

# Naturgegebene und anthropogene Grenzen der erneuerbaren Energien

von

Wolfgang Brücher

Erneuerbare Energien gelten allgemein als „unerschöpflich“, da sie von der Natur ständig nachgeliefert werden, also „nachhaltig“ sind. Hierzu zählen die regelmäßig, direkt und indirekt von der Sonne gelieferten *solaren* Energien Wärme, Licht, Windenergie, Wasserkraft und Biomasse.<sup>1</sup> Stehen diese deshalb aber auch in unbeschränkten Mengen zur Verfügung – oder stößt ihre Nutzung an Grenzen, die vom Raum oder durch den Menschen selbst gesetzt werden? Dürfen wir sogar davon träumen, daraus dereinst unseren *gesamten* Energiebedarf nachhaltig zu beziehen, als vollkommenen Ersatz für Kohle, Erdöl, Erdgas und Atomenergie? Von dieser Vision sind auch ernst zu nehmende Spezialisten überzeugt, wie z.B. der SPD-Politiker Hermann SCHEER. In seinem Buch *Solare Weltwirtschaft* schreibt er: „Eine solare Weltwirtschaft ermöglicht die Befriedigung des Gesamtbedarfs an Energie und Rohstoffen durch solare Energiequellen und solare Rohstoffe“ (1999, S. 14). Nach seiner Berechnung werden in Deutschland jährlich rund 500 Mrd. kWh Elektrizität konsumiert. Für deren Gewinnung würde die Bereitstellung einer 5.000 km<sup>2</sup> großen Fläche für Solarstrom erzeugende Photovoltaikanlagen ausreichen – verteilt auf Dächer, Autobahnränder, Fußballstadien etc. Diese Quadratmeterzahl entspricht weniger als 2 % der Fläche Deutschlands oder der Leistung von rund 170.000 (!) Windrotoren heutiger Standards (S. 68). Die Alleinschuld, dass von diesem Potenzial erst ein winziger Anteil nutzbar gemacht werde, liegt nach der Ansicht jenes Autors einzig bei uns, also den Menschen, denn „die Probleme liegen ... in der bisher fehlenden Aufmerksamkeit dafür und [in] der mangelhaften Einführung solarer Umwandlungstechniken“ (S. 70).

Ist die Antwort wirklich so einfach? Hier soll nun versucht werden, die realen Möglichkeiten der erneuerbaren Energien zu bewerten und zwar insbesondere vor dem Hintergrund der *vorindustriellen* Entwicklung, aus der wir heute noch (oder besser: heute wieder) lernen können und sollten.

Etwa parallel zur Geschichte der Industrialisierung kann man nämlich die Geschichte der Energiewirtschaft in drei Phasen einteilen, die hier analog als die *vorindustrielle*, die *industrielle* und die *postindustrielle* Phase bezeichnet werden. Zu ihrer Charakterisierung schlage ich ein englisches Wortspiel vor: energy *from* space vs. energy *for* space.

1. In der vorindustriellen Phase wurde Energie ausschließlich *aus* der Fläche, *aus* dem Raum bezogen, was in dem englischen Wortspiel energy *from* space zum Ausdruck kommt. Jene wurde nämlich ausschließlich aus Energieträgern gewonnen, die von der Sonne gespeist werden und folglich *flächenhaft* auftreten: Wind, fließendes Wasser, Biomasse bzw. Holz sowie menschliche und tierische Arbeitskraft, die ihre Energie aus den Pflanzen bezieht. Das Angebot aus diesen Quellen pro Flächeneinheit (z.B. Sonnenwärme pro Quadratmeter Erdoberfläche), die sog. *Energiedichte*, ist gering und – was entscheidend ist – jeweils nur in einer

---

<sup>1</sup> Hinzu kommen die Erdwärme sowie die Gezeitenenergie, die hier ausgeklammert bleiben.

maximalen Menge pro Flächeneinheit verfügbar. Bekanntlich ist die Fläche aber nicht vermehrbar. Folglich bedeutete dies grundsätzlich *begrenzte* Möglichkeiten der Verwertung der Energie. Beispielsweise lässt sich aus einer bestimmten Waldfläche pro Jahr nur ein Maximum an Holz schlagen. Ebenso kann eine einzelne Windmühle an ihrem Standort nur eine maximale Menge Korn mahlen; ist der Bedarf höher, so müssen weitere Mühlen an Nachbarstandorten gebaut werden. Die Energie aus Wasserkraft errechnet sich aus der Fallhöhe multipliziert mit der Wassermenge, die primär vom Niederschlag abhängt. Im Prinzip kann ein Bach an einem Standort nur *ein* Mühlrad antreiben. Zwar ließe sich die Wassermenge durch Anzapfung benachbarter Bäche vermehren, aber auch deren Wasserführung hängt vom Einzugsgebiet und dem Niederschlag ab. Eine Steigerung der Fallhöhe mittels Aufstockung der Staumauer ist theoretisch möglich, stößt jedoch irgendwann an technische Grenzen. Bei steigendem Bedarf, wie bei den Windmühlen, müssen ebenfalls *weitere* Wassermühlen an *anderen* Standorten errichtet werden, zunächst natürlich entlang demselben Wasserlauf. So bauten schon die Römer bei Arles in Südfrankreich eine Mühlentreppe (SCHNEIDER 1997, S. 309), und die Mittelgebirgstäler wurden geprägt von perlschnurartig aufgereihten Mühlen (NUHN 1965, S. 51).

Bei allen diesen Beispielen des *energy from space* versucht der Mensch, die in der Fläche gewonnene Energie auf möglichst wenigen Punkten zu konzentrieren und zu kumulieren. Aufgrund der begrenzten Ausstattung der Fläche mit Energie sind die Standorte ihrer Nutzung jedoch gezwungenermaßen *dezentral* angelegt, d.h. auf viele Stellen im Raum verteilt.

2. Die zweite, die sog. *industrielle Phase* seit der Industriellen Revolution, lässt sich in unserem Wortspiel mit *energy for space* charakterisieren: Nun geht es um die Gewinnung hoch verdichteter fossiler Energieträger, die aber nur in relativ wenigen, unregelmäßig verteilten Lagerstätten vorkommen: Braun- und Steinkohle, Erdöl und Erdgas sowie Uran. Im Gegensatz zur vorindustriellen Phase aber können diese oder ihre Produkte, wie z.B. Benzin oder Elektrizität, nun weltweit verteilt werden, sei es über Großtanker oder Stromleitungen. Energie kommt nun nicht mehr *aus* dem Raum, sondern wird flächendeckend *in* den Raum verteilt, also *energy for space*. Eine solche revolutionäre Umstellung erforderte den Aufbau *zentralistischer*, also kapitalstarker, von einem Punkt aus gesteuerter Energieversorgungsunternehmen (EVU), z.B. Stromversorger wie die Electricité de France (EDF) oder das RWE mit riesigen Kraftwerken und Schaltzentralen. Diese seit der Industriellen Revolution und in Verflechtung mit den anderen Wirtschaftsbereichen gewachsenen *Großstrukturen* mit *Massenproduktion* sind für uns seit langem die gewohnte Realität – wir alle haben für Energiewirtschaft dieses Stils eine Art „Massenmentalität“ entwickelt. Das aber hat auch erhebliche Auswirkungen auf die Entwicklungschancen der erneuerbaren Energien (s.u.).

3. Die dritte, aktuelle *postindustrielle Phase* der erneuerbaren Energien stellt im Grunde eine Rückkehr zur ersten Phase dar, denn die Energie der Zukunft soll aus denselben naturgegebenen Quellen und folglich erneut aus der Fläche bezogen werden, wiederum *energy from space*.<sup>2</sup>

Es geht jetzt, im Gegensatz zur vorindustriellen Phase, um die modernsten Methoden der Gewinnung, beispielsweise von *Treibstoff aus Zuckerrohr*, von *Wärme*

---

<sup>2</sup> Dabei wird die Wasserkraft hier ausgeklammert, denn zumindest in den Industrieländern ist ihr Potenzial ausgeschöpft; sie fließt seit Beginn der Elektrizitätswirtschaft in Form von Strom in die Netze der industriellen Phase.

aus Solarkollektoren, von *Elektrizität aus Windgeneratoren* oder mittels *Photovoltaik aus Sonnenlicht*. Da der von der Sonne empfangene Energiegehalt pro Quadratmeter natürlich genauso begrenzt und gering ist wie vor der Industriellen Revolution, erzwingt dies erneut eine *dezentrale* Energiegewinnung aus kleinen Einheiten: selbst das vorübergehend weltgrößte Photovoltaik-Kraftwerk im saarländischen Göttelborn wird nach seiner Vollendung eine Leistung von nur knapp 9 MW haben. Sonnenschein vorausgesetzt lassen sich damit höchstens 1800 Einfamilienhäuser versorgen. Zum Vergleich: die 5600 MW-Leistung des größten Atomkraftwerks in Europa, Gravelines (F) am Ärmelkanal, reicht für 8 Mio. Einfamilienhäuser.

Versuchen wir nun, aus den vorindustriellen Erfahrungen Rückschlüsse auf eine wahrscheinliche *zukünftige* Entwicklung mit den *modernen* Nutzungsformen der erneuerbaren Energien zu ziehen. Meine These lautet: Zwar zeigte die vorindustrielle Phase die *naturgegebene, räumlich bedingte Begrenztheit* der verschiedenen Formen der Solarenergie. Doch eröffnen die vom Menschen entwickelten modernen, ständig verbesserten Technologien der Photovoltaik oder der Windkraft für die Zukunft Möglichkeiten intensiverer Nutzung. Den optimistischen Visionen von Befürwortern wie denjenigen des bereits zitierten Hermann SCHEER liegen durchaus seriöse Berechnungen und Überlegungen zugrunde. Andererseits ist zu bedenken, dass die Beherrschung der Energiewirtschaft schon immer *Macht* bedeutete. Je größer der Energiebesitz, desto größer die Macht. Darin lag in der vorindustriellen Phase der Hauptgrund für die buchstäbliche *Gier nach Fläche*, nach Territorium, aus dem man Wasserkraft, Wind und Holz schöpfen konnte und selbstverständlich auch Nahrungsmittel für Sklaven und Krieger. Eine *Steigerung* des Energieeinsatzes war also nur möglich, wenn man *mehr Fläche* erwarb oder – was eher dem Regelfall entspricht – eroberte. Umgekehrt erklärt sich aus diesem Expansionismus seit der Industriellen Revolution auch ein Drang zum zentralistisch gesteuerten Monopol über eine *möglichst große zu versorgende Fläche*, z.B. über Verbundnetze oder Pipelines. Eine Rückkehr zur vorindustriellen *dezentralen* Versorgung mit *energy from space* aus zwangsweise winzigen über den Raum verstreuten Erzeugerstandorten würde den Interessen solcher zentralistischen Unternehmen natürlich zuwiderlaufen, hier werden anthropogene Grenzen wirksam. Vorweggenommen soll damit gesagt werden: Allein schon aus diesem Grunde sollte man für die zukünftige Entwicklung keine unrealistischen Hoffnungen auf eine ausreichende Versorgung durch dezentrale Anlagen erneuerbarer Energien setzen und sich nicht ausschließlich auf quantitative Berechnungen der im Raum verfügbaren Energiepotenziale verlassen. Diese These wird nun mit einem Rückblick auf die drei Phasen untermauert:

1. Am Anfang der *vorindustriellen Phase (energy from space)* steht die alleinige Nutzung menschlicher und später tierischer Arbeitsenergie durch die Verwertung pflanzlicher Nahrung. Steigerungen erreichte man durch den sesshaften Ackerbau vor ca. 10.000 Jahren, mit vorausschauender Vorratshaltung, also ersten Ansätzen einer Konzentration, dann von Überschüssen der Nahrungsmittel bzw. der Nahrungsenergie. Je höher die Überschüsse waren, desto mehr Menschen konnten sowohl für deren Produktion als auch für nicht-landwirtschaftliche Tätigkeiten eingesetzt werden, u.a. als Handwerker, Soldaten, Arbeitssklaven oder auf Galeeren. Sklaven waren flexibler und rationeller einsetzbar als Arbeitstiere. Deshalb beruhte die Energiewirtschaft der Antike weitgehend auf einem gigantischen System von Sklaverei, das im Römischen Reich schließlich perfektioniert wurde: Mitglieder gegnerischer Völker wurden nach siegreichen Kriegen verschleppt, als Sklaven zum einen in den Kornkammern eingesetzt, zum anderen in der Hauptstadt als

„menschliche Maschinen“, die ihre Energie aus eben jenen Kornkammern bezogen. Das System zielte also darauf ab, Energie buchstäblich „in“ den Sklaven zu speichern und auf diese Weise am zentralen Standort der Macht zu kumulieren – zeitweise sollen Sklaven mehr als die Hälfte der Bevölkerung Roms gestellt haben. Umgekehrt wurde von dort aus die Macht über den Einzugsbereich von Sklaven und Nahrung ausgeübt. Hier wird erneut deutlich, was für alle Energiesysteme gilt: Energiebesitz ist notwendig für die Machtausübung und Macht benötigt man, um über Energie zu verfügen (vgl. DEBEIR et al. 1989).

Auch wenn das System der Sklavenwirtschaft klug konzipiert war und lange funktionierte, so hatte es doch seine systemimmanente Grenze, denn es hing letztlich direkt von den Getreidelieferungen ab, also vom Energiepotenzial des *Raumes*. Es war deshalb eingeschränkt sowohl durch das damalige kapazitätsschwache, aber viel Energie schluckende Transportsystem als auch durch den Nahrungs- bzw. Energiebedarf der Soldaten und der Sklaven selbst. Innerhalb des römischen Imperiums musste dieses System folglich irgendwann buchstäblich an den *limes* seiner Expansion stoßen: Entsprechend der wachsenden Distanz der eroberten Gebiete vom Zentrum Rom wurden Sklaven teurer bzw. mussten Soldaten in immer entferntere Gebiete geschickt werden – bis man an eine Art Gleichgewichtslinie stieß, von wo für den Transport von Sklaven, Soldaten und Getreide die Menge an Energie *verbraucht* wurde wie durch dieselbe Zahl von Sklaven *erzeugt* werden konnte. Hier liegt wohl u.a. ein Grund, dass das Imperium schließlich seine größte Ausdehnung erreichte, um 100 n. Chr. unter Trajan.

Eine weitere Form der Energie, *Wärme*, wurde vorindustriell ausschließlich aus *Holz* gewonnen. Die dabei entstehenden Probleme behandeln wir hier am Beispiel der Eisengewinnung in den Mittelgebirgen. Anstatt Holz setzte man *Holzkohle* wegen ihres doppelten Energiegehalts ein und steigerte die Hochofentemperatur durch Sauerstoffzufuhr mittels wassergetriebener Blasebälge. Konsequenterweise siedelten sich Eisenschmelzen in erz- und waldreichen Mittelgebirgen an gefällereichen Flüssen an. Da das benötigte Holz natürlich nicht so schnell nachwuchs, wie es gefällt wurde, schob sich der Einschlag bis an die Transportgrenze vor. Auch über die Flößerei konnte dieses System nicht endlos ausgedehnt werden – ebenso wenig wie das Sklavensystem der Römer. Umgehen konnte man die Erschöpfung des Rohstoffes Holz durch die sog. Hauberg- oder Reutbergwirtschaft (vgl. KRAUS 1969; FICKELER 1954; SIEFERLE 1982 u. 1997): Eine Forstfläche wurde in ca. 16 gleich große Parzellen eingeteilt, von denen man jedes Jahr eine für die Holzkohlegewinnung abholzte, bis nach 16 Jahren die erste Parzelle wieder schlagreif war. Diese Rotation konnte über lange Zeit wiederholt werden. Problematisch war allerdings, dass man die jährliche Holzernte bzw. die Holzkohlenmenge und folglich auch die Eisenproduktion *nicht steigern* konnte, wirtschaftliches *Wachstum* wurde durch die nicht vermehrbare Fläche *verhindert*.

Weitere Nachteile eines flächenabhängigen Systems liegen darin, dass der *Naturraum* mit diesen Energiequellen *ungleich* ausgestattet ist, beispielsweise mit unterschiedlicher *Windgeschwindigkeit* oder variabler *Sonnenscheindauer*. Nicht zu vergessen die regelmäßigen Schwankungen der *Solarstrahlung*, aber auch unkalkulierbare witterungsbedingte Unterbrechungen der Energiezufuhr durch Hoch- oder Niedrigwasser, Sturm oder Flaute.

2. Die *industrielle Phase* (energy for space): Die Grenzen dieses flächenabhängigen Systems konnten nur durch den Übergang in ein völlig neues System durchbrochen werden, durch den Einsatz *fossiler Energieträger*, zunächst der *Steinkohle*. Diese hat etwa den 2,5fachen Energiegehalt von Holz und kommt in gigantischen Lagerstätten

vor. Ihre Verwendung in der Dampfmaschine führte zur Industriellen Revolution, denn erstmalig konnten nun mit demselben Energieträger Wärme *und* Bewegung, später auch Elektrizität *und* Licht erzeugt werden. Auch hatte die hochwertige Kohle einen unvergleichbar längeren Transportradius als Holz, so dass sich Energie erstmals per Dampflokomotive und Dampfschiff von wenigen Punkten aus über den Globus verteilen ließ. Von nun an hieß es: *energy for space*. Im Gegensatz zum vorindustriell-dezentralen System mit winzigen Mühlen und Holzkohlenmeilern wurden nun *kumuliertes* Kapital und *zentrale* Steuerungsmechanismen eingesetzt. So konnten englische Bergwerke schon im 19. Jh. ein weltweites Netz von Kohletransportlinien und -häfen beliefern, die entscheidende Basis für das Empire. Nach demselben Prinzip funktioniert heute die *Elektrizitätswirtschaft*, wie z.B. in Frankreich: Dort produzieren nur 18 Atomkraftwerke fast 80 % des Stroms, und von der Stromerzeugung bis zur Steckdose liegt fast alles in der Hand der staatlichen EDF, zentral aus Paris gesteuert.

Es ist bereits ein Gemeinplatz, dass die Endlichkeit dieser *fossilen* Ressourcen sich immer deutlicher abzeichnet, sei es wegen absehbarer Erschöpfung oder bedrohlich wachsender Umweltbelastung. So sucht man nach Auswegen aus dieser Sackgasse, v.a. durch eine *Rückbesinnung auf*

3. *die erneuerbaren Energien* in der *postindustriellen Phase*. Ermöglicht diese eine Rückkehr zu *energy from space*? Natürlich gilt hier, wie in der vorindustriellen Phase, die definitive Begrenzung durch an die Fläche gebundene Energie solaren Ursprungs. Eingeschränkt oder nicht vorhanden bleibt das Potenzial naturbedingt auch in Zonen zu geringer Windgeschwindigkeit oder Sonneneinstrahlung. Inzwischen werden jedoch Räume erschlossen, die früher unzugänglich waren, z.B. den Küsten vorgelagerte Zonen für offshore-Windparks. Zudem entwickelt man bessere und v.a. völlig neue Technologien, besonders die Photovoltaik. So *kann* (!), wie von SCHEER postuliert (s.o.), der gesamte Energiebedarf in Deutschland *theoretisch* aus dem Potenzial der erneuerbaren Energien im eigenen Land gedeckt werden. Möglich wäre dies, weil die Erzeugeranlagen nicht mehr isoliert im Raum stehen, denn heute werden die Anlagen in *Leitungsnetze* eingebunden, über die sie die gewonnene Energie auch an entfernte Verbraucher liefern und sich bei Reparaturen oder Pannen gegenseitig aushelfen.

Wie realistisch aber sind solche autarkistischen Zukunftsvisionen? Zunächst ist ein entscheidender Unterschied zur vorindustriellen Phase zu verzeichnen: Während man damals, je nach Standort, auf die naturgegebenen Energieträger Holz *oder* Wind *oder* Wasser zwingend angewiesen war, dürfen wir heute *wählen* zwischen den vom Menschen entwickelten Kachelofen, Öl-, Gas- und Stromheizung oder Fernwärme. Aber selbst wenn man den Strombedarf Deutschlands durch Photovoltaik-Anlagen auf Bauwerken oder gar durch emissionsfreie „Energiehäuser“ theoretisch decken *kann*, *wollen* das dann auch alle Beteiligten? Die wachsenden Widerstände gegen Windenergie sind bekannt, sogar innerhalb von Umweltschutzverbänden!

Wenden wir nun, nach der Betrachtung der naturgegebenen Barrieren, unseren Blick auf die anthropogenen Grenzen der erneuerbaren Energien. Vermutlich liegt das *größte Hindernis* für die postulierte Totalversorgung mit erneuerbarer Energie in der erwähnten *monopolistischen* und *zentralistischen Struktur der Energiewirtschaft*. Sie hat sich in der Phase *energy for space* herausgebildet und ist bekanntlich ungebrochen, ja, sie zeigt sogar noch Tendenzen zu weiterer Konzentration – erinnert sei nur an die Übernahme der Ruhrgas AG durch E.on, der damit zum größten Energiekonzern Europas wurde. Überdies bestehen enge Verflechtungen

zwischen dem Energiesektor und anderen Bereichen der Wirtschaft, wie z.B. zwischen Mineralöl- und chemischer Industrie. Zwangsläufig stehen die großen Versorger mit gigantischen Erzeugungsanlagen (s. die AKW der EDF) und *zentral* gesteuerten Verteilernetzen in diametralem Gegensatz zu *dezentraler* direkter *Eigenerzeugung* und *Eigenkonsum* in kleinen Einheiten – noch dazu an ein und demselben Standort. Allenfalls in abgelegenen, dünnbesiedelten Regionen werden Inselbetriebe akzeptiert, wie z.B. auf Almhütten.

Solche Inselbetriebe eignen sich keinesfalls für die flächendeckende Versorgung dichtbesiedelter *Industrieländer*. Und je dichter diese besiedelt sind, je höher der Energiebedarf ihrer Industrie ist, desto mehr kommt es auf eine garantiert zuverlässige, intensive und gleichbleibende Versorgung an. Ein anhaltender Stromausfall wie Ende November 2005 im Münsterland ist hier für jeden ein Alptraum. Noch auf lange Sicht wird es deshalb bei ausbleibendem Sonnenschein, bei Flaute oder Sturm keine andere Lösung geben, als dass traditionelle Öl- oder Gaskraftwerke in die Bresche springen, dass also ausgerechnet die „bösen“ fossilen Energieträger Ersatz liefern müssen. Es erscheint deshalb ebenso illusorisch wie unsinnig, solche Inselbetriebe in Räumen wie dem unseren zu installieren, anstatt die bereits ausgebaute, hervorragend funktionierende *leitungsgebundene* Versorgung zu nutzen. Denn einer der wichtigsten Fortschritte in den *modernen* Nutzungsmöglichkeiten, *auch* für die erneuerbaren Energien, liegt eben in den genannten *Ausgleichsmöglichkeiten durch Vernetzung*, also dem Einsatz selbst ferngelegener Kraftwerke, z.B. in Situationen wie 2003, als die Windrotoren wegen anhaltender Flaute 30 % weniger Strom lieferten als in normalen Jahren. Ein solches Konzept lässt sich aber mit der *individuellen* und *dezentralen* Erzeugung bzw. Nutzung schlecht vereinbaren, wie die Konflikte um die gesetzlich erzwungene Bezuschussung der Windenergie zeigen. Seit langem wehren sich große EVU gegen die Integration von kleinen Wasserkraftwerken im Schwarzwald oder im französischen Zentralmassiv, und sie wären keinesfalls davon begeistert, dereinst von Millionen Photovoltaikanlagen ökologisch engagierter Eigenheimbesitzer abhängig zu sein...

Überdies wird in der Diskussion übersehen, dass sich aus dem *Handel* mit den *fossilen* Energieträgern sehr erkleckliche *Gewinne* beziehen lassen. Dagegen können Sonnenstrahlen und Wind nicht *verkauft* werden, auch ist es (bisher!) noch keinem Finanzminister gelungen, darauf Steuern zu erheben... Die Erneuerbaren sind also keine lukrativen Objekte. So ist es auf den ersten Blick überraschend, dass sich trotzdem viele Energiekonzerne aktiv und in zunehmendem Maße an der erneuerbaren Energiewirtschaft beteiligen – allerdings auf ihre spezifische Art und Weise und aus durchaus nachvollziehbaren Gründen:

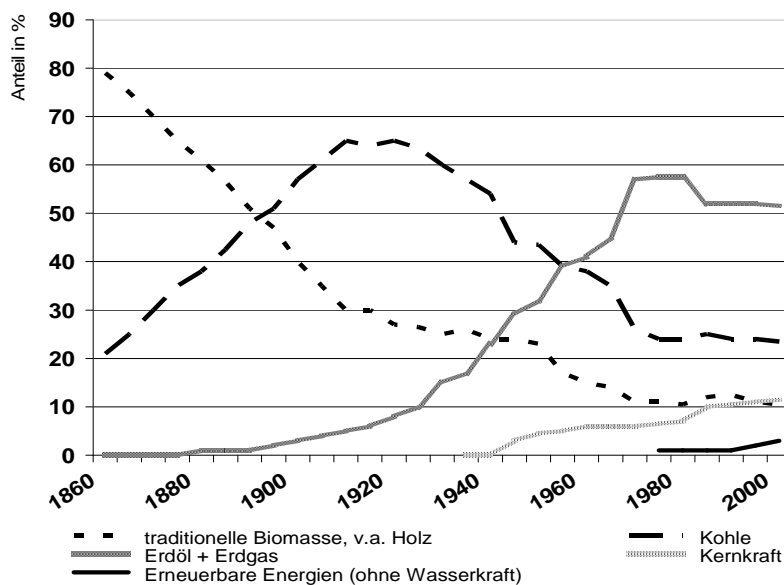
1. lassen sich die knapper werdenden Reserven von Gas, Uran und Öl auf diese Weise zeitlich strecken und zugleich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß durch geringeren Verbrauch senken. Möglicherweise spart man sogar die Öko-Steuer.
2. will man sich in kluger Weitsicht den Löwenanteil an der künftigen Erzeugung auch der erneuerbaren Energie sichern, beispielsweise durch große Solarkraftwerke oder Windparks. Man beachte aber, dass es sich hier abermals um *Großanlagen* handelt, die nur von kapitalstarken Unternehmen finanziert werden können.
3. gewinnen auf diese Weise die großen Unternehmen Kostenvorteile gegenüber der Konkurrenz der Kleinerzeuger und Kleinverbraucher.
4. investieren Ölmultis wie BP oder Shell in die *industrielle Massenherstellung* von Photovoltaik- oder Windkraftanlagen, um frühzeitig Schlüsselstellungen auf dem

Markt zu besetzen. Manches deutet in Deutschland darauf hin, dass die Produktionsziele der *verarbeitenden Industrie*, gerade angesichts der Marktperspektiven (China, Indien!), Priorität vor den Zielen der *Energiewirtschaft* genießen.

5. wollen die großen Unternehmen nicht mehr als böse „Öko-Finsterlinge“ erscheinen, sondern ein fortschrittliches und umweltfreundliches Image aufbauen. Man denke nur an die EDF, den Gralshüter der Atomenergie, die nun einzelne Windkraftanlagen baut, an weithin sichtbaren und stark frequentierten Standorten.

All diese Punkte zielen darauf ab, auch in einer wachsenden erneuerbaren Energiewirtschaft *from space* die zentrale Entscheidungsgewalt nicht aus der Hand zu geben, die *Strukturen* der *energy for space* also weiter aufrecht zu erhalten. Parallel wird in *beiden* Bereichen die Technologie vorangetrieben, um einerseits die *rückläufigen fossilen* Energieträger effizienter, länger und umweltfreundlicher einzusetzen und andererseits den Wirkungsgrad der vom Raum begrenzten Erneuerbaren zu erhöhen. Damit fügt sich auch die aktuelle Renaissance des vorindustriellen Systems *energy from space* in jene charakteristische Gesamtentwicklung der Energiewirtschaft, die nach einer Art ungeschriebenem Gesetz zu verlaufen scheint (s. Abb.): d.h. in unterschiedlichen zeitlichen Abständen treten neben etablierte Energiesysteme neue Nutzungsformen, so Kohle neben Holz, Erdöl neben Kohle (und Holz), Erdgas neben Erdöl (und Holz und Kohle) etc. Hinzu kommt nun auch die hochmoderne Nutzung der Erneuerbaren. *Entscheidend* ist aber, dass sämtliche Formen der bisherigen Energienutzung *parallel*, wenn auch in sinkendem Maße, weiter *beibehalten* wurden und werden, d.h. der *Fächer* der eingesetzten Energiesysteme wird immer breiter und vielseitiger: Denn neben Kernkraftwerken, Photovoltaik-Anlagen und Experimenten mit der Kernfusion gibt es auch heute noch Brennholzsammeln, Holzkohlenmeiler, Pferdekarren, Segelschiffe und leider sogar Arbeitssklaven wie im alten Rom!

**Lebenszyklen von Energiequellen 1860-2000**  
(ohne Wasserkraft)



Quelle: verändert nach VAHRENHOLT, Deutsche Shell AG, Hamburg 1998.

Es erscheint mir deshalb vermessen, eine Zukunft vorauszusagen, die *ausschließlich* bestimmt wird von erneuerbaren Energien. Aber hat Hermann SCHEER letztendlich nicht doch Recht? *Theoretisch* möglich ist diese Entwicklung, wenn er ein Potenzial an solaren Energiequellen berechnet, mit dem der Gesamtbedarf befriedigt werden kann – wohlgerne der *aktuelle* Gesamtbedarf. Und in seinen *praktischen* Einschätzungen sieht SCHEER die anthropogenen Hindernisse zweifellos richtig, denn bisher hat man dem Potenzial an Solarenergie in der Tat „zu wenig Aufmerksamkeit“ gewidmet, hat man die Nutzungsformen der Solarenergie nicht ausreichend entwickelt und propagiert. Die Gründe wurden hier hoffentlich deutlich gemacht. Letztlich stößt das Potenzial der Solarenergie jedoch wegen seiner Bindung an die Fläche, ganz wie in der vorindustriellen Energieversorgung *from space*, an ein definitives Expansionslimit, das ein darüber hinausgehendes *Wachstum* definitiv ausschließt. Deshalb wird das solare Energiesystem immer im Gegensatz zur herrschenden *Wachstumsmentalität* stehen und deshalb weiterhin dementsprechenden Widerständen ausgesetzt bleiben. Sollte aber, entgegen aller aktuellen Wahrscheinlichkeit, dereinst ein Sinneswandel eintreten und, in Umkehr der Feststellung von SCHEER, der Solarenergie womöglich "zuviel Aufmerksamkeit" gewidmet werden, dann ist auch ein Wiederaufleben archaischer Machtkämpfe um Territorien zu befürchten. Im Grunde sind sie schon entbrannt (vgl. DÜNCKMANN 2000), wobei die Auseinandersetzungen um rar gewordene Standorte für Windrotoren in Deutschland vergleichsweise harmlos erscheinen gegenüber den eskalierenden Flächenkonflikten in der Dritten Welt um die Erzeugung von Biokraftstoff *oder* von Nahrungsmitteln.

### Literatur:

- BRÜCHER, W.: Mehr Energie! Plädoyer für ein vernachlässigtes Objekt der Geographie. In: Geographische Rundschau 49, 1997, S. 330-335.
- BRÜCHER, W.: La Sarre, du charbon aux énergies renouvelables? In: AUPHAN, E. u. DEZERT, B. (Hrsg.): L'Europe en mouvement, Paris 2003, S. 236-245.
- BRÜCHER, W. & M. HELFER: Energienachfrage und Angebotsdifferenzierung. In: Bundesrepublik Deutschland, Nationalatlas, Bd. 8, München 2004, S. 130-133 [mit Karte: Energiebereitstellung und -umwandlung 1998].
- DEBEIR, J.-C., J.-P. DELÉAGE & D. HÉMERY: Prometheus auf der Titanic. Geschichte der Energiesysteme. Frankfurt etc. 1989.
- DÜNCKMANN, F.: Das brasilianische PROÁLCOOL-Programm - Biokraftstoff aus Zuckerrohr. Geographische Rundschau 52, H.6, 2000, S.22-27.
- FICKELER, P.: Das Siegerland als Beispiel wirtschaftsgeschichtlicher und wirtschaftsgeographischer Harmonie. In: Erdkunde, H. 8, 1954, S. 15-51.
- HÄGERMANN, D.: Technik im frühen Mittelalter zwischen 500 und 1000. In: Propyläen Technikgeschichte, Bd. 1, Berlin 1997, S. 317-505.
- KRAUS, Th.: Das Siegerland. Stuttgart 1931, 2. Aufl. in: Forschungen zur deutschen Landeskunde, Bd. 28, H. 1, 1969.
- NUHN, H.: Industrie im Hessischen Hinterland. Entwicklung, Standortproblem und Auswirkungen der jüngsten Industrialisierung im ländlichen Mittelgebirgsraum. (= Marburger Geographische Schriften, H. 23), Marburg 1965.
- RÜBBERDT, R.: Geschichte der Industrialisierung. München 1972.
- SCHEER, H.: Solare Weltwirtschaft. München 1999.



- SCHNEIDER, H.: Die Gaben des Prometheus. Technik im antiken Mittelmeerraum zwischen 750 v.Chr. und 1000 n.Chr. In: Propyläen Technikgeschichte, Bd. 1, Berlin 1997, S. 19-313.
- SIEFERLE, R.P.: Der unterirdische Wald. Energiekrise und Industrielle Revolution. München 1982.
- SIEFERLE, R.P.: Das vorindustrielle Solarenergiesystem. In: BRAUCH, H.G. (Hrsg.): Energiepolitik. Berlin etc. 1997, S. 27-46.
- TROITZSCH, U.: Technischer Wandel in Staat und Gesellschaft zwischen 1600 und 1750. In: Propyläen Technikgeschichte, Bd. 3, Berlin 1997, S. 11-267.
- VAHRENHOLT, F.: Globale Marktpotentiale für erneuerbare Energien. Deutsche Shell AG, Hamburg 1998.

**Anschrift des Verfassers:  
Prof. Dr. Wolfgang Brücher  
Fachrichtung Geographie  
Universität des Saarlandes  
Im Stadtwald  
66041 Saarbrücken**

**Der Vortrag wurde anlässlich des 3. Saarländischen Schulgeographentages in  
St. Wendel im März 2005 gehalten.**