

Die Zukunft gestalten: Gedanken zur Energiefrage

Alfred Voss

Ein Blick zurück

Energie und Strom haben uns frei gemacht von schwerer körperlicher Arbeit und manueller Stumpfsinnigkeit, sie haben geholfen, die Produktivität und damit unseren materiellen Wohlstand zu steigern, und eröffneten neue Möglichkeiten der Kommunikation und des Reisens. Im Kontext mit den Fortschritten der Technik reduzierten sie die natürlichen Lebensrisiken der Bedrohung durch die Naturgewalten. «Die Energie und die aus ihr fließenden Wohltaten Licht, Wärme, Nahrung und Kleidung zeigen sich als technische Umwelt, ohne die der Prothesengott Mensch nicht existieren kann. Die Umwelt «Natur», deren früherer Ungestörtheit wir heute nachtrauern, enthüllt sich aber bei schwindender Energieproduktion als Feind, als Quelle von Kälte, Hunger und Krankheit.»¹ Dies ist die eine, die positive Seite.

Die andere Seite manifestiert sich in den Auseinandersetzungen um die Kernenergie oder allgemeiner gesagt die Grosstechnik. In ihnen, so hat es den Anschein, kanalisiert sich das Unbehagen an der modernen technisch-wissenschaftlichen Zivilisation. Ausgehend von den Idealen der Aufklärung, vor allem der Rationalität und Individualität, war im Weltbild der Moderne die Technik das Instrument zur Befreiung von naturgegebenen Zwängen und wirtschaftlichen Begrenzungen. Die Technik schien den Menschen nach entbehrensreicher Zeit alle ihre Sehnsüchte und Wünsche zu erfüllen. Die Dynamik der technisch-wissenschaftlichen Entwicklung und der daraus resultierende schnelle Wandel der Lebensverhältnisse erodierte den Wert von Tradition und Lebenserfahrung als Orientierungshilfe zur Bewältigung der Zukunft. Die Zeitspannen der überschaubaren Zukunft wurden kürzer, Zukunftsangst oder zumindest Zukunftsungewissheit nehmen zu. Mit den zeitlich parallel immer deutlicher ins Bewusstsein tretenden Umweltschäden verschärfte sich die Orientierungskrise. Technik und Fortschritt wurden zunehmend in Frage gestellt. Neue postmaterielle Mythen versprechen Wege aus der Gefahr, scheitern aber an der Realität. In dieser Orientierungskrise fiel der Energietechnik und insbesondere der Kerntechnik die Rolle eines Sündenbockes für die Ambivalenz der Technik und die Belastungen aus den Fortschrittfolgen der zivilisatorischen Entwicklung zu.

Diese andere, wenn man so will problembehaftete Seite der Entwicklung der Energie- und Elektrizitätsversorgung in der Vergangenheit ist sicher ein zentraler Aspekt für die zukünftige Ausgestaltung des Energiesystems der entwickelten Industrienationen. Daneben gibt es allerdings noch andere Herausforderungen, denen sich die Energiewirtschaft und Energiepolitik an der Schwelle zum dritten Jahrtausend gegenübersehen und die die Zukunft der Energieversorgung bestimmen.

Energieprobleme einer zusammenwachsenden Welt

Energie und Armut

Der weltweite Verbrauch an Energie hat sich in den letzten drei Jahrzehnten fast verdreifacht, er betrug im Jahr 1990 rund 8,7 Mia. toe (Milliarden Tonnen Erdöl-äquivalent). Das Wachstum des Energieverbrauchs war in diesem Zeitraum in den Entwicklungsländern deutlich stärker als in den industrialisierten Ländern. Angesichts des Bevölkerungszuwachses sind aber die Ungleichgewichte im Verbrauch von Energie kaum kleiner geworden. Den Menschen in den meisten Entwicklungsländern steht weniger als ein Zehntel der Energie zur Verfügung als denen in den westlichen Industrieländern. Der geringe Energieverbrauch pro Kopf ist sicher nur ein unzureichender Indikator zur Beschreibung der dramatischen Probleme in den Ländern der Dritten Welt, die durch Armut, Unterernährung, Naturzerstörung, Energiemangel und durch ein stärkeres Bevölkerungswachstum gekennzeichnet sind. Alle diese Probleme sind untereinander wechselseitig vernetzt.

In vielen Entwicklungsländern blieb die Nahrungsmittelproduktion hinter dem Bevölkerungswachstum zurück oder ging sogar absolut zurück. Die Zahl der unterernährten Menschen ist auf 500 Mio. angestiegen. Waldrodungen zur Gewinnung von Agrarland und Brennholz sind die wichtigsten Ursachen für die Abholzung von jährlich rund 170 000 km² Tropenwald. Allein die Schaffung neuer Agrarflächen hat hieran einen Anteil von 75 %. Ungenügende Düngung im Zusammenhang mit den traditionellen Anbau- und Viehzuchtmethoden führen zu einer raschen Abnahme der Fruchtbarkeit, mit der Folge, dass neuer Wald gerodet werden muss. Brennholz ist in den Entwicklungsländern ein wesentlicher Teil der Energieversorgung. Für die Landbevölkerung ist es oft die einzige verfügbare Energiequelle, was dazu führt, dass die Holzentnahme zumindest lokal und regional die nachwachsenden Mengen übersteigt.

Wenn sich die Entwicklungsmuster der Vergangenheit fortsetzen, wird der Anteil der Armen an der Menschheit sinken, ihre Gesamtzahl aber weiter ansteigen. Der Unterschied im Einkommen zwischen den Industriestaaten und einigen Entwicklungsländern, insbesondere in Südost-Asien, hat sich in den letzten Jahrzehnten verkleinert, in bezug auf andere Entwicklungsländer ist er deutlich gewachsen. Verstärkte Anstrengungen und neue Entwicklungsstrategien sind notwendig, um humane Lebensumstände in diesen Ländern zu schaffen. Dies erfordert die Entwicklung von Schlüsselbereichen wie die Energieversorgung, das Transport- und Kommunikationswesen sowie die landwirtschaftliche und industrielle Produktion. Die notwendigen Entwicklungsfortschritte der Dritten Welt werden, auch unter Berücksichtigung der bestehenden Energieeinsparpotentiale, nicht ohne einen Mehreinsatz an kommerzieller Energie zu erreichen sein. Die Energie muss darüber hinaus kostengünstig sein, damit diese Länder nicht einen zu grossen Teil ihrer knappen Ressourcen für die Energiebereitstellung aufwenden müssen, die dann an anderer Stelle fehlen. Kostengünstige Energie ist auch eine Voraussetzung für ihre Konkurrenzfähigkeit in der Weltwirtschaft.

Die Lösung der Ernährungs-, Umwelt-, Energie- und Entwicklungsprobleme wird erschwert durch das starke Wachstum der Bevölkerung in diesen Ländern. Etwa drei Viertel der Weltbevölkerung von gegenwärtig 5,5 Mia. Menschen lebt in Entwicklungsländern. Im Jahre 2020 werden es etwa 85 % bei einer Weltbevölkerung

von rund 8 Mia. Menschen sein. Diese Bevölkerungsentwicklung und die Schaffung humaner Lebensbedingungen in der Dritten Welt sind die wesentlichen Gründe dafür, dass die meisten weltweiten Energieanalysen von einem weiteren Anstieg des Energieverbrauchs ausgehen. Die 15. Weltenergiekonferenz von 1992² kommt zum Ergebnis, dass je nach eintretender weltweiter Wirtschaftsentwicklung der Energieverbrauch der Welt von rund 8,7 Mia. toe im Jahr 1990 auf 11,2 bis 17,2 Mia. toe im Jahr 2020 ansteigen könnte. Dabei ist unterstellt, dass die Energieeffizienzverbesserungen deutlich höher ausfallen als in der Vergangenheit. Trotz der bestehenden Prognoseunsicherheiten gilt es also, sich auf einen weltweit steigenden Energiebedarf einzustellen, ohne sein zukünftiges Niveau genau zu kennen.

Damit ist eine der zentralen Zukunftsaufgaben der Energieversorgung umschrieben, nämlich die Bereitstellung kostengünstiger Energie zur Sicherung der Ernährungsbasis und zur Verbesserung der materiellen Lebensumstände einer wachsenden Bevölkerung in der Dritten Welt. Gleichzeitig ist die Ausbeutung der Energiequelle Wald auf ein für dieses Ökosystem verträgliches Mass zurückzuführen.

Gefordert sind in diesem Kontext neben den Entwicklungsländern natürlich auch die reichen Industrieländer, nicht nur aus Solidarität, sondern in ihrem ureigenen Interesse. Es wäre kurzsichtig und verhängnisvoll anzunehmen, dass die Industriestaaten den Problemen von Hunger, Armut, Verelendung und Naturzerstörung in den Entwicklungsländern länger tatenlos gegenüberstehen können, weil sie selber nicht direkt betroffen sind. Wie auch immer die Entwicklungsperspektiven der Industrieländer sein mögen, die Welt wird dauerhaften Frieden und anhaltende Prosperität erst finden können, wenn in den Entwicklungsländern Hunger und Armut überwunden und humane Lebensbedingungen erreicht sind, das heisst, wenn das Nord-Süd-Gefälle abgebaut ist. Eine Welt, in der 85% der Menschen arm und 15% reich sind, kann auf Dauer keine friedliche Welt sein.

Energie, Klima, Umwelt

Ein weiterer Problembereich, der die Lage der Menschheit am Ende des zwanzigsten Jahrhunderts kennzeichnet, ist die zunehmende Umweltbelastung, die Gefahr, dass bei Fortsetzung der gegenwärtigen Trends die natürlichen Lebensgrundlagen gefährdet, möglicherweise sogar irreversibel geschädigt werden. Die Gewinnung, Umwandlung und Nutzung von Energieträgern ist eine der Hauptquellen, in vielen Bereichen die wichtigste Quelle der Belastung der Umwelt und der Veränderung von Natur. Auf die weltweite Nutzung fossiler Energieträger sind rund 50% der anthropogenen Treibhausgasemissionen zurückzuführen.

Unter den Klimatologen herrscht weitgehende Übereinstimmung über die prinzipiellen Wirkungen des Treibhauseffektes und seine Grössenordnung, obwohl in Teilbereichen des komplexen Klimasystems noch Wissenslücken bestehen. Wenn der Trend der Freisetzung von Treibhausgasemissionen unverändert anhält, wird die globale Mitteltemperatur im Laufe des kommenden Jahrhunderts um 0,3°C pro Jahrzehnt (mit einem Unsicherheitsbereich von 0,2°C bis 0,5°C pro Jahrzehnt) ansteigen. Dies ist eine Erwärmungsrate, wie sie in den letzten 10 000 Jahren niemals aufgetreten ist. Als direkte Folgen der Erhöhung der Treibhausgaskonzentration werden ein Ansteigen der bodennahen Lufttemperatur (mit

einer über die Breitengrade unterschiedlichen Verteilung), ein Anstieg der Meeresspiegel, eine Änderung der atmosphärischen Zirkulation und der Niederschlagsverteilung sowie die Häufung extremer Wettersituationen, z.B. von hohen Temperaturen, von tropischen Wirbelstürmen und Starkniederschlägen, erwartet. Wesentliche befürchtete Auswirkungen sind Verschiebungen der Klima- und Vegetationszonen, der Verlust grosser Landflächen durch den Meeresspiegelanstieg, Beeinträchtigungen der Wasserressourcen vieler Gebiete und Störungen des Gleichgewichtes in den Ökosystemen.

Die Klimaproblematik stellt sich aus Sicht der Energie- und Umweltpolitik als ein klassisches Entscheidungsproblem unter Unsicherheit dar. Die Einleitung von Massnahmen zur Minderung von Treibhausgasemissionen kostet Milliarden und hat Auswirkungen auf die wirtschaftliche Entwicklung. Auf der anderen Seite besteht die Gefahr, dass bei einem Abwarten, bis alle noch offenen Fragen geklärt sind, die klimaverändernden Prozesse so weit fortgeschritten sind, dass aufgrund der Dynamik des Systems katastrophale Klimaveränderungen nicht mehr zu vermeiden sind. Versteht sich die Energie- und Umweltpolitik auch als Vorsorgepolitik, die im Sinne der Nachweltverantwortung heute Anstrengungen und Belastungen auf sich nimmt, um Risiken von den kommenden Generationen abzuwenden, dann besteht angesichts der drohenden Gefahren politischer Handlungsbedarf.

Das Problem der Erderwärmung wurde inzwischen denn auch international erkannt. Um die Klimaänderung und die Konsequenzen auf ein tolerierbares Mass zu begrenzen, hat die Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro eine Klimakonvention verabschiedet mit der Zielsetzung, eine Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, das eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert und den Ökosystemen ausreichend Zeit für eine natürliche Anpassung an Klimaänderungen lässt. Die hierzu notwendige drastische Reduktion anthropogener Treibhausgasemissionen ist dabei vor dem Hintergrund zu sehen, dass nahezu alle Energieprognosen von einem weiteren Anstieg des weltweiten Verbrauchs an fossilen Energieträgern ausgehen.

Ausreichende Energiemengen zur Sicherung der Ernährung und zur Verbesserung der materiellen Lebensumstände bereitzustellen und gleichzeitig die knappen Ressourcen Umwelt und Natur zu schonen, sind somit die zentralen Zukunftsaufgaben einer zusammenwachsenden Welt am Ende des zwanzigsten Jahrhunderts.

Zu diesen treten nun noch die Herausforderungen hinzu, die sich aus der jeweiligen spezifischen regionalen und nationalen Situation ergeben. In den westlichen Industrieländern betrifft dies insbesondere die Zurückgewinnung des Vertrauens in die Problemlösungskapazität eines auf Nachhaltigkeit und die Bewahrung der Schöpfung angelegten technisch-wissenschaftlichen Fortschritts. Bevor auf die Bewältigung der Herausforderung näher eingegangen wird, sei noch die Frage nach den Energieressourcen und Energiequellen gestellt, die ja vor dem Hintergrund eines weltweit weiterwachsenden Energiebedarfs eine besondere Bedeutung gewinnt.

Energie: Eine knappe Ressource?

Die Furcht vor einer Energieknappheit hat die Menschheit in ihrer Geschichte immer wieder bewegt. Im Rückblick zeigt sich allerdings, dass die Reichweiten der Energievorkommen meist unterschätzt wurden.

Die Energieträger, die uns zur Verfügung stehen, lassen sich den erschöpfbaren Energievorräten und den quasi unerschöpflichen Energieströmen zuordnen. Letztere werden von der Energie aus den nuklearen Fusionsprozessen der Sonne, den radioaktiven Zerfallsprozessen in der Erdkruste, der Restwärme des Erdkerns sowie aus der kinetischen und potentiellen Energie der Planeten gespeist. Zu den Energievorräten zählen die fossilen Energieträger Kohle, Erdöl und Erdgas als gespeicherte Sonnenenergie und die Kernbrennstoffe Uran, Thorium, Deuterium und Lithium (als Brutstoff für Tritium für die Kernfusion). Die Frage nach den in der Erdkruste insgesamt vorhandenen und gewinnbaren fossilen und nuklearen Energievorräten ist nicht zuverlässig zu beantworten, da bisher nur an wenigen Stellen der Erde nach diesen Stoffen exploriert worden ist. In Tabelle 1 sind die nach gegenwärtigem Kenntnisstand nachgewiesenen Reserven und geschätzten insgesamt gewinnbaren Reserven aufgeführt. Im Jahr 1990 beliefen sich die nachgewiesenen Reserven der fossilen Energieträger auf rund 800 Mia. toe. Rein rechnerisch können sie den gegenwärtigen weltweiten Energieverbrauch für fast 100 Jahre decken. Die insgesamt gewinnbaren Reserven werden etwa fünfmal grösser eingeschätzt.

Tabelle 1: Fossile und nukleare Energiereserven (Stand 1990) nach WEC

	nachgewiesene Reserven Mia. toe ¹	insgesamt gewinnbare Reserven Mia. toe ¹
Erdöl	137	200
Erdgas	108	220
Kohle	584	3400
Ölschiefer und Schweröl	–	595
fossile Energieträger	829	4435
Uran	3000	12000

¹ Mia. Tonnen Erdöläquivalent/Jahr

Da bei der Energieerzeugung durch Kernspaltung nicht nur Brennstoff verbraucht, sondern gleichzeitig neuer Spaltstoff erzeugt wird, hängt die Energiemenge, die aus einem Kilogramm Uran (dem heute ausschliesslich genutzten Kernbrennstoff) gewonnen werden kann, von der Art des Kernreaktors und der Rückführung des Spaltstoffes aus den abgebrannten Brennelementen ab. Bei voller Ausnutzung des Energieinhalts des Natururans errechnen sich insgesamt gewinnbare Energiemengen, die etwa dreimal so gross sind wie die fossilen Reserven. Das Energiepotential der zweiten nuklearen Energiequelle, der Kernfusion, ist noch grösser als das der Kernspaltung.

Das Angebotspotential der erneuerbaren Energiequellen, worunter hier die gesamte natürlich dargebotene Energiemenge je Jahr verstanden wird, ist mit 62 000 Mia. toe/a gut 7000 mal grösser als der weltweite anthropogene Energieverbrauch (siehe Tabelle 2). Auf die solare Strahlung entfällt der bei weitem grösste Anteil. Von dem solaren Energiestrom, der auf die Erdatmosphäre auftrifft, werden etwa 30% von den äusseren Schichten der Lufthülle direkt reflektiert. Die Energiemengen, die von der Lufthülle, dem Land und dem Meer absorbiert werden, sind verantwortlich für den Wind, die Wellen, die Meeresströmungen, die Verdunstung und Niederschläge sowie die Erzeugung von Biomasse durch die Pflanzen. Der grösste Teil wird jedoch von den Weltmeeren und Landflächen der Kontinente als Wärmestrahlung ins Weltall abgegeben. Im Vergleich zu der solaren Strahlungsenergie sind die Angebotspotentiale der anderen erneuerbaren Energieträger meist um einige Grössenordnungen kleiner. Der gesamte geothermische Wärmestrom liegt bei 24 Mia. toe/a, und die Energie, die durch die Gezeiten dissipiert, ist mit 2,4 Mia. toe/a um einen Faktor 10 kleiner.

Tabelle 2: Weltweite Potentiale der regenerativen Energiequellen

	Angebotspotential Mia. toe/a ¹	Technisch nutzbares Potential Mia. toe/a ¹
Solarstrahlung	60000	14,3
Wasserkraft	3,7	2,4
Wind	2380	2,4
Biomasse	71	4,5
Geothermie	24	1,5
Gezeiten	2,4	} 0,8
Wellenenergie, Meeresströmung, Meereswärme	0,7-7	
Gesamt	~62000	~26

¹ Mia. Tonnen Erdöläquivalent/Jahr

Bis auf wenige Ausnahmen ist das natürliche Angebot der erneuerbaren Energieträger durch niedrige Leistungs- bzw. Energiedichten und eine periodisch bzw. unregelmässig schwankende Verfügbarkeit gekennzeichnet. Die Probleme der Nutzung regenerativer Energiequellen resultieren im wesentlichen aus diesen beiden Charakteristika ihres natürlichen Angebots. Von dem teilweise sehr grossen Angebotspotential der erneuerbaren Energiequellen lässt sich nur ein Teil technisch sinnvoll nutzen, da es zum einen konkurrierende Verwendungszwecke, z.B. Landbedarf für die Nahrungsmittelproduktion, und zum anderen technische Randbedingungen, z.B. Mindestwindgeschwindigkeiten für den Betrieb von Windenergiekonvertern, gibt, die auch bei Vernachlässigung von ökonomischen und sonstigen Aspekten nur die Nutzung eines Teils des Angebotspotentials erlauben. Abschätzungen des technisch nutzbaren Potentials sind naturgemäss mit Unsicherheiten behaftet und daher als grössenordnungsmässige Orientierung zu verstehen. Das in Tabelle 2 aufgeführte technisch nutzbare Potential von etwa 26 Mia. toe/a entspricht dem Dreifachen des gegenwärtigen weltweiten Energie-

verbrauchs. Mehr als die Hälfte dieses Potentials entfällt auf die direkte Nutzung der solaren Strahlungsenergie zur Strom- oder Wärmeerzeugung. Aber auch die technischen Potentiale der Biomasse, der Wasserkraft und der Windenergie können grössere Beiträge zur Weltenergieversorgung leisten.

Daraus lässt sich ableiten, dass die insgesamt gewinnbaren Reserven und zusätzlichen Ressourcen der erschöpfbaren Vorräte an fossilen Energieträgern und des Kernbrennstoffs Uran allein rechnerisch in der Lage wären, den gegenwärtigen weltweiten Energieverbrauch für fast 2000 Jahre zu decken. Das Energiepotential der Kernfusion ist, selbst bei Beschränkung auf die Deuterium-Tritium-Fusion, mindestens noch einmal von ähnlicher Grössenordnung, und das technisch nutzbare Potential der erneuerbaren Energieströme ist rund dreimal grösser als der gegenwärtige weltweite Energieverbrauch.

Betrachtet man also die Gesamtheit der der Menschheit zur Verfügung stehenden Energievorräte und Energiepotentiale, so scheint die Feststellung gerechtfertigt, dass Energie mengenmässig nicht knapp ist. Mögliche Grenzen des Wachstums des Energieverbrauchs ergeben sich also nicht aus der prinzipiellen Begrenztheit oder raschen Erschöpfung der uns zur Verfügung stehenden Energiequellen und Energieressourcen, sondern eher aus den Problemen im Zusammenhang mit der Nutzung dieser Vorräte und Quellen, den damit verbundenen Kosten, der regional ungleichen Verteilung der Energievorräte und -quellen sowie den Umwelt- und Klimaeffekten, die mit der Nutzung der Energieträger verbunden sind.

Gestaltung der Energieversorgung der Zukunft: Massstäbe und Kriterien

Die Perspektiven der Menschheitsentwicklung enthalten bei einer Fortsetzung der Trends der Vergangenheit im Weltenergiegeschehen durchaus auch unvorstellbare Katastrophen, ausgelöst durch Elend und Armut oder durch drohende Verteilungskämpfe und die Zerstörung der natürlichen Lebensgrundlagen bzw. die Veränderung des Klimas. Bezüglich dieser Problemanalyse besteht weitgehende Übereinstimmung, ebenso was den dringenden Handlungsbedarf betrifft. Die Übereinstimmung ist aber schon geringer, was die anzustrebenden Ziele angeht, und über die einzuschlagenden Wege bestehen zumindest in den Industrieländern zwischen wichtigen gesellschaftlichen Gruppen kontroverse, teilweise gegensätzliche Auffassungen. Mehr als am Zielkonsens fehlt es am Wegekonsens.

Umfassende Güterabwägung notwendig

Die Bereitstellung und sinnvolle Nutzung von Energie ist zunächst eine technische und ökonomische Aufgabe. Wie alle basiswirtschaftlichen Aktivitäten hat sie aber zugleich starke ökologische, politische, gesellschaftliche und ethische Bezüge. Entscheidungen über die zukünftige Ausgestaltung des Energiesystems sind deshalb letztlich keine technisch oder wissenschaftlich begründbaren Entscheidungen, sondern politische und gesellschaftliche Wertentscheidungen. Bei dem dabei notwendigen Abwägen von Nutzen und Risiken geht es um mehr als um technisch-ökonomische oder naturwissenschaftliche Sachverhalte. In mehr oder weniger starkem Masse sind Grundsatzfragen tangiert wie die der Wünschbarkeit und Verantwortbarkeit von technischem Fortschritt und der Nutzung dessen, was technisch machbar ist; ferner geht es um unser Verhältnis zu Umwelt und Natur, die Verantwortung für die kommenden Generationen oder die Frage der Akzeptabilität

von zivilisatorischen Risiken, deren Beantwortung moralisch-ethischer Kategorien bedarf und damit von subjektiven Wertvorstellungen und Werthaltungen abhängt. Dies heisst natürlich nicht, dass diese politischen oder gesellschaftlichen Wertentscheidungen losgelöst von technischen Fakten, ökonomischen Tatbeständen, wissenschaftlichen Kenntnissen oder gar unter Ignorierung von Naturgesetzen verantwortlich getroffen werden können. Im Gegenteil: Da sich der zweite Hauptsatz der Thermodynamik nicht durch eine politische Entscheidung ausser Kraft setzen lässt, ist mit einer Gesinnungsethik, mit Forderungen und Vorschlägen, die zwar ethisch begründet, aber nur am Realisierungswürdigen, nicht jedoch am Realisierbaren orientiert sind, dem verantwortlichen Handeln nicht gedient. Es stellt sich also die Frage nach den Normen, nach jenen ethischen Grundlagen, aus denen heraus die Güterabwägungen erfolgen sollen.

Hans Jonas fordert eine in die Zukunft denkende Ethik, die das Handeln in bezug auf den Einsatz von Technik heute begrenzt, wenn die Kenntnis der Handlungsfolgen unvollständig ist⁴. «Der endgültig entfesselte Prometheus, dem die Wissenschaft nie gekannte Kräfte und die Wirtschaft den rastlosen Antrieb gibt, ruft nach einer Ethik, die durch freiwillige Zügel seine Macht davor zurückhält, dem Menschen zum Unheil zu werden», schreibt er. Ausgehend von dem ethischen Grundsatz, dass der Einsatz beim Würfeln um die Zukunft nie das «Ganze» sein darf, verfiht er das Prinzip, dass die von ihm geforderte Zukunftsverantwortung bei der Extrapolation der Handlungsfolgen den schlechten Prognosen den Vorrang vor den guten Prognosen zu geben hat und dass deshalb Wagnisse mit noch so geringen Wahrscheinlichkeiten für negative Konsequenzen vermieden werden müssen. Das Jonassche Prinzip scheint einleuchtend, dennoch verkennt es, dass es beim Umgang und Einsatz von Technik keineswegs um das «Ganze» geht und, dies erscheint schwerwiegender, dass auch das Unterlassen gravierende Konsequenzen haben kann. Nicht das grundsätzliche Vermeiden vermuteter oder nicht auszuschliessender Risiken unter Inkaufnahme bekannter Nachteile kann also die ethisch begründete Handlungsanweisung sein, sondern das sorgfältige und umfassende Abwägen von Risiken und Chancen des Handelns und des Unterlassens, des Nutzens und der unerwünschten Nebenwirkungen von Technik, auch in bezug auf die Lebenschancen der nachkommenden Generationen. Wäre es nicht ein unverantwortbares Wagnis, angesichts der Bevölkerungsexplosion und der Gefahren einer Klimaveränderung keine neuen Wagnisse einzugehen?

Die hier geforderte umfassende Güterabwägung ist ein schwieriger Prozess, da die zur Rede stehenden Probleme komplex und untereinander vernetzt sind. Damit sind auch die Entscheidungen in ihrer Reichweite von einer Grössenordnung, die sie dem praktischen Alltagsurteil der Menschen zur Bestimmung von Nutzen und Risiken fortschreitend entzieht. Dies macht anfällig und empfänglich für vermeintlich einfache Lösungen. Tragfähige Orientierungen lassen sich aber nur gewinnen, wenn wir uns mit einem Sachverhalt gründlich befassen und ihn in allen seinen Aspekten betrachten. Darüber hinaus wird eine verantwortliche Güterabwägung nur gelingen, wenn sie versucht, zwischen Fakten und gesicherter Erkenntnis auf der einen Seite und Werturteil auf der anderen Seite so weit wie möglich zu trennen. Die bedenkenlose Vermischung von beiden hat in der Vergangenheit zum Elend der Experten geführt und den gesellschaftlichen Konsensbildungsprozess verhindert oder zumindest erschwert.

Suche nach verantwortbaren Wegen

Auf der Suche nach verantwortbaren Wegen für die zukünftige Weltentwicklung und die Versorgung mit Energie stellt sich die Frage, ob der materielle Wohlstand der reichen Industrieländer auf die gesamte, noch wachsende Weltbevölkerung übertragbar und mit einer dauerhaften Entwicklung vereinbar ist. Die Antwort auf diese Frage ist von entscheidender Bedeutung, ob wir die Vorstellung von den nahen Grenzen des Wachstums und einer dadurch erzwungenen Askese zur Richtschnur unseres Handelns machen müssen. Oder ob wir uns von der Vorstellung der erweiterbaren Horizonte und damit der Vision einer Energieversorgung leiten lassen dürfen, die verträglich in die Kreisläufe der Natur eingebunden ist, wo ein quasi metastabiles Gleichgewicht besteht, in dem 10 bis 14 Mia. Menschen auskömmlich und frei von materieller Not sowie in Würde leben können. Es spricht vieles dafür, dass die von den Neo-Malthusianern ins Feld geführte Begrenztheit der natürlichen Ressourcen sowie die Belastbarkeit der Umwelt nicht die wesentlichen limitierenden Faktoren eines weiteren Wachstums des Weltsystems sind.

Wir verfügen heute bereits über technische Möglichkeiten, die Inanspruchnahme von Natur und Umwelt auch bei weiter steigender Produktion auf ein vertretbares Mass zurückzuführen. Das gilt auch für die Umweltbelastungen, die mit den gegenwärtig genutzten Energieträgern verbunden sind. Energie und die aus ihr gewinnbare Arbeitsfähigkeit ist eine mengenmässig nicht limitierte Ressource. Wissen bzw. Information, das heisst Gestaltungsfähigkeit, als der zweite wesentliche Faktor, um materielle und immaterielle Leistungen und Ordnungszustände mit weniger Energie und Rohstoffen zu ermöglichen, ist ihrer Qualität nach eine wohl begrenzte, aber keine erschöpfbare Ressource. Im Gegenteil, Wissen und Information sind vermehrbar, allerdings nicht beliebig schnell. Und hier liegt wohl die eigentliche Grenze des Wachstums, wenn die zu lösenden Probleme schneller wachsen als unsere Problemlösungsfähigkeit. Wenn wir uns also von der Vorstellung durch technisch-wissenschaftlichen Fortschritt erweiterbarer Horizonte leiten lassen dürfen – was mit einer undifferenzierten Wachstumsideologie nichts gemein hat, aber sehr wohl etwas mit dem sinnvollen Umgang der durch Wissenschaft und Technik bereitgestellten Möglichkeiten sowie einer neuen Bescheidenheit in unseren materiellen Ansprüchen –, dann sind für den Güterabwägungsprozess zur Identifizierung verantwortbarer Wege der Energieversorgung sicher die Kriterien der Mitwelt-, Nachwelt- und Umweltverantwortung von besonderer Bedeutung⁶.

Mitweltverantwortung, also die Verantwortung für die in den armen Ländern lebenden Menschen, meint dabei nicht nur die Überwindung der Energiearmut und die Schaffung menschenwürdiger Lebensumstände und entsprechender Entwicklungsmöglichkeiten. Sie beachtet auch die Auswirkungen und Rückwirkungen der Eigeninteressen der Industrieländer auf die Länder der Dritten Welt. Die globalen Umwelt- und Klimaprobleme, im wesentlichen verursacht durch die Industrieländer, von denen natürlich auch die Entwicklungsländer betroffen sind, sind ein Beispiel dafür, was hier gemeint ist.

Den nachkommenden Generationen möglichst viele Erbgüter und wenig Erblasten zu hinterlassen, bedeutet Nachweltverantwortung. Erbgüter wären ein intaktes System Erde und seine natürlichen Kreisläufe, aber auch ausreichende Ressour-

Literaturhinweise:

1

Grümm, H.: Energieerzeugung und Umwelt. ATW 16 (1971).

2

Energy for Tomorrow's World. World Energy Council, Madrid 1992.

3

Schutz der Erde. Eine Bestandsaufnahme mit Vorschlägen zu einer neuen Energiepolitik. Dritter Bericht der Enquête-Kommission des 11. Deutschen Bundestages «Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre». Zur Sache 19/90, Hrsg. Deutscher Bundestag, Bonn, 1990.

4

Jonas, H.: Das Prinzip Verantwortung – Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation. 1. Aufl. Frankfurt am Main: Insel Verlag 1984.

cen und das Wissen für den Fortbestand und die Weiterentwicklung einer Zivilisation mit deutlich mehr Menschen. Da wir, wie keine Generation zuvor, die fossilen Energieträger ausbeuten, erwächst daraus eine besondere Verpflichtung, Alternativen zum fossilen Feuer zu hinterlassen; wir sollten auch unseren Nachkommen die Lebenschancen erhalten, die uns selbst zuteil geworden sind. Kämen wir dieser Verpflichtung nicht nach, wäre dies eine Erblast ebenso wie die Vernichtung der Tropenwälder, die ungebremste Emission von Treibhausgasen oder wie eine Endlagerung von radioaktiven Abfällen, die die notwendige Isolation für hinreichend lange Zeiten nicht gewährleistet. Bei der Güterabwägung hinsichtlich der Umwelteffekte der Energienutzung sind Belastungen sehr unterschiedlicher Natur und Qualität und von unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Reichweite zu vergleichen. Dafür gibt es leider keine objektiven und abgesicherten Massstäbe, weder für den Vergleich verschiedener Umwelteffekte und Risiken untereinander noch hinsichtlich der Belastbarkeitsgrenzen natürlicher Ökosysteme und Kreisläufe. Wenn wir uns aber vergegenwärtigen, dass es nicht die Energieumsätze sind, die die Umwelt belasten, sondern die Stoffumsätze, die mit der Nutzung der heute gängigen Energieträger verbunden sind, und dass heute bereits neue Energiesysteme verfügbar sind, deren umweltbelastende Stoffumsätze um Faktoren geringer sind, lässt sich eine deutliche Reduktion der Umweltbelastung auch bei steigendem Energieeinsatz erreichen.

Verantwortlich handeln heisst aber auch, nicht der Versuchung zu unterliegen, die heute drängenden Probleme mit einer Technik lösen zu wollen, von der wir hoffen, dass sie übermorgen vielleicht anwendungsreif ist und es erfordert, mit den verfügbaren, knappen Ressourcen effizient und sparsam umzugehen, wobei hier alle knappen Ressourcen, die natürlichen wie Wasser, Boden, Luft und Rohstoffe, aber auch Kapital, Arbeit, Wissen und Zeit gemeint sind. Eine effiziente Nutzung dieser knappen Ressourcen – ohnehin eine Voraussetzung zur Bewältigung der vor uns liegenden Probleme – macht eine Neubestimmung oder zumindest eine Erweiterung des gegenwärtig vorherrschenden und praktizierten Ökonomieverständnisses notwendig. Der haushälterische Umgang mit den knappen Ressourcen Natur und Umwelt sowie die Erhaltung dieser Produktionsfaktoren muss wesentliches Element des Wirtschaftens werden. Die Inanspruchnahme von Natur und Umwelt, also auch die damit verbundenen Schäden, treffen heute die Gesellschaft, aber meist nicht denjenigen, der sie verursacht. Sie sind ökonomisch gesehen externe Kosten. Sie gehören zu den Angelegenheiten, die der Markt nicht durch seine unsichtbare Hand regelt. Will man entsprechend dem erweiterten Ökonomieverständnis Umwelt und Natur in das Hauswirtschaften miteinbeziehen, dann müssen sich die entsprechenden ordnungspolitischen wie marktkonformen Massnahmen streng am Verursacherprinzip orientieren.

Kann es gelingen?

Zur Bewältigung der vor uns liegenden Herausforderungen und der dazu notwendigen Realisierung einer umwelt- und klimaverträglichen Energieversorgung kommt dem Energieträger Strom eine wichtige Bedeutung zu. Aufgrund seiner spezifischen Eigenschaften ist er nicht nur die ideale Licht- und Kraftquelle, sondern auch das informationstechnische Arbeitsmedium der Automatisierungs-, Informations- und Kommunikationstechnik. Er hat ein beträchtliches Potenzial zur

Substitution fossiler Endenergieträger, z.B. durch neuartige Elektroprozesswärmeverfahren, und ist aus allen Primärenergieträgern herstellbar. Was die Schattenseiten des Energieträgers Strom, nämlich seine Erzeugung betrifft, so stehen auch hier Möglichkeiten zur Verfügung, die derzeitigen unerwünschten Nebeneffekte, die Emissionen von Schad- und Treibhausgasen, nachhaltig zu verringern. Effizientere fossile Kraftwerke, Kernenergie und die Stromerzeugung aus regenerativen Energiequellen sind die technischen Optionen, die mit unterschiedlichem Gewicht im Zeitablauf dazu beitragen können.

Damit verbleibt als wichtige abschliessende Frage: Werden wir die Kraft aufbringen, den Fortschritt zu nutzen und zu bewältigen, um die Zukunft zu meistern? Die Antwort auf diese Frage wird davon abhängen, ob, soweit es die Industrienationen betrifft, die emotionale Distanz zum wissenschaftlich-technischen Fortschritt abgebaut werden kann, um die notwendige Zustimmung für den Umbau der Energieversorgung zu erreichen. Renn hält dafür einen breiten gesellschaftlichen Diskurs für erforderlich, der von der Ambivalenz der Technik ausgeht, d.h. «dem Bewusstsein..., dass mit dem Technikeinsatz (egal welchem) Glück und Leid gleichzeitig gefördert werden. Die ethische Verpflichtung besteht darin, durch geschickte Wahl der verfügbaren Optionen, durch Modifikation der technischen Möglichkeiten und durch Antizipation von Werterfüllungen und -verletzungen die positiven Folgen zu verstärken und die negativen zu mildern (ohne sie je ausschalten zu können).»⁷ Die Rückgewinnung des Vertrauens in die allerdings nicht nebenwirkungsfreie Problemlösungskapazität von Technik und Wissenschaft ist darüber hinaus notwendig, um zu erkennen, wie Carl Friedrich von Weizsäcker es einmal ausgedrückt hat, dass «alle Gefahren, die wir vor uns sehen, keine technischen Ausweglosigkeiten (sind), sondern eher umgekehrt, die Unfähigkeit unserer Kultur, mit den Geschenken ihrer eigenen Erfindungskraft vernünftig umzugehen». Wenn die Aufsätze in diesem Buch zu dieser Erkenntnis einen Beitrag leisten, dann ist das Jubiläum nicht nur Gelegenheit zum Stolz auf die Vergangenheit, sondern ein Ausgangspunkt zur Hoffnung für die Zukunft.

Prof. Dr.-Ing. Alfred Voss,

Direktor des Instituts für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart. Studium des Maschinenbaus an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen. Arbeitsaufenthalt am International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) in Österreich, später Leitung der Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung der Kernforschungsanstalt Jülich. Seit 1983 Professor für Energiewirtschaft und Energiesysteme an der Universität Stuttgart (technisch-ökonomisch-ökologische Analysen und Bewertungen von Energietechniken und Energiesystemen, modellgestützte Analyse von Energie- und Umweltproblemen und Untersuchungen zur rationellen Energieanwendung).

Mitglied der Enquête-Kommission «Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre» des Deutschen Bundestages und beratende Tätigkeit für die Bundesregierung und die Landesregierung von Baden-Württemberg.

Literaturhinweise:

5

Voss, A.: Wachstumsgrenzen durch Energieknappheit oder Energienutzung. In «Neue Wege der Wachstumsanalyse», Hrsg. Majer, H., Frankfurt am Main: Campus Verlag 1986.

6

Grawe, J.: Perspektiven der Energieversorgung – Verantwortung für Umwelt, Mitwelt und Nachwelt. Frankfurt am Main: VDEW e.V. 1987.

7

Renn, O.: Elektrizität und Gesellschaft: Herausforderungen der Postmoderne. In «Die Zukunft der Stromversorgung». Frankfurt: VVEW-Verlag 1992.