

# Wie groß sind die Umwelt- und Gesundheitsrisiken der unterschiedlichen Stromerzeugungsarten im Vergleich ?

von Gerald Mackenthun

e-mail [Gerald.Mackenthun@energie-fakten.de](mailto:Gerald.Mackenthun@energie-fakten.de)

## Hier die Fakten - vereinfachte Kurzfassung

Kernenergie gilt den meisten Bundesbürgern als gefährlich, gefährlicher jedenfalls als andere Stromerzeugungsarten. Besonders die Radioaktivität ist vielen unheimlich. Sie vergessen dabei, dass auch die Nutzung anderer Energieträger wie Kohle, Öl und Gas ihre Gesundheits- und Unfallrisiken haben. Vergleicht man die Umwelt- und Gesundheitsrisiken der einzelnen Stromerzeugungsarten miteinander, schneidet die Kernenergie tatsächlich nicht schlecht ab.

Das geht aus umfangreichen Berechnungen hervor, die Wissenschaftler zur Abschätzung von Risiken der einzelnen Stromerzeugungsarten unternommen haben. Das Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart und das Paul-Scherrer-Institut (PSI, Villingen/Schweiz) beispielsweise veröffentlichten Untersuchungen über die Energie- und Stoffströme von Energieversorgungstechniken und schätzten ihre Wirkung ab: Auf

den Treibhauseffekt, auf die menschliche Gesundheit sowie auf Materialschäden in der Umwelt und Schädigung von Feldpflanzen (verminderte Erträge durch Luftverunreinigung). In die Bilanz flossen auch die Endlagerung oder Wiederaufarbeitung von Brennelementen aus Kernkraftwerken mit ein.

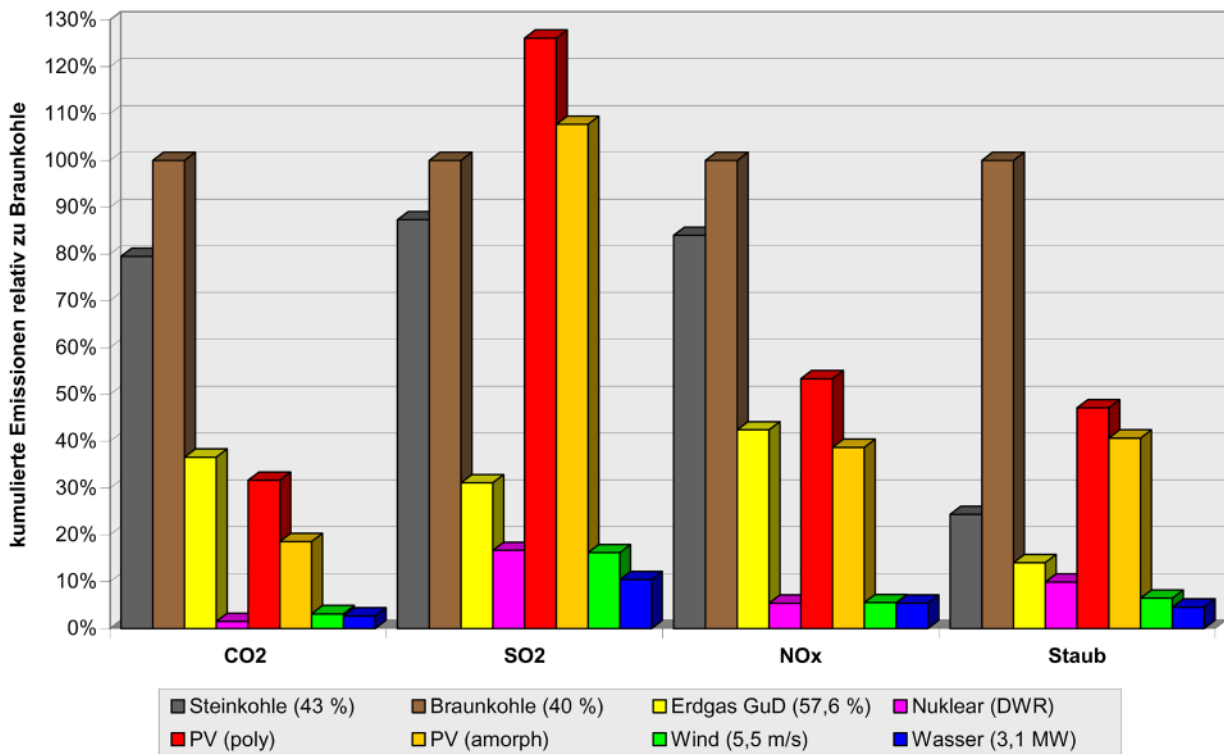
Das Ergebnis: Den höchsten Treibhaus-Effekt haben Braunkohle- und Steinkohle-Kraftwerke, den niedrigsten Wind-, Wasser- und Kernkraftwerke. Photovoltaik schneidet insgesamt schlecht ab, weil zur Herstellung von Solarzellen sehr viel Material und Energie benötigt wird.

Was die Gesundheitsrisiken für den Menschen angeht, so ist die Nutzung von Stein- und Braunkohle wegen der Verbreitung von Luftschadstoffen (Schwefel und Partikel) vergleichsweise risikoreich. Die mit der Herstellung und Nutzung der Photovoltaik verbundenen Risiken sind etwa halb so hoch und damit größer als die des Erdgases. Die Grafik

auf Seite 2 zeigt Schadstoffemissionen für verschiedene Stromerzeugungsarten einschließlich Kernenergie („Nuklear“): Wind-, Wasser- und Kernenergie weisen in dieser Hinsicht die geringsten Umweltbelastungen auf. Sie liegen unter zehn Prozent dessen, was die Braunkohle an Schadstoffen ausstößt. Die Stromerzeugung durch Photovoltaik ist in ihrem Betrieb sehr sauber, doch die Herstellungsprozesse der Solarzellen sind energieaufwendig und schlagen bei der Berechnung der Schadstoffemissionen und damit der potenziellen Gesundheitsbeeinträchtigung relativ stark zu Buche.

Außer Schäden, die Luftschadstoffe in der Umwelt und beim Menschen verursachen, wurden zusätzlich die tatsächlichen Schäden durch Unfälle mit Verletzungen und/oder Todesfällen untersucht. Das PSI hat Unfalldaten von 1945 bis 1996 weltweit für fossile Energieträger, Kernkraft sowie für Wasserkraft ausgewertet und eine Sicherheitsanalyse

**Kumulierte Emissionen**



für Stromerzeugungsarten vorgenommen, wobei sämtliche Glieder der Prozesskette von der Rohstoffgewinnung bis zur Entsorgung berücksichtigt sind (ENSAD-Datenbank schwerer Unfälle im Energiesektor). (Siehe auch: [In welchem Umfang sind im Energiebereich während der letzten 30 Jahre schwere Unfälle aufgetreten ?](#))

Die Kernenergie fällt dabei durchaus nicht aus dem Rahmen. Die Verletzten- und die Todesfallraten sowie die Zahl der Evakuierten sind in den westlichen Staaten am niedrigsten bei Wasserkraft und bei Kernenergie. Die Tschernobyl-Katastrophe in der Ukraine verhängt der Kern-

energie - weltweit betrachtet - die Bilanz, doch handelte es sich dort um ein singuläres, ausschließlich diese Kraftwerkstechnik treffendes Ereignis. (siehe auch: [Ist ein Reaktorunfall wie in Tschernobyl auch in Deutschland möglich ?](#) und [Welche Folgen hatte der Reaktorunfall von Tschernobyl 1986 ?](#)) Der Bau neuer Kernkraftwerke mit weiterentwickelten sog. inhärenten Sicherheitstechniken wird das Eintreffen von Risiken innerhalb und besonders auch außerhalb von Kernkraftwerken immer unwahrscheinlicher machen. (siehe auch: [Sind die deutschen Kernkraftwerke sicher ?](#))

Fazit: Jede Energieform hat ihre besonderen Risiken. Was die Umweltschädigung, die Gesundheitsgefährdung und die Unfallträchtigkeit betrifft, so ist Kernenergie (pro erzeugter Gigawattstunde Strom) im Vergleich zu Kohle und Photovoltaik sauberer sowie weniger kostenintensiv, gesundheitsschädigend, umweltbelastend und unfallträchtig. Kernenergie ist unter Gesundheits- und Unfallspekten insgesamt der Stromgewinnung aus Kohle überlegen, aus Gas in etwa ebenbürtig und nur unbedeutend unterlegen den als sauber geltenden Wind- und Wasserkraftwerken.

# *Wie groß sind die Umwelt- und Gesundheitsrisiken der unterschiedlichen Stromerzeugungsarten im Vergleich ?*

von [Gerald Mackenthun](#)

e-mail [Gerald.Mackenthun@energie-fakten.de](mailto:Gerald.Mackenthun@energie-fakten.de)

## Hier die Fakten - Langfassung

Jede Handlung (und jede Nicht-handlung) ist mit einem Risiko behaftet. Wer in ein Auto steigt, riskiert einen Unfall, wer Ski fährt, einen Beinbruch. Wer keine Kapitalversicherung abschließt, muss mit Einschränkungen im Alter rechnen. Der Bürger wägt ständig Handeln gegen Nicht-handeln (bzw. gegen Handlungsalternativen) ab. Nicht anders verhält es sich mit den Aktivitäten, die dazu führen, dass wir über Strom verfügen. Was würde geschehen, würde eine Gesellschaft aus Angst vor Unfällen auf die Produktion von Strom verzichten? Auf diese Idee kommt auffälligerweise keiner. Allgemein bekannt ist, dass in der Nähe von Stromleitungen eine gewisse Vorsicht angebracht ist, ansonsten aber elektrische Energie die Basis unserer Industrie und Bequemlichkeit darstellt. Nur bei einer Stromerzeugungsart machen einige eine Ausnahme: Die Kernenergie gilt ihnen wegen der Strahlung als höchst gefährlich, weitaus gefährlicher jedenfalls als andere Stromerzeugungsarten.

Wie vergleichende Untersuchungen zeigen, ist Kernenergie tatsächlich nicht riskanter als andere Stromgewinnungsarten, teilweise sogar unschädlicher, was die negativen Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt betrifft. Zu den Experten, die Abschätzungen zu diesen Risiken unternommen haben, gehören Energiefachleute vom Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart. In ihre Betrachtungen flossen die Energie- und Stoffströme von Energieversorgungstechniken „von der Wiege bis zur Bahre“ ein, d.h.:

- die Gewinnung der Baumaterialien,
- der Bau der Stromerzeugungsanlagen,
- die Brennstoffbereitstellung,
- der Normalbetrieb der Anlagen einschließlich Instandhaltung,
- die Entsorgung von Reststoffen,
- und der spätere Abriss der Anlagen.

Diese Aktivitäten wurden beurteilt in ihrer Wirkung auf den Treibhauseffekt (Kohlendioxid-

ausstoß), die menschliche Gesundheit (verlorene Lebensjahre und Lebenszeit mit beeinträchtigter Gesundheit) sowie Materialschäden in der Umwelt (Naturstein, Beton, Ziegel, Kunststoffe) und Schädigung von Feldpflanzen (verminderte Erträge durch Luftverunreinigung).

Was die Gesundheit der Menschen angeht, so wurden berücksichtigt: tödliche Krebserkrankungen durch Radioaktivität, tödliche Erkrankungen durch Luftschwebstoffe, Todesfälle aufgrund von Schwefeloxiden und bodennahem Ozon sowie Krebstodesfälle durch stratosphärisches Ozon und kanzerogene wirkende Schadstoffe. Die gleichen Einwirkungen wurden ermittelt für nichttödliche Krankheiten, ausgedrückt in Zahl der "Tage mit eingeschränkter Aktivität".

Bei den Stromerzeugungsanlagen wurden die jeweils modernsten berücksichtigt bzw. jene, die in 2005 bis 2010 verfügbar sein werden. Der Einsatz von Gas- und Dampfturbinentechnik (GuD) mit integrierter Kohlevergasung etwa soll ab

**LANGFASSUNG**

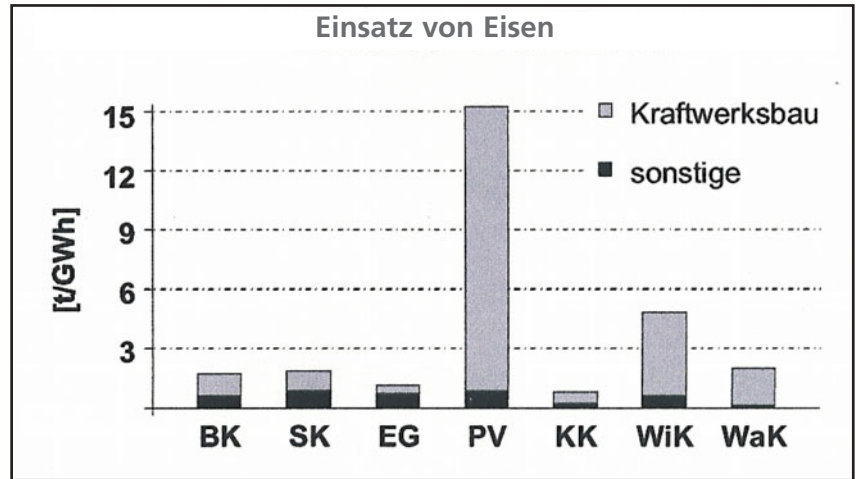
2010 verfügbar sein. Im Bereich Kernenergie wurden Druckwasserreaktoren zum Vergleich herangezogen, die zuletzt in Betrieb genommen wurden. Ab 2005 könnten EPR-Reaktoren (European Pressurized Water Reactor) mit zusätzlichen Sicherheitstechniken und höherem Wirkungsgrad zur Verfügung stehen. Das benötigte Uran kommt aus Nordamerika und Afrika. In die Bilanz fließen sowohl die Endlagerung als auch die Wiederaufarbeitung von Brennelementen in französischen und englischen Anlagen mit ein.

Betrachtet man zunächst die Wirkungen der einzelnen Stromerzeugungsarten auf den Treibhauseffekt, so ergibt sich: Den höchsten Treibhaus-Effekt haben Braunkohle- (BK) und Steinkohle(SK)-Kraftwerke, den niedrigsten Wind-, Wasser- und Kernkraftwerke (KK). Fachleute vergleichen den Treibhauseffekt zum Beispiel in der Maßeinheit Kohlendioxidtonnen pro erzeugter Gigawattstunde Strom (t CO<sub>2</sub>/GWh). In Zahlen ausgedrückt bedeutet das ungefähr:

Braunkohle und Steinkohle	----- rd. 1000 t CO <sub>2</sub> /GWh
Erdgas (EG)	----- rd. 400 t CO <sub>2</sub> /GWh
Photovoltaik (PV)	----- rd. 300 t CO <sub>2</sub> /GWh
Kern(KK)-, Wind(WiK)- und Wasserkraft (WaK)	----- rd. 50 t CO <sub>2</sub> /GWh

Warum die Stromerzeugung aus Photovoltaik in der Umweltbilanz nicht besonders glänzt, zeigt ein Blick auf die Menge von Eisen und Stahl, die für die Produktion von Solarzellen eingesetzt werden muss. Die Maßeinheit ist hier Tonnen Eisen pro erzeugter Gigawattstunde (t/GWh)

Der negative Effekt von Schadstoffemissionen auf die menschliche Gesundheit wird durch die



Maßeinheit „verlorene Lebensjahre“ ermittelt, die mit der Bereitstellung einer Gigawattstunde (GWh = 1 Milliarde Kilowattstunden) Strom durch verschiedene Stromerzeugungstechniken verbunden sind. Die Zahlen schließen die Risiken von Unfällen, auch von Kernkraftwerksunfällen mit ein. Das Ergebnis: Die gesundheitlichen Risiken der Nutzung von Stein- und Braunkohle sind vergleichsweise hoch. Sie schädigen gesundheitlich durch ihren Ausstoß von Schwefel und

Schwebeteilchen. Die mit der Nutzung der Photovoltaik verbundenen Risiken, resultierend aus allen für die Herstellung der Anlage notwendigen Aktivitäten, sind etwa halb so hoch, aber größer als die des Erdgases. Die Stromerzeugung durch Photovoltaik ist in ihrem Betrieb sehr

sauber, doch der Herstellungsprozess der Solarzellen ist energieaufwendig und schlägt bei

der Berechnung stark zu Buche. Kernenergie und die Windenergienutzung weisen die geringsten Risiken auf. Bei der Kernenergie tragen ionisierende Strahlung und in die Luft abgegebene Schwebeteilchen der vor- und nachgelagerten Produktionsprozesse zu etwa gleichen Teilen zur "verlorenen Lebenserwartung" der Stromerzeugung aus Kernkraft bei (siehe Grafik Seite 5).

Insgesamt zeigt sich, dass die Stromerzeugung mit Braunkohle- und Steinkohle-Kraftwerken – trotz des heute erreichten Standards bei der Rauchgasreinigung – die höhere Umweltschädigung aufweist im Vergleich zu den anderen Energiegewinnungsanlagen. (Die radioaktive Strahlung von Stein- und Braunkohle wird hier nicht berücksichtigt.) Durch technische Neuerungen (Steigerung des Nutzungsgrades bei der Gas- und Dampfturbinentechnik) lassen sich negative Umwelteinflüsse in Zukunft noch weiter senken. Die Photovoltaik schneidet heute noch durch hohen Material- und Energieaufwand in

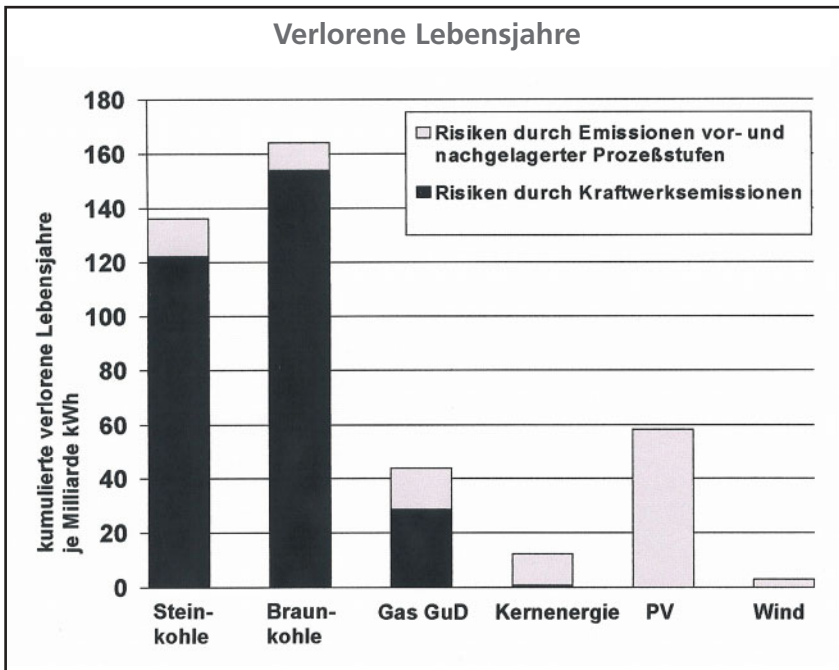
## LANGFASSUNG

ihrer Umwelt- und Gesundheitsbilanz deutlich schlechter ab als Windkraft, Wasserkraft und Kernenergie. Aber auch bei Solarzellen ist mit weiteren Verbesserungen bei deren Herstellung

nommen. Grundlage ist seine ENSAD-Datenbank schwerer Unfälle im Energiesektor (Energy Severe Accidents Database on the recorded accidents in the energy sector), wobei ein "schwerer Un-

zeigt einen Vergleich von Todesfällen, Verletzten und Evakuierten pro erzeugte Gigawattstunde pro Jahr. Es wurden ebenfalls sämtliche Glieder der Prozesskette von der Energiegewinnung bis zur Entsorgung berücksichtigt. Die Kernenergie fällt dabei durchaus nicht aus dem Rahmen. Die Todesfallraten sind am niedrigsten bei Erdgas und bei Kernenergie.

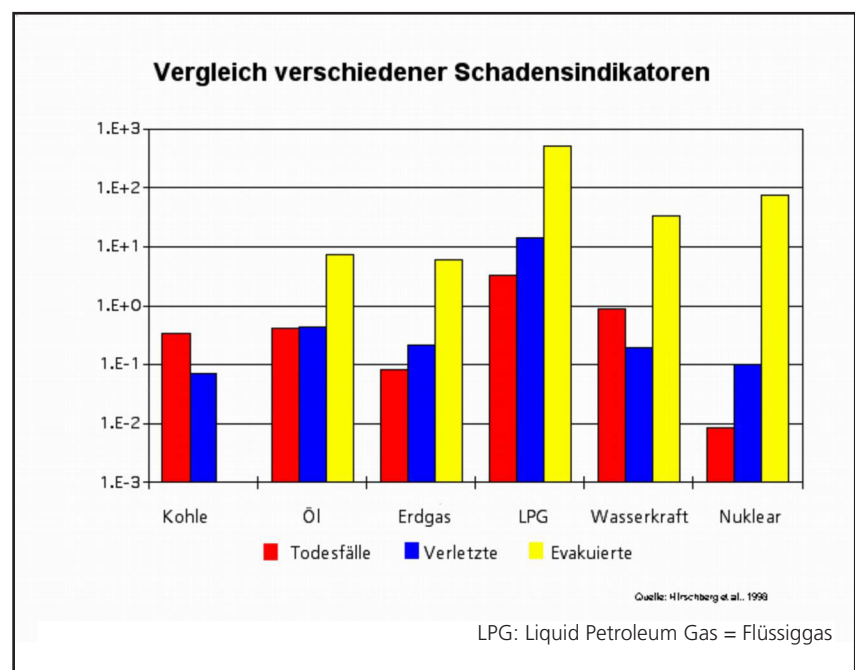
Betrachtet man abschließend noch die Zahl jener, die berufsbedingt einer erhöhten Strahlung ausgesetzt sind. Sind sie besonders gefährdet? Im Jahr 2000 wurden in Deutschland 328 532 Personen dosimetrisch überwacht - etwa 30 000 in Kernkraftwerken und 246 800 in der Medizin. 34 von ihnen bekamen auf Grund ihrer beruflichen Tätigkeit eine künstliche Zusatzdosis von mehr als 20 Millisievert (mSv) ab (eine Erhöhung der Leukämierate ist ab 2000 mSv Jahresdosis messbar; die durchschnittliche jährlich natürliche



zu rechnen. Die günstigsten Resultate liefern jedoch nach wie vor die Bilanzen für die Stromgewinnung aus Kernkraft, Windkraft und Wasserkraft.

fall" mindestens fünf Todesfälle und/oder zehn Verletzte und/oder 200 ausgesiedelte Personen bedeutet. Die Abbildung unten

In den bisherigen Beispielen ging es um Schäden, die Stromerzeugungssysteme rechnerisch in der Umwelt und beim Menschen verursachen. Es gibt aber auch die Möglichkeit, tatsächliche Schäden bei Unfällen mit Verletzungen und/oder Todesfällen zu berechnen. Das Paul-Scherrer-Institut in Villingen, ein Schweizer Grundlagenforschungsinstitut, hat Unfalldaten 1945 bis 1996 weltweit für fossile Energieträger, Kernkraft sowie Wasserkraft ausgewertet und eine Sicherheitsanalyse (Probabilistische Sicherheitsanalyse, PSA) für diese Stromerzeugungsarten vorge-



## LANGFASSUNG

Strahlenbelastung in der Bundesrepublik beträgt 2,4 mSv). Definiert man (was wissenschaftlich nicht ganz korrekt ist) die 20-mSv-Zusatzdosis als "Verletzung", so betrug 2000 das "Verletzungsrisiko" unter den dosimetrisch überwachten Mitarbeitern 1 zu 9662. Dazu der Vergleich mit dem Straßenverkehr: Bei 80 Millionen Verkehrsteilnehmern und 504 074 Verletzten im Jahr 2000 ergibt sich ein Verletzungsrisiko von 1 zu 160. Das bedeutet: Straßenverkehr birgt ein deutlich höheres Verletzungsrisiko als der Umgang mit radioaktiven Stoffen. Die 7500 Straßenverkehrstoten sind dabei noch nicht mitgerechnet.

Ein "Restrisiko Null" gibt es nirgendwo auf der Welt. Das Leben selbst ist ein Risiko. Wer ein Nullrisiko lediglich für die Kernenergie fordert, ist unredlich. Er betrügt sich auch selbst. Tausende kommen im Straßenverkehr um, Zehntausende verkürzen ihr Leben durch Alkohol und Tabak. Wenn es gilt, in unserer Gesellschaft Menschenleben zu schützen, so gäbe es wahrhaftig bessere Gelegenheiten als gerade die Abschaffung der Kernenergie.

### Fazit

Jede Energieform hat ihre besonderen Risiken. Fossile Energieträger weisen gegenüber der Kernenergie einige gravierende

Nachteile auf: Kohlendioxid gilt als Hauptverursacher eines globalen Temperaturanstiegs. Die Luftverschmutzung ist in den Industriestaaten zwar stark zurückgegangen, aber keineswegs bei Null. Immer wieder ereignen sich große Öltanker- oder Grubenunfälle. Die Vorräte fossiler Energieträger sind begrenzt, während radioaktives Material noch für Jahrtausende zur Verfügung steht.

Kernenergie ist unter dem Gesichtspunkt der Umwelt- und Gesundheitsgefährdung der Stromgewinnung aus Gas in etwa ebenbürtig oder leicht überlegen und nur unbedeutend Wind- und Wasserkraftwerken unterlegen. ■