

Welche Umweltprobleme der Energieversorgung sind die wichtigsten ?

von Eike Roth

e-mail Eike.Roth@energie-fakten.de

Hier die Fakten - vereinfachte Kurzfassung

Ohne Energiezufuhr gibt es kein Leben. Und wenn viele Menschen „gut“ leben wollen, brauchen sie viel Energie. Unsere Energieversorgung beeinflusst aber unvermeidbar auch unsere Umwelt. Wie und wie sehr, hängt von der Art der Energieversorgung ab. Sind diese Einflüsse zu groß, sprechen wir von Umweltproblemen.

Die wichtigsten Umweltprobleme unserer Energieversorgung sind:

- Das Klimaproblem (Verstärkung des Treibhauseffektes durch anthropogene (vom Menschen verursachte) Freisetzung von CO₂ und anderen Spurengasen, dadurch Gefahr von globalen Klimaänderungen)

- Das Ozonloch (Zerstörung des schützenden Ozonschields in der Stratosphäre durch FCKW-Freisetzungen, dadurch Gefahr zunehmender Hautkrebskrankungen)
- Das Armutproblem (Hunger und Elend in weiten Teilen der Welt führen zu Umweltschäden und erschweren Klimaabwehrmaßnahmen)
- Das Wasserproblem (zwei Milliarden Menschen leben in Gebieten mit Mangel an sauberem Trinkwasser, obwohl es auf der Erde genug Wasser gibt)
- Das Problem der Strahlenexposition (das vor allem bei einem verstärkten Ausbau der Kern-

energie zu beachten ist).

Die Probleme – und damit auch die Lösungsmöglichkeiten – hängen vielfältig miteinander zusammen. Zur Lösung braucht die Menschheit mehr Energie. Sie muss rationeller angewandt werden. Zugleich ist vor allem der Ausstoß an Kohlendioxid zu verringern, Dazu müssen Energieträger verstärkt genutzt werden, bei denen dieses Treibhausgas nicht entsteht..

In der Langfassung wird erklärt, auf welchen Mechanismen diese Probleme beruhen, wie sie miteinander verbunden sind und welche Lösungsansätze (im Energiebereich) vorhanden sind.

Welche Umweltprobleme der Energieversorgung sind die wichtigsten ?

von Eike Roth

e-mail Eike.Roth@energie-fakten.de

Hier die Fakten - Langfassung

1 Einleitung

Um zu leben, braucht der Mensch Energie. Um so zu leben, wie er es gerne haben will, braucht er viel Energie. Und sehr viele Menschen brauchen insgesamt sehr viel Energie. Diese Situation haben wir heute. Morgen wird die Situation noch viel ernster sein, weil auch die heute noch armen Menschen mehr Energie beanspruchen werden (wer will ihnen das verwehren ?) und weil es noch deutlich mehr Menschen und damit mehr Energieverbraucher geben wird. Die Experten sagen uns voraus, dass der Weltenergiebedarf – trotz aller Sporbemühungen – mindestens noch um den Faktor 2 gegenüber heute ansteigen wird.

Jede Energieversorgung hat unvermeidbar Auswirkungen auf die Umwelt. Werden die Auswirkungen zu groß, so werden sie zu Problemen. Die Größe und die Art der Auswirkungen sind von der Art der Energieversorgung abhängig. Nachfolgend wird versucht darzulegen, welches die wichtigsten Umweltauswirkungen unserer Energiever-

sorgung sind und auf welchen Mechanismen ihre Wirkung beruht. Dabei werden das Klimaproblem, das Ozonloch, das Armutproblem, das Wasserproblem und das Problem der Strahlenexposition näher betrachtet. Mit welchen Maßnahmen die Auswirkungen am besten eingedämmt werden können, wird in Abschnitt 7 zusammenfassend behandelt.

2 Das Klimaproblem

Die global und langfristig gemittelte bodennahe Lufttemperatur auf der Erde beträgt heute +15 °C. Durch die Sonneneinstrahlung alleine wären es nur etwa -18 °C. Der Unterschied von 33 Grad wird durch den sog. „Treibhauseffekt“ bewirkt: Wasserdampf (H₂O), Kohlendioxid (CO₂) und einige andere von Natur aus in der Atmosphäre vorhandene Spurengase („Treibhausgase“) lassen das Sonnenlicht ungehindert durch, absorbieren aber einen Teil der Wärmeabstrahlung von der Erdoberfläche. Dadurch erwärmt sich die Erdoberfläche (und die

unteren Luftschichten). Ohne diesen Treibhauseffekt hätte sich höheres Leben auf der Erde wahrscheinlich gar nicht entwickeln können.

Manche Treibhausgase werden aber auch anthropogen (durch menschliche Aktivitäten) freigesetzt. Insbesondere CO₂, aber auch Methan (CH₄), Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) und andere. Die durch ihre erhöhte Konzentration bewirkte Verstärkung des Treibhauseffektes wird als „künstlicher Treibhauseffekt“ bezeichnet. An ihm hat das CO₂ alleine 50 % Anteil, die anderen 50 % verteilen sich auf die anderen anthropogenen Treibhausgase. Hauptquelle für die anthropogenen CO₂-Freisetzungen ist die Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas. Hierdurch haben wir die atmosphärische CO₂-Konzentration bereits um mehr als ein Drittel erhöht: Von 280 ppm (Millionstel Volumenanteile) zu Beginn des Industriezeitalters auf heute über 370 ppm. Zur Zeit steigt sie jährlich um fast 2 ppm.

LANGFASSUNG

An der grundsätzlichen physikalischen Richtigkeit des Treibhausmodells zweifelt heute niemand ernsthaft. (Siehe: „[Ändert der Mensch das Klima ?](#)“) Auch nicht an der globalen Erwärmung um etwa 0,6 °C in den letzten 100 Jahren. Als Ursache hierfür sehen die meisten Experten die anthropogenen Treibhausgasfreisetzungen an und sie fordern deren drastische Reduzierung: Bis etwa Mitte dieses Jahrhunderts auf rund ein Drittel des heutigen Wertes.

Angesichts der Schwere der möglichen Konsequenzen und des Zeitbedarfes für Maßnahmen zum Gegensteuern erscheint es sinnvoll, vorsorglich sofort mit letzteren zu beginnen. Wenn wir warten, bis alle wissenschaftlichen Zweifel eindeutig ausgeräumt sind, ist es für erfolgreiche Gegenmaßnahmen höchstwahrscheinlich endgültig zu spät. Zu den Maßnahmen siehe Abschnitt 7.

3 Das Ozonloch

In etwa 20 bis 30 km Höhe (in der Stratosphäre) ist die Erde von einer Schicht mit relativ hoher Ozonkonzentration umgeben. Diese hält die stark krebserregende harte ultraviolette (UV-) Strahlung aus dem Weltraum praktisch vollständig zurück („Ozonschutzschild“). Seit einigen Jahrzehnten wird eine zunehmende Ausdünnung dieser Ozonschicht beobachtet, vor allem in polaren Gegenden („Ozonloch“). Ursache hierfür ist die Freisetzung von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW). Diese steigen in die Stratosphäre auf und zerstören dort in

komplizierten physikalisch/chemischen Prozessen die Ozonmoleküle. Bei einer Stufe in diesem Zerstörungsprozess ist eine Stratosphärentemperatur von unter -80 °C erforderlich. Und genau da kommt der Zusammenhang mit der Energieversorgung zustande: Der Treibhauseffekt erwärmt nämlich die unteren Luftschichten, kühlt aber aufgrund komplizierter Wechselwirkungen die Stratosphäre ab. Die Randbedingung „unter -80 °C in der Stratosphäre“ wird daher mit anthropogenem Treibhauseffekt häufiger und stärker erfüllt als ohne. Die Klimaänderung verstärkt also die Ozonlochbildung (und übrigens auch umgekehrt, Ozonloch und Klimaänderung verstärken sich gegenseitig).

Mittlerweile gibt es für alle FCKW brauchbare und kostenmäßig akzeptable Ersatzstoffe, die keine Ozonzerstörung bewirken. Der Verzicht auf FCKW ist international vertraglich geregelt und wird wahrscheinlich auch einigermaßen eingehalten werden. Allerdings wird das Ozonloch uns durch Nachlaufeffekte noch eine Zeit lang begleiten und durch den geschilderten Effekt der Verstärkung durch Klimaänderungen könnte es vorübergehend auch noch zunehmen, obwohl die FCKW-Freisetzung bereits deutlich zurück geht.

4 Das Armutproblem

Nach Klaus Töpfer, dem Leiter der UNO-Umweltbehörde UNEP, ist „Armut das größte Gift für die Umwelt“. Arme Menschen können sich Umweltschutz nicht leisten:

- Bevor sie verhungern, betreiben sie Raubbau an ihrer Umwelt.
- Sie sammeln mehr Feuerholz als nachwächst.
- Sie verbrauchen Viehmist als Energierohstoff, statt ihn als Düngemittel einzusetzen.
- Sie betreiben Waldrodung und Wanderfeldbau, statt den Boden zu pflegen und zu düngen.
- Sie können – wenn überhaupt – nur die allerbilligsten (und ältesten) Maschinen und Apparate mit ganz schlechtem Wirkungsgrad und ohne Umweltschutzmaßnahmen einsetzen.

Heute zählen etwa 2 Milliarden Menschen zu den Armen. Die Ursachen für ihre Armut sind vielfältig, der Mangel an bezahlbarer (und mit den vorhandenen Mitteln handhabbarer) Energie ist aber sicher eine der wesentlichen. Die Ölpreiskrisen der 70er Jahre haben in den Entwicklungsländern existenzielle Probleme aufgeworfen, zur Massenverelendung beigetragen und viele Länder um Jahrzehnte zurückgeworfen. Die heutige Hochpreissituation am Weltenergiemarkt bewirkt Ähnliches. Sie wird vor allem durch den Energieverbrauch – und ganz besonders durch den Ölverbrauch – der Industrieländer bestimmt.

Eine weitere wesentliche Ursache von Armut ist das Bevölkerungswachstum. Ein zu großes Wachstum frisst jeden wirtschaftlichen Fortschritt auf. Länder mit hohem Bevölkerungswachstum weisen zugleich einen niedrigen Energieverbrauch pro Kopf auf. Wir haben einen Teufelskreis, in dem Armut Kinder

LANGFASSUNG

erzeugt und Kinder Armut erzeugen. Um aus diesem Teufelskreis herauszukommen, ist die Verfügbarkeit über ausreichende, bezahlbare und handhabbare Energie ein wichtiger Ansatzpunkt. Um diesen aufzugreifen, müssen die Industrieländer vor allem ihren enormen Ölverbrauch ganz wesentlich senken. Öl ist die Energieform, die sich für arme Länder ohne entwickelte Infrastruktur am besten eignet. Soweit wir es aus Klimaschutzgründen (und infolge abnehmender Ressourcen) überhaupt noch verbrennen dürfen, sollten wir es möglichst weitgehend den armen Menschen in den Entwicklungsländern überlassen (intragenerativer Aspekt der Nachhaltigkeit).

Wenn das Klima sich ändert, werden die reichen Industrieländer noch relativ einfache Mittel und Wege finden, mit den unangenehmen Folgen wenigstens einigermaßen fertig zu werden. Den armen Menschen in den Entwicklungsländern wird das aber nicht gelingen. Sie tragen zwar (bisher) wenig zur Klimaänderung bei, werden aber am Stärksten darunter leiden. Ihnen wird häufig nichts anderes übrig bleiben, als auszuwandern. Klimaflüchtlinge in gigantischer Zahl werden die Industrieländer überschwemmen und zu einer Globalisierung der Probleme führen.

Aber auch umgekehrt, durch ihre große Bevölkerungszahl werden zunehmend auch die Entwicklungsländer und vor allem die Schwellenländer (China, Indien, Brasilien u. a.) verstärkt Treibhausgas emittieren. Diese Emissionen zu senken, wird bei ihnen

häufig am Geldmangel scheitern. Armutsbekämpfung ist daher auch eine Voraussetzung zur Klimabekämpfung. Damit landen wir wieder bei der Energie und speziell beim Öl.

5 Das Wasserproblem

Neben der Energie ist Wasser eine weitere unabdingbare Voraussetzung für unser Leben. Und genauso wie die Energie bezahlbar und handhabbar sein muss, muss das Wasser sauber und trinkbar sein. Heute leben 2 Milliarden Menschen in Gebieten mit Mangel an sauberem Trinkwasser.

Das ist vor allem ein Gesundheitsproblem. Die zunehmende Wasserverknappung ist aber deshalb auch ein Umweltproblem, weil Wassermangel einerseits und künstliche Bewässerung andererseits den Pflanzenbewuchs in Menge und Zusammensetzung massiv beeinflussen (mit einer Gefährdung der Nahrungsgrundlage der Menschen), weil durch zu hohe Entnahmen der Grundwasserspiegel absinkt und weil intensive Bewässerung zur Versalzung ganzer Regionen führen kann. Hierzu nur ein paar Zahlen:

- In den letzten 100 Jahren hat sich der weltweite Wasserverbrauch versechsfacht.
- Die weltweit bewässerte Landfläche wuchs von 1800 bis 1989 von 8 Millionen auf 235 Millionen Hektar (Faktor 30).
- Im Nahen Osten wurde der Grundwasserspiegel an manchen Orten der Küste so stark abgesenkt, dass Salzwasser vom Meer her nachfloss und den bis dahin aus Süßwasser

bestehenden Grundwasserkörper versalzte.

- In Peking wurde Mitte des letzten Jahrhunderts Grundwasser aus 5 Meter Tiefe gepumpt, heute muss es aus 50 Meter Tiefe heraufgeholt werden.
- Der Aralsee hat heute nur noch ein Fünftel seines Volumens gegenüber 1960.
- In den Entwicklungsländern werden 80 % aller Krankheiten durch Mangel an sauberem Trinkwasser verursacht.
- Durch (natürliches) Arsen verseuchtes Grundwasser hat in Südostasien zur größten Massenvergiftung aller Zeiten geführt (schätzungsweise 100 Millionen Betroffene).

Anhaltendes Bevölkerungswachstum und zunehmende Umweltverschmutzung – beides vor allem in den Entwicklungsländern – werden die Situation noch drastisch verschärfen. Wenn das Klima sich ändert, kann das die Wasserversorgung nochmals gravierend beeinflussen. Viele befürchten, dass „Kriege um Wasser“ morgen eine noch größere Gefahr sein werden als „Kriege um Öl“.

Dabei gibt es auf unserem Planeten ausreichend Wasser. Zwei Drittel seiner Oberfläche sind damit bedeckt. Allerdings ist dieses Wasser größtenteils Salzwasser (oder anderweitig verschmutzt). Wenn wir genügend (bezahlbare!) Energie hätten, um Meerwasser zu entsalzen, könnten wir das Problem der Wasserknappheit leicht lösen. Allerdings darf das nicht auf Kosten des Klimaschutzes gehen.

LANGFASSUNG

6 Strahlenexposition

In allen natürlichen Materialien sind – zumindest spurenweise – natürliche radioaktive Substanzen enthalten, die entweder noch aus der Entstehungsgeschichte der Erde stammen oder laufend durch Einwirkung der kosmischen Höhenstrahlung nachgebildet werden. Bei ihrem radioaktiven Zerfall senden diese Substanzen ionisierende Strahlung aus. Auch der Mensch selbst strahlt von Geburt an. Eine weitere natürliche Strahlenquelle ist die Höhenstrahlung selbst. All diese Prozesse zusammen bewirken eine unvermeidbare (natürliche) Strahlenexposition des Menschen. Bei großen Schwankungen beträgt ihr Mittelwert in Deutschland etwa 2,4 Millisievert pro Jahr (mSv/a, Maßeinheit für die Wirkung ionisierender Strahlung auf den menschlichen Körper). Der unterste Wert liegt (weltweit) bei etwa 1 mSv/a, Werte bis zu etwa 5 mSv/a kommen sehr häufig vor (bei über 100 Millionen Menschen) und die Spitzenwerte liegen oberhalb von 100 mSv/a. (Weitere Hinweise und Hintergründe: [„Inwieweit lebt der Mensch ständig unter Strahlenbelastung?“](#)) Alle Forschungsbemühungen haben bisher keinen Einfluss der Höhe der natürlichen Strahlenexposition auf die Gesundheit der Menschen (und anderer Lebewesen) nachweisen können. Offensichtlich hat sich das Leben auf der Erde an die ständige Strahlenexposition – die im Zeitpunkt seiner Entstehung noch wesentlich höher war als heute – angepasst und wird erst

bei höheren Dosen bzw. Dosisleistungen (Dosis pro Zeiteinheit; Dosis ist gewissermaßen die Strahlenmenge, Dosisleistung ist die Strahlenintensität) nachteilig beeinflusst.

Künstliche (vom Menschen verursachte) Strahlenexposition gibt es vor allem durch die Medizin (in Deutschland im Schnitt etwa 2 mSv/a, mit sehr großer Schwankungsbreite) und – insgesamt um etwa zwei Größenordnungen darunter, also etwa 0,02 mSv/a – durch Technik. Zu letzterer trägt auch die Energieversorgung bei. Den Wenigsten ist bewusst, dass auch in der Kohle (natürliche) radioaktive Substanzen enthalten sind. Ein Teil dieser wird bei einem Kohlekraftwerk mit den Abgasen über den Schornstein abgegeben. Die dadurch bewirkte Strahlenexposition ist allerdings mit maximal etwa 0,01 mSv/a so klein, dass gesundheitliche Auswirkungen weder zu beobachten noch zu befürchten sind.

Ziemlich genau so minimal ist die Strahlenexposition in der Umgebung eines Kernkraftwerkes: Auch sie beträgt (im Normalbetrieb) maximal etwa 0,01 mSv/a.

Bei einem Unfall können auch größere Mengen radioaktiver Substanzen entweichen. Für eine strategische Entscheidung, ob wir Kernenergie als wesentlichen Beitrag zur Lösung des Klima-, Armuts- und Wasserproblems ausbauen sollen, müssen wir jedoch die möglichen Unfallfolgen mit der Wahrscheinlichkeit eines solchen Unfalls wichten. Dabei zeigt es sich, dass das Risiko

ganz wesentlich von der technischen Ausführung eines Kernkraftwerkes abhängt. Bei westlichen Kernkraftwerken ist bisher in insgesamt etwa 10 000 Reaktorbetriebsjahren mit einer Gesamtstromerzeugung von über 40 000 Milliarden kWh kein einziger Unfall mit gravierenden radiologischen Auswirkungen auf die Bevölkerung in der (näheren oder weiteren) Umgebung aufgetreten. Das ist ein absoluter Sicherheitsrekord für die Stromerzeugung insgesamt. Nach ganz überwiegender Meinung der Experten ist mit einem schweren Unfall auch zukünftig „nach Maßgabe der praktischen Vernunft“ nicht zu rechnen. Mit mathematischer Gewissheit ausschließen kann man im realen Leben aber – außer bei Verstößen gegen die Naturgesetze – gar nichts. Die Wahrscheinlichkeit für so einen Unfall ist jedoch so klein dass wir solche Ereignisse im normalen Sprachgebrauch als „unmöglich“ bezeichnen. (Siehe auch: [„Sind die deutschen Kernkraftwerke sicher?“](#))

Auf der anderen Seite hat der Unfall in Tschernobyl gezeigt, womit bei falsch gewählter Technik und wenig sorgfältiger Betriebsführung tatsächlich zu rechnen ist. (Siehe auch: [„Welche Folgen hatte der Reaktorunfall von Tschernobyl 1986?“](#) und [„Ist ein Reaktorunfall wie in Tschernobyl auch in Deutschland möglich?“](#))

Insgesamt zeigt sich, dass bei sorgfältiger Technikwahl Kernkraftwerke eindeutig nicht zu einer wesentlichen Erhöhung der weltweiten Strahlenexposition

LANGFASSUNG

führen. Ihr Einsatz zur Bekämpfung der o. g. globalen Umweltprobleme ist aus Sicherheitsgesichtspunkten zulässig.

7 Lösungsansätze

Das Klimaproblem kann nur durch eine Reduzierung der CO₂-Freisetzungen (und der Freisetzungen anderer Treibhausgase) gelöst werden. Wie weit diese Reduzierung gehen muss, wurde schon in Abschnitt 2 angegeben: Auf ein Drittel des heutigen Wertes – und das bei voraussichtlich doppeltem Energieverbrauch!

Zur CO₂-Reduzierung gibt es prinzipiell drei Möglichkeiten:

- Energiesparen
- Einsatz CO₂-freier Energie und
- Abtrennung und Lagerung des CO₂ bei weiterer Nutzung von Kohle, Öl und Gas.

Energiesparen ist zweifelsfrei notwendig und in den Industriestaaten auch effektiv möglich. Es ist aber zu bezweifeln, dass das Energiesparen noch wesentlich über das Maß hinaus gesteigert werden kann, das bei Ermittlung des Faktors 2 für den zukünftig anzunehmenden Energiebedarf ohnehin bereits unterstellt wurde (siehe Abschnitt 1 und „[Kann man mit Strom Energie sparen ?](#)“).

An CO₂-freier Energie gibt es im Wesentlichen nur die Sonnenenergie in allen ihren Erscheinungsformen und die Kernenergie. Die Sonnenenergie ist vor allem durch die geringe Energiedichte der Sonneneinstrahlung und die Unstetigkeit in fast allen ihren Erscheinungsformen gekennzeichnet. Nach mensch-

lichem Ermessen wird sie es in überschaubarer Zeit nicht schaffen, auch nur den Zuwachs des Weltenergiebedarfes zu decken. Für eine Rückführung der CO₂-Emissionen unter den heutigen Wert werden wir andere Maßnahmen benötigen. (Siehe auch: „[Welche Rolle können die einzelnen Energieträger bei der Abwehr der Klimagefahren spielen ?](#)“)

Die Kernenergie kann zum Unterschied von der Sonnenenergie prinzipiell einen sehr großen Beitrag leisten. Wie groß er wirklich sein wird, hängt von unserer freien Entscheidung ab.

Die Abtrennung und Lagerung von CO₂ bei Kohle-, Öl- und Gaskraftwerken wird voraussichtlich technisch möglich sein, hat aber mit zwei wesentlichen Problemen zu kämpfen: Erstens wird sie in jedem Fall viel Energie verbrauchen (die Schätzungen bewegen sich zwischen etwa 20 und 50 %, letzteres würde eine Verdoppelung des Primärenergieeinsatzes bei gleicher Nutzenenergiemenge bedeuten) und damit die Kosten deutlich erhöhen, und zweitens ist es fraglich, ob man eine sichere Lagertechnik für die großen anfallenden CO₂-Mengen findet. Immerhin setzen wir heute so viel CO₂ in die Atmosphäre frei, dass man damit täglich etwa einen Bodensee komplett füllen könnte (unter Normaldruck; siehe auch: „[Kann man das Klimaproblem auch durch Filtern und Speichern von Kohlendioxid lösen ?](#)“).

Für die anderen Umweltprobleme wurden die wichtigsten Lösungsansätze – soweit sie den Energiebereich betreffen – schon angegeben:

- Beim Ozonloch: (Zusätzlich zum völligen Verzicht auf FCKW) Eindämmung des anthropogenen Treibhauseffektes.
- Beim Armutproblem: Mehr, billige und CO₂-freie Energie, und Überlassen eines wachsenden Anteils der noch zulässigen Ölverbrauchsmengen an die Entwicklungsländer.
- Beim Wasserproblem: Mehr, billige und CO₂-freie Energie.

Das Klimaproblem, das Armutproblem und das Wasserproblem sind eng miteinander verknüpft. Wir werden keines von ihnen lösen können, wenn wir nicht auch die jeweils anderen beiden in unsere Lösungsstrategie mit einbeziehen. Bei allen drei Problemen kommt einer billigen und CO₂-freien Energie eine Schlüsselrolle zu. Nach Lage der Dinge wird hierfür in einer überschaubaren Zeit – sagen wir einmal 50 Jahre, welche Möglichkeiten wir dann haben werden, kann heute noch niemand seriös voraussagen – die Kernenergie den Löwenanteil erbringen müssen. Ohne sie scheint es keine erfolgreiche Strategie zur Problemlösung zu geben. Der dagegen häufig vorgebrachte Einwand, ihr verstärkter Einsatz würde zu einer allgemeinen und unzumutbaren Erhöhung der Strahlenexposition führen, ist bei sorgfältiger Wahl der Technik nicht berechtigt.

Siehe auch:

Unter www.energie-fakten.de sind weitergehende Antworten zu vielen Fragen im Zusammenhang mit hier angeschnittenen Themen zu finden. ■