf der Basis einer weiteren uneingeschränkten Verfügbarkeit von fossiler Energie möglich ist.⁹ Beide Studien sind auf einem (dem jeweils anderen) Auge blind, ihre Lösungsvorschläge daher unrealistisch und unbrauchbar.

Im Hinblick auf unseren Energieumsatz insgesamt ist überdies auf einen wenig beachteten Zusammenhang hinzuweisen: Das prekäre Gleichgewicht innerhalb der Atmosphäre scheint gegenwärtig vor allem durch die Erhöhung des Kohlendioxidanteils gefährdet zu sein. Darüber hinaus ist aber eine grundsätzliche Grenze zu bedenken: Letztlich gibt jede energetische Aktivität des Menschen Wärme an die Umwelt ab und muss sich in Grenzen bewegen, die das natürliche, durch die Sonnenstrahlung bedingte Gleichgewicht nicht wesentlich beeinträchtigen. Die Obergrenze hierfür wird mit einem Prozent der Energiezufuhr angegeben, die wir durch das Sonnenlicht erhalten. Das heißt: Da das atmosphärische Gleichgewicht eine wesentliche Existenzbedingung der Menschheit ist, wird deren Energieumsatz insgesamt, unabhängig von Kohlendioxidausstoß, begrenzt sein müssen.¹⁰

Die Erschöpfung mineralischer Rohstoffe, die teilweise für unsere Infrastruktur, unsere technische Ausrüstung und unseren Lebensstil schier unverzichtbar sind, verschärft die Situation erheblich. Während Metalle wie etwa Eisen oder Bauxit in dieser Hinsicht unproblematisch sind, weil sie in ausreichender Menge und leicht abbaubar in der Erdkruste vorhanden sind, ist die Situation hinsichtlich anderer Metalle äußerst prekär. Die künftige Knappheit macht sich teilweise bereits

Ressourcen, Hamburg 2010, S. 47–50.

⁶ Minqi Li, ebd., S. 148 ff.

⁷ Vgl. Saral Sarkar, *Die Krisen des Kapitalismus. Eine andere Studie der politischen Ökonomie*, AG SPAK Bücher, Neu-Ulm 2010, S. 318 ff.

⁸ www.mnforsustain.org/oil_peaking_of_world_oil_production_study_hirsch.htm (aufgerufen am 8. 1. 2019)

⁹ Nicholas Stern, *The Economics of Climate Change. The Stern Review*, Cambridge University Press, Cambridge 2007. Zur Kritik vgl. vor allem Tim Jackson, *Wohlstand ohne Wachstum. Leben und Wirtschaften in einer endlichen Welt*. Hg. von der Heinrich-Böll-Stiftung, oekom verlag, München 2011, S. 74–75.

¹⁰ Vgl. hierzu Annette Schlemm, *Die neuen Grenzen des Wachstums, Teil 1 oder: Ist Photovoltaik umwelt- und klimaverträglich?*, in: www.streifzuege.org, S. 46.

bemerkbar. Daten des US Geological Survey¹¹ zeigen, dass zum Beispiel für Kupfer, Zink, Platin, Cadmium, Zinn, Chrom, Molybdän und Nickel der „Peak“, also der Förderhöhepunkt, ab dem die Förderung dann kontinuierlich abnimmt, in den nächsten drei bis vier Jahrzehnten erreicht sein wird. Die Knappheit betrifft Metalle, die kaum aus unserer Infrastruktur wegzudenken sind, wie etwa Kupfer, das wegen seiner hohen Leitfähigkeit in der Verteilung von Strom und Daten, aber auch im Baubereich Anwendung findet. Sie betrifft aber auch Metalle und sog. „seltene Erden“, die gerade für die Umstellung auf erneuerbare Energien wesentlich sind und teilweise als nicht substituierbar gelten (Cadmium und Neodym im Bereich der Solar- und Windenergie, Lithium für Elektromotoren, Platin für Brennstoffzellen ...).

In diesem Zusammenhang ist auch zu bedenken, dass es Grenzen des Recyclings gibt. Metalle werden oft so dissipativ verwendet (z. B. Zink in Lacken), dass kein Recycling möglich ist. In vielen anderen Fällen ist ein Recycling zwar grundsätzlich möglich, wäre aber mit einem zu großen Energie- und Rohstoffverbrauch verbunden, um noch wirtschaftlich sinnvoll zu sein. Den Autoren eines Berichts an den Club of Rome zufolge gehen im Schnitt 70 Prozent der jährlichen Metallproduktion nach einmaligem Gebrauch verloren. Von den 3 Prozent, die recyclet werden, sind nach zehn „Lebenszyklen“ nur noch 0, Prozent im Einsatz.¹² Natürlich kann die Recyclingrate durch technische Entwicklung und steigende Preise verbessert werden, aber Recycling kann das Problem nur aufschieben, nicht lösen.

Ökokapitalistische Illusionen

Der Mythos der Informations- und Dienstleistungsgesellschaft

In den Kernländern der kapitalistischen Weltwirtschaft machen sogenannte „Dienstleistungen“ zwei Drittel des Bruttoinlandsprodukts aus. In den frühen 1980er-Jahren wurde bereits darauf hingewiesen, dass in den USA 60 Prozent der Beschäftigten in der einen oder anderen Form nur Information verarbeiten.¹³ Solche Statistiken sollten beweisen, dass nachhaltiges Wachstum möglich ist, da es in hinreichendem Maße vom Ressourcenverbrauch abgekoppelt werden könne. Der Kapitalismus werde auf diese Weise zunehmend „entmaterialisiert“, was eine fortgesetzte Kapitalakkumulation ohne gleichzeitigen Anstieg des Rohstoffverbrauchs ermögliche. Abgesehen davon, dass der Begriff „Bruttoinlandsprodukt“ (BIP) höchst problematisch ist, weil sogar fiktive Transaktionen, ja selbst Katastrophen und deren Folgekosten darin enthalten sind, sollten wir die Tatsache nicht übersehen, dass die alten energie- und rohstoffintensiven Wirtschaftszweige von den entwickelten Industrieländern in Entwicklungs- oder osteuropäische Länder verlegt werden. Die hoch entwickelten industriellen Ökonomien wachsen dann stärker durch Sektoren wie Banken, Versicherungen, Datenverarbeitung, Forschung und Entwicklung, Verkauf und Lizenzvergabe von Patenten als beispielsweise durch Bergbau und Stahlproduktion. Aber das ist ein Nullsummenspiel. Ihre Bilanz –

¹¹ Eine entsprechende Tabelle ist etwa wiedergegeben in: Minqi Li, ebd., S. 164. Für 32 wichtige Metalle sind hier die weltweiten Reserven (das heißt die bekannten Lagerstätten von heute rentabel abbaubaren Vorkommen), die Ressourcen (das heißt die darüber hinaus bekannten oder vermuteten Lagerstätten, die zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht rentabel zu erschließen sind), die derzeitigen jährlichen Abbauraten und die daraus errechnete Dauer bis zur Erschöpfung dieser Vorkommen aufgelistet.

¹² Dennis Gabor/Umberto Colombo/Alexander King/Ricardo Galli, *Das Ende der Verschwendung – Zur materiellen Lage der Menschheit. Ein Tatsachenbericht an den Club of Rome*, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart 1976, S. 144 f.

¹³ John Naisbitt, *Megatrends – Ten New Directions Transforming Our Lives*, Warner Books, New York 1982, S. 14.

nämlich das Verhältnis von Energie- und Rohstoffinput zum BIP – kann dadurch zwar besser aussehen, aber die Bilanz der Weltwirtschaft bleibt unverändert. Einige Dienstleistungen wie etwa Transport und Telekommunikation sind lediglich Erweiterungen von Rohstoff verarbeitenden Sektoren und sehr kapitalintensiv. Andere Dienstleistungen wiederum wie etwa das Finanz- und Versicherungswesen sind in dem Sinne „nicht produktive Sektoren“, dass die daraus resultierenden Einkommen aus der Umverteilung des Mehrwerts aus anderen Sektoren stammen und dass sie für sich genommen keinen Mehrwert produzieren können. Öffentliche Dienstleistungen wie etwa das Gesundheits- und Bildungswesen generieren keine Profite. Ein großer Bereich von Dienstleistungen wie etwa Werbung, Unternehmensberatung, die Unterhaltungsindustrie, der Tourismus, Hotels, Restaurants, usw. wirft zwar Profit für die Investoren ab, ist aber auf eine materielle Infrastruktur wie Gebäude, Büroausstattung und Energieversorgung angewiesen, und der Konsum der in diesen Sektoren Beschäftigten ist gleichfalls mit Material- und Energieverbrauch verbunden. Für eine Einheit Bedürfnisbefriedigung (z. B. Durst löschen) verbraucht ein Daten verarbeitender US-Bürger um ein Vielfaches Mehr an Ressourcen (Coca-Cola in Dosen) als der durchschnittliche Inder (ein Glas Leitungswasser). Der Dienstleistungssektor ist also entweder eine Erweiterung der Material verbrauchenden Sektoren oder hängt von ihnen ab. Die Ausweitung des Dienstleistungssektors kann nicht ohne die Ausweitung der Material verarbeitenden Sektoren erfolgen. Darüber hinaus ist die sogenannte „Entmaterialisierung“ in den kapitalistischen Kernländern die Kehrseite der Produktionsverlagerung in die Peripherie bzw. Semiperipherie bzw. für die Umverteilung des Mehrwerts von der Peripherie und Semiperipherie ins kapitalistische Zentrum. Dies hat bereits der Brundtland-Bericht klar erkannt: „... auch die industriell am meisten fortgeschrittenen Wirtschaften brauchen nach wie vor eine kontinuierliche Versorgung mit Grundfertigwaren. Ob diese im Inland hergestellt oder importiert werden: Ihre Produktion wird weiterhin große Mengen an Rohstoffen und Energie erfordern ...“¹⁴

Mythos Effizienzrevolution

Die Energie- bzw. Rohstoffeffizienz setzt das Bruttoinlandsprodukt ins Verhältnis zum Energie- bzw. Rohstoffinput. Bestsellerautoren wie etwa Amory Lovins und im deutschsprachigen Raum vor allem Ernst Ulrich von Weizsäcker stellten uns zum Beispiel Effizienzsteigerungen um das Vierfache in Aussicht, die es uns ermöglichen sollten, bei entsprechend geringerem Naturverbrauch unser Wohlstandsniveau aufrechtzuerhalten.¹⁵ Einer kritischen Überprüfung halten diese populistischen Versprechungen allerdings nicht stand. Durchaus beeindruckende und suggestive Einzelbeispiele können nicht darüber hinwegtäuschen, dass eine Gesamtbilanzierung ausbleibt. Ted Trainer weist darauf hin, dass selbst diese Einzelbeispiele lediglich 50 Prozent an Verbrauchsreduktionen plausibel erscheinen lassen.¹⁶ Dass bei diesen Publikationen der empirische Befund recht großzügig vernachlässigt wird, ist schlicht dem Grunddogma zu verdanken, das auf keinen Fall infrage gestellt werden darf: dass nämlich der Bevölkerung in den reichen Industrieländern keinesfalls die Wahrheit zugemutet werden darf, dass unser Wohlstand unter der Maßgabe eines nachhaltigen Wirtschaftens nicht aufrechtzuerhalten ist. In dankenswerter Offenheit spricht dies Ernst Ulrich von Weizsäcker aus:

¹⁴ Vgl. Volker Hauff (Hg.), *Unsere gemeinsame Zukunft: Brundtland-Bericht*, Eggenkamp Verlag, Greven 1987, S. 216 (Übersetzung sprachlich leicht geglättet).

¹⁵ Vgl. Paul Hawken/Amory Lovins/L. Hunter Lovins, *Natural Capitalism. Creating the Next Industrial Revolution*, Little, Brown and Company, New York 2000; Ernst Ulrich von Weizsäcker./Amory Lovins/ L. Hunter Lovins, *Faktor Vier: Doppelter Wohlstand – halbiertes Naturverbrauchen. Der neue Bericht an den Club of Rome*, Droemer Knauer, München 1995.

¹⁶ Ted Trainer, *Renewable Energy Cannot Sustain a Consumer Society*, Springer, Dordrecht 2007, S. 115–117.

„Europäern, Amerikanern und Japanern zu empfehlen, sich in Sack und Asche zu kleiden und auf Wohlstand und Fortschritt zu verzichten, ist eine zum Scheitern verurteilte Strategie. Also sollte die neue Wirtschaftsweise den Charakter eines ‚neuen Wohlstandsmodells‘ haben, um politisch durchsetzbar zu sein.“¹⁷ Die Wahrheit wird also hier dem Opportunismus der politischen Durchsetzungsfähigkeit geopfert, dem Tabu, dass an unserem Lebensstil auf keinen Fall gerüttelt werden darf.

Grundsätzlich gilt: Verbesserungen der Energieeffizienz sind nicht unbegrenzt. Sie unterliegen dem Gesetz des abnehmenden Ertragszuwachses. Das heißt: Je mehr Effizienzpotenzial bereits ausgeschöpft wurde, umso schwieriger wird es, weitere Potenziale zu erschließen. Diese Gesetzmäßigkeit kann auch empirisch nachvollzogen werden: In Industrieländern wie Deutschland oder Japan kann man beobachten, dass nach beeindruckenden Steigerungen der Energieeffizienz ab Mitte der Siebzigerjahre (um etwa 1,3 Prozent jährlich) nun keine weiteren nennenswerten Effizienzerfolge erzielt werden konnten. Ein guter Teil der Effizienzsteigerungen ist dabei schlicht auf eine verbesserte Treibstoffqualität zurückzuführen – ein Faktor also, auf den wir zukünftig ohnehin nicht mehr bauen können. In Deutschland und in der Eurozone insgesamt ist seit etwa dem Jahr 2000 eine Stagnation zu beobachten, in Japan sogar schon seit Beginn der Neunzigerjahre. Für Deutschland gibt etwa das Statistische Bundesamt für den Zeitraum von 1990 bis 2008 eine Effizienzsteigerung von insgesamt 40 Prozent an (das entspricht etwa einem Faktor 1,4), wobei hier der Sondereffekt der Abwicklung der recht ineffizienten industriellen Infrastruktur der DDR bereits mit eingerechnet ist. Chinas Energieeffizienz verbesserte sich in den 1980er- und 1990er-Jahren in hohem Tempo, doch ab 2002 ist wieder ein Rückgang zu verzeichnen.¹⁸ Die umfassendste Studie dazu ist wohl die von Lightfoot und Green.¹⁹ Obwohl die beiden Autoren von recht optimistischen Annahmen ausgehen, schätzen sie das weltweite Effizienzpotenzial vom Bezugsjahr 1990 aus gerechnet bis zum Ende unseres Jahrhunderts (also bis 2100!) weltweit auf 250 bis 330 Prozent. Dabei ist zu bedenken, dass diese globale Studie alle Weltregionen mit einschließt, also auch den größeren Teil des Planeten, auf dem noch wenig Effizienzpotenziale erschlossen sind. Daraus darf man keine Rückschlüsse auf die reichen Industrieländer mit ihrem bislang schon erreichten Niveau ziehen.²⁰

Die Verbesserung der Energie- und Ressourcenproduktivität wird aber in Zukunft noch deutlicheren Restriktionen unterliegen: Erneuerbare Energien spielen eine zunehmend bedeutende Rolle bei der Energieversorgung weltweit. Diese weisen aber insgesamt eine deutlich geringere Energiedichte und damit einen wesentlich geringeren Nettoertrag auf als die noch zur Verfügung stehenden fossilen Quellen. Auch Prozesse wie die Umwandlung von Elektrizität in Wasserstoff und andere Speichertechniken sind mit hohen Energieverlusten verbunden. So liegt es nahe, dass sich mit zunehmendem Einsatz erneuerbarer Energien die Energieeffizienz eher verschlechtert.

Nimmt man die Ressourcen insgesamt, also etwa auch die mineralischen Rohstoffe oder die Erträge in der Landwirtschaft, in den Blick, so fällt die Prognose noch pessimistischer aus. Der bereits erwähnte Brundtland-Bericht meint, „einige günstige Trends“ feststellen zu können, die angeblich beweisen, dass „künftige Strukturen land- und forstwirtschaftlicher Entwicklung, des Energieverbrauchs, der Industrialisierung und menschlicher Siedlung [...] weit weniger materialintensiv werden [...] und daher

¹⁷ Ernst Ulrich von Weizsäcker, *Erdpolitik. Ökologische Realpolitik an der Schwelle zum Jahrhundert der Umwelt*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1992, S. 12.

¹⁸ Vgl. hierzu insgesamt: Minqi Li, *The Rise of China and the Demise of the Capitalist World-Economy*, Pluto Press, London 2008, S. 160–162.

¹⁹ H. Douglas Lightfoot/Christopher Green, *Energy Efficiency Decline. Implications for Stabilisation of Atmospheric CO₂-Content*, Centre for Climate and Global Change Research, Report No. 2001-7, McGill University, Montreal 2006.

²⁰ Vgl. Minqi Li, *The Rise of China and the Demise of the Capitalist World-Economy*, Pluto Press, London 2008, S. 162.

leistungsfähiger für Wirtschaft und Umwelt“ sind.²¹ Im achten Kapitel werden unter der Überschrift „Industrie: Mit weniger Aufwand mehr produzieren“ zur Untermauerung dieser Behauptung Daten aus der Periode zwischen den 1960er- und 1980er-Jahren angeführt. Andere Forscher und Forscherinnen stellen ausgehend von den makroökonomischen Daten eine gegenteilige Entwicklung fest. F. E. Trainer etwa führt vergleichende Daten aus der Nachkriegszeit bis Ende der 1970er-Jahre an, um zu belegen, dass der technologiebedingte Ertrag in der Form von Ressourcenproduktivität im Allgemeinen sinkt.²² So stiegen zum Beispiel zwischen 1963 und 1977 die jährlichen Investitionen in die US-amerikanische Bergbauindustrie (inflationsbereinigt) um 130 Prozent, aber in Tonnage gemessen stieg die Produktion nur um 38 Prozent an.²³ Dennis Meadows bestätigte dies 1998 in einem Interview: „Wir müssen bereits immer mehr Kapital einsetzen, um Zugang zu den Rohstoffen zu erhalten.“²⁴ In der industrialisierten Landwirtschaft werden immer mehr Düngemittel und nicht erneuerbare Energie benötigt, um die gleiche Menge an Getreide zu produzieren. 1950 erbrachte der Einsatz einer zusätzlichen Tonne Dünger durchschnittlich 14,8 zusätzliche Tonnen Getreide, doch 1980 lag dieser zusätzliche Getreideertrag bei nur 5,8 Tonnen.²⁵

Auch die Erschließung mineralischer Rohstoffe wird immer energieaufwändiger. Saral Sarkar hat dies bereits als einen wesentlichen Faktor für den ökonomischen Niedergang der Sowjetunion herausgestellt.²⁶ Um die wirtschaftlichen Schwierigkeiten der ehemaligen Sowjetunion zu erklären, schrieb Abel Aganbegyan, der damalige führende Wirtschaftsberater Gorbatschows, 1988 Folgendes: „In der Periode von 1971 bis 1975 stieg das Abbauvolumen in der Bergbauindustrie um 2 Prozent, in der Periode 1981 und 1985 aber nur um 8 Prozent. Dieser Rückgang in der Wachstumsrate hing in erster Linie mit der Verschlechterung der geologischen und ökonomischen Bedingungen des Bergbaus zusammen. Mit ihrer groß angelegten Bergbauindustrie [...] erschöpft die Sowjetunion rapide die zugänglichsten ihrer Naturressourcen. Um das Abbauvolumen zu erhalten, ist es notwendig, tiefer zu schürfen, neue Lagerstätten zu entdecken und zu weniger günstigen Flözen zu ziehen. Die Lagerstätten in den bewohnten Regionen des Landes sind schon jetzt nicht mehr ausreichend, um unseren Bedarf zu decken, und in vielen von ihnen sinkt schon das Abbauvolumen. Es ist also notwendig, neue Lagerstätten im Norden und in den östlichen Regionen zu entdecken, Transportverbindungen zu bauen, neue Städte aus dem Boden zu stampfen, neue Territorien zu erschließen und Menschen dahin zu locken.“²⁷

In dieser Hinsicht jedenfalls – und vermutlich nicht nur in dieser Hinsicht! – hat der Zusammenbruch der Sowjetunion den Zusammenbruch der weltweiten kapitalistischen Ökonomie lediglich vorweggenommen, denn die aufwändigere Erschließbarkeit, der geringere Metallgehalt von Erzen, die schwierigere und mit erheblichem Energieaufwand verbundene Ausbeutung von zur Neige gehenden Ölquellen, usw. gilt allgemein und ist in die Berechnungen der Ressourcenproduktivität mit einzubeziehen.

Eigentlich reicht, um dies einzusehen, der gesunde Menschenverstand aus. Ohne Zweifel steigert bereits die Beendigung der Verschwendung die Ressourcenproduktivität. Und auch durch gelegentliche geniale Erfindungen und Innovationen kann sie in einigen technologischen Bereichen erhöht werden. Aber alle Technologien erreichen irgendwann ihr Optimum. Danach beginnt das

²¹ Volker Hauff (Hg.), *Unsere gemeinsame Zukunft: Brundtland-Bericht*, Eggenkamp Verlag, Greven 1987, S. 92 f.

²² F. E. Trainer, *Abandon Affluence*, ZED Books, London 1985, S. 211.

²³ Ebd. S. 51.

²⁴ DIE ZEIT, 19. Februar 1998.

²⁵ Lester R. Brown, „Securing Food Supplies“, in: ders. u. a. (Hg.), *State of the World*, World Watch Institute, New York 1984, S. 179.

²⁶ Saral Sarkar, *Die nachhaltige Gesellschaft. Eine kritische Analyse der Systemalternativen*, Rotpunkt, Zürich 2001, S. 43–90.

²⁷ Zitiert in: ebd., S. 52.

Gesetz vom abnehmenden Ertragszuwachs zu greifen. Ein paar isolierte Erfolge können über die Gesamtsituation leicht hinwegtäuschen. Ein Auto braucht heute weniger Benzin pro Kilometer als vor etwa 15 Jahren. Aber die US-amerikanische Ölindustrie muss mehr Energie und Material einsetzen, um in Alaska Öl zu gewinnen und es zu den Verbrauchern zu transportieren, als es für das Öl aus Pennsylvania erforderlich war. Im Ergebnis verschlechtert sich das Input-Output-Verhältnis bei Energie.

Dazu kommt, dass im Verbrauch sparsamere Autos bereits in der Herstellung wesentlich mehr Energie verbrauchen: Der VW-Konzern etwa hat ein Auto entwickelt, das nur drei Liter Benzin auf 100 km verbraucht. Sein geringeres Gewicht verdankt es dem Einsatz von Aluminium und Magnesium. Um diese Leichtmetalle zu produzieren, müssen viel mehr Energie und Rohstoffe verbraucht werden als bei der Stahlproduktion. „Alle stieren nur auf den Spritverbrauch und merken gar nicht, wie sie das gigantische Rohstoffkarussell noch schneller drehen lassen ... Das funktioniert einfach nicht.“²⁸

Unter den Bedingungen einer kapitalistischen Wirtschaft und ihren in sie eingeschriebenen Gesetzen ist überdies zu bedenken: Jede Errungenschaft hinsichtlich Effizienzsteigerung wird bald vom unaufhaltsamen Prozess der Kapitalakkumulation wieder kompensiert, ja überkompensiert. Dieser sogenannte „Rebound-Effekt“ gilt natürlich auch für die Konsumseite, das heißt: Einsparungen aufgrund von höherer Effizienz, etwa aufgrund von niedrigerem Spritverbrauch, werden durch Mehrkonsum, in diesem Fall mehr Fahrleistung, wieder wettgemacht.

Fred Luks hat mit einer einfachen Rechnung die Hoffnungen auf eine Effizienzrevolution ad absurdum geführt: Wenn der Ressourcenverbrauch in den Industrienationen bis 2050 um einen Faktor 10 sinken soll (was weitgehend Konsens ist), und wenn man gleichzeitig ein bescheidenes, für die Aufrechterhaltung unseres ökonomischen Systems als notwendig erachtetes Wirtschaftswachstum von 2 Prozent jährlich unterstellt, dann müsste die Ressourcenproduktivität (also die Menge an Gütern und Dienstleistungen pro Einheit einer bestimmten eingesetzten Ressource) um den Faktor 27 wachsen! Ein Wirtschaftswachstum von 3 Prozent setzt bereits eine 43-fache Energie- und Ressourceneffizienz voraus. Selbst bei einem sehr bescheidenen Wachstum von nur einem Prozent wäre der Faktor 15 nötig.²⁹ Das ist natürlich meilenweit entfernt von den Faktorrechnungen, die Ernst Ulrich von Weizsäcker glaubhaft zu machen versucht und dabei die intellektuelle Redlichkeit einem Pragmatismus der politischen Durchsetzbarkeit opfert.

Sackgasse Atomenergie

Der Anteil der Atomenergie an der weltweiten Energieversorgung ist insgesamt gering und im Schwinden begriffen. Sie liefert noch etwa 6 Prozent der Primärenergie. Allein der Ressourcenaufwand, der nötig wäre, um diesen Anteil so signifikant zu erhöhen, dass die allmählich versiegenden fossilen Quellen ersetzt werden könnten, und die Potenzierung der Sicherheitsrisiken zeigen, wie absurd dieser Weg wäre. Die erheblichen Sicherheitsprobleme und das bis heute nicht gelöste Problem der Endlagerung des nuklearen Abfalls müssen hier nicht weiter erörtert werden. Der benötigte Rohstoff, nämlich Uran in Form der beiden Isotope U-235 und U-238, ist eine nicht erneuerbare Ressource. Die heute gängigen Reaktoren benutzen U-235, das lediglich 0,7 Prozent der natürlichen Uranvorkommen ausmacht. Beim derzeitigen jährlichen Verbrauch prognostizierte die Energy Watch Group, dass die bekannten Reserven Ende der Dreißigerjahre unseres Jahrhunderts

²⁸ Friedrich Schmidt-Bleek, zitiert in: Joachim Wille, „Die Maschinisten des Wachstums“, in: Frankfurter Rundschau vom 5. Oktober 1999.

²⁹ Fred Luks, „Der Himmel ist nicht die Grenze“, in: Frankfurter Rundschau vom 21. Januar 1997.

aufgebraucht sind, und selbst für die Ressourcen, also die geschätzten möglichen Vorkommen darüber hinaus, ist das Ende in den Siebzigerjahren erreicht.³⁰ Würde man die Stromerzeugung allein auf Atomkraft stützen, so würden die Uranvorräte innerhalb von zehn Jahren aufgebraucht sein. Allein aufgrund der benötigten Zeit für den Bau neuer Reaktoren fällt diese Option zur Schließung der Energielücke aus. In einigen Ländern unternahm man Versuche mit der Technologie des „schnellen Brüters“ (USA, Großbritannien, Frankreich, Japan, Russland; in Deutschland hat man sich noch im Versuchsstadium davon verabschiedet und der französische Reaktor Superphenix, der weltweit größte dieser Art, war während der zehn Jahre seines Bestehens nicht einmal ein ganzes Jahr in Betrieb), bei der durch die Kombination der Isotope U-235 und U-238 Plutonium erzeugt wird. Diese Technik ist aber mit weitaus größeren Sicherheitsproblemen verbunden als die konventioneller Reaktoren. Plutonium gehört zu den giftigsten bekannten Substanzen überhaupt. Die Kühlsubstanz, flüssiges Natrium, explodiert in Kontakt mit Luft oder Wasser.

Auch die Kernfusion, das heißt die Imitation des Verbrennungsvorgangs im Inneren unserer Sonne, hat sich – von der furchtbaren Destruktivtechnologie der Wasserstoffbombe einmal abgesehen – im Lauf der Jahrzehnte als Illusion erwiesen. Für die Energiegewinnung müsste die Kernverschmelzung kontrolliert erfolgen. Sie bedarf einer Initialtemperatur von 200 Millionen Grad Celsius, der kein bekanntes Material auf Erden standhält. Die nötige Beschränkung der Fusion würde mehr Energie erfordern, als der Reaktor erzeugen könnte. Die Reaktion konnte bis heute lediglich für Bruchteile von Sekunden aufrechterhalten werden.³¹

Erneuerbare Energien: unerschöpflich?

Vonseiten einflussreicher ökologischer Vordenker und Organisationen wird oftmals der Eindruck erweckt, erneuerbare Ressourcen seien prinzipiell in so reichem Maß verfügbar, dass alle derzeitigen Konsumbedürfnisse der gesamten Menschheit leicht erfüllt werden könnten. Hermann Scheer, der inzwischen verstorbene Präsident des Verbandes „Eurosolar“ und prominenter Verfechter einer „solaren Weltwirtschaft“, schreibt: „Unvorstellbare Zeiträume sind es also, in denen die Sonne Menschen, Tieren und Pflanzen ihre Energie spenden wird. Und das in derart verschwenderischer Weise, dass sie die üppigsten Energiebedürfnisse sogar einer sich noch drastisch vermehrenden Menschen-, Tier- und Pflanzenwelt befriedigen könnte.“³²

Scheer und mit ihm viele Solar-Enthusiasten leiten diese Hoffnung von der Tatsache ab, dass die Sonne die Erde jeden Tag mit 15.000 mal mehr Energie versorgt, als die Weltbevölkerung derzeit kommerziell verbraucht. (Unter dem Begriff „Solarenergie“ werden dabei alle Energiequellen außer den fossilen und nuklearen zusammengefasst: die Energie des Sonnenlichts, Windenergie, Energie des fließenden Wassers, Energie aus Biomasse usw.) Warum aber haben wir es dann noch nicht geschafft, alle Probleme der Menschheit zu lösen? Immerhin wurde Stromgewinnung durch die Fotovoltaik-Technik bereits 1954 erfunden, Biomassen-Energie wird seit undenklichen Zeiten gebraucht, Windenergie wird seit einigen tausend Jahren benutzt und die Energie des fließenden Wassers seit vielen Jahrhunderten ...

Für die Umwandlung von Sonne, Wind, Biomasse usw. in Strom ist eine industrielle Ausrüstung erforderlich, die in Herstellung und Gebrauch nicht erneuerbare Ressourcen verbraucht. Der Sonnenschein ist an sich zwar eine reiche Quelle an Energie, aber es geht letztlich darum, diese

³⁰ Zitiert bei Minqi Li, *The Rise of China and the Demise of the Capitalist World-Economy*, Pluto Press, London 2008, S. 150.

³¹ Richard Heinberg, *The Party's Over. Das Ende der Ölvorräte und die Zukunft der industrialisierten Welt*, Riemann, München 2004, S. 265.

³² Hermann Scheer, *Solare Weltwirtschaft*, Kunstmann, München 1999, S. 66.

Energie, die uns in Form diffus einfallender Strahlung erreicht, in den gewünschten Formen an gewünschten Orten verfügbar zu machen, nämlich als Strom und flüssigen Kraft- und Brennstoff in den bewohnten Regionen der Erde. Dies wirft die Frage nach einer seriösen Bilanzierung von Input und Output auf und konfrontiert uns bald mit der eigentlich recht banalen Einsicht: Erneuerbar bedeutet eben nicht unbegrenzt! Das soll im Folgenden näher beleuchtet werden.

Die Diskussion um erneuerbare Energien, also Wind- und Sonnenenergie, Biomasse, Wasserkraft, Gezeitenenergie, Geothermie, usw.,³³ wird bei uns meistens von vornherein auf die Erzeugung von Elektrizität beschränkt. Diese macht aber gegenwärtig nur einen relativ geringen Teil unserer Endenergie, der Energie also, die wir konsumieren, aus. Weltweit werden lediglich 16 Prozent der Energie in Form von elektrischem Strom verbraucht, in Deutschland zum Beispiel sind es etwa 20 Prozent. Das heißt: Wenn in Deutschland im Jahr 2018 etwas mehr als 40 Prozent des Stroms aus erneuerbaren Quellen stammten, dann entspricht das lediglich etwas mehr als 8 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs! Nicht berücksichtigt sind, nimmt man allein die Elektrizität in den Blick, vor allem Transport und Verkehr, Raumwärme, Prozessenergie. Diese Engführung in der Diskussion gilt es stets im Auge zu behalten, um die Potenziale erneuerbarer Energien realistisch einzuschätzen.

Viele Energiewendeszenarien haben zudem ihre Schwäche darin, dass sie den Blick auf ein Teilproblem – meist die Elektrizitätsversorgung – fokussieren und dabei andere Probleme ausblenden, den Gesamtzusammenhang nicht herstellen. So steht zum Beispiel der Teil an Biomasse, der etwa in Form von Holzpellets hauptsächlich für die Raumwärme benötigt werden wird, nicht im gleichen Umfang für die Stromerzeugung zur Verfügung. Unterschätzt wird auch die Bedeutung des Verbrauchs landwirtschaftlicher Fläche zur Energiegewinnung: In Zukunft werden wir die Lebensmittelversorgung auf der Grundlage eigener landwirtschaftlicher Nutzflächen sicherstellen müssen und diese nicht mehr nach Übersee auslagern können. Und die Landwirtschaft wird aus ökologischen Gründen und weil das Erdöl zur Neige geht, flächenextensiver und nicht mehr so intensiv wie heute sein. Zu all dem kommt noch hinzu, dass die Auswirkungen des Klimawandels unsere Handlungsspielräume einschränken. In Südwesteuropa, aber auch etwa in Brandenburg, wird viel landwirtschaftliche Nutzfläche verloren gehen. Der Anbau von Energiepflanzen steht heute schon, auch in Deutschland, in spürbarer Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion. Zur energetischen Verwertung steht deshalb vor allem die sekundäre und tertiäre Biomasse, also Grün- und anderer biologischer Abfall, Klärschlamm, usw. zur Verfügung. Energiewendeszenarien sind also nur dann glaubwürdig und brauchbar, wenn sie nicht Einzelprobleme herausgreifen, sondern zusammenhängend denken.

Wer die Situation unvoreingenommen betrachtet, wird sich *folgenden grundsätzlichen Problemen* stellen müssen:

1. Das Potenzial erneuerbarer Energien ist grundsätzlich beschränkt. Erneuerbar heißt eben nicht unerschöpflich. Die hauptsächlichsten erneuerbaren Energiequellen weisen eine wesentlich geringere Energiedichte auf als fossile Quellen (die ja letztlich auch Sonnenenergie sind, allerdings über Hunderte von Millionen Jahren akkumuliert).
2. Neben der knapper werdenden Energie aus fossilen Quellen haben wir es gleichzeitig auch mit einer Verknappung von Rohstoffen zu tun, die dem Ausbau der technischen Voraussetzungen

³³ Im Folgenden nicht eigens erörtert werden Gezeitenenergie, Geothermie, Wasserkraft, usw., also Formen erneuerbarer Energie, die zwar regional von größerer Bedeutung sein können (wie etwa die Wasserkraft in Österreich), aber global gesehen quantitativ einen zu kleinen Beitrag leisten, um für eine Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien besondere Bedeutung zu erlangen. Was die Wasserkraft betrifft, wären Großstaudammprojekte in vielen Regionen (insbesondere am Amazonas) aufgrund ihrer verheerenden ökologischen Auswirkungen (zum Beispiel Abholzung des Regenwalds in großem Stil), aber auch aufgrund der damit verbundenen sozialen Probleme (Vertreibungen einer großen Zahl von Menschen) kritisch zu thematisieren.

- und der nötigen Infrastruktur für erneuerbare Energien zusätzliche Schranken setzt.
3. Das uns zur Verfügung stehende Zeitfenster ist schmal. Es ist fraglich, ob wir angesichts der knapper werdenden Zeit, in der uns die fossile und Rohstoffbasis immer schneller wegbricht, die theoretisch vorhandenen Potenziale wirklich umsetzen können. Die Umstellung auf erneuerbare Energien verbraucht selbst wiederum viel Energie und Ressourcen, die auf fossiler Basis eventuell nicht mehr zur Verfügung stehen. „Im Extremfall würde man damit beginnen, auf breiter Front erneuerbare Systeme zu installieren, nur um auf halbem Wege zu erkennen, dass die erschöpflichen Ressourcen, die man für die Fertigstellung braucht, nicht reichen.“³⁴

Die erneuerbaren Energien werden in ihren Möglichkeiten oftmals so hoch veranschlagt, dass es doch sehr erstaunt, warum sie sich nicht längst schon durchgesetzt haben. Die präsentierten Rechnungen erweisen sich jedoch bei näherer Betrachtung vielfach als höchst unseriös. In die Energiebilanz meistens nicht mit einbezogen werden die Produktionsvoraussetzungen und die erforderliche Infrastruktur insgesamt. Wer eine Energiebilanz ehrlich erstellen will, der müsste – wie in jeder betriebswirtschaftlichen Kostenrechnung auch – anteilmäßig beim Bergbau zur Gewinnung der Rohstoffe, der Herstellung der Fabriken, im Fall von Fotovoltaik der Produktion der Bagger anfangen, die den Sand zur Siliziumherstellung fördern, usw. Ebenso müssen die Instandhaltung, die Wartung und die gesamte Infrastruktur zur Integration in die Stromnetze in die Rechnung mit einbezogen werden. In diesem Zusammenhang wurde in der Fachliteratur der Ausdruck „energy“ für „embodied energy“ geprägt. Einer der wenigen, die so bilanzieren, ist Howard T. Odum.³⁵ Mit Recht klagte die Anti-Atom-Bewegung in ihrer Auseinandersetzung mit den Atomkraftwerksbetreibern eine solche ehrliche Bilanz, die den Gesamtprozess vom Uranabbau bis zur Entsorgung und dem Abbau der Anlagen, und nicht nur den laufenden Betrieb, umfasst, ein, um das Argument zu entlarven, Atomstrom sei der Ausweg aus der Klimakatastrophe. Allerdings müsste man dann auch die intellektuelle Redlichkeit besitzen, diese Rechnung ebenso für die „Erneuerbaren“ aufzumachen.

Der Ökonom N. Georgescu-Roegen unterscheidet zwischen *machbaren* und *lebensfähigen* Energien. „Lebensfähig“ sind nur jene Energiequellen, die sich selber reproduzieren können. Das heißt, Fotovoltaik wäre in dem Maße lebensfähig, als die Produktionsbasis mit all ihren Komponenten und deren zyklische Erneuerung selbst wieder mit Fotovoltaikstrom hergestellt werden könnte. Zur Zeit werden die Anlagen zur Gewinnung von erneuerbarer Energie noch mithilfe der fossilen Energie hergestellt. Erneuerbare Energien partizipieren also heute an der noch in genügendem Maß vorhandenen fossilen Basis. Ihre „Lebensfähigkeit“ im oben genannten Sinne mussten sie noch nicht unter Beweis stellen. Solange Fotovoltaik, Windenergie und andere Formen erneuerbarer Energien nur einen relativ geringen Teil des weltweiten Energieverbrauchs decken, sind sie auf die noch bestehende fossile Energiebasis angewiesen. Sie sind bisher mit der fossilen Energie quasi „mitgewachsen“. Wir stehen nun vor der Herausforderung, unsere gesamte Infrastruktur von fossiler auf erneuerbare Energie umzustellen, was auch den Verbrauch einer großen Menge erschöpflicher Ressourcen mit einschließt. Ob und in welchem Maß sich die erneuerbaren Energien, dann auf sich gestellt, selbst tragen können, bleibt zweifelhaft.

Die *Windenergie* scheint insgesamt unter den erneuerbaren Energiequellen die aussichtsreichste zu sein und eine zweifelsfrei positive Energiebilanz aufzuweisen. Die entsprechenden Berechnungen bewegen sich allerdings ebenfalls in einem breiten Spektrum und veranschlagen den EROEI (energy

³⁴ Andreas Exner/Christian Lenk, „Die ökologische Krise des Kapitals“, in: Streifzüge 44 (November 2008), S. 9.

³⁵ Howard T. Odum, *Environmental Accounting. Energy and Decision Making*, John Wiley, New York 1996. Für die wichtigsten Energiequellen sind die von ihm berechneten Energiegewinnraten auch in einer Tabelle wiedergegeben in: Richard Heinberg, *The Party's Over. Das Ende der Ölvorräte und die Zukunft der industrialisierten Welt*, Riemann, München 2004, S. 252.

return on energy invested, das heißt Energiegewinn im Verhältnis zur eingesetzten Energie) allesamt positiv von etwas mehr als 2 bis 50. Das heißt, innerhalb eines Lebenszyklus einer Anlage gewinnt man das Zwei- bis Fünfzigfache an eingesetzter Energie. Die Leistungsfähigkeit der Anlagen konnte im Lauf der letzten Jahrzehnte erheblich gesteigert werden. Windräder mit einer Leistung von bis zu 5 Megawatt sind keine Seltenheit mehr. Die Berechnung der Energierücklaufzeiten hängt im Falle der Windenergie allerdings stark davon ab, welche Kapazitätsauslastung man zugrunde legt. Die Variabilität, das heißt die Abhängigkeit von wechselnden Windverhältnissen, hat zur Folge, dass etwa in Deutschland die Durchschnittskapazitätsauslastung den optimistischsten Angaben zufolge bei nicht mehr als 22 Prozent liegt, an den besten Standorten bei 35 Prozent. Das Gesamtpotenzial der Windenergie aber ist allein schon deshalb beschränkt, weil es nicht beliebig viele geeignete Standorte gibt. Dabei ist davon auszugehen, dass beim Ausbau der Windenergie zuerst die günstigsten Standorte berücksichtigt wurden und neue Standorte daher tendenziell schlechter sind und knapper werden. Es bedarf durchschnittlicher Windgeschwindigkeiten von annähernd 6 Metern pro Sekunde. Gregor Czich ging in einer Studie aus dem Jahr 2004 davon aus, dass man in Deutschland mittels Onshore-Windenergie etwa 17 Prozent des damaligen Stromverbrauchs decken könnte. Eine Studie für die EU veranschlagt das Onshore-Potenzial auf 23 Prozent des Gesamtstromverbrauchs, eine dänische Studie, die sich auf Europa bezieht, rechnet ein Onshore-Potenzial von 25 Prozent hoch, und die optimistischsten Annahmen schätzen es auf nahezu 30 Prozent. Gregor Czich plädiert aufgrund dieses Befundes für eine heute utopische Ausweitung der Offshore-Anlagen auf bis zu 55 Metern Meerestiefe (Heute nutzt man Wassertiefen bis zu 30 Metern, in der Regel 10 bis 30 Kilometer von der Küste entfernt) und auf Verbundnetze, die ein Drittel der weltweiten Landmasse umfassen (Sibirien, Kasachstan, Marokko ...)! Die großen Verbundnetze sollten die jahreszeitlich bedingte höchst unterschiedliche Verfügbarkeit von Windenergie ausgleichen. Selbst in Dänemark gibt es im Jahr etwa fünfzig Tage lang Flaute und damit kaum Produktion von Windenergie, und in Deutschland beträgt die Auslastung der installierten Windenergieanlagen über mehrere Monate hinweg nur etwa 5 Prozent. Das ist natürlich auch mit erheblich mehr Ressourcenverbrauch und einem höheren Wartungsaufwand verbunden. Bei großen Verbundnetzen, die dafür sorgen sollen, dass weit entfernte Standorte einander optimal ergänzen, ist zu bedenken, dass dies den Aufbau von insgesamt wesentlich mehr Kapazitäten erfordert. Hinzu kommen Verluste durch die langen Übertragungswege.³⁶ Zu bedenken ist die Problematik des Rohstoffverbrauchs. Immerhin sind für eine durchschnittliche Windanlage etwa 150 Tonnen Stahl erforderlich. Gerade in jüngerer Zeit haben Studien auf die Knappheit von seltenen Metallen hingewiesen.³⁷ Für die Generatoren von Windkraftanlagen ist hier insbesondere Neodym von Bedeutung. In Bezug auf die Windenergie gibt James Howard Kunstler insgesamt für die Zukunft zu bedenken: „Wie schaffen wir die seltenen Erze, Chrom, Titan, von den wenigen Stätten ihres Vorkommens zu den Produktionsstätten, wo die Metalllegierungen hergestellt werden, um Windturbinen zu erzeugen? Und was benutzen wir, um die Hochöfen zu betreiben?“³⁸ Angesichts der unsteten Verfügbarkeit von Windenergie stellt sich auch das Problem der Speichertechniken. Die bisher bekannten bzw. derzeit erprobten Speichertechniken sind allesamt nicht unproblematisch. Pumpspeicherkraftwerke mit einem sehr hohen Wirkungsgrad (60 bis 70 Prozent)³⁹ gehen mit einem enormen Landschaftsverbrauch einher, die geeigneten Standorte dafür sind

³⁶ Vgl. dazu mit entsprechenden genauen Quellenangaben: Ted Trainer, *Renewable Energy Cannot Sustain a Consumer Society*, Springer, Dordrecht 2007, S. 11–41.

³⁷ Vgl. dazu etwa Spiegel online, 10. April 2009.

³⁸ James Howard Kunstler, *The Long Emergency. Surviving the End of Oil, Climate Change, and Other Converging Catastrophes of the Twenty-First Century*, Grove Press, New York 2005, S. 128.

³⁹ Wobei oftmals allerdings die optimale Nutzung der Kapazität bei der Berechnung vorausgesetzt wird, das heißt, es wird die idealtypische Situation unterstellt, dass die Speicher gerade in Zeiten von überschüssiger Stromproduktion leer sind und gerade bei Windflauten gefüllt sind.

beschränkt. Für Druckluftspeicherwerkwerke – ohnehin nur für die kurzfristige Speicherung geeignet – fehlen vielfach die Voraussetzungen, weshalb bislang weltweit nur zwei existieren, und die Speicherung mittels Wasserstoff weist bislang einen bescheidenen Wirkungsgrad von etwa 20 Prozent auf. Auch die Erzeugung von Windgas, das heißt die Produktion von Wasserstoff mittels Elektrolyse mithilfe von überschüssigem Windstrom und die Beimengung ins vorhandene Gas bzw. die Anreicherung durch CO₂ zu Methan, ist mit Verlusten von mindestens 30 Prozent verbunden. Allerdings ist hier zu bedenken, dass das bereits bestehende Gasnetz genutzt werden kann, also keine zusätzlichen Infrastrukturkosten anfallen. Dies lässt diese Möglichkeit als sinnvoll erscheinen.⁴⁰

Die Problematik des immer schmaler werdenden *Zeitfensters* lässt sich ebenfalls anhand der Windenergie gut verdeutlichen. Die hochgerechneten theoretischen Potenziale sind teilweise beeindruckend. In den USA etwa gehen optimistische Schätzungen davon aus, dass man mittels Windenergie ca. die Hälfte des Gesamtstromverbrauchs erzeugen könnte. Doch auch wenn dies zutrifft: Es klafft eine große Lücke zwischen diesem theoretischen Potenzial und dem Status quo. Weltweit wird bislang etwa 2 Prozent der Elektrizität mittels Windenergie erzeugt. Ein entsprechender rascher Ausbau würde eine beträchtliche Umschichtung ökonomischer Ressourcen in einer relativ kurzen Zeit und unter hohem Energieaufwand bedeuten – einem Energieaufwand unter dem Vorzeichen der immer schneller wegbrechenden fossilen Basis: Richard Heinberg meint daher: „Betrachtet man nun aber diese Energieinvestition, die man für den Bau all der Windturbinen und andere für den Übergang auf erneuerbare Energien notwendige Infrastrukturmaßnahmen braucht, und bedenkt, dass gleichzeitig das Erdöl immer knapper wird, erkennt man, dass dann keine überschüssige Energie mehr zur Verfügung stünde, um den bisherigen Bedarf der Wirtschaft weiterhin decken zu können.“⁴¹

Windenergie als die aussichtsreichste erneuerbare Energiequelle wird mit Sicherheit erheblich zur Deckung des Strombedarfs beitragen, besonders in Ländern mit Küstenregionen wie Indien, China, Kalifornien, aber auch die Niederlande, Dänemark und Großbritannien. Allerdings zeigen die beschränkten Potenziale gerade dieser chancenreichsten erneuerbaren Energiequelle, dass die erneuerbaren Energien insgesamt die fossilen Quellen bei weitem nicht substituieren werden können.

Fotovoltaik, also die Stromerzeugung auf der Grundlage des fotovoltaischen Effekts aus einstrahlendem Sonnenlicht mittels Modulen auf der Basis von Silizium, ist die energieintensivste, die mit den meisten Stoffströmen verbundene und unter Umweltgesichtspunkten schädlichste Form zur Gewinnung von erneuerbaren Energien. Die Herstellung selbst der einfachsten Halbleiterzellen muss unter exakt kontrollierten Bedingungen wie Hochvakuum und Temperaturen zwischen 400 und 1400 Grad Celsius erfolgen. Die Angaben über die Energierücklaufzeiten variieren erheblich zwischen den verschiedenen Autoren. Richard Heinberg stellt dazu eher skeptisch fest: „Sicherlich können konventionelle Siliziumzellen bisher im Vergleich zu der für ihre Herstellung nötigen Energie nur einen geringen späteren Ertrag aufweisen, obwohl die Anhänger dieser Technologie auch hier standhaft mit günstigen Zahlen werben (im Allgemeinen berücksichtigen sie bei ihren Berechnungen nicht die für den Transport und die Herstellung der Produktionsanlagen aufgewandte Energie).“⁴²

Dabei sind folgende Faktoren zu bedenken: Meist wird ein Wirkungsgrad unter Laborbedingungen zugrunde gelegt, der mit 20 bis 25 Prozent angegeben wird (Die theoretische physikalische Grenze der Effizienz der Umwandlung von Sonnenlicht in elektrischen Strom, das sogenannte Shockley-Queisser-Limit, liegt bei 31 Prozent). Doch unter realen Bedingungen installierter Module sinkt die Effektivität durch Staub- und Dunstablagerungen, Alterungsprozesse, nicht immer optimale

⁴⁰ Ted Trainer, *Renewable Energy Cannot Sustain a Consumer Society*, Springer, Dordrecht 2007, S. 101–106.

⁴¹ Richard Heinberg, *The Party's Over. Das Ende der Ölvorräte und die Zukunft der industrialisierten Welt*, Riemann, München 2004, S. 233.

⁴² Ebd., S. 239. Zur Speicherproblematik insgesamt vgl. vor allem Ted Trainer, *Renewable Energy Cannot Sustain a Consumer Society*, Springer, Dordrecht 2007, S. 101–106.

Ausrichtung, usw. auf nur etwa 13 Prozent! Auch die unterstellte Lebensdauer der Module von bis zu dreißig Jahren (wobei die Komponente der Wechselrichter, die 12 Volt Gleichstrom in 220 Volt Wechselstrom umwandeln, bereits nach etwa zehn Jahren ausgewechselt werden muss) wird faktisch weit unterschritten. In ihrer sehr gründlichen Metastudie (das heißt der Auswertung von anderen Studien und Daten) konnten Ferroni und Hopkirk die tatsächlich erreichte Lebensdauer seit Beginn der Anwendung der Fotovoltaik-Technik bis 2016 zugrunde legen und kommen zum Schluss: „Man könnte sagen, dass der durchschnittliche Lebenszyklus eher bei siebzehn als bei dreißig Jahren liegt.“⁴³ Und selbstverständlich ist ein entscheidender Faktor die durchschnittliche Zahl der jährlichen Sonnenstunden in einer Region. Viele Bilanzen legen schlicht eine Zahl von 1500 bis 1800 Sonnenstunden im Jahr zugrunde, was wohl auf Regionen wie Nordafrika oder Andalusien zutreffen mag, keineswegs aber auf die Schweiz oder Deutschland! Ferroni und Hopkirk untersuchen, unter anderem auf der Grundlage von Daten des Schweizerischen Bundesamtes für Energie, die Energieausbeute unter den Bedingungen der Sonneneinstrahlung in der Schweiz. Sie errechnen eine Energieausbeute der bestehenden Anlagen von etwas mehr als 80 kWh pro Quadratmeter installierter Module, für die neueste Generation schließen sie aus der Datenbasis des Schweizerischen Bundesamtes für Energie auf einen energetischen Ertrag von 106 kWh pro Quadratmeter. Bei einer unterstellten Lebenszeit von 25 Jahren ergibt das unter Berücksichtigung jährlicher Verluste von etwa 1 Prozent durch den Alterungsprozess eine Ausbeute von etwa 2200 kWh. Wenn man dieser Energieausbeute die für die Produktion der Anlagen, für die Netzintegration und die Verteilung gegenüberstellt (wobei sie sich auf die weiter oben dargestellte Bilanzierung von Howard T. Odum beziehen), so ergibt sich die Schlussfolgerung, dass Fotovoltaik in Regionen wie der Schweiz oder dem Norden Deutschlands keine positive Energiebilanz aufweisen, das heißt nach Abzug des energetischen Inputs keine Nettoenergie abwerfen: „Das Ergebnis einer strengen Kalkulation des ‚erweiterten EROEI‘ für Regionen mit mäßiger Sonneneinstrahlung wie der Schweiz oder Deutschland erweist sich als sehr signifikant. Es deutet darauf hin, dass, zumindest beim derzeitigen Stand der Entwicklung, die Fotovoltaik-Technik keine Energiequelle sein kann, sondern einen *Nettoenergieverlust* bedeutet ...“⁴⁴ Die Autoren weisen überdies mit Nachdruck auf den erheblichen Materialverbrauch für Fotovoltaik hin und errechnen, dass dieser pro Kilowattstunde 64 mal höher ist als etwa der eines Atomreaktors.⁴⁵

Auch Ted Trainer gelangt auf der Grundlage seiner sehr detaillierten Untersuchung selbst für Zentralaustralien zu recht pessimistischen Schlussfolgerungen und zeigt, dass der Beitrag der Fotovoltaik selbst in einer der sonnigsten Regionen der Welt, nämlich Zentralaustralien, recht beschränkt ist und der Ergänzung durch andere erneuerbare Energiequellen sowie der Möglichkeit der Speicherung sehr großer Mengen an Strom bedarf. Unter den für Solarstrom so günstigen Bedingungen, wie sie Zentralaustralien aufweist, geht Trainer davon aus, dass eine Fotovoltaikanlage erst nach einem Viertel ihrer Lebenszeit Nettoenergie abwirft.⁴⁶

Annette Schlemm⁴⁷ gibt für Fotovoltaikstrom auf der Basis von monokristallinem Silizium eine Energierücklaufzeit von 4,6 Jahren an, bei polykristallinem Silizium geht sie von 3,2 Jahren aus. Dazu ist noch jeweils ein Jahr für die übrigen Komponenten (etwa Aluminium-Aufständigung o. ä.) dazuzurechnen. Aufgrund des hohen Energieaufwandes plädiert Schlemm dafür, dass sich die

⁴³ Ferruccio Ferroni/Robert J. Hopkin, „Energy Return on Energy Invested (EROEI) for photovoltaic solar systems in regions of moderate insolation“, in: Energy Policy, November 2016, S. 338.

⁴⁴ Ebd. 343.

⁴⁵ Ebd. 338.

⁴⁶ Ted Trainer, *Renewable Energy: What are the Limits?* Kap. 2: PV Solar Electricity: <http://ssis.arts.unsw.edu.au/tsw/RE.html> (aufgerufen am 3. 1. 2019). Insgesamt zur Fotovoltaik vgl. Ted Trainer, *Renewable Energy Cannot Sustain a Consumer Society*, Springer, Dordrecht 2007, S. 59–72.

⁴⁷ Annette Schlemm, *Die neuen Grenzen des Wachstums, Teil 1 oder: Ist Photovoltaik umwelt- und klimaverträglich?*, in: www.streifzuege.org, (aufgerufen am 8. 1. 2019).

Großproduktion von Modulen auf Standorte wie etwa Norwegen konzentriert, wo aufgrund der natürlichen Gegebenheiten besonders viel Energie aus erneuerbaren Quellen verfügbar ist. Allerdings legt Schlemm – wie die meisten – der Energiebilanzierung durchschnittlich 1800 Sonnenstunden im Jahr zugrunde und meint: „... die angegebenen Werte entsprechen i. a. den optimalen Einsatzorten im südlichen Europa, für Mitteleuropa sind diese Werte höher.“ Redlicherweise hätte sie anmerken müssen, dass diese Werte für Mitteleuropa mindestens verdoppelt werden müssen! In Deutschland betrug zum Beispiel im Jahr 2010 die Anzahl der Sonnenstunden nicht einmal 800! Schlemm lehnt auch das Konzept der „emergy“ als unsinnig ab, mit der unsachlichen polemischen Bemerkung, man müsse dann konsequenterweise „bis zum Urknall“ zurückrechnen. Doch selbst auf der Grundlage ihrer auf diese Weise schöngerechneten Annahmen zieht sie den Schluss, dass der Umstieg auf erneuerbare Energiequellen notgedrungen das Ende unserer Wachstumsgesellschaft nach sich ziehen wird.

Auch die neueren Techniken etwa von Dünnschichtsolarzellen auf der Basis von nicht-kristallinem (amorphem) Silizium, Kadmiumtellurid, Kupfer-Indium-Diselenid oder lichtempfindlichen Farbpigmenten etc. helfen nicht viel weiter. Bei einem Wirkungsgrad von maximal 7 Prozent wird ihnen wohl nur ein Nischendasein beschieden sein. Dazu kommt, dass viele in der Fotovoltaik-Industrie verwendeten Stoffe toxisch, krebserregend oder leicht entzündlich sind, dass etliche der benutzten Rohstoffe sehr begrenzt sind (zum Beispiel Indium, Germanium, Tellur, Selen) und dass die Umweltbilanz äußerst ungünstig ausfällt. „Ausgerechnet bei den Dünnschichtmodulen werden die stärksten Treibhausgase eingesetzt.“⁴⁸ Kritisch sind hier unter anderem bei der Reinigung eingesetzte giftige und klimaschädliche Substanzen wie Fluor.

Für Mittel- und Nordeuropa ist nicht zuletzt zu bedenken, dass die Potenziale von Wind- und Fotovoltaikstrom nicht einfach addiert werden können. Sie stehen aufgrund der Wetterverhältnisse in der Regel alternativ zur Verfügung.

Aufgrund dieser Beschränkungen setzen viele in Bezug auf die Nutzung der Sonne als Energiequelle auf *solarthermische Anlagen* in großem Stil in besonders sonnenreichen Regionen wie etwa dem nördlichen Afrika. Von den verschiedenen Techniken der solarthermischen Energiegewinnung scheint die Parabolrinnentechnik neben Solartürmen die derzeit aussichtsreichste zu sein. Die von der Sonne gelieferte und mittels Parabolspiegeln konzentrierte Hitze wird dazu genutzt, Turbinen zur Erzeugung von elektrischem Strom anzutreiben. Ein Vorteil dieser Technik ist die bessere Speicherfähigkeit der Wärme. Die Hochspannungs-Gleichstromübertragungstechnik (HGÜ) hält auch die Leitungsverluste bei der Stromübertragung über große Distanzen (in diesem Fall hauptsächlich Konverterverluste) in Grenzen, wiewohl diese natürlich auch nicht zu vernachlässigen sind. Es existieren dazu unterschiedliche Angaben, die sich im Bereich von etwa 3 bis 6 Prozent pro 1000 Kilometern bewegen.

In den letzten Jahren wurde bei uns insbesondere das von einem Konsortium großer transnationaler Konzerne in der Sahara geplante und inzwischen gescheiterte Desertec-Projekt diskutiert. Franz Garnreiter⁴⁹ hat – neben vielen anderen Kritikpunkten – im Zusammenhang mit diesem Großprojekt auf die gigantische „Materialschlacht“ verwiesen, die solarthermische Anlagen diesen Typs (Parabolrinnentechnik) voraussetzen: Eine solarthermische Anlage, die von der Kapazität her einem konventionellen Großkraftwerk vergleichbar wäre (das bedeutet die Produktion von 8 Terawattstunden pro Jahr), braucht mehr als 25 km² (das sind 250.000 Tonnen!) Hightec-Spiegelglas (silberbeschichtet) und über 400 km Absorberröhren. Das Desertec-Projekt in der Sahara war aber um den Faktor 90 größer geplant, das heißt, diese Zahlen sind mit 90 zu multiplizieren. Dazu kommen Stahlpylonen zur Aufständigung und die Leitungskapazitäten für die Hochspannungs-

⁴⁸ Dominik Sollmann, zitiert bei Schlemm, ebd., S. 16.

⁴⁹ www.linksnet.de/files/pdf/Desertec-fg-200908.pdf (aufgerufen am. 4. 12. 2019).

Gleichstromübertragung etc. Von diesem gigantischen Materialaufwand erhoffte man sich schließlich bis zum Jahr 2050 einen Beitrag zur Stromerzeugung der EU von lediglich 15 Prozent.

Ted Trainer veranschlagt aufgrund dieses Materialeinsatzes die Kapitalkosten einer solarthermischen Anlage (bezogen auf die gelieferte Strommenge) als mehr als siebenmal so hoch wie die eines Kohlekraftwerks mitsamt dem entsprechenden Brennmaterial. Diese Kapitalkosten spiegeln natürlich die entsprechenden Ressourcen- und Energiekosten wider. Nach Abzug der für den Bau und Betrieb einer solarthermischen Anlage aufgewandten Energie beträgt ihm zufolge die gelieferte Nettoenergie in jedem Fall weniger als 80 Prozent. Nicht enthalten darin sind der Aufwand für die HGÜ-Leitungen und die Verluste der Fernübertragung (die für das Desertec-Projekt mit etwa 15 Prozent beziffert wurden). Das Hauptproblem für Trainer stellt aber das Speicherproblem bei solarthermischer Stromerzeugung in Wüstengebieten dar: Die kurzfristige (48 Stunden) Speicherung mittels Salzlake ist zwar unproblematisch und nur mit geringen Verlusten verbunden, doch die Überbrückung von längeren sonnenarmen Perioden im Winter ist auf diese Weise nicht möglich. Das heißt: Auch die aus solarthermischen Anlagen gewonnene Elektrizität ist wie Wind- und Fotovoltaikstrom einer erheblichen Variabilität unterworfen. Es bestehe, so Trainer, kein Zweifel daran, dass solarthermische Kraftwerke in den heißesten Regionen im Sommer einen bedeutenden Beitrag zur Elektrizitätserzeugung leisten würden, doch im Winter seien sie selbst an den besten Standorten nicht sehr effektiv und würden nicht mehr als 20 Prozent ihrer Leistung im Sommer erbringen. Und er schließt aus alledem: „Es liegt deshalb nicht auf der Hand, dass solarthermische Anlagen in Nordafrika einen bedeutenderen Beitrag über das gesamte Jahr zur europäischen Elektrizitätsversorgung zu akzeptablen Kosten leisten können.“⁵⁰

Die Energiewendeszenarien, die von unterschiedlichen Umweltorganisationen in den letzten Jahren herausgegeben wurden⁵¹, leiden in mehrfacher Hinsicht unter einem sehr bornierten Blickwinkel. Sie beschränken sich zumeist auf die Elektrizität und blenden jeden anderen Energieverbrauch aus. Das bedeutet aber: Ressourcen, die möglicherweise an anderer Stelle gebraucht würden (etwa für die Bereitstellung der Raumwärme), werden ohne weiteres mit einbezogen, die mit dem entsprechenden Flächenverbrauch verbundenen Probleme (etwa die Konkurrenz zwischen landwirtschaftlich zu nutzender Fläche, die gerade bei der gewünschten Agrarwende wesentlich größer sein muss als heute, und der Fläche für Energiepflanzen) und zusätzlicher Stromverbrauch in anderen Sektoren, in denen heute fossile Energie verbraucht wird, werden in der Regel nicht oder nur ungenügend berücksichtigt. Ferner ist der Blickwinkel meist national verengt. In Deutschland werden zum Beispiel in die Berechnungen gern die Stromexportüberschüsse mit veranschlagt. Ausgeblendet wird dabei, dass der dann wegfallende exportierte Strom anderswo und anderweitig fehlt und ersetzt werden muss. Das Speicherproblem wird oftmals mit dem Hinweis auf hohe Speicherkapazitäten in bestimmten europäischen Ländern, allen voran Norwegen (das seine Elektrizität fast ausschließlich auf der Basis von Wasserkraft erzeugt und aufgrund der geografischen Gegebenheiten über eine sehr hohe Kapazität an Pumpspeicherkraftwerken verfügt), erledigt. Dabei wird wiederum in einer national verengten Sichtweise die Frage ausgeblendet, wie sich die Situation darstellt, wenn auch andere

⁵⁰ Ted Trainer, *Renewable Energy Cannot Sustain a Consumer Society*, Springer, Dordrecht 2007, S. 47; insgesamt zu solarthermischen Anlagen: ebd., S. 43–57.

⁵¹ Ich beziehe mich hier exemplarisch auf zwei: Greenpeace, *Der Plan Deutschland ist erneuerbar! Diese Studie als Reaktion auf den Atomunfall in Fukushima zur Unterstützung der Forderung nach einem Ausstieg aus der Atomenergie am 1. 5. 211* veröffentlicht: www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/20110501-Der-Plan-Energiewende-ohne-Atom-und-Kohle.pdf (aufgerufen am 8. 1. 2019); WWF Studie 2017, *Zukunft Stromsystem – Kohleausstieg 2035. Vom Ziel her denken*: www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Stromsystem-Kohleausstieg-2035.pdf (aufgerufen am 8. 1. 2019).

Länder verstärkt auf diese Möglichkeit zurückgreifen wollen. Was etwa, wenn auch Frankreich aus der Atomkraft mittelfristig aussteigen will und auf dieselben Speichermöglichkeiten setzt? Die in die Berechnungen aufgenommenen Potenziale an erneuerbaren Energien (zum Beispiel die Standorte für die postulierten Windenergieanlagen) werden meist nicht konkret nachgewiesen. Vor allem aber ist bereits die Ausgangsfragestellung sehr eingeschränkt: Es wird vom derzeitigen Stromverbrauch ausgegangen (der in den meisten europäischen Ländern tendenziell übrigens wächst, nicht zuletzt aufgrund der Digitalisierung) und gefragt, welche aus Atomkraftwerken oder fossilen Quellen stammenden Strommengen man in welchen Zeiträumen durch Erneuerbare substituieren kann. Ein Tabu ist die Frage nach den Möglichkeiten der absoluten Senkung des Verbrauchs! Angesichts der beschränkten Potenziale erneuerbarer Energiequellen, aber auch angesichts der Notwendigkeit, sehr rasch deutliche Emissionsreduktionen realisieren zu müssen, ist eine Überwindung dieses Tabus unbedingt erforderlich.

Mobilität – die Achillesferse des Kapitalismus

Selbst wenn es möglich sein sollte – was auf der Grundlage des obigen Befunds zu Recht bezweifelt werden darf –, dass das derzeitige Verbrauchsniveau an Elektrizität in den reichen Industrieländern dauerhaft aus erneuerbaren Quellen bestritten werden kann, dann wären lediglich 20 Prozent unseres Problems gelöst. Ein besonders problematischer Sektor ist die Organisation unserer Mobilität, sind Verkehr und Transport. Gleichzeitig stellt das Transportsystem einen entscheidenden Schwachpunkt des aktuellen, global integrierten Kapitalismus mit seiner sehr ausdifferenzierten weltweiten Arbeitsteilung dar.

Weltweit betrachtet, machen flüssiger und gasförmiger Treibstoff etwa 43 bzw. 16 Prozent des Endenergieverbrauchs aus. Für einen Großteil dieses Verbrauchs ist derzeit keine Möglichkeit der Substitution in Sicht. Biomasse ist die einzige Quelle erneuerbarer Energie, aus der direkt flüssiger oder gasförmiger Treibstoff (in Form von Ethanol aus sehr zuckerhaltigen Pflanzen oder in Form von Biodiesel aus Ölpflanzen wie Raps) erzeugt werden kann. Doch die Produktion von Biomasse in großem Maßstab ist ökologisch (meist auch sozial) verheerend und nicht nachhaltig. Sie erfordert große Mengen an Kunstdünger, Herbiziden, Pestiziden und Wasser. Der intensive Anbau von Energiepflanzen fördert die Bodenerosion. Das Agrobusiness hat in großem Stil Wälder abgeholzt und Feuchtgebiete entwässert, um Flächen für den Ackerbau zu gewinnen, was unter anderem die Erderwärmung noch beschleunigt. Die hohen Verluste an fruchtbarem Ackerland durch Bodenerosion, die Ausdehnung der Wüsten etc. sind jedem auch nur oberflächlich Informierten bekannt. Selbstverständlich steht die Erzeugung von Biomasse in unmittelbarer Konkurrenz zur Ernährung der Weltbevölkerung. Der gegenwärtige weltweite Boom beim Anbau von Plantagen für pflanzliche Treibstoffe bedeutet letztlich, dass weltweit gesehen 800 Millionen Autobesitzer (mit entsprechend mehr Kaufkraft) gegen die zwei Milliarden Menschen konkurrieren, die heute unter der Armutsgrenze leben.

Selbst das *Wall Street Journal* eignet sich in Bezug auf die Produktion von Biotreibstoffen inzwischen die Sichtweise kritischer Ökologen an und weist unter Berufung auf David Pimentel darauf hin: „... die Ausweitung der Produktion von Mais für Biokraftstoffe würde die Wasserressourcen erschöpfen und den Boden durch den Gebrauch von Kunstdüngern und anderen Chemikalien verschmutzen. Das würde auch den Verbrauch von großen Mengen konventioneller Energie erfordern – für die Landwirtschaftsmaschinerie und für die Anlagen zur Konversion von Mais zu Ethanol. Dieser Preis könnte den Vorteil aus der Produktion des weniger umweltverschmutzenden Kraftstoffs zunichte

machen.“⁵² Nicht berücksichtigt ist dabei, dass auch die Herstellung von Düngemitteln und anderer Agrarchemikalien den Verbrauch einer großen Menge von fossilen Brennstoffen und anderen nicht erneuerbaren Ressourcen erfordert. Das macht es höchst zweifelhaft, ob daraus wirklich ein Nettoenergiegewinn resultiert. Schon in früheren Studien wurde der EROEI von Ethanol aus Mais auf nur 1,3 bzw. 1,1 berechnet, der von Palmöl auf lediglich 1,06.⁵³

Das Potenzial der Treibstoffproduktion aus Biomasse ist klar begrenzt aufgrund des weltweit zur Verfügung stehenden fruchtbaren Bodens. Um etwa den derzeitigen Treibstoffverbrauch Österreichs aus Biomasse zu gewinnen, benötigte man das Viereinhalbfache der zur Zeit für den Ackerbau insgesamt genutzten Fläche (oder 70 Prozent der Gesamtfläche des Landes).⁵⁴ Im Hinblick auf die globale Situation rechnet Ted Trainer vor: Wenn man das gesamte Ackerland der Welt (1,5 Milliarden Hektar, allerdings bei abnehmender Tendenz) zur Produktion von Biomasse zur Treibstoffgewinnung verwenden würde, dann erzielte man daraus etwas mehr als zwei Millionen Tonnen Erdöl-Äquivalent. Doch derzeit beläuft sich der weltweite Gesamtverbrauch von Erdöl und Gas auf etwa 4,7 Millionen Tonnen Erdöl-Äquivalent.⁵⁵ Minqi Li formuliert es auf den Punkt: Selbst wenn die Menschheit keine Nahrungsmittel mehr anbauen und die gesamte Fläche bebaubaren Landes der Energieerzeugung widmen würde, entspräche der Ertrag nicht einmal der Hälfte dessen, was heute Erdöl und Erdgas liefern.⁵⁶ Die Erweiterung der Anbauflächen ist nicht realistisch und aufgrund der bereits genannten ökologischen Effekte nicht wünschenswert. So kommt auch Ted Trainer aufgrund seiner detaillierten Analyse zur Schlussfolgerung: „Die eindeutigsten und schärfsten Begrenzungen einer Zukunft auf der Basis erneuerbarer Energien haben mit der Versorgung mit flüssigem und gasförmigem Treibstoff zu tun. [...] Biomasse kann nicht mehr als einen kleinen Bruchteil der derzeitigen weltweiten Nachfrage nach flüssigem Treibstoff liefern, geschweige denn der Nachfrage, die aufgrund des Bevölkerungswachstums, der weltweiten Angleichung von Lebensverhältnissen und des Wirtschaftswachstums erzeugt werden könnte.“⁵⁷

Energie in flüssiger, leicht transportierbarer und gut handhabbarer Form ist unabdingbare Voraussetzung zur Aufrechterhaltung der Mobilität in bisherigem Stil. Wasserstoff galt lange als der ideale Ersatz für flüssigen Treibstoff. Eine wasserstoffgetriebene Brennstoffzelle hat tatsächlich einen Wirkungsgrad von 40 Prozent und übertrifft damit Benzinmotoren deutlich. Die optimistischsten Annahmen gehen sogar von einer Verbesserung des Wirkungsgrads bis auf 60 Prozent aus. Aber Wasserstoff ist keine Energiequelle, sondern ein Speichermedium. Grundsätzlich sind zwei Wege der Wasserstoffproduktion gangbar: die Herstellung aus Kohlenwasserstoffen, heute konkret Methan, oder mittels Elektrolyse aus Wasser, wobei es natürlich grundsätzlich möglich ist, das Elektrolyseverfahren mittels Energie aus erneuerbaren Quellen durchzuführen. Bei beiden Verfahren liegt der Stromverbrauch bei etwa 5 kWh pro Kubikmeter, bei der anschließenden Stromerzeugung aus Wasserstoff geht ebenfalls Energie verloren. Für den Fall, dass der Strom aus regenerativen Quellen stammt, wirft Benjamin Dessus die Frage auf, welche Gesamtleistung sich damit überhaupt realisieren lässt, wenn man bedenkt, dass die großtechnische Herstellung von Wasserstoff permanente Energiezufuhr in erheblichen Mengen erfordert.⁵⁸ Richard Heinberg stellt in diesem Sinn fest: „Der

⁵² Wall Street Journal, 5. 12. 2006.

⁵³ Richard Heinberg, *The Party's Over. Das Ende der Ölvorräte und die Zukunft der industrialisierten Welt*, Riemann, München 2004, S. 152 f; Alice Friedemann. „Peak Soil: Why Cellulosic Ethanol, Biofuels Are Unsustainable and a Threat to America“, in: *Cultural Change*, 10. April 2007.

⁵⁴ Andreas Exner/Christian Lauk/Konstantin Kulterer, *Die Grenzen des Kapitalismus. Wie wir am Wachstum scheitern*, Verlag Carl Ueberreuter, Wien 2008, S. 84.

⁵⁵ Ted Trainer, *Renewable Energy Cannot Sustain a Consumer Society*, Springer, Dordrecht 2007, S. 75.

⁵⁶ Minqi Li, *The Rise of China and the Demise of the Capitalist World-Economy*, Pluto Press, London 2008, S. 157.

⁵⁷ Ted Trainer, *Renewable Energy Cannot Sustain a Consumer Society*, Springer, Dordrecht 2007, S. 73.

⁵⁸ *Le monde diplomatique*, 14. 1. 2005.

zweite Hauptsatz der Thermodynamik legt fest, dass Wasserstoff immer ein Nettoverlierer sein wird, da bei jeder Umwandlung ein Teil der nutzbaren Energie verloren geht [...]. Angesichts der von vornherein recht niedrigen Nettoenergie aus erneuerbaren Quellen sowie der Nettoenergieverluste bei der Umwandlung von Strom in Wasserstoff, bei der notwendigen Verflüssigung für den Transport und beim Transport selbst und schließlich bei der Rückwandlung von Wasserstoff in Elektrizität kommt man kaum an der Erkenntnis vorbei, dass die von wohlmeinenden Visionären propagierte ‚Wasserstoffwirtschaft‘ notwendigerweise mit weit weniger Energie auskommen muss als die Wirtschaft, die wir bisher gewöhnt sind.“⁵⁹

Dazu kommen noch die erheblichen Infrastruktur- und Sicherheitsprobleme, für die kaum Lösungen in Sicht sind. Aufgrund des extrem hohen Drucks braucht ein Wasserstoffauto mit Brennstoffzellentechnik einen mit äußerst starken Kohlestofffasern verstärkten Tank. Ein Sicherheitsrisiko sind dabei vor allem die Bleiverbindungsstellen. Wasserstoff ist leicht entflammbar und korrosionsaggressiv. Jeder Tankvorgang würde nicht nur ein erhebliches Sicherheitsrisiko bedeuten, sondern mit zusätzlichem Energieverschleiß verbunden sein. Der relative Energieverbrauch allein für den Transport (in Tanklastwagen mit hohem Kompressionsdruck) im Verhältnis zur transportierten Energie würde Wasserstoff bei fast jeder Entfernung unwirtschaftlich machen.⁶⁰ Das Resümee des schon erwähnten Minqi Li lautet: Aufgrund der chemisch-physikalischen Eigenschaften von Wasserstoff ist eine Wasserstoffwirtschaft in großem Stil undenkbar [...]. Berücksichtigt man die nötigen Umwandlungsprozesse, Verflüssigung, Transport etc., so stehen 10 bis maximal 20% der aufgewendeten Energie für den Endverbrauch zur Verfügung.⁶¹ Diese Einschätzung deckt sich im wesentlichen mit den Berechnungen Trainers, der die verbleibende Endenergie auf 13 bis 18 Prozent der ursprünglich eingesetzten Energie schätzt.⁶² Trainer weist überdies auf das oftmals vernachlässigte Problem der recht kurzen Lebensdauer einer Brennstoffzelle hin.⁶³ Für die Produktion von Brennstoffzellen benötigt man seltene Rohstoffe wie vor allem Platin, dessen bekannte Reserven sehr begrenzt sind. Der Einsatz von Wasserstoff für die Aufrechterhaltung unseres Maßes an Mobilität ist aus all den angeführten Gründen völlig illusorisch.

Dasselbe gilt auch für den heute vor allem propagierten Einsatz von Elektromotoren für den motorisierten Individualverkehr. Betrachtet man allein die Umsetzung von elektrischer Energie in kinetische, also Bewegungsenergie durch einen Elektromotor, dann ist dieser natürlich höchst effizient. Der Wirkungsgrad beträgt hier bis zu 70 Prozent, wohingegen ein vergleichbarer mit Benzin angetriebener Motor lediglich einen Wirkungsgrad von etwa 20 Prozent aufweist. „Sauber“ wäre der Elektroantrieb ohnehin nur unter der Voraussetzung, dass der dafür verwendete Strom aus erneuerbaren Quellen kommt. Angesichts der oben geschilderten begrenzten Potenziale erneuerbarer Quellen für die Stromerzeugung ist es mehr als zweifelhaft, ob die für die Mobilität zusätzlich benötigte Strommenge aus diesen Quellen bereitgestellt werden kann. Vor allem aber ist das Gesamtsystem E-Auto als Massenverkehrsmittel energetisch keineswegs effektiv und ökologisch desaströs. Nicht nur der laufende Betrieb eines Fahrzeugs, sondern bereits dessen Produktion verschlingt eine Menge an Ressourcen und Energie. Für einen durchschnittlichen PkW, der mit einem Diesel- oder Benzinmotor ausgestattet ist, veranschlagt man einen Energieverbrauch von mindestens 20.000 kWh bereits in der Produktion. Für E-Autos ist hier aber tendenziell noch deutlich mehr zu

⁵⁹ Richard Heinberg, *The Party's Over. Das Ende der Ölvorräte und die Zukunft der industrialisierten Welt*, Riemann, München 2004, S. 245.

⁶⁰ Heinberg gibt an, dass die Energiemenge, die man heute in einem Tanklastwagen mit Benzin transportiert, im Fall von Wasserstoff 21 Tanklastwagen erforderlich machen würde!

⁶¹ Minqi Li, *The Rise of China and the Demise of the Capitalist World-Economy*, Pluto Press, London 2008, S. 158.

⁶² Ted Trainer, *Renewable Energy Cannot Sustain a Consumer Society*, Springer, Dordrecht 2007, S. 97.

⁶³ Ebd., 98.

veranschlagen, da das hohe Gewicht des Akkumulators durch stärkeren Einsatz von Leichtbauweise (Kohlefaserverbundstoffe, Aluminium) kompensiert wird, die aber in der Herstellung energieintensiver sind. Etwa 40 Prozent mehr Energie verschlingt ein Elektroauto bereits bei der Produktion. Das heißt: Ein Elektroauto muss erst etwa 30.000 Kilometer gefahren sein, um seinen aus der Produktion herrührenden ökologischen Nachteil gegenüber einem vergleichbaren Benziner aufzuholen. Allein die Produktion der Lithium-Ionen-Batterie ist je nach Speicherkapazität für einen Kohlendioxid-Ausstoß von sechs bis zehn Tonnen verantwortlich.⁶⁴

Vor allem aber macht der Verbrauch von zum Teil sehr knappen Rohstoffen den Einsatz von Elektroautos als Massenverkehrsmittel völlig illusorisch. Das für die Akkumulatoren benötigte Lithium ist ein äußerst knapper Rohstoff. Die Angaben über die verfügbaren Reserven, das heißt über die bekannten Vorkommen, die mit einem vertretbaren energetischen Einsatz ausgeschöpft werden können, gehen zwar erstaunlich auseinander. Das Wuppertal Institut beziffert sie auf 13 Millionen Tonnen, der US Geological Survey aus dem Jahr 2006 auf 11 Millionen Tonnen⁶⁵, in den Jahren 2008 bis 2010 wurden Schätzungen veröffentlicht, die von 3,9 Millionen Tonnen bis zum Zehnfachen reichten ... Welcher Schätzung man auch immer vertrauen mag: Für die bisher gängigen Anwendungen in elektronischen Geräten benötigte man Lithium im Grammbereich, für eine Autobatterie etwa 10 Kilogramm! Die Reserven reichen auf keinen Fall, um die weltweit derzeit etwa eine Milliarde PkWs durch E-Autos zu ersetzen. Dazu kommt noch der Verbrauch anderer knapper Rohstoffe wie Kobalt (für die Batterie), Neodym und Dysprosium für die Hochleistungsmagnete in den Antrieben und Kupfer in den Antriebswickelungen, auf dessen Knappheit ich weiter oben ebenfalls schon hingewiesen habe.

Hinsichtlich des Klimawandels besonders problematisch ist der stetig wachsende Flugverkehr, weil sich hier besonders bei Flügen oberhalb der Stratosphäre die treibhauswirksamen Effekte potenzieren. Effizienzpotenziale sind hier eher gering einzuschätzen, und ein adäquater Ersatz für das Kerosin ist für einen Einsatz in größerem Stil nicht in Sicht.

Es führt kein Weg daran vorbei: Da jede Form von Energie endlich ist und dem physikalischen Gesetz der Entropie unterliegt, da auch scheinbar im Überfluss vorhandene Energie erst mühsam und selbst wieder unter hohem Energieaufwand verfügbar gemacht werden muss, werden wir ein anderes Verhältnis zur Mobilität insgesamt gewinnen müssen. Es entspricht vermutlich nicht menschlichem Maß, innerhalb von 24 Stunden an fast jedem beliebigen Punkt der Erde sein zu können.

Entkoppelung des Wirtschaftswachstums vom Energie- und Ressourcenverbrauch?

Verfechter eines „grünen Kapitalismus“ – zu denen heute in Europa die meisten „grünen“ Parteien, die meisten Umweltorganisationen, usw. gehören – behaupten hartnäckig, dass sich das für die kapitalistische Ökonomie unabdingbare Wirtschaftswachstum (im Sinne des Wachstums des Bruttoinlandsproduktes) in genügendem Maße vom Energie- und Ressourcenverbrauch „entkoppeln“ ließe, dass wir also mithilfe einer intelligenteren Technik, mithilfe der weitgehenden Substitution fossiler durch erneuerbare Energien, mithilfe von größerer Effizienz weiterhin ausreichend Wachstum

⁶⁴ Zur Ökobilanz von Elektroautos vgl. etwa: Christoph M. Schwarzer, „So sauber ist das Elektroauto“, in: Zeit online, 16. 1. 2014: www.zeit.de/mobilitaet/2014-01/elektroauto-energiebilanz/ (aufgerufen am 5. 1. 2019); Christoph Schrader, „Ökobilanz: Ein kritischer Blick“, in: Spektrum der Wissenschaft online, 14. 11. 2017 www.spektrum.de/news/wie-ist-die-umweltbilanz-von-elektroautos/1514423.html (aufgerufen am 5. 1. 2019). Hanna Decker, „Wie klimafreundlich ist das Elektroauto wirklich?“, in FAZ online, 2. 11. 2017: www.faz.net/aktuell/wirtschaft/diesel-affeere/wie-klimafreundlich-ist-das-elektroauto-wirklich-15273918.html (aufgerufen am 5. 1. 2019)

⁶⁵ Vgl. Minqi Li, *The Rise of China and the Demise of the Capitalist World-Economy*, Pluto Press, London 2008, S. 164.

generieren könnten, um die kapitalistische Ökonomie stabil zu halten. Man sollte sich zunächst vor Augen führen, welches Maß an Zuwachs sich hinter den jährlichen Wachstumsraten tatsächlich verbirgt. Je höher die Wachstumsrate ist, umso kürzer ist die Zeitspanne, innerhalb derer sich das Ausgangsniveau verdoppelt. Bei einem allgemein für notwendig erachteten Wirtschaftswachstum von 2 Prozent verdoppelt sich die Menge an Gütern und Dienstleistungen innerhalb von 35 Jahren, also etwa einer Generation. Bei 3 Prozent Wachstum verzeichnet man bereits in 23 Jahren doppelt so viel monetär ausdrückbare Güter und Dienstleistungen. Im Lauf von hundert Jahren nimmt diese Menge bei einer Wachstumsrate von 2 Prozent um das Siebenfache, bei 3 Prozent Wachstum um das Neunzehnfache zu. Allein diese Zahlen sollten ausreichen, um die Aufrechterhaltung des BIP-Wachstums mit anderen, ökologisch nachhaltigen Mitteln als Illusion zu entlarven.

Im Hinblick auf „Entkoppelung“ gilt es zunächst, grundsätzlich zwischen relativer und absoluter Entkoppelung zu unterscheiden. Relative Entkoppelung meint, dass der Ressourcen und Energieverbrauch in geringerem Maße zunimmt als das Bruttoinlandsprodukt. Bei absoluter Entkoppelung sinkt der Material- und Energieverbrauch nicht nur relativ zum BIP-Wachstum, sondern absolut. Temporär und bezogen auf bestimmte Rohstoffe war tatsächlich eine relative Entkoppelung zu verzeichnen. Seit 1970 lässt sich eine Abnahme der Energieintensität um etwa insgesamt ein Drittel verzeichnen, und der Roheisenverbrauch blieb von 1974 bis 1999 annähernd konstant. Diese weltweiten Zahlen spiegeln natürlich die regionalen Unterschiede nicht, aber letztlich bleibt die globale Bilanz allein relevant. Die geringere Energieintensität in den reichen Industrieländern ist ja um die Handelsbilanz geschönt, das heißt, die importierten Komponenten und Waren aus energie- und kohlenstoffintensiverer Produktion lassen die Bilanz in den Industrieländern besser erscheinen, als sie tatsächlich ist. Diese relative Entkoppelung war aber ein vorübergehendes Phänomen. Seit 2000 sind die Produktionssteigerungen bei Roheisen so hoch wie nie zuvor.⁶⁶ Auch die Kohlenstoffintensität der Ökonomie steigt zumindest seit dem Jahr 2000 wieder an. Der Verbrauch von Eisen, Bauxit, Kupfer, aber auch von Zement, der in der Herstellung äußerst energieintensiv ist, nimmt zum Teil wesentlich stärker zu als das weltweite BIP. Seit 1990 ist der Kohlendioxidausstoß insgesamt um mehr als 40 Prozent angestiegen.

Relative Entkoppelung wäre aber in unserer Situation ohnehin völlig nutzlos. Allein um die nötigen Reduktionsziele von Treibhausgasen einzuhalten, das heißt, um die Reduktionen bis zum Jahr 2050 um 90 Prozent zurückzufahren, wäre eine absolute Entkoppelung in einer Größenordnung nötig, die völlig im Bereich des Unmöglichen anzusiedeln ist, wenn man die weiter oben erörterten Grenzen von Effektivitätssteigerungen und die begrenzten Potenziale von erneuerbaren Energien in Rechnung stellt.

Die Unmöglichkeit von Entkoppelung des Energie- und Ressourcenverbrauchs von weiterem Wirtschaftswachstum lässt sich noch präziser durch die sogenannte „Ehrlich-Gleichung“ (von Paul Ehrlich und John Holdren vor nunmehr etwa fünfzig Jahren entwickelt) darstellen:

$$I = P \times A \times T.$$

I steht für environmental impact, das heißt Auswirkung auf die Umwelt, P steht für population, also der Bevölkerungsdichte, A meint affluence, das heißt Wohlstand (gemessen am monetären Einkommen) und T steht für technic, das heißt einen Technikfaktor, der die Energie-, Ressourcen- bzw. Emissionsintensität bezogen auf den wirtschaftlichen Ertrag misst. T ist umso kleiner, je mehr Effektivität bzw. Energie- und Ressourceneinsparung damit erzielt werden kann. Die Umweltbeeinträchtigung ist also das Produkt aus Bevölkerungsdichte, Wohlstand gemessen am

⁶⁶ Andreas Exner/Christian Lauk/Konstantin Kulterer, *Die Grenzen des Kapitalismus. Wie wir am Wachstum scheitern*, Verlag Carl Ueberreuter, Wien 2008, S. 81.

Einkommen und der Technologieintensität. Wenn also T in dieser Gleichung abnimmt (das heißt wenn die Energie- und Ressourceneffizienz steigen), dann wäre relative Entkoppelung gegeben. Der Indikator für absolute Entkoppelung allerdings wäre nur ein Abnehmen von I. Tim Jackson stellt nun bereits im Jahr 2009 fest: Bei der notwendigen Treibhausgasreduktion bis zum Jahr 2050 müsste die Kohlenstoffintensität der Ökonomie mit einer jährlichen Rate von 4,9 Prozent abnehmen. Das Bevölkerungswachstum wird nun auf 0,7 Prozent jährlich prognostiziert und ein Einkommenszuwachs von 1,4 unterstellt. Das heißt: Die Reduktion des Energie- und Ressourceneinsatzes durch technische Verbesserungen müsste jährlich 7 Prozent betragen, das heißt in einem fast zehnfachen Tempo als heute stattfinden. Das entspricht bis zum Jahr 2050 aber einem Faktor von 21!

Hinzuweisen ist noch darauf, dass diese Rechnung vom derzeit bestehenden globalen Wohlstandsgefälle ausgeht, also von den weltweit bestehenden höchst ungleichen Lebensverhältnissen. Würde man ein Welteinkommen auf EU-Niveau zugrunde legen, dann müsste nach Jacksons Berechnung T eine jährliche Steigerung von 9 Prozent erfahren!⁶⁷

Angesichts der knapper werdenden Energie und angesichts der Tatsache, dass dieser Ausfall durch den Einsatz erneuerbarer Energien, durch mehr Energieeffizienz usw. nicht annähernd zu kompensieren ist, haben wir uns der Situation zu stellen, dass wir in naher Zukunft mit erheblich weniger Nettoenergie auskommen müssen. Damit ist aber das kapitalistische Wirtschaftssystem mit seiner Verwertungslogik (Kapitalakkumulation auf immer höherer Stufenleiter) nicht mehr aufrecht zu erhalten. Es setzt eine ausdifferenzierte internationale Arbeitsteilung (mit entsprechenden Transportkapazitäten auf fossiler Basis) ebenso voraus wie eine immer energieintensivere Produktion. Doch nicht nur der Kapitalismus, unsere Industriegesellschaft insgesamt steht zur Disposition. Unsere Aufgabe kann es angesichts dieser Situation nur sein, dem Zusammenbruch möglichst zuvorzukommen und den industriellen Abrüstungsprozess bewusst zu steuern.

Wer die Lebensgrundlagen weltweit sichern will, der muss eine Ökonomie und Kultur des „Genug“ anstreben, der muss sich vom parasitären Charakter unseres Scheinwohlstands verabschieden. Um im Bild zu sprechen: Man kann eben nicht gleichzeitig die Abschaffung der Legebatterien fordern und an Joseph Goebbels' Forderung nach dem Frühstücksei für jeden Deutschen festhalten wollen.

In erfrischendem Gegensatz zum ökologischen Wohlstandschauvinismus eines Ernst Ulrich von Weizsäcker macht Jeremy Rifkin klar, dass nicht weniger als unsere Industriegesellschaft und die damit verbundenen Lebensgewohnheiten auf dem Spiel stehen: „Diejenigen, die sich [...] von den Illusionen des industriellen Zeitalters nicht lösen können, [...] werden sich dagegen wehren, dass Großstadtleben, industrielle Produktionsweisen und der gesamte Komfort, der den sogenannten ‚amerikanischen Traum‘ genährt hat, im Widerspruch zum Solarzeitalter stehen sollen. Ökologen und Wirtschaftswissenschaftler [...] haben jedoch mehr als deutlich gemacht, dass wir uns der historischen Realität nicht länger entziehen dürfen, dass falsche Zukunftserwartungen ein überaus gefährliches Abenteuer bedeuten, vielleicht eine irreversible Katastrophe. Ganz gleich, welchen Weg wir auch einschlagen, der bevorstehende Wendepunkt wird uns Opfer und Verzicht nicht ersparen.“⁶⁸

Eine nachhaltige, die elementaren Lebensgrundlagen sichernde Wirtschaft darf jedoch nicht nur nicht wachsen, sie muss schrumpfen mit dem Ziel, ein verträgliches Niveau des „steady state“, das heißt eines stationären Gleichgewichts, zu erreichen. Natürlich ist dies mit der dem Kapitalismus eingeschriebenen Wachstumslogik nicht mehr zu vereinbaren. Die erforderliche ökonomische Abrüstung kann nur in bewusster Planung erfolgen. Die Rohstoff- und Energieverknappung und das

⁶⁷ Tim Jackson, *Wohlstand ohne Wachstum. Leben und Wirtschaften in einer endlichen Welt*. Hg. von der Heinrich-Böll-Stiftung, oekom verlag, München 2011, S. 59–77. Allerdings stehen die politischen Schlussfolgerungen, die Jackson dann zieht, in gar keinem Verhältnis zu dieser klaren Analyse. Noch detaillierter erörtert ist die „Ehrlich-Gleichung“ in Minqi Li, *The Rise of China and the Demise of the Capitalist World-Economy*, Pluto Press, London 2008, S. 144–148.

⁶⁸ Jeremy Rifkin, *Entropie – ein neues Weltbild*, Ullstein, Frankfurt am Main 1989, S. 213 f.

Einhalten ökologischer Mindeststandards führen unweigerlich zum Wegbrechen ganzer Industriebranchen. „Marktkonforme“ Steuerungsgesetze müssen hier zwangsläufig versagen. Die (begrenzten) Steuerungsmechanismen des Marktes funktionieren nur unter der Voraussetzung hoher Produktivität und eines genügend großen Ressourcenangebots. Nur in einer Situation, in der Produzenten und Verbraucher auf Preissignale flexibel genug reagieren können, sind Marktmechanismen effizient. Aufgrund der Ressourcenknappheit werden wir es aber mit Verkäufermärkten zu tun haben. Die Marktlogik würde es hier verlangen, dass die Preise bis zum Niveau des (knappen) Angebots ansteigen müssten, mit der Konsequenz, dass bestimmte Güter nur noch für Reiche in ausreichender Menge zur Verfügung stünden. Die fiskalische Lenkung der Nachfrage etwa durch Besteuerung kann nur die soziale Kluft verschärfen und dazu führen, dass „unökologisches“ Verhalten eben einer reichen Elite vorbehalten bleibt. Der freie Handel mit limitierten Verschmutzungsrechten kann unter kapitalistischen Bedingungen nur zu krassen Fehlallokationen führen. Eine Steuerung des Ressourcenangebotes, Mengenregulierungen für Energie und Rohstoffe müssen mit Preiskontrollen und einer Rahmenplanung einhergehen, die Produktion und Verbrauch lenkt. Was, wie und wie viel produziert wird, kann nicht länger dem Chaos partikulärer Profitinteressen überlassen bleiben, sondern muss – auf möglichst demokratische und partizipative Weise – bewusst organisiert werden. Die mit viel medialer Unterstützung geschürten Illusionen in Bezug auf Energieeffizienz und erneuerbare Energien muten wie die hilflosen Abwehrversuche der sich aufdrängenden Konsequenz eines *ökologischen Sozialismus* an.

Stand: Januar 2019

Initiative Ökosozialismus

Kontakt:

Dr. Bruno Kern, Mombacher Straße 75 A, Tel.: 06131/236461 E-Mail: info@oekosozialismus.net

Website: www.oekosozialismus.net

Spendenkonto:

Bruno Kern, Sparkasse Mainz, IBAN: DE96 5505 0120 1000 1288 17 BIC: MALADE51MNZ

V.i.S.d.PG: Bruno Kern, Mainz