

## Welche Bedeutung hat die Kernenergie für die Welt ?

Von Hans-Dieter Schilling (E-mail: Hans-Dieter.Schilling@energie-fakten.de)

### Hier die Fakten (vereinfachte Kurzfassung)

6 Milliarden (Mrd.) Menschen leben heute auf der Erde. Jeder von ihnen verbraucht im Durchschnitt jährlich die 2 Tonnen (t) Steinkohle entsprechende Energiemenge, in den Entwicklungsländern meist sehr viel weniger, in den Industrieländern mehr (Deutschland: 6,5 t). In der Dritten Welt gelten 3 Mrd. Menschen als arm und leiden unter Mangel an Nahrung und Wasser. Ein wichtiger Grund dafür: Sie verfügen nicht über bezahlbare Energie. Deshalb werden dort pro Jahr auch 2 Mrd. m<sup>3</sup> Holz verfeuert. Da Mineraldünger fehlt (für dessen Herstellung viel Energie aufgewandt werden muss), wird überdies in großem Stil Brandrodung betrieben.

Die Weltbevölkerung wächst weiter. 2050 werden 9 Mrd. Menschen erwartet. Schon in den nächsten 30 Jahren wird mehr Energie (Kohle, Erdöl, Erdgas) verbraucht werden als bisher seit der Beherrschung des Feuers.

Heute decken Kohle, Erdöl und Erdgas fast 90 % des Welt-Energiebedarfs. Anteil und Menge dieser fossilen Energieträger müssen wegen der Begrenztheit der Vorräte und zum Klimaschutz bis 2050 drastisch gesenkt werden. Energiesparen, höhere Nutzungsgrade und Substitution durch Regenerative Energien reichen dafür nicht aus. Ohne einen Beitrag der Kernenergie lässt sich eine „nachhaltige“, d. h. für uns und unsere Nachkommen verlässliche, wirtschaftliche und umwelt-

verträgliche Energieversorgung nicht sicherstellen.

Derzeit tragen 438 Kernkraftwerke in 32 Ländern mit zusammen 370.000 Megawatt Leistung 18 % zum Stromverbrauch und 6 % zum gesamten Energieverbrauch der Welt bei. Sie ersparen uns jährlich die Verbrennung von 800 Millionen (Mio.)t Kohle und damit die Emissionen von 2 Mrd. t Kohlendioxid, 15 Mio. t Schwefeldioxid und 8 Mio. t Stickoxide. Die Kern-(spaltungs)energie kann und muss künftig noch mehr leisten. Die Industrieländer müssen in diese anspruchsvolle Technik investieren, um mehr Öl für die Entwicklungsländer freigegeben und dessen Preis einigermaßen stabilisieren zu können.

Die Kerntechnik wird heute in Ländern wie Deutschland voll beherrscht. Die Entsorgung einschließlich der Endlagerung des langlebigen Abfalls ist wissenschaftlich-technisch gelöst. Allerdings mangelt es vielfach der Politik an Mut, sie gegen Widerstände durchzusetzen.

Hochtemperatur- und Brutreaktoren eröffnen künftig zusätzliche Möglichkeiten. Langfristig (nach 2050) könnte ein maßgeblich auf Kernfusion beruhendes Versorgungssystem das Energieproblem der Menschheit lösen.

## Hier die Fakten (fachspezifische Langfassung):

### Energie - unverzichtbar für Wohlstand und Lebensqualität.

Menschenwürdiges Leben erfordert große Energieleistungen. Sie liegen in unserem Lande bei 6,5 t Steinkohleneinheiten (siehe Kasten) pro Kopf und Jahr. Das ist gleichbedeutend mit einem permanenten energetischen Leistungsanspruch von rd. 6.000 Watt. Der Mensch verfügt über ein Leistungsvermögen von ca. 60 Watt. Unser Lebensstandard ist deshalb gleichbedeutend mit der permanenten Inanspruchnahme von 100 technischen Sklaven.

Heute leben mehr als 6 Mrd. Menschen auf der Erde. Davon haben rd. 1 Mrd. diesen Lebensstandard erreicht. Nach Angaben der DSW (Deutsche Stiftung Weltbevölkerung) gelten 3 Mrd. Menschen als arm, da sie über weniger als 2 Dollar pro Tag verfügen. 1,2 bzw. 1,7 Mrd. haben keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser bzw. zu sanitären Einrichtungen. Täglich sterben rd. 19.000 Kinder aufgrund von Mangelernährung. Dauerkatastrophen, die kaum wahrgenommen werden

Wo Energie fehlt, herrschen Hunger, Armut, Umweltzerstörung, Bevölkerungsexplosion und Armutmigrationen. Die Umweltzerstörung dokumentiert sich z. B. in einem Waldsterben von unvorstellbarem Ausmaß durch Brandrodung zur Gewinnung von Ackerland, weil es an Mineraldünger fehlt. Denn seine Herstellung ist sehr energieintensiv. Nach Angaben des Weltenergieberichtes wird in vielen Entwicklungsländern jährlich ein Feuerholzäquivalent von 600 Mio. t Steinkohle verbraucht. Das sind rd. 2 Mrd. Kubikmeter Holz. Wälder verbrauchen (binden) CO<sub>2</sub>. D. h.: Riesige Vernichtung von natürlichen CO<sub>2</sub>-Senken und gleichzeitige Freisetzung

von CO<sub>2</sub> durch Waldverbrennung. Grund: Energiemangel.

### Mehr Menschen, mehr Wohlstand: Mächtige Antriebskräfte für mehr Energie

\*) Eine t Steinkohleneinheit (1 t SKE) ist eine Energieeinheit. Sie entspricht dem Energiegehalt einer Tonne guter Steinkohle, 3 t Braunkohle oder rd. 0,7 t Mineralöl. Sie ist definiert und bedeutet 8.140 Wärme-Kilowattstunden, aus denen man bei einem Wirkungsgrad von 40 % 3.256 elektrische kWh produzieren kann.

Die Menschheit verbraucht heute rd. 13 Mrd. t Steinkohleneinheiten pro Jahr. Das sind weltweit im Durchschnitt 2 t SKE pro Kopf und Jahr. An der Spitze steht das Erdöl mit 31 %, Kohle mit 26 %, Erdgas mit knapp 20 %, Industriegase, Holz, Dung usw. mit 10 %, die Wasserkraft mit 5 % und Abfälle, Biogas, Sonne und Wind mit rd. 2 %. Die Kernenergie macht mit 6 % einen vergleichsweise geringen Teil aus.

Der Weltbevölkerungsbericht 2001 der Vereinten Nationen sagt für 2050 eine Bevölkerungszahl von mehr als 9 Mrd. Menschen voraus. Gegen Ende des Jahrhunderts wird die Menschheit bei 12 Mrd. Menschen kulminieren. Die Menschheit hat seit der Beherrschung des Feuers ca. 450 Mrd. t SKE verbraucht. Nach vorsichtigen Schätzungen des Weltenergieberichtes wird sie in den nächsten 30 Jahren eine Energiemenge von ca. 500 Mrd. t SKE verbrauchen. Dies ist mehr, als sie bisher verbraucht hat. Dabei wird der Bedarf an elektrischer Energie, wie seit Jahrzehnten, weiter überproportional steigen. Man darf durchaus erwarten, dass der weltweite jährliche

Pro-Kopf-Verbrauch in den nächsten 50 Jahren von z. Zt. durchschnittlich 2 auf 3 t SKE steigt. Bevölkerungswachstum und zunehmender Pro-Kopf-Verbrauch führen zusammen zu einem jährlichen Energieverbrauch von 27 Mrd. t SKE mit weiter steigender Tendenz. In den meisten Ländern fehlt ein ausreichender Umweltschutz. Dies kann die Welt an die Grenze der ökologischen Belastbarkeit führen.

Die Basis der weltweiten Energieversorgung bilden heute zu fast 90 % Mineralöl, Kohle, Erdgas und andere Kohlenwasserstoffe. Sie emittieren jährlich rd. 22 Mrd. t an Schadstoffen. Davon entfallen ca. 20 Mrd. t auf CO<sub>2</sub>. Es muss nachhaltig auf eine Senkung der immer noch steigenden (Schad-) Stoffströme an CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, und NO<sub>x</sub> hingearbeitet werden. Dabei gilt es, die Einsparungs- und Effizienzpotentiale durch nachhaltige Weiterentwicklung auf allen Wertschöpfungsstufen weiter zu nutzen. Und die sind noch sehr groß.

Doch diese Maßnahmen reichen bei weitem nicht. Das Problem wird durch eine überbordende Energiebesteuerung nicht gelöst, sondern eher verschlimmert. Wir brauchen dringend eine zusätzliche Senkung der Schadstoffströme. Sie ist ökologisch spürbar nur durch den verstärkten Einsatz schadstoffarmer oder schadstofffreier Energiequellen zu erreichen. Und die müssen sozialverträglich, d. h., bezahlbar sein.

Eine ausreichende und kostengünstige Energieversorgung gehört zu den unverzichtbaren Voraussetzungen für Industrialisierung, Kapitalbildung und schließlich für Wettbewerbsfähigkeit und Wohlstand. Dieser hat bisher erfahrungsgemäß zu einer Verringerung der Bevölkerungszunahme geführt. Eine langfristig sichere und kostengünstige Energie-

versorgung ist deshalb auch eine der notwendigen Voraussetzungen für eine Begrenzung des Bevölkerungswachstums.

### **Gegenwärtige Bedeutung der Kernenergie**

Die Kernenergie gehört zu den schadstoffärmsten wirtschaftlich verfügbaren Energieträgern. Sie ist mit weltweit 438 Reaktoren in 32 Ländern an den Netzen. Ihre Leistungskapazität liegt bei 371.000 Megawatt. Die Kernreaktoren konzentrieren sich i. w. auf die drei Haupt-Wirtschaftsregionen: Europa (50 %), Nordamerika (25 %), Fernost (Japan, Korea, China, Indien (knapp 25 %)). Sie haben im Jahre 2000 rd. 2.470 Mrd. kWh erzeugt. Das sind 18 % der Weltstromerzeugung. Die Stromerzeugung in Frankreich basiert mit 59 Reaktoren zu 80 % auf Kernenergie, in Belgien zu 60 %, in Schweden und der Schweiz zu je 50 % und in Deutschland zu 33 % mit 19 Reaktoren. Japan verfügt über 53 Reaktoren. Weltweit substituiert die Kernenergie 800 Mio. t Steinkohle. Die Kernenergie erspart der Menschheit jährlich rd. 2 Mrd. t oder 1.000 Mrd. m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>, mehr als 15 Mio. t Schwefeloxide und 8 Mio. t Stickoxide. Die Kernenergie spielt inzwischen eine bedeutende Rolle als sicherer Stromerzeuger. Eine ebenso große Bedeutung nimmt sie für die Umweltschonung ein. Z. Zt. sind weltweit 36 zusätzliche Anlagen mit 33.000 MW in Bau. Davon 8 in China, 4 in Japan. In einigen Ländern sind die Betriebsgenehmigungen für laufende Anlagen z. T. erheblich verlängert worden. Z. B. in den USA auf 60, in England bis auf 50 Jahre. Weitere Anträge zur Laufzeitverlängerung werden z. Zt. durch die Regulierungsbehörden bearbeitet.

Die nukleare Entsorgung und Lagerung ist entgegen anderen Verlautbarungen technisch

sicher gelöst. Im Juni 2001 haben die Bundesregierung und die Unternehmen, die Kernkraftwerke betreiben, eine Vereinbarung zum „Kernenergieausstieg“ unterzeichnet. Diese erlaubt die Zwischenlagerung der abgebrannten Brennelemente auf den Kraftwerksstandorten. Auch der Rückbau von ausgedienten Anlagen ist wirtschaftlich gesichert und technisch sicher. Konkrete Erfahrungen liegen vor.

### Langfristige Bedeutung

Die Stromerzeugung aus Kernenergie verfügt über ein weitreichendes Entwicklungspotential, besonders für die Sicherheit. Die heutige Technik der Druckwasser- und Siedewasserreaktoren wurde bereits in Richtung noch höherer Sicherheit weiterentwickelt. Hochtemperatur- und Brutreaktoren werden diese Reaktortypen ergänzen. Sie nutzen die Kernbrennstoffe wesentlich effizienter aus. Die Entwicklung ist in Japan, China, Russland, Indien und Südafrika konkret im Gange.

Die heutige Kernenergie stützt sich auf die Spaltung schwerer Atomkerne, vorwiegend auf Uran. Die langfristige Entwicklung zielt auf die Fusion leichter Kerne. Hier verschmelzen die Wasserstoffisotope Deuterium (schwerer-) und Tritium (überschwerer Wasserstoff) zu Helium (Edelgas). Eine erfolgreiche Entwicklung dieser Technik könnte die Vision Einsteins verwirklichen, die Energie- und Umweltprobleme der Menschheit langfristig ein für allemal zu lösen. Denn die Brennstoffe Deuterium und Tritium sind praktisch unbegrenzt verfügbar: Deuterium im natürlichen Wasser. Sein Tritiumgehalt ist zu gering (s. Kasten). Tritium wird deshalb aus Lithium erbrütet, das die Erdkruste in ausreichender Menge enthält. Die Fusion von 5 t des schweren / überschweren Wasserstoffgemisches

erzeugt soviel Energie wie die Verbrennung von 60 Mio. t Steinkohle (= Deutscher Jahresverbrauch). CO<sub>2</sub>-Vermeidung: 180 Mio. t pro Jahr. Geringer Brennstoffinhalt in der Brennkammer, niedrige Leistungsdichte und die Eigenschaft des heißen Gases (Plasma), bei geringsten Ungleichgewichten zu erlöschen, machen diesen Reaktortyp extrem sicher.

**Isotop(e):** Chem. Elemente „am gleichen Platz“ des Periodensystems. D. h.: Chem. praktisch nicht unterscheidbar. Wasserstoff (H) kommt i. d. Natur in Form der Isotope „leichter“- (H-1), „schwerer“- (Deuterium (H-2) = **D**) und „überschwerer“- Wasserstoff (Tritium (H-3) = **T**) mit 1 bis 3 Kernbausteinen ( 1 Proton mit 0 bis 2 Neutronen) vor:

- 1.) H-1: Kern = 1 Proton. (99,985 % bez. auf Gesamtwasserstoff)
- 2.) H-2 (D): Kern = 1 Proton + 1 Neutron. (0,015 %)
- 3.) H-3 (T): Kern = 1 Proton + 2 Neutronen. (1 Billionstel %)

Die Isotope H-1, D, T sind physikalisch verschieden. So ist T dreimal schwerer als H-1. Entsprechend enthält natürliches Wasser „leichtes“- (H<sub>2</sub>O), „schweres“- (D<sub>2</sub>O) und „überschweres“- Wasser (T<sub>2</sub>O).

Die Europäische Union, die USA, Japan und die Russische Föderation haben die technischen Voraussetzungen für das Pilotprojekt ITER (**I**nternationaler **T**hermonuklearer **E**xperimentalreaktor) geschaffen. Die Planung steht. Doch es fehlt noch der politische Wille zur Umsetzung. Markteintritt noch unklar, frühestens zwischen 2030 und 2050.

Die kerntechnische Entwicklung muss im Kontext mit den anderen Energieträgern gesehen werden. Kohle, Mineralöl und Erdgas sind unersetzbare Chemierohstoffe. Als Energieträger werden sie langfristig zu Gunsten der Kernenergie zurückgefahren. Zunehmende Bedeutung wird der Sonnenenergie zukommen: Die CO<sub>2</sub>-freie Wasserkraft verfügt weltweit noch über ein großes Ausbaupotential. - Und Sonne und Wind? – Die Sonnenenergie kommt

nach ihrem 150 Mio. km langen Weg mit sehr geringer Energiedichte auf der Erde an. Deshalb erfordert das „Einsammeln“ riesige Flächen. Der Wirkungsgrad ist bei der Photovoltaik aus quantenphysikalischen Gründen gering. Beides macht die Sonnenenergie sehr teuer. Deshalb wirtschaftlich einsetzbar b. a. w. nur in Marktnischen. Kein Mittel gibt es bisher gegen die Unplanbarkeit von Sonnenschein und Wind. Hier muss die langfristige Forschung und Entwicklung ansetzen: Entwicklung von Energie- bzw. Stromspeichern. Und die erfolgreiche Entwicklung wirtschaftlich herstellbarer „heißer“ Supraleiter. Sie könnten diese Achillesferse ebenfalls überwinden. Mehr noch: Die Vernetzung weltweit operierender Wind und Sonnenfarmen mit verlustloser (Gleich-) Stromübertragung würde eine bedarfsgerechte Verfügbarkeit herstellen. Und: Sie würde Hochspannungsleitungen überflüssig machen und Übertragungsverluste vermeiden.

Und Wasserstoff? Ein sehr umweltfreundlicher Energieträger, doch leider keine Energiequelle. Denn er kommt nur in chemisch gebundener Form vor (z. B. Wasser). Seine Herstellung verbraucht erheblich mehr Energie als man gewinnt: Die Energiebilanz ist negativ. Deshalb: einsetzbar nur für Sonderfälle und als Chemierohstoff. Außerdem schwer speicherbar.

Die Kernenergie wird in diesem Jahrhundert zunehmende Bedeutung für die Menschheit bekommen. Dies wird nachhaltige Veränderungen der technischen Infrastrukturen erfordern. Wenn es nicht gelingt, die Vorurteile in manchen Industrieländern abzubauen, kann der Anteil der Kernenergie nur langsam wachsen. Ein Anteil von 20 % an der Primärenergie-Versorgung im Jahr 2050 wäre bereits ein ehrgeiziges Ziel. Dies würde der Atmosphäre jährlich rd. 10 Mrd. t Schadstoffe, vorwiegend CO<sub>2</sub>, ersparen. Hinzu muss eine nachhaltige, echte Weiterentwicklung der Sonnenenergie kommen. Sie muss frei von Dauersubventionen werden. Und ihre Unplanbarkeit ist zu überwinden. Dann wird es möglich sein, die Verwendung fossiler Energieträger zurückzuführen und sie als Chemierohstoffe vorzuhalten.

**Fazit:** Die Kernenergie wird zusammen mit den anderen umweltfreundlichen Energieträgern für die Menschheit zunehmend eine Schutzfunktion gegen Überbevölkerung und Armut sowie zur Verhinderung von Versorgungsengpässen und Umweltgefahren übernehmen müssen. Damit wird sie einer der Grundpfeiler für einen zunehmenden Wohlstand der Menschheit werden können.