Regenerative Energieformen

1. Die momentane Situation

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt (1994) wird der größte Anteil der Stromenergie aus zwei Quellen gewonnen:

Fossile Brennstoffe (Kohle, Öl, Erdgas):
Ein Großteil des Stroms wird durch die Verbrennung von Kohle oder Öl gewonnen. Hierdurch entsteht jedoch eine große Belastung der Atmosphäre durch CO_2 und SO_2 (aus Verunreinigungen). Außerdem können die im Öl enthaltenen organischen Rohstoffe vielseitig weiterverarbeitet werden (z.B. zu Farben, Kunststoffen usw.), so daß sie zum Verbrennen viel zu schade sind.

Kernenergie:
Ein weiterer Teil des Stroms wird über die Kernenergie, d.h. durch Spaltung von Atomkernen radioaktiver Elemente (meist ^{235}U oder ^{239}Pu), gewonnen, z.B. nach der Reaktionsgleichung

$$^{235}_{92}U +^{1}_{0} n \longrightarrow^{95}_{39} Y +^{138}_{53} I + 3^{1}_{0}n + \text{Energie}$$

Da jedoch auch die Spaltprodukte (in diesem Fall Yttrium-95 und Iod-138) wieder radioaktiv und damit ausgesprochen gefährlich sind, besteht das Problem der Beseitigung ("Endlagerung") solcher Stoffe. Oft werden radioaktive Substanzen in alten Salzbergwerksstollen o.ä. gelagert; garantieren, daß diese Substanzen nie wieder an die Erdoberfläche gelangen, kann jedoch keiner.
Von Unfällen in einem Kernkraftwerk geht wegen des Risikos des Austritts hochgiftiger radioaktiver Substanzen (z.B. genügen Pu-Mengen im μg-Bereich, um einen Menschen zu töten) eine unkalkulierbare Gefahr aus. Außerdem sind solche Unfälle bei weitem nicht so unwahrscheinlich, wie man in der Vergangenheit oft annahm, wie die Vorfälle z.B. in *Harrisburg* und *Tschernobyl* zeigten.
Hinzu tritt das Problem der Kosten: Bau und Betrieb eines Kernkraftwerks sind wesentlich teurer (z.B. 6.2 Milliarden DM für ein AKW vom Typ Biblis (mit 1200MW$_{el}$)) als die gleiche Strommenge, zur Verfügung gestellt durch Kohlekraftwerke (oder regenerative Methoden, siehe 2.). Schwerer wiegend sind die Kosten der Sanierung von Abbau- und Endlagerstätten. Beispielsweise kostet die Schadensbehebung in und bei der Uran-Abbaustätte Wismut in der ehemaligen DDR 130.000.000.000 DM (ja, das sind 130 Milliarden und kein Druckfehler!) laut Bericht des KStA vom 23./24. 10. 93. Was schwerer wiegt sind die vielen Tausend Atomopfer — allein durch Wismut starben etwa 6000 Menschen an Krebs.

In beiden Fällen stellt sich die Frage, wie lange die jeweiligen Energieträger noch verfügbar sein werden. Hierüber sind genaue Untersuchungen gemacht worden [6]:

Energieträger	*verbleibende Nutzungsdauer*	*Mrd. t. Steinkohleeinheiten*
Kohle u.ä.	ca. 270 Jahre	777
Öl	ca. 40 Jahre	167
Gas	ca. 40 Jahre	117
Uran u.ä.	ca. 35 Jahre	48 (einschl. Wiederaufbereitung)

Spätestens jetzt wird deutlich, daß wir uns nach Alternativen umsehen müssen.

2. Auswege

Der beste Ausweg besteht natürlich darin, Energie zu sparen. Hierzu existieren viele Möglichkeiten, die zu beschreiben jedoch den Rahmen dieses Textes sprengen würden. Ein ähnlicher Ansatz besteht in dem Einsatz neuer, energiesparender Technologien. Hier sind vor allem der Brennwertkessel und das 3-Liter-Autos zu nennen, die beide auch heute schon vollkommen ausgereift und einsetzbar sind. Im Falle des 3-Liter-Autos ist diese Tatsache wenig bekannt, man betrachte das folgende Zitat [1]: "[Es] ergibt sich dann als Fazit, daß das $\frac{3\text{l}}{100\text{km}}$-Auto selbt für Fahrzeuge der Mittelklasse keinesfalls eine Utopie mehr darstellt, sondern bereits in eine realistische Reichweite gerückt ist." Dennoch stoßen diese Wege an Grenzen, die durch das technisch Machbare und/oder das komfort-gewöhnten Menschen Zumutbare gesteckt werden.
Daher ist es nötig, neue Energiequellen aufzutun und es ist bald nötig (vgl. obige Tabelle). Diese neuen Quellen werden unter dem Namen "regenerative Energieformen" zusammengefasst, weil sie alle letztlich durch die Sonne gespeist werden und daher in fast beliebigem Maße zur Verfügung stehen. (Manchmal hört

man auch den Begriff "alternative Energieformen"; dies ist jedoch nicht ganz korrekt, da wir bald keine Alternative mehr haben werden.)
Es gibt verschiedene Arten von regenerativen Energieformen:

Sonnenenergie:
Es gibt drei grundlegend verschiedene Arten von Sonnenenergienutzung:

Sonnenkollektoren: Sonnenkollektoren verwenden die von der Sonne abgestrahlte Wärme, um Wasser aufzuheizen.

Solarzellen (Photovoltaïk): Solarzellen nutzen das Licht der Sonne zur Erzeugung von Strom. Der Wirkungsgrad ist leider noch immer sehr gering (max. 14 % in handelsüblichen Solarzellen).

passive Nutzung: Man kann die Sonne auch passiv (d.h. ohne spezielle Auffangeinrichtungen wie Kollektoren) nutzen, indem man z.B. die Fenster eines Hauses nach Süden ausrichtet. Mit solchen Maßnahmen ist es möglich, sehr viel Energie einzusparen (bekannt ist die Bezeichnung "Niedrig-Energie-Haus" oder gar "Null-Energie-Haus").

Windenergie, Wasserkraft:
Hier wird die Energie des Windes bzw. des fließenden Wassers verwendet, um Turbinen zur Erzeugung von Strom anzutreiben. Windenergie kann heute schon mit konkurrenzfähigen Preisen (teilweise unter 20 $\frac{\mathrm{Pf}}{\mathrm{KWh}}$) produziert werden.

"Organische Energieformen" (Biogas u.a.):
Nachwachsende Rohstoffe (z.B. Holz oder Schilf) oder Biogas werden in elektrische Energie umgewandelt. Beispielsweise deckt schon seit den Zwanziger Jahren ein süddeutsches Kloster seinen gesamten Energiebedarf mit Biogas.

Geothermik:
Die Geothermik nutzt die Wärme des Erdinneren zur Energiegewinnung aus. Die DDR war auf dem Gebiet der geothermischen Energiegewinnung führend, nach der "Wende" wurde diese Technologie, vermutlich durch den Einfluß großer Energiekonzerne, jedoch nicht weiter verfolgt.

3. Wie?

Inwiefern ist die Nutzung der regenerativen Enerigeformen realisierbar? Gegen Windräder wird beispielsweise oft die Geräuschproblematik vorgebracht, oder ästhetische Einwände werden erhoben. Ersteres ist, wie ein jeder mit seinen Ohren (z.B. am Rasthaus "Propsteier Wald" an der Autobahn Köln/Aachen) selbst feststellen kann, kein Problem, bei Letzterem stellt sich die Frage, inwiefern (m.E. relativ kleine) optische Störungen gegenüber dem Umweltschutz zurückstehen müssen.
In diesem Zusammenhang ist es bemerkenswert, daß ästhetische Kritik zwar oft gegen Windräder, nie jedoch gegen die überall stehenden (und gewiß nicht schönen) Papier- und Glassammelcontainer vorgebracht wird. Es ist nicht minder bemerkenswert, daß hinter den Entsorgungsfirmen die großen Energieproduzenten wie das RWE oder die Preussag stehen.
Auch Sonnenkollektoren sind der allgemeinen Realisierung schon ziemlich nahe: es gibt EG-Pläne, Kollektoren für Ein- und Zweifamilienhäuser zur Brauchwassererwärmung bei Neubauten zwingend vorzuschreiben, wo sie auch ökonomisch schon sinnvoll sind. Aber auch zur Raumheizung sind Kollektoren nicht ungeeignet; mit Heatpipes oder sogar evakuierten Flachkollektoren sind Temperaturen bis 250 ^oC machbar, was diese Technologie auch für industrielle Prozeßwärme interessant werden läßt.
Bezüglich der photovoltaïschen Sonnennutzung (d.h. der Verwendung von Solarzellen) kann man nach Ludwig Bölkow die folgende Rechung aufstellen:
Mit einem Quadratmeter Solarzellen kann man pro Jahr ungefähr $100kWh$ erzeugen. Eine vierköpfgie Familie verbraucht pro Jahr ca. 3000 bis $4000kWh$, was also $30..40m^2$ entspricht. Rechnet man dies auf die Gesamtbevölkerung Deutschlands hoch, so stellt sich heraus, daß der Strom, der durch die Überdachung sämtlicher deutscher Autobahnen mit Solarzellen gewonnen würde, für die Versorgung der BRD ausreichen würde.
Auch das Gerücht, daß Solarzellen nur für die Sahara (und ähnlich heiße Regionen) geeignet wären, ist falsch, da der Wirkungsgrad von Solarzellen mit steigender Temperatur deutlich abnimmt. Die höchste Leistung erbringen Solarzellen in Gegenden mit Deutschlands klimatischen Bedingungen oft im März oder April.
Schließlich stellt sich das Problem der Speicherung (da man Strom auch nachts und vor allem im Winter benötigt). Als einzige praktikable Methode ergibt sich hier die Speicherung in Wasserstoff, der durch die

Elektrolyse von Wasser (nach $2H_2O \longrightarrow 2H_2 + O_2$) gewonnen wird. Wasserstoff verbrennt schadstofffrei, da sich in Umkehrung der Bildungsgleichung lediglich Wasser (als Wasserdampf) bildet.
Die Unfälle der Hindenburg und der Challenger sind unvergessen. Dennoch ist dies kein Argument gegen die Verwendung des Wasserstoffs auf breiter Basis, da beispielsweise ein zu einem Drittel mit Benzin gefüllter Tank wesentlich explosiver ist als ein komprimierter Wasserstoffbehälter. Im Übrigen besteht seit den Zwanziger Jahren eine Wasserstoffleitung zwischen Düsseldorf und dem Ruhrgebiet, in deren gesamten Betriebszeit es nie zu einem Unfall gekommen ist.
Außerdem kann Wasserstoff in sog. "Zellen", d.h. in loser chemischer Bindung mit einem Trägermaterial gespeichert werden. In dieser Form ist die Handhabung völlig ungefährlich.
Selbst ohne die Verwendung von Wasserstoffzellen ist das vom Wasserstoff ausgehende Restrisiko nur gering im Vergleich mit dem eines Atomkraftwerks. Man kann das Restrisiko definieren als das Produkt aus der Wahrscheinlichkeit eines Unfalls und der Anzahl der bei einem Unfall Betroffenen. Dann hätte ein AKW, selbst wenn es nur extrem selten zu Unfällen käme (was, wie wir oben sahen, nicht der Fall ist), ein sehr großes Restrisiko. Verglichen hiermit ist Wasserstoff geradezu harmlos, da selbst eine große Explosion niemals einen mit einem GAU auch nur annähernd vergleichbaren Schaden anrichten wird.
Der Wasserstoff bindet die alternativen Energieformen aneinander und macht sie sinnvoll. Man könnte sagen, daß wir uns momentan im Atomzeitalter befinden, uns aber (hoffentlich) fortbewegen werden in das solare Wasserstoffzeitalter, wobei der gegenwärtige "Energiemix" von Kohle, Erdöl, Erdgas und Uran abgelöst würde durch einen "Mix" aus Sonnenenergie, Windkraft, Wasserkraft, Biogas, Geothermik und regenerativen Naturstoffen.
Heutzutage, mit einer Arbeitslosenquote von etwa 10%, ist auch von Bedeutung, daß die Umstellung auf alternative Energieformen in großem Maße Arbeitsplätze schaffen wird, d.h. die Verhältniszahl der geschaffenen Arbeitsplätze zum eingesetzten Kapital ist bei der Errichtung und dem Betrieb eines Atomkraftwerks ungleich kleiner als bei der Nutzung alternativen Energieformen.
Es ist wichtig, sich daran zu erinnern, daß alle diese Technologien schon jetzt vollständig entwickelt sind und nur noch auf den breiten Einsatz in der Praxis warten. Daß immer noch Kernkraftwerke in Betrieb sind, ist also kein Problem der Wissenschaft, sondern eines von Politik und Kapital.
Wir leben jedoch in einer Staatsform, die sich "Demokratie" nennt, "Herrschaft des Volkes". Daher sollten wir zeigen, daß sie diesen Namen verdient und die Politiker und Minister (Diener des Staates!) entfernen, wenn sie nicht unseren Willen erfüllen. Hierzu ist nur die mächtigste aller Waffen der Bürger fähig, der Wahlzettel. Wer die Energieproblematik als die Schlüsselfrage der menschlichen Zukunft ansieht, wird seine Wahlentscheidung von den entsprechenden Aussagen und Einstellungen der Parteien abhängig machen. In dieser Republik gibt es nur eine Partei, die dauerhaft eine absolute Priorität auf regenerative Energieformen legt.
Ein anderes Problem mag sein, daß es Meschen gibt (möglicherweise viele Menschen), die die Notwendigkeit des Einstiegs ins Wasserstoffzeitalter nicht einsehen. Ich denke, daß sich in diesem Text hinreichend viele Argumente finden, um einen jeden Menschen ("homo sapiens sapiens", der doppelt denkende Mensch), von der Notwendigkeit eines Umstiegs zu überzeugen. Den auch dann noch Ungläubigen kann ich nur einen Rat geben: Lies. Und Denk. Und komm zu einer Entscheidung. Ich will hoffen, daß es dann noch eine Welt geben wird, der Du Deine Entscheidung kundtun kannst.

Sebastian Klein

Literaturverzeichnis

[1] Dr. rer. pol. H. Heinrich, Volkswagen AG in "Deutsches Ärzteblatt", Heft 36, 9. September 1994, S. A-2294
[2] Stratis Karamanolis, "Das ABC der SONNENENERGIE", Neubiberg 1988
[3] Helmuth Koegel-Dorfs (Hrsg.), "Ausstieg aus der Kernenergie", Neukirchen 1990
[4] Dieter Seifried, "Gute Argumente: Energie", München 1986
[5] Holger Strohm, "Friedlich in die Katastrophe", 11. Auflage, Frankfurt 1986
[6] (o. Autorangabe), "ZAHLEN und FAKTEN zur Kernenergie", 5. Auflage, Bonn 1989