
THOMAS HOOF

IMMER WENIGER VOM MEHR

Das Ende der Reichlichkeit

Das Bild, das Politiker und andere notorisch aufgekratzte Menschen von der Zukunft zeichnen, ist das eines dekarbonisierten, elektrifizierten, digitalisierten und roboterisierten Zeitalters.

Die zukunftsfrohe Rede ist allerdings so wolkig, daß sie bei Zuhörern stets den Verdacht weckt, da gebe einer den Wegweiser, der nur sehr unklare Vorstellungen davon hat, wo er selbst zur Zeit sich befindet und wie es ihn dorthin verschlagen hat.

Von solcher Weltfremdheit der »Experten« gibt die amerikanische Wirtschaftshistorikerin Deirdre McCloskey¹ ein eindrückliches Beispiel: Auf den gut 2.000 Seiten ihrer zwischen 2006 und 2016 erschienenen »Bourgeois-Trilogie«² breitet sie ihr Empfinden aus, daß wir die »große Bereicherung« (*The Great Enrichment*) der westlichen Welt in den letzten hundert Jahren nicht etwa materiellen und institutionellen Ursachen zu danken haben, sondern geistigen: dem Ideenreichtum, der Findigkeit, dem Fleiß, der Bildung (auch der Herzensbildung) und den guten Manieren des westlichen Bürgertums – also all den Eigenschaften und Gepflogenheiten, die sie an sich und ihresgleichen so schätzt.³ Nicht einmal in ihrer Liste der auszuschließenden Kausalfaktoren (Kapital, Institutionen, Technik) taucht das eigentliche Agens des *Great Enrichment* – die Energie – überhaupt auf.

Der gehobene Vorrat: Die große Bereicherung

Die große Bereicherung begann gegen Mitte des 19. Jahrhunderts eher unspektakulär. Die zu den Brennstoffen Holz, Holzkohle und Torf hinzutretende Steinkohle

diente zunächst zur erweiterten Förderung ihrer selbst; der Bergbau war der Ort nicht nur ihrer Gewinnung, sondern auch ihrer Anwendung. Sie gab den Brennstoff für den Betrieb von Dampfpumpen, die mit ihrer Entwässerungsleistung ihrerseits größere Teufen in den Steinkohleschächten erlaubten.

In einer dichten Folge kleiner Prozessschritte wurden in wenigen Jahrzehnten gewaltige Wirkungsketten ausgelöst.

Etwa 1,2 (europäische) Billionen Barrel Öl sind seit Beginn der Ölförderung in die Wirtschaft geflossen. Rechnet man den gleichzeitigen Eintrag von Kohle und Erdgas auf diese Einheit um, ergibt sich insgesamt ein Verbrauch von etwa 2,6 Billionen Barrel an fossilen Energien. Jedes einzelne dieser Fäßchen von 159 Litern birgt die Leistung eines sehr kräftigen und unentwegt wirkenden Mannes in 16 Arbeitsjahren. Die bis heute verbrannte fossile Energiemenge entspricht demnach der Leistung aus etwa 42 Billionen menschlichen Arbeitsjahren oder 750 Milliarden menschlichen Arbeitsleben (von 15 bis 70). Zur Orientierung: Anthropologen schätzen, daß in der Erdgeschichte bis heute insgesamt 100 Milliarden

1 Emeritierte Professorin für Ökonomie und Geschichte an der University of Illinois in Chicago

2 *The Bourgeois Virtues: Ethics for an Age of Commerce*, Chicago 2006; *Bourgeois Dignity: Why Economics Can't Explain the Modern World*, Chicago 2010; *Bourgeois Equality: How Ideas, not Capital or Institutions, Enriched the World*, Chicago 2016.

3 Eric Jones, ein britischer Wirtschaftshistoriker, der mit seinem »European Miracle« (Cambridge 1981) ein wichtiger Gewährsmann von Rolf Peter Sieferle war, kommentierte das McCloskeysche Opus Magnum kopfschüttelnd unter dem Titel »Economic Growth as the Child of Literature and Ethics«, in: *Economic Affairs* (2017, Jg. 37, Nr.1, Seite 146–155).

Menschen auf der Erde erschienen sind. Um die Welt aus der Beschaffenheit, die sie bei Goethes Tod hatte, in die heutige zu versetzen, mußte, bildlich gesprochen, die ganze vorweggegangene Menschheit siebeneinhalbmal wiederauferstehen, um ihr Arbeitsvermögen zum Wohle der einhundert Jahre des »Jetzt-Zeit-Menschen« noch siebeneinhalbmal abzuliefern.

Die Blindheit der Ökonomen und der schwarze Stoff der Schwarzarbeit.

Der denkwürdige Sachverhalt hat es allerdings nicht vermocht, die Aufmerksamkeit der Ökonomen zu wecken. Die herrschende neoklassische Wirtschaftslehre hat auch gar kein Sensorium, um ihn zur Kenntnis zu nehmen. Beim Vergleich zwischen einer Tonne Granitschotter und einer Tonne Kohle mißt sie die Preise und ermittelt daraus den Grenznutzen und die Grenzproduktivität dieser beiden schüttgutförmigen Ressourcen. Schotter und Kohle unterscheiden sich im Preis und demnach auch in ihrem Grenznutzen nicht, obwohl der Schotter nur liegt und einen Weg befestigt, während die Kohle brennt, Wasser verdampft und damit Kräfte in Bewegung setzt oder Strom generiert, also Arbeit leistet.

Die orthodoxe neoklassische Ökonomie hat die energiehaltigen fossilen Kohlenwasserstoffe immer als Roh- oder Hilfsstoffe der Produktion behandelt und ihre inhärente Fähigkeit, Arbeit zu leisten und zu ersetzen, konsequent übersehen.⁴ Das hatte Folgen: Die Wachstumstheorie der Neoklassik, nach der das Wirtschaftswachstum sich aus dem gesteigerten Einsatz der Produktionsfaktoren Kapital und Arbeit ergibt, hat die steile Wirtschaftsentwicklung des 20. Jahrhunderts nie erklären können. All ihre aus den Faktoreinsätzen von Kapital und Arbeit und deren »Produktionselastizitäten« abgeleiteten Gleichungen gingen nicht auf, sondern hinterließen einen großen, völlig unerklärten Rest von bis zu 60 %. Diese »Restgröße« wurde innerhalb der Zunft als »Solow-Residuum« entweder verlegen beschwiegen oder als Effekt einer außerökonomisch-exogenen Himmelsgabe namens »technischer Fortschritt« anderen Fakultäten zur Klärung überwiesen. Ende der 80er Jahre wurde dies denn doch zu peinlich, und es gab eine Reihe von Versuchen, das versagende (aber noch 1987 für nobelpreiswürdig erachtete) Solow-Modell durch eine renovierte Wach-

tumstheorie zu ersetzen, die endlich auch eine endogene Erklärung des technischen Fortschritts liefern konnte. Dabei war die Arbeit ökonomisch sattelfester Naturwissenschaftler maßgebend. Der Würzburger Physiker Reiner Kümmler⁵ ermittelte auf technisch-empirischem Wege die Produktionselastizitäten der Produktionsfaktoren, die dann, in Lindex-Terme eingesetzt, sofort ergaben, daß der im Solow-Modell rechnerisch fehlende Faktorinput durch die seine Kosten weit übersteigende Produktionsmächtigkeit des »Rohstoffs Fossilenergie« vollständig erklärt ist. Den Zusammenhang hatte der wirtschaftliche Hausverstand freilich schon vorher gesehen: Nichts war ihm ein so untrügliches Zeichen für das »Brummen der Wirtschaft« wie das »Rauchen der Schloten«.

Wenn also ENERGIE als Produktionsfaktor betrachtet und ihr tatsächlicher Beitrag zur Wertschöpfung technisch-empirisch ermittelt wird, so verschwindet erstens das Solow-Residuum und es ergeben sich zweitens die tatsächlichen Produktionsmächtigkeiten der nun um einen dritten ergänzten Produktionsfaktoren, und zwar in diesen Relationen: KAPITAL = 30 bis 40 %, ARBEIT = 10 bis 20 %, ENERGIE = 40 bis 60 %. Das Bruttoinlandsprodukt zu Faktorkosten, Spiegelbild der Verteilung des Volkseinkommens auf die Produktionsfaktoren, ist hingegen so gegliedert: Kapital = 25 bis 30 %, Arbeit = 65 bis 70 %, Energie = 5 bis und 7 %. Und entsprechend verteilt sich das Volkseinkommen in Deutschland langjährig stabil im Verhältnis 2:1 auf Arbeitnehmerentgelte und Unternehmenseinkommen.

	Faktorbeitrag = Erzeugung	Faktoreinkommen = Verteilung
K = Kapital	30 % bis 40 %	25 % bis 30 %
L = Arbeit	10 % bis 20 %	65 % bis 70 %
E = Energie	40 % bis 60 %	5 % bis 7 %

Wir sind an einem für unser Thema zentralen Punkt, der Entstehung von »Mehrwert«, einem Vorgang, den Marx in seiner Arbeitswertlehre sorgfältig herausgearbeitet hatte – allerdings am falschen Objekt.⁶

Marx hatte den Hauptwiderspruch zwischen Kapital und Arbeit bekanntlich darin gesehen, daß das Kapital die Arbeitskraft des Lohnarbeiters (äquivalent) gegen seine Reproduktionskosten tausche, ihm aber das Mehr-

produkt, das jener mit seiner lebendigen, tatsächlichen Arbeit erzeuge, vorenthalte. Aber schon zu seinen Lebzeiten waren die Bergleute dabei, jenen Stoff aus dem Gestein zu brechen, der diesen Widerspruch aufheben sollte, indem er das Marxsche Schicksal der Lohnarbeit stellvertretend auf sich nahm: die Kohle. Sie ging zu ihren »(Re-)Produktionskosten« in den Wirtschaftsprozess ein, leistete aber ein immenses »Mehrprodukt«, das dann friedlich-schiedlich zwischen Kapital und Arbeit so geteilt wurde, daß der Staat mitgefüttert und die Konsumkräfte mit den dank der fossilen Leistung explodierenden Produktivkräften mithalten konnten. Stifter und Schirmherr des sogenannten Massenwohlstands in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts war tatsächlich das *Surplus* oder der *Mehrwert*, aber nicht derjenige, der der Lohnarbeit vorenthalten, sondern der, der von der Kohle und dem Erdöl mitgeliefert wurde.

Die Feststellung einer wirtschaftliche Zweiwertigkeit der fossilen Energiespeicher, nämlich einerseits Faktor-kosten von 5 % bis 7 % verursacht, dabei aber eine *Faktorleistung* von 40% bis 60%⁷ erbracht zu haben, ist der zentrale, aber völlig im Nebel verhüllte Schwachpunkt aller Energiewendehoffnungen, denn sie bedeutet: Jeder Versuch, das derzeitige Energiedurchflussniveau mit anderen als fossilen Inputs aufrechtzuerhalten, hat es mit der Notwendigkeit zu tun, die Quelle von mehr als der Hälfte der Wirtschaftsleistung zu ersetzen und dabei das »Surplus« der Fossilenergien möglichst vollständig aufrechtzuerhalten.

Vom Brutto zum Netto: Der Energiefluß beim Erdöl

Die Prozeßkette in der Erschließung, Förderung und Nutzung fossiler Energieträger erstreckt sich über drei Stufen. Sie heißen in der englischen Terminologie der Ölindustrie: *Upstream* (Prospektion, Exploration, Fördervorbereitung und Förderung), *Midstream* (Transport, Lagerung und Grobverteilung), *Downstream* (Raffinerie, Vermarktung und Feinverteilung). Der Energieertrag wird in dieser Prozeßfolge ständig durch a) physikalisch-thermodynamische Zwangsläufigkeiten und b) durch technisch-wirtschaftliche Aufwände vermindert. Zu a): Es gilt für jede Form der Energieumwandlung der zweite Hauptsatz der Thermodynamik: die in einem Energieträger ent-

haltene Energie teilt sich danach bei jedem Umwandlungsprozeß immer und unausweichlich in einen arbeitsfähigen Exergie-Anteil und einen nutzlos als Abwärme sich verflüchtigenden Anergie-Anteil.⁸

Zu unserer Energieversorgung laufen also ständig zwei Ströme. Der erste fließt von den Quellen bis in unsere Tanks, und die in diese Richtung fließenden Energiemengen schwinden über alle Stufen der Veredelung von selbst und unabänderlich aufgrund der thermodynamischen Verläufe. Gleichzeitig fließen aus unseren eigenen Vorräten oder dem laufenden Aufkommen Energiemengen in die Gegenrichtung, um die Operationen des Up-, Mid- und Downstreams energetisch zu ermöglichen. Dietrich Pelte stellte in seinem Grundlagenbuch zur *Zukunft der Energieversorgung* den mittleren Nutzungsgrad in der Versorgungskette von der Primärenergie zur Nutzenergie mit 0,29 fest.⁹ Das heißt, der Primärenergiebedarf beträgt mehr als das Dreifache des Nutzenergiebedarfes.

4 Zur Kritik der pseudophysikalischen Methodik der »Ökonomik« ihrer der marginalistischen Wende: Philip Mirowski: *Against mechanism. Protecting economics from science.* Totowa (N.J.) 1988.

5 Reiner Kümmel: »Energy as a factor of production and entropy as a pollution indicator in macroeconomic modelling«, in: *Ecological Economics*, Vol. 1, 2, S. 161–180. Amsterdam 1989. Reiner Kümmel: *Energie und Kreativität.* Stuttgart 1989. Reiner Kümmel: *The Second Law of Economics. Energy, Entropy, and the Origins of Wealth.* Berlin 2011.

6 Der ukrainische Sozialist Serge Podolinsky gab 1883 mit einem zweiteiligen Aufsatz in *Die Neue Zeit* (Teil 1, Nr. 9/1883, S. 413–424, Teil 2, Nr.10/1883, S. 449–457) unter dem Titel »Menschliche Arbeit und Einheit der Kraft« Anstöße, die Marxsche Arbeitswertlehre mit Blick auf die aus den fossilen Vorräten mobilisierte Arbeitsleistung in eine Energiewertlehre zu erweitern. Friedrich Engels hatte davon Kenntnis. Er berichtete Marx, allerdings mit der auch für bürgerliche Ökonomen typischen ignoranten Weigerung, physikalischen Sachverhalten ökonomische Relevanz zuzubilligen. Dazu: Juan Martinez-Alier: »Energieberechnung und der Begriff der »Produktivkräfte«, in: *Prokla*, 17. Jg. 1987, Heft 2, S. 71–87.

7 Die Produktionsmächtigkeiten oder Wertschöpfungsanteile des Faktors Energie empirisch: Deutschland »Warenproduzierender Sektor« 1960 bis 1999 = 59 %; Deutschland, »Sektor Marktbestimmte Dienstleistungen«, 1960 bis 1989 = 29 %; Japan, Gesamte Industrie, 1965 bis 1992 = 65 %. Daten nach: Dietmar Lindenberger: *Wachstumsdynamik industrieller Volkswirtschaften. Energieabhängige Produktionsfunktionen und ein faktorpreisgesteuertes Optimierungsmodell.* Marburg 2000.

8 Zum zweiten Hauptsatz der Thermodynamik hatten die neoklassischen Ökonomen stets ein distanzierendes Verhältnis. Er hätte ihr der klassischen Physik entlehntes Bild von stets ins Gleichgewicht strebenden, aber nie schwindenden Kräften mit dem Fluch irdischer Unumkehrbarkeit und Vergeblichkeit beladen. Der mit der Weisheit des Intuitiven gesegnete Hausverstand hingegen war sich auch dieses schwierigen Naturgesetzes stets bewußt und faßte es kurz und bündig mit dem Satz: »Verlust ist immer!«

9 Dietrich Pelte: *Die Zukunft unserer Energieversorgung.* Wiesbaden 2010, S. 35.

Dieser Nutzungsgrad ergibt sich eben einerseits aus den naturgesetzlichen Konstanten des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik und andererseits aus den sich stets ändernden geologischen und verfahrenstechnischen Gegebenheiten. Auch hier bringt der Zeitablauf keine Erleichterungen: Alle in den letzten zwanzig Jahren erschlossenen Quellen haben prekäre geologische Lagen. Die großen Förderfelder der 50er bis 60er Jahre sind sämtlich in späten Förderphasen, in denen eine Ausbeute nur noch mit den aufwendigen Mitteln des Flutens der Lagerstätten mit Heißdämpfen und dem Einpressen von Wasser, Säuren und Tensiden erzielt wird. Mein zwischendurch immer mal wieder als Zeuge aufgerufener ökonomischer Hausvater seufzt lebensklug: »Tja, das Ende trägt die Last.«

Die Totale Produktionsenergie. Das ETP-Modell der Hillsgroup

Seit 2013 gibt es eine Studie amerikanischer Ingenieure¹⁰, die die aktuellen Verhältnisse bei der Förderung konventionellen Öls mit dem Formelapparat der physikalischen Spezialdisziplin der Thermodynamik aufgeheilt haben, indem sie die Up-, Mid- und Downstreams in ihre exergetischen und anergetischen Teilströme zerlegt.

Die Hillsgroup stellt den gesamten Prozeß der Energiebereitstellung aus der konventionellen Erdölförderung in einer »Entropiebilanz für offene Systeme« dar. Das ist ein verlässliches mathematisches Werkzeug der Physik, das beim Design von Kraftwerken und Energietransportsystemen laufend angewandt wird und erprobt ist, aber noch nie einen ganzen Teilbereich des Energieversorgungssystems zum Gegenstand hatte. Die Hillsgroup unterscheidet die Prozesse und die ihnen inhärenten Verluste thermodynamischer und technischer Herkunft vom sogenannten »Wellhead« (Bohrloch-Austritt), zum nachgelagerten sogenannten PPS (Petroleum Processing System = das Petroleum fördernde, raffinierende und verteilende Subsystem der Energiewirtschaft) bis zum dahinterliegenden, empfangsbedürftigen industriellen und privaten konsumtiven Gesamtsystem.

Die Eingangsparameter sind die gut dokumentierten Daten aus der Rohölförderstätte (Fördertiefe, Ortsdruck, Watercut und Nachpressverfahren). Daraus ergeben sich folgende thermodynamischen Verhältnisdaten zwischen den Energie- und Exergiegehalten von Rohöleinheiten und

der im PPS aufzuwendenden »Totalen Produktionsenergie (ETP)«:

Rohöl: technisch nutzbare Energie	62,00 %
Totale Produktionsenergie (ETP): (bezogen auf den Energie gehalt von 1 Einheit Rohöl)	54,60 %
ETP: (bezogen auf den Exergie gehalt von 1 Einheit Rohöl)	88,06 %
... davon für Upstream	18,00 %
... davon Mid-und Downstream (Differenz)	70,06 %

Die bedeutet im Ergebnis, daß das Energiesystem derzeit vom Energiegehalt einer Einheit Rohöl nur mehr 11,94 % (100 % - 88,06 %) als Endenergie auszuliefern in der Lage ist. Der Rest ist zu 38 % als Anergie geschwunden, bzw. wurde vom Energiesystem selbst im Zuge der Bereitstellung verbraucht.

Den gegenüber der juvenilen Kraftphase der Ölindustrie im Jahre 1960 dramatisch gewachsenen Anspruch des gealterten Erdöl-Energiesystems (PPS) an Eigenverbrauchsenergie zeigen diese Daten aus der Studie:

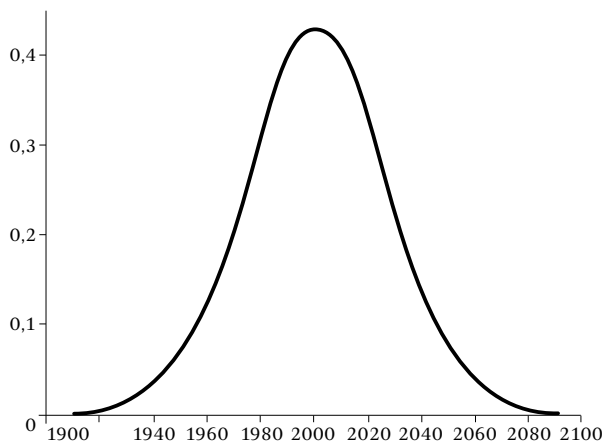
Jahr	Energiegehalt 1 kg Öl	Eigenverbrauch PPS	Disponibel für das Wirtschaftssystem
1960	8 kWh	0,87 kWh	7,20 kWh
2012	8 kWh	6,57 kWh	1,43 kWh

Die Hillsgroup sagt einen weiteren Anstieg der »Totalen Produktionsenergie ETP« um 2,0 % *pro anno* voraus. Zeichnet man »ETP« als Funktion der Zeit, dann erreicht die entstehende Kurve den unveränderlich-naturgesetzlichen Wert der maximal nutzbaren Exergie aus einer Einheit Rohöl im Datenpunkt des Jahres 2029. »Das bedeutet, im Jahr 2029 ist die für die Förderung von Rohöl notwendige Energie im Mittel genauso groß wie die theoretisch nutzbare Exergie des Rohöls. Ab dann ist Rohöl kein Energielieferant mehr. Rohöl kann dann nur noch gefördert werden, wenn man andere Energiequellen dafür nutzt.«¹¹

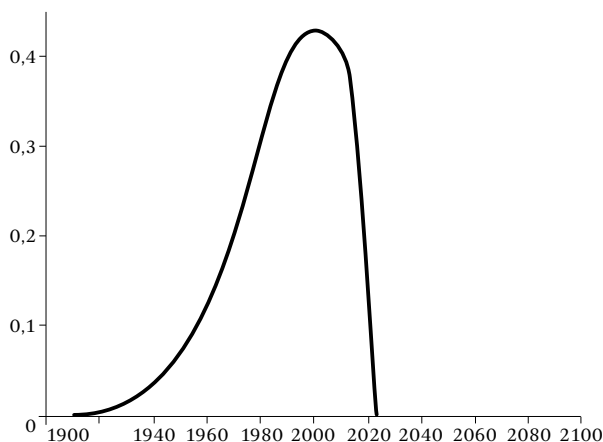
Die physikalischen Grenzen der Energieproduktion aus Erdölen werden also weit vor den geologischen Grenzen und zwar innerhalb der nächsten zwei Jahrzehnte erreicht. Der größte Teil der heute noch als »Reserven« gebuchten

Vorkommen werden deshalb im Boden bleiben – eben weil ihre Erschließung, Förderung und Aufbereitung mehr Energie koste, als sie an nutzbarer Exergie zurückliefern.

Die Hubbard-Glockenkurve



Das Hillsgroup-Kliff



Die Hillsgroup-Studie besagt: Der Verlauf jenseits des von dem amerikanischen Erdöl-Geologen M. King Hubbard 1956 vorausgesagten Ölfördermaximums wahrt nicht die erträgliche, weil zeitspendende Form der Glockenkurve, in der die Abstiegsseite der Aufstiegsseite spiegelbildlich ist. Vielmehr stehen wir vor einem steilwandähnlichen Verlauf, dem gefürchteten Kliff.¹²

Die Studie macht übrigens auch Aussagen zum Verhalten des Ölpreises innerhalb der nächsten zehn Jahre: Er wird sich künftig in einem Korridor zwischen zwei unüberschreitbaren, harten Linien bewegen. Bei Ölpreisen unterhalb \$ 80 müssten die Produzenten die Produktion einstellen, weil ihre Kosten nicht gedeckt werden können. Bei Ölpreisen oberhalb von \$ 100 müssten die Konsumenten den Verbrauch einstellen, weil er ihre Kaufkraft aufzehrt. In einer solchen globalen Extremsituation, in der beide Seiten keinerlei Ausweich- und Substitutionsmöglichkeiten mehr haben, kann sich ein Marktpreis in der üblichen Mechanik des Ausgleichs von Angebot und Nachfrage nicht mehr bilden (mathematisch dargestellt auf Seite 35 der Studie). Jedes Knappheitssignal von der Angebotsseite und jedes Ausweichsignal von der Nachfrageseite vermag überschießende Reaktionen auf der Gegenseite auszulösen.

Zurück zu Sonne und Wind?

Seit dreißig Jahren läuft die deutsche Wende in ein »Solares-Energieregime 2.0«, dessen Quellen wieder Wind und Sonne sein sollen – allerdings unter Beibehaltung jener Annehmlichkeiten, die sich aus jederzeit und überall verfügbarer elektrischer Kraft ergeben haben. Hier ist das Ergebnis der Großoperation per Ende 2016, wobei ich die in den amtlichen Statistiken stets summierten »erneuerbaren Energien« auseinandergezogen habe in die »Alten Erneuerbaren AEE« (Holz, andere Biomasse und Wasserkraft, deren Ausbaubarkeit begrenzt ist) und die hochgehyperten »Neuen Erneuerbaren« (Wind, Photovoltaik, Solarthermie und Biogas).

10 B.W. Hills u.a.: Depletion. A determination for the world's petroleum reserve. An exergy analysis employing the ETP model. The Hill's Group 2013, www.thehillsgroup.org Die gesamte, mathematisch anspruchsvolle Studie kann dort für \$ 28,00 bestellt werden. Die Studie ist in Fachkreisen sehr aufmerksam zur Kenntnis genommen worden. Eine Kritik an der Methodik habe ich bisher nicht gefunden. Eine verständliche deutsche Kurzfassung findet sich im Netz: siehe Anm. 13 und mit Diskussion: <http://www.peak-oil.com/2015/11/das-etp-modell-der-hillsgroup-eroi-des-oelfoerdersystems>

11 Bernd Warm: Das ETP-Modell der Hillsgroup (im Netz auf Google Drive unter diesem Titel).

12 Zur Erinnerung: Die Aussagen beziehen sich wie die gesamte Studie der Hillsgroup nur auf das sogenannte »konventionelle« Öl, von dem 84 % des energetisch förderbaren Vorrats bereits verbraucht sind und das 2006 mit 70 Millionen Barrel/Tag sein Fördermaximum hatte. Über die nicht-konventionellen Ölsorten, die Kohle und das Erdgas werden keine Aussagen getroffen.

**Primärenergieverbrauch
nach Energieträgern 2016 in Petajoule**

	Summe Gruppe	Leistung	in %
<i>Erneuerbare alt AEE</i>	845		6,31
... Biomasse (ohne Biogas)		774	5,78
... Wasserkraft		71	0,53
<i>Erneuerbare neu NEE</i>	789		5,89
... Wind Land		311	2,32
... Wind Meer		54	0,40
... Photovoltaik		143	1,07
... Biogas (elektr. + therm.)		176	1,31
... Solarthermie		33	0,25
... Sonstige		72	0,54
Summe Erneuerbare	1.634		12,20
<i>Fossile</i>	<i>11.754</i>		<i>87,73</i>
... Steinkohle		1.656	12,36
... Braunkohle		1.519	11,34
... Mineralöle		4.567	34,09
... Gas (ohne Biogas)		3.036	22,66
... Kernenergie		923	6,89
... Sonstige/Austausch		53	0,40
Summe	13.398	13.398	100,00

Also: Nach dreißig Jahren Energiewende und achtzehn Jahren EEG tragen im Jahre 2016 die »Neuen Erneuerbaren Energieträger« in Gestalt von

- 27.220 Windkraftanlagen an Land
- 156 Windkraftanlagen auf dem Meer
- 19.122.000 m² Photovoltaik auf Frei- und Dachflächen
- 9.209 Biogasanlagen mit Anbauflächen von 1.450.000 Hektar (davon 1 Mio. ha Silomais) und einer unbekanntem Menge von Substratimporten

5,9 % (!) zum Primärenergieverbrauch in Deutschland bei. Für den Ersatz eines 6 %-Anteils an den fossilen Quellen des deutschen Primärenergieverbrauchs wurden nach

dem Institut für Wettbewerbsökonomik der Universität Düsseldorf zwischen 2000 und 2015 € 150 Milliarden aufgewendet.¹³ Zwischen 2015 und 2025 ist mit Aufwendungen von weiteren € 370 Milliarden zu rechnen.

Bei einem linearen Fortgang des Projektes in Richtung auf das erklärte Ziel der Bundesregierung, bis zum Jahre 2050 den Anteil dieser »Neuen Erneuerbaren Energieträger NEE« auf 60 % des Bruttoendenergieverbrauchs zu steigern, müßten die genannten Leistungseinheiten der NEE-Träger sämtlich um den Faktor 10 vermehrt werden, was etwa bei den Wind-an-Land-Anlagen eine »Ergänzung« der jetzt knapp 27.000 Anlagen um weitere 245.000 erfordern würde.

Wenn man in der Energiepolitik in Deutschland mit viel gutem Willen das Ergebnis einer konsequenten und durchdachten Strategie erkennen möchte, so muss man ihr das folgende postfossile Energiegewinnungsmodell zugrunde legen: Mechanisch und photochemisch erzeugte elektrische Energie wird zum wesentlichen/einzigen Primärenergieträger, der

- entweder direkt als Substitut für fossile Kraft- und Treibstoffe genutzt wird und über Elektromotoren mechanische Arbeit leistet (Elektrifizierung etwa des Verkehrs und der Industrie), wobei die fehlenden Speichermöglichkeiten erzwingen, daß zusätzlich ...
- ... Elektrizität genutzt wird, um damit elektrolytisch Wasserstoff als Speichermedium herzustellen, der dann mit Brennstoffzellen als Wandler oder aber im Wege der Methanisierung als Gas mobil oder stationär als Speicher und Kraftstoff dient (*power to gas*).¹⁴ Für beide Wege gilt indes: Die Wirkungsgradverluste in der nun verlängerten Kette Strom → Elektrolyse → Wasserstoff → CO₂ → Methangas (→ Gasrückverstromung) werden durch die vielfältigen Zustandsänderungen mit Anergieanfall und Verlusten durch elektrische Widerstände, chemische Reduktionen usw. immer größer und erzwingen deshalb eine ständige Steigerung des Primärenergieeinsatzes.

¹³ Justus Haucap u.a.: Kosten der Energiewende. Untersuchung der Energiewendekosten im Bereich der Stromerzeugung in den Jahren 2000 bis 2025 in Deutschland. Düsseldorf 2016. Herunterladbar bei www.insm.de

¹⁴ Auf dem Methanisierungspfad könnte immerhin auf eine vollständig vorhandene Infrastruktur (Gasspeicher, Gasleitungssystem) zurückgegriffen werden. Wasserstoff selbst wirft erhebliche und möglicherweise unüberwindbare Handhabungsprobleme auf und verlangt nach einer neuen Infrastruktur.



Was unterwegs verlorengeht, muß »vorne« – und zwar gehebelt auf das Brutto der Primärenergie – wieder angebaut werden. Der dadurch noch einmal – zusätzlich zu den oben genannten traum- bzw. alptraumhaften Zahlen – notwendige Zubau von Windenergie- und Photovoltaikanlagen nähme völlig unrealisierbare Dimensionen an.

Quelle oder Senke? Keine offene Frage mehr

Ob die die erneuerbaren Wind- und Photovoltaik-Energiequellen überhaupt einen Nettobeitrag zur Stromversorgung leisten, ist keine offene Frage mehr, wenn man die zugänglichen monetären Ergebnisse der »Energiewende« als Stellvertreterdaten für nicht verfügbare, echte thermodynamische Bilanzdaten versteht. Die sogenannten Differenzkosten des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) ergeben sich bekanntlich als Saldo aus den Markterlösen für die von NEE bereitgestellten Energiedienstleistungen (2017: € 2 Milliarden) und den dafür beanspruchten Aufwendungen (2017: € 26 Milliarden). 2017 betrug der Unterschuf also € 24 Milliarden. Die Aufwände für die ständige Bereitstellung konventioneller (Kohle/Gas) Reservekraftwerke tauchen in dieser Rechnung noch nicht auf. Wenn eine Energieform die Kosten ihrer Bereitstellung nicht einmal zu 10 % decken kann, so begründet das den Verdacht, daß sie auch energetisch ein reines Verlustgeschäft ist. Die Umlage zur Förderung der NEE betrug im ersten Geltungsjahr des EEG vor 17 Jahren 0,19 Eurocent je kWh. Sie ist bis heute auf 6,8 Cent/kWh – somit auf das Sechszwanzigfache – gestiegen. Bei dem gewaltigen Zubau hätten eigentlich positive Skaleneffekte eintreten müssen. Wenn die Verluste trotzdem steigen, so gibt es dafür eine naheliegende Erklärung: Die Vermehrung von defizitären Leistungseinheiten mindert die Defizite eines Systems nicht, sondern steigert sie. Ausweislich der monetären Daten treibt die Energiewende Raubbau an unseren ohnehin schwindenden Energieressourcen.¹⁵ Jedenfalls ist völlig klar, daß sie dem eingangs genannten Könnenskriterium für einen systemerhaltenden Energieregimewechsel – ... *die Quelle von mehr als der Hälfte der Wirtschaftsleistung zu ersetzen und dabei das »Surplus« der Fossilenergien aufrechtzuerhalten* – nicht nur nicht gerecht wird, sondern es auf eine geradezu absurde Weise dramatisch verfehlt.

Energiepolitische Schleiertänze

Die Berechnungen von Erntefaktoren und Amortisationszeiten der Erneuerbaren Energien sind eine methodisch völlig verwilderte, politische angetriebene Veranstaltung, auf der man die beteiligten Lobbyisten, Verkäufertypen, Gutachtenlieferanten, universitär Beflissenen nicht mehr auseinanderhalten kann. Auch die Behörden spielen mit, anstatt, wie es ihres Amtes wäre, mit unerschütterlicher Nüchternheit die Folgen politischer Entscheidungen für das Gemeinwesen darzulegen.

Eine echte thermodynamische Bilanzierung der Erneuerbaren Energien gibt es nicht, und selbst ein ernsthafter Versuch, die miteinander völlig unvereinbaren energiestrukturellen Jubelmeldungen zur Energiewende mit deren immer desaströserem monetären Ergebnis in irgendeine nachvollziehbare Verbindung zu bringen, wird nicht unternommen.

Wahrscheinlich übersteigt die sich anbahnende Lage alle politischen Handlungsmöglichkeiten himmelweit. Aber jede Verantwortlichkeit hat in hochkritischen Situationen eine erste Aufgabe: Die Zahl der Optionen zu erhöhen. Das hieße bei unserem Thema: zum einen keine Abkopplung von eventuell brückenbauenden oder zeitschindenden technischen Entwicklungen (siehe nächster Abschnitt zur Kernkraft), zum anderen energische Auskopplung aus weiträumigen technischen Netzen durch eine Rückfallebene räumlicher Insellösungen bei der Wasser- und Elektrizitätsversorgung. Ein Zusammenbruch der schon heute hochgefährdeten E-Netze wäre unter den derzeitigen Bedingungen – ganz unmetaphorisch – ein Weltuntergang. Zur Vermeidung der Maximalkatastrophe muß ein temporär-kontingentierte Zugang zu den Grundgütern Wasser und Elektrizität unter allen Umständen sichergestellt sein.

Die letzten Hoffnungsträger

Die zitierte Hillsgroup-Studie ist die methodisch solideste und tiefstgehende zum weiteren Verlauf der Erdölverfügbarkeit. Solange andere Erkenntnisse nicht vorliegen, müssen wir von den dort genannten kurzen Fristen für wirtschaftliche Erschöpfung dieser weitaus wichtigsten fossilen Ressource ausgehen. Die These von einer plötzlich einsetzenden »depletion« ist auch nicht neu, und sie ent-

spricht im übrigen auch geologischen und bergmännischen Erfahrungen. Bestandsaufnahmen der derzeitigen Vorräte stützen die Annahme eines solchen Verlaufs eher, als daß sie ihm widersprechen.¹⁶

Der Hoffnungsträger der letzten Jahre war die große Produktionssteigerung bei der Förderung unkonventioneller Öl- und Gasvorräte in den USA. Nach den Daten der Hillsgroup für die konventionelle Förderung müssen wir aber letztlich den Befund einer Minus-Ergiebigkeit des technisch erheblich aufwendigeren Frackens erwarten. Mit der Technik des Frackings hat sich das vormalige »Schaufeln« von fossilen Energieträgern endgültig in ein »Zusammenkratzen« verwandelt. Die Krümel werden aufgesammelt. Doch damit befinden wir uns in einem Modus des Erntens, der das Ende der Reichlichkeit anzeigt. Das ganze Unternehmen, bei dem die wirtschaftlichen Akteure willent- und wissentlich Unmengen an Kapital verbrennen, ist wahrscheinlich gar kein energie-wirtschaftliches Unternehmen, sondern ein geopolitisches Kräftespiel, um dem es darauf ankommt, frühzeitig die Pose des »Last Man Drilling« einzunehmen. Bei diesem Spiel hat Rußland aber die weitaus besseren Karten.

Der zweite, allerdings auch schon von Spuren des Welkens gezeichnete Hoffnungsträger ist die Kernkraft. Offensichtlich hat die derzeitige Generation von Reaktoren weder in der Industrie noch in den Regierungen – auch nicht in atomfreundlicheren als der derzeitigen deutschen – ernsthafte Unterstützung. Die drei aktuellen Bauprojekte in der EU sind alle in der Krise:

- Die beiden Europäischen Druckwasserreaktoren, an denen seit 2004 bzw. 2005 in Frankreich und Finnland gebaut wird, haben die geplanten Fertigstellungstermine um fast ein Jahrzehnt und die Plankosten von jeweils 3 Milliarden um das Dreifache überschritten.
- Die C-Blöcke im englischen Hinkley-Point sind zwar seit fünf Jahren genehmigt. Doch weder das Konsortium (das es für nötig hielt, sich technisch chinesischer Unterstützung zu versichern) noch die Regierung scheinen sich an das Projekt zweier großer EPR-Druckwasserreaktoren ernsthaft heranzuwagen.

Es wird zur Zeit allerdings an Reaktortypen einer 4. Generation (Gen4)¹⁷ geforscht. Fast alle der sechs diskutierten Konzepte knüpfen an Fäden an, die im 20. Jahrhundert fallengelassen wurden: Thorium- und Hoch-

temperaturreaktoren und Schnelle Brüter. Manche sollen wahlweise mit angereichertem oder natürlichem Uran, mit Thorium, den anderen Transuranen und mit Nuklearabfällen betrieben werden können. Sie sollen skalierbar bis zur Miniaturisierung und »inhärent sicher« sein. Die französische Atomaufsicht bezweifelt allerdings¹⁸, daß einer diese Gen4-Reaktoren vor dem Ende des Jahrhunderts durchentwickelt sein wird und ans Netz gehen könnte. Rußland scheint mehr Tempo zu machen und hat mit seinem Reaktortyp BM-800 einen »Schnellen Flüssigsalz-Brüter« im Übergang von Generation 3+ zur Generation 4 am Netz. Der Gen4-Nachfolgetyp BM-1200 scheint nach Komplikationen jedoch erst einmal bis 2019 auf Eis zu liegen

Aber selbst wenn ein konzeptioneller Gen4-Durchbruch bald erfolgen sollte, bleibt zweifelhaft, daß er sich operativ vollziehen ließe. Öl hat an der Primärenergieversorgung sowohl global als auch in Deutschland einen Anteil von einem Drittel. Wer diesen Riesenblock durch Kernenergie ersetzen wollte, müßte weltweit fast 4.000, in Deutschland etwa 100 und selbst in China – seit längerem im Reaktorbau und von Zweifeln unangekränkt – noch 500 Reaktoren der 1.600-MWh-Klasse zubauen. Das ist innerhalb der Zeithorizonte, über die wir hier sprechen, völlig unmöglich. Zudem ergibt sich die Frage, zu welchen technischen Taten Gesellschaften noch fähig sind, in denen abends die Lampen flackern und sporadisch die Lichter ausgehen. Resultiert daraus das Ende der Verzagttheit oder der Beginn der tatenlosen Verzweiflung? Das wird wohl von Land zu Land variieren.

Und weiter?

Die letzten sieben Jahre waren wundersam. Die Kernfrage allen bisherigen menschlichen Lebens und Wirtschaftens

15 Hinsichtlich der Schweizer und der spanischen Photovoltaik-Systeme liegen detaillierte Untersuchungen vor. Für die Schweiz: Ferruccio Ferroni und Robert Hopkirk: »Energy Return on Energy Invested (ERoEI) for photovoltaic solar systems in regions of moderate insolation«, in: *Energy Policy*, Vol. 94 (2016), S. 336–344. Für Spanien: Pedro A. Prieto und Charles Hall: *Spain's Photovoltaic Revolution. The Energy Return on Investment*. New York 2013.

16 Als ein distanzierter und objektiver Berichterstatter hat sich die Londoner HSBC-Bank erwiesen. Sie gibt jährlich den HSBC-Peak-Oil-Report (unter diesem Titel im Netz) heraus.

17 Es gibt eine Internationale Arbeitsgemeinschaft von privaten und staatlichen Institutionen. Im Internet: gen4.org

18 IRSN: Review of Generation IV Nuclear Energy Systems.

»Woher die Energie nehmen?« verkehrte sich plötzlich in die gegenteilige »Wohin mit der Energie?« Der Mensch wurde (nicht unfreudig) funktional von einer spendenden Energiequelle zu einer aufnehmenden Energiesenke – ein Wechsel vom Lebensmodus der Erzeugung zum Modus der Empfängnis¹⁹, der wahrscheinlich den Tiefgrund der mentalen und ästhetischen Feminisierung bildet, die sich in den letzten Jahrzehnten vollzogen hat.

Viele, wenn nicht die meisten Intellektuellen wurden einer wunderbaren Realitätsentrückung teilhaftig, indem sie sich gegenseitig davon überzeugten, daß »die Wirklichkeit« allein dem Gerede entspringe, das sie ihr unentwegt widmen. Die Ökonomen taten ein übriges, als sie 1976 das »Zeitalter der Substituierbarkeit« ausriefen²⁰, was einer feierlichen und endgültigen Lossprechung des Menschen von jeglicher Verstricktheit in die irdischen Dinge und Umstände gleichkam. Und es erblühte jene angelsächsische Schule der Glückseligkeit, die von William James bis Richard Rorty lehrte, daß WAHRHEIT das ist, »woran zu glauben uns gut tut«. Als späte Frucht an diesem Trieb reift gerade die »Generation Z aka Schneeflöckchen« der Prächtigkeit entgegen.

Hundert Jahre, eine menschheitsgeschichtliche Nanosekunde, hat dies alles nur gedauert. Aber dem, der ganz ohne Vor- und Rückbehalt nur Zeitgenosse war, ist es widerfahren, daß er sein Bild von der Wirklichkeit aus der Beobachtung eines Strohfeuers oder einer Seifenblase gewann.

Das meinte Rolf Peter Sieferle, als er in seinem Rückblick auf die Natur sagte: »Was immer wir in den letzten zweihundert Jahren beobachtet haben mögen, was immer Gegenstand soziologischer oder ökonomischer Theoriebildung gewesen sein mag, es hatte lediglich den Charakter eines Schnitts durch einen hochdynamischen Prozeß, der prinzipiell nicht von Dauer sein kann. Die Industriegesellschaft bzw. die ›Moderne‹ ist daher lediglich eine Fiktion. Niemand weiß, wie eine stabile, auf Dauer angelegte Industriegesellschaft aussehen könnte, die nicht materiell (und vielleicht auch symbolisch und normativ) auf dem Verzehr von Beständen beruht.«

19 Den Prozeß hat im Detail erforscht und dargestellt: Gerhard Schulze: Die Erlebnisgesellschaft. Kultursoziologie der Gegenwart, Frankfurt/Main–New York 1992. Zum innerpsychischen Niederschlag der »metabolischen Umpolung« s. auch: Thomas Hoof: »Der Fischer und seine Frau sind jetzt getrennte Leute«, in: Helen Smith: Männerstreik. Lüdinghausen/Berlin 2017.

20 H.E. Goeller und A.M. Weinberg: »The Age of Substitutability«, in: *Science* vom 20.02.1976, Vol. 191, Nr.4228, S. 683–689.