

Kann Kernenergie mit Sonnenenergie konkurrieren ?

von Joachim Grawe und Eike Roth

e-mail Joachim.Grawe@energie-fakten.de und Eike.Roth@energie-fakten.de

Hier die Fakten - vereinfachte Kurzfassung

Manchmal werden die „Energie-Fakten“ mit dem Vorwurf konfrontiert, die Kernenergie zu gut und die Sonnenenergie zu schlecht zu bewerten. Wir glauben nicht, dass das stimmt. Wir versuchen vielmehr, unsere Bewertung nach bestem Wissen und Gewissen nur an Fakten auszurichten. Und die sind nun einmal für die beiden Energieformen zum Teil stark unterschiedlich. Aber wir nehmen die Fragen unserer Leser ernst. Einer hat uns jetzt rundheraus gefragt, ob wir denn wirklich meinen, dass Kernenergie überhaupt mit Sonnenenergie konkurrieren könne. Auch wenn der Begriff „Konkurrieren“ unscharf ist, wollen wir in diesem Beitrag eine Antwort versuchen.

Vorab wollen wir aber gleich betonen, dass wir zwar gerne die Fragen unserer Leser beantworten, ein Gegeneinander von Kernenergie und Sonnenenergie in der Sache aber für falsch und unberechtigt halten. Viele Menschen auf der Erde sind zu arm, und der Energiebedarf der Menschheit insgesamt ist zu groß, als dass angesichts knap-

per werdender Vorräte an fossilen Energieträgern und der Notwendigkeit zu CO₂-Einsparungen ein Platz für ein künstliches „Entweder/Oder“ zwischen Kernenergie und Sonnenenergie wäre. Wir brauchen einfach beide, wenn wir unsere Probleme auch nur annähernd lösen wollen, jede Energieform dort, wo sie den meisten Nutzen bringt.

Als zweite Vorab-Bemerkung wollen wir noch darauf hinweisen, dass Sonnenenergie genau genommen selbst eine Form von Kernenergie ist. Im Folgenden verstehen wir unter „Sonnenenergie“ einfach die der Erde von der Sonne zugestrahlte Energie (die in sehr verschiedenen Formen genutzt werden kann) und unter „Kernenergie“ die auf der Erde in Kernkraftwerken bereitgestellte bzw. bereitstellbare Energie. Und zur „Konkurrenzfähigkeit“ sei noch angemerkt, dass eine Antwort hierauf auch davon abhängig ist, in welcher Hinsicht denn die Konkurrenzfrage gemeint ist.

Rein mengenmäßig überwiegt die von der Sonne auf die Erde eingestrahlte Energie bei wei-

tem. Sie ist mehr als 10.000 Mal größer als der gesamte menschliche Energiebedarf und von diesem wird wohl stets höchstens ein Teil durch Kernenergie gedeckt werden. In der physikalischen Gesamtmenge kann die Kernenergie mit der Sonnenenergie daher nicht konkurrieren.

Die physikalische Gesamtmenge sagt aber noch nichts über die praktisch nutzbare Menge aus. Hierfür ist z. B. die Konzentration der Energie ganz wesentlich, und die ist bei der Kernenergie unvergleichlich höher. Da kann die Sonnenenergie nicht mit der Kernenergie konkurrieren. Um die gleiche nutzbare Energiemenge zur Verfügung zu stellen, benötigt man mit Sonnenenergie sehr viel größere Flächen. Und die geringere Konzentration bewirkt grundsätzlich einen höheren Materialbedarf. Der wiederum hat zwangsweise Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit und die Energiebilanz und damit auf die real nutzbare Energiemenge.

Die wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit ist stark abhängig von der Form der Nutzung.

Nimmt man z. B. die Produktion von elektrischem Strom aus Sonnenenergie, so ist die Kernenergie im Allgemeinen deutlich überlegen (billiger), z. B. bei der direkten Umwandlung von Solarstrahlung mittels Fotovoltaik um mehr als eine Größenordnung, und sie wird es auf absehbare Zeit auch bleiben. Windstrom ist zwar viel billiger als Fotovoltaikstrom, aber trotzdem deutlich teurer als Kernenergiestrom. Der Wert von Wind- und Solarstrom ist zusätzlich noch durch seine unstete Verfügbarkeit beeinträchtigt. Nimmt man demgegenüber z. B. die Bereitstellung von Nieder-

temperaturwärme (z. B. zur Brauchwassererwärmung), so ist häufig die Sonnenenergie (mittels Solarkollektoren oder mittels Wärmepumpen) günstiger als die Kernenergie (zumindest sofern man nicht auch in Zeiten ohne Sonnenschein Energiebedarf hat, oder sofern man diese Zeiten durch günstige Energiespeichermöglichkeiten überbrücken kann). Alle Formen der Sonnenenergienutzung müssen unter den jeweils spezifischen Randbedingungen gesondert betrachtet werden. Eine allgemeingültige Konkurrenzaussage ist grundsätzlich nicht möglich.

Ein Vergleich anhand der Energiebilanzen (über komplette Lebenszyklusanalysen berechnet) führt im Allgemeinen zu relativ ähnlichen Ergebnissen wie der Wirtschaftlichkeitsvergleich, auch wenn im Einzelfall kleinere Abweichungen vorkommen.

In der Langfassung wird versucht, diese Grobaussagen etwas näher zu quantifizieren und an einigen Beispielen besser transparent zu machen. Nicht eingegangen wird in diesem Beitrag auf [Risikofragen](#) und auf die [Entsorgung](#). Hierzu sei auf spezielle Beiträge in den Energie-Fakten verwiesen.

Kann Kernenergie mit Sonnenenergie konkurrieren ?

von Joachim Grawe und Eike Roth

e-mail Joachim.Grawe@energie-fakten.de und Eike.Roth@energie-fakten.de

Hier die Fakten - Langfassung

Energiemenge

Für die Energieversorgung spielt die Leistungsdichte einer Energiequelle eine große Rolle.

Die Leistungsdichte der Sonnenstrahlung beim Auftreffen auf die äußere Atmosphäre wird als „Solarkonstante“ bezeichnet. Sie beträgt $1,367 \text{ kW/m}^2$ (bezogen auf die Kreisscheibe der Erde, die einseitig von der Sonne bestrahlt wird, nicht auf die Kugeloberfläche). Rund ein Viertel davon wird allerdings gleich reflektiert, und etwa ein weiteres Viertel wird in der Atmosphäre absorbiert. Bis zur Erdoberfläche kommt also nur etwa die Hälfte des genannten Wertes durch, das sind etwa $0,7 \text{ kW/m}^2$ (bezogen auf die Kreisscheibe, bezogen auf die Kugeloberfläche nur ein Viertel). Bei einem Erdradius von etwa 6.300 km beträgt die Fläche der Erdscheibe rund $120 \cdot 10^{12} \text{ m}^2$, die gesamte Sonnenstrahlung auf die Erdoberfläche beträgt daher etwa $84 \cdot 10^{12} \text{ kW}$. Multipliziert man das mit 8.760 Stunden im Jahr, so erhält man für die insgesamt auf die Erdoberfläche eingestrahlte Sonnenenergie

ca. $750 \cdot 10^{15} \text{ kWh}$ pro Jahr.

Demgegenüber steht ein jährlicher Energieverbrauch der Menschen von etwa $10 \text{ Mrd. t Öleinheiten}$ pro Jahr, das sind etwa $50 \cdot 10^{12} \text{ kWh}$. Die Sonneneinstrahlung ist also etwa 15.000 Mal so groß wie unser gesamter Energieverbrauch.

Die entsprechenden Zahlen für die Kernenergie lauten: Ein großes Kernkraftwerk (KKW) hat eine thermische Leistung von über $4.000 \text{ Megawatt (MW)}$ – 4 Millionen kW). Um die Leistung der Sonneneinstrahlung auf die Erde zu erreichen, wären daher etwa 20 Millionen KKW notwendig. Im Jahr erzeugt ein großes KKW mit einer elektrischen Leistung (Kapazität) von 1.300 MW über $10 \text{ Milliarden Kilowattstunden (kWh)}$ Strom. Mit Strom kann man prinzipiell alle Energiebedarfe decken. Der Energieverbrauch der Menschheit ließe sich also rein theoretisch mit grob gerechnet 5.000 KKW vollständig decken. Tatsächlich erzeugen heute 437 KKW weltweit etwa $2.750 \text{ Milliarden kWh}$ Strom pro Jahr. Das

sind etwa 6 Prozent des Weltenergieverbrauches. Bis Ende 2005 wurden insgesamt 54.125 Mrd. kWh Kernenergiestrom erzeugt, was etwa einem Jahresweltenergieverbrauch entspricht. Hinsichtlich der Reichweite des Urans siehe den Abschnitt „Energiebilanz“. Mit den 54.000 Mrd. kWh haben die KKW der Erde rd. $54.000 \text{ Millionen Tonnen Kohlendioxid}$ erspart. Das ist etwa der 70fache Jahresausstoß Deutschlands.

Konzentration und schwankende Verfügbarkeit

Die auf die Erde eingestrahlte Sonnenenergie ist – wie gesehen – zwar insgesamt sehr groß, verteilt sich aber über eine sehr große Fläche. Pro Flächeneinheit ist die Solareinstrahlung dadurch sehr klein. Um sie trotzdem zu nutzen, muss sie auf entsprechend großen Flächen „eingesammelt“ und aufkonzentriert werden. Das erfordert viel Arbeit und/oder große Apparate.

Bei manchen Formen der Sonnenenergie liefert uns allerdings die Natur gleich einen Prozess

LANGFASSUNG

mit, der die Energie mehr oder weniger stark vorkonzentriert. Dann ist sie auch wesentlich günstiger zu nutzen. Freilich um den Preis, dass diese Nutzung nur an den Orten möglich ist, wo diese Vorkonzentration auch gegeben ist. Das Paradebeispiel hierfür ist die Wasserkraft: Die Sonnenenergie verdunstet Wasser auf sehr großen Flächen, dieses regnet auf ebenfalls großen Flächen ab und sammelt sich in Bächen und Flüssen. Dort, wo auch noch die Geländeform geeignet ist, können wir diese Form der Sonnenenergie günstig nutzen. Aber auch da ist zur effektiven Nutzung meist ein großer Flächenbedarf gegeben, weil Wirtschaftlichkeit vielfach nur mit entsprechenden Stauseen erreicht werden kann.

Sofern auf keinen natürlich ablaufenden Vorkonzentrationsprozess zurückgegriffen werden kann, müssen wir die gesamte Aufkonzentration bzw. Einsammlung der Sonnenenergie selbst betreiben (und bezahlen!). Allerdings sind wir dann hinsichtlich des Ortes der Nutzung auch nicht eingeschränkt. Dies gilt z. B. für fotovoltaische Anlagen.

Andere Formen der Sonnenenergie bewegen sich zwischen diesen beiden Extremen Wasserkraft und Fotovoltaik. Eine Besonderheit nimmt insofern die Biomasse ein, als sie einerseits infolge des sehr niedrigen Wirkungsgrades der Fotosynthese besonders große Flächen braucht, andererseits aber in der fertigen Biomasse die Energie bereits relativ dicht gepackt ist und auch in einer speicherfähigen Form vorliegt. Biomasse

kann daher die Schwankungen des Sonnenenergiedargebotes - neben der geringen Konzentration der zweite gravierende Nachteil der Sonnenenergie - weitgehend ausgleichen.

Der konkrete Flächenbedarf jeder Energienutzung hängt stark von den jeweiligen spezifischen Randbedingungen ab und selbstverständlich auch davon, was man alles dazu zählt (zum Beispiel auch die prinzipiell landwirtschaftlich nutzbaren Flächen zwischen zwei Reihen von Windrädern oder nicht). Ganz grob kann man etwa folgenden Flächenbedarf für Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 1.000 MW angeben:

- Biomasse 5.000 km²,
- Wind- und Fotovoltaikanlagen je etwa 100 km²,
- fossil befeuerte Kraftwerke und Kernkraftwerke je etwa 0,3 km².

Bezieht man den Flächenbedarf nicht auf die gleiche Leistung, sondern auf die gleiche Stromerzeugungsmenge pro Jahr, ändern sich die Zahlen entsprechend der jährlich erzielbaren äquivalenten Volllaststunden nochmals gravierend: Um z. B. 8 Millionen MWh pro Jahr zu erzeugen (das, was etwa Braunkohlen- und Kernkraftwerke mit einer Leistung von 1.000 MW können), benötigt man ganz grob etwa folgende Flächen:

- Bei Biomasse 5.000 km²,
- bei Windrädern 400 km²,
- bei Fotovoltaikanlagen 1.000 km² und
- bei fossil befeuerten und Kernkraftwerken unverändert 0,3 km².

Beim Flächenverbrauch ist Kern-

energie jeder Form der Sonnenenergie somit deutlich überlegen.

Wirtschaftlichkeit

„Die Sonne stellt uns keine Rechnung“. So lautet ein Werbespruch. Er stimmt. Aber zahlen müssen wir doch, wenn auch „nur“ für die Apparate, die wir für die Nutzung der Sonnenenergie benötigen. Sind diese Apparate, bezogen auf die Energiemenge, die mit ihnen erzeugt werden kann, groß (was vor allem zutrifft, wenn kein natürlicher Vorkonzentrationsprozess vorhanden ist), müssen wir hierfür sogar viel bezahlen.

„Keine Rechnung stellen“ aber auch die fossilen Energieträger Kohle, Öl und Gas sowie das für Kernkraftwerke benötigte Uran. Auch diese sind einfach da, und für ihr Dasein stellt niemand eine Rechnung. Zahlen müssen wir nur für ihre Nutzbarmachung, also für ihre Gewinnung, Aufarbeitung und Transport. Und dann müssen wir natürlich auch noch für die Apparate zahlen, mit denen wir die nutzbar gemachten Energieträger einsetzen (also für die Kraftwerke selbst) und selbstverständlich auch (so wie überall, Solarenergie eingeschlossen) für den Rückbau (Abriss) dieser Apparate und für die Entsorgung der Abfälle.

Ist bei der Sonnenenergie grundsätzlich das Aufkonzentrieren (Einsammeln) der kostenbestimmende Faktor, so ist das bei fossilen Kraftwerken die Brennstoffbeschaffung (Gewinnung und Transport von Kohle, Öl und Gas). Bei Kernenergie sind Gewinnung, Aufarbeitung

LANGFASSUNG

und Transport von Uran infolge dessen hoher Energiedichte vergleichsweise sehr billig (wenige Prozent der gesamten Stromgestehungskosten) und seine Weiterverarbeitung zu Kernbrennelementen ist relativ billig (ca. 10 bis 15 Prozent der gesamten Stromgestehungskosten, etwa gleich hoch sind auch die Kosten für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle). Den Löwenanteil der gesamten Kosten machen die Kraftwerksanlagen aus. Bei allen Kostenkomponenten kommt der Kernenergie ihre hohe Energiedichte zugute. Wirtschaftlich gesehen ist Kernenergie heute etwa gleich teuer wie fossile Energie unter günstigen Randbedingungen. Gegenüber den meisten Formen der Sonnenenergie ist sie billiger bis viel billiger (die Gewinnung des hochkonzentrierten Energieträgers Uran kostet einfach weniger Geld als die Aufkonzentrierung der wenig dichten Sonnenenergie).

Verstärkt wird diese Kostenrelation noch durch die schwankende und nicht präzise voraus-sagbare Verfügbarkeit fast aller Formen der Sonnenenergie. Insbesondere beim Strom, der immer genau in der Menge erzeugt werden muss, wie er gerade gebraucht wird, können die meisten Formen der Sonnenenergie weitgehend nur den Brennstoffverbrauch anderer Kraftwerke reduzieren, diese Kraftwerke selbst aber nur zu einem sehr geringen Teil entbehrlich machen. Wenn die Sonne nicht scheint (oder der Wind nicht bläst) müssen diese Kraftwerke ja alleine die gesamte geforderte Leistung erbringen.

Daraus leiten sich zwei entscheidende Schlussfolgerungen ab: Erstens muss Sonnenenergie im Wesentlichen mit den Brennstoffkosten der Kernenergie konkurrieren und nicht mit deren gesamten Stromgestehungskosten, und zweitens kann Sonnenenergie die Kernenergie gar nicht ersetzen, sondern nur ergänzen. Das immer wieder geforderte „Entweder/Oder“ scheitert bei realistischer Betrachtung schon an den physikalischen Gegebenheiten.

Versucht man in die Zukunft zu blicken, kann man bei den konventionellen Energien eine deutliche Verteuerung der Brennstoffe infolge zunehmender Verknappung erwarten. Bei der Kernenergie wird diese infolge der sehr viel größeren Uranvorräte viel kleiner ausfallen und infolge des geringen Anteils der Urankosten an den Gesamtkosten sich nochmals geringer auswirken. Die Kosten für die Kraftwerke selbst dürften infolge technischen Fortschrittes eher noch abnehmen. Bei den meisten Formen der Sonnenenergie werden die Kosten für ihre Aufkonzentrierung (große Apparate!) einerseits infolge technischen Fortschrittes und infolge Massenfertigung deutlich sinken, andererseits aber infolge Rohstoffverteuerung bei den großen benötigten Mengen merklich steigen. Was überwiegt, ist schwer vorauszusagen (solange nicht eine wesentliche Steigerung des Wirkungsgrades und Reduzierung des Materialverbrauches gelingt). Wirtschaftlich werden die meisten Formen der Sonnen-

energie auch in der überschaubaren Zukunft nicht mit der Kernenergie konkurrieren können.

Energiebilanz

Die Energiebilanz (gewonnene Energie im Verhältnis zur hineingesteckten Energie) über den gesamten Lebenszyklus eines Kraftwerkes wird im Wesentlichen vom Energieaufwand für die Anlagenerrichtung und für die Brennstoffgewinnung einerseits sowie von den jährlich erzeugten Kilowattstunden und der Lebensdauer des Kraftwerkes andererseits bestimmt. Der Energieaufwand wiederum wird in aller erster Näherung durch die Kosten bestimmt. Je höher die Anlagenkosten (und je teurer der Brennstoff), desto mehr Energie muss aufgewendet werden, damit überhaupt Strom produziert werden kann. Die jährlich erzeugte Strommenge hängt – bei gleicher Leistung – vor allem von den jährlich möglichen Volllaststunden ab. In Deutschland sind das bei Fotovoltaik etwa 800, bei Wind etwa 2.000 und bei Kernkraftwerken und Braunkohlekraftwerken etwa 8.000 Stunden pro Jahr, bei Gas- und Steinkohlekraftwerken etwas weniger.

Berücksichtigt man in einem ersten Schritt den Brennstoffverbrauch nicht, ist die Energiebilanz von Windkraftwerken etwa gleich gut und die von Kernkraftwerken etwa doppelt so gut wie die von fossil befeuerten Kraftwerken. Demgegenüber ist diejenige von Fotovoltaikkraftwerken etwa um den Faktor 10 schlechter (wegen der relativ großen Apparate!).

LANGFASSUNG

Auch wenn wir Kohle, Öl und Gas ohne unser Zutun auf der Erde vorfinden, ist ihre Menge doch begrenzt. Ihr Verbrauch muss daher in Rechnung gestellt werden. Umgekehrt wird die Sonnenenergie laufend nachgeliefert, ihr „Verbrauch“ spielt daher in dem Sinne keine Rolle. Bei vollständiger Betrachtung ergibt sich daher ein eklatanter energiebilanzieller Vorteil eines Sonnenkraftwerkes gegenüber einem konventionellen Kraftwerk. Schwieriger ist der Vergleich allerdings mit Kernkraftwerken. Die Energievorräte im Uran (und in dem ebenfalls als Kernbrennstoff geeigneten Thorium) sind zwar auch endlich, aber sie sind unvergleichlich größer als die Vorräte von Kohle, Öl und Gas. Zumindest wenn wir auch den Schnellen Brüter einsetzen – und warum sollten wir es nicht, wenn er bei weiter steigenden Energiepreisen wirtschaftlich ist und die erforderliche Sicherheit gewährleistet wird – reichen die Kernbrennstoffvorräte für viele Jahrtausende, und mit Kernfusion reichen sie noch viel länger. Für die praktische Anwendung besteht kein wesentlicher Unterschied zur Sonnenenergie, beide sind im Prinzip (gemessen an unserem Energiebedarf) unerschöpflich. Eine Konkurrenzaussage zwischen Kernenergie und Sonnenenergie hinsichtlich der Energiebilanz ist daher eine reine Willküraussage.

Allerdings gilt dies nur für die Gegenüberstellung von Einzelkraftwerken. Betrachtet man den dynamischen Ausbau von Kraftwerkssystemen zur möglichst baldigen Übernahme eines

möglichst großen Versorgungsanteils, so macht sich bei vielen Formen der Sonnenenergienutzung – ganz besonders z. B. bei der Fotovoltaik – der hohe Energieaufwand für die Kraftwerksherstellung (relativ große Apparate infolge geringer Konzentration) stark bemerkbar. Erfolgt der Ausbau zu rasch, muss für den Bau der neuen Kraftwerke mehr Energie aufgewendet werden, als die schon fertig gestellten Kraftwerke erzeugen können. Solange der rasche Ausbau anhält, ist das ganze System ein zusätzlicher Energieverbraucher und keine Energiequelle. Das ist kein theoretischer Fall, sondern bei der Fotovoltaik in Deutschland seit Jahren Realität. Ihr rascher Ausbau verbraucht laufend mehr Energie, als sie aus den Sonnenstrahlen erzeugen kann. Wenig konzentrierte Energiesysteme können sinnvoll nur relativ langsam ausgebaut werden. Diesbezüglich können sie mit Kernenergie nicht konkurrieren (bei der es theoretisch natürlich auch eine Grenze für einen energetisch sinnvollen Ausbau gibt, doch ist diese infolge der hohen Energiekonzentration der Kernenergie weit jenseits jedes realistischen Ausbauszenariums). Ihr großes Potential kann die Sonnenenergie höchstens langfristig entwickeln.

CO₂-Reduktion

Untersucht man die Eignung von Sonnenenergie und von Kernenergie zur Reduktion unserer CO₂-Freisetzungen, muss man zwei Aspekte berücksichtigen: Um wie viel wird die CO₂-Freisetzung pro erzeugter Kilowatt-

stunde reduziert, und welcher Beitrag zur CO₂-Reduktion kann insgesamt in welcher Zeit geleistet werden? Der zweite Aspekt ist wichtig, denn wenn das Klimaproblem wirklich ernst ist, muss auch schnell gehandelt werden. Das hat gerade wieder das International Panel on Climatic Change (IPCC) hervorgehoben.

Da Sonnenenergie und Kernenergie im Betrieb kein CO₂ freisetzen, verhält sich die mit ihnen erreichbare CO₂-Reduktion pro erzeugter Kilowattstunde zunächst so, wie sich ihre Energiebilanzen (ohne den Energieinhalt des Urans) verhalten (unterstellt wird dabei, dass die jeweiligen Hilfsenergieverbräuche – nur diese führen zu CO₂-Freisetzungen – aus dem gleichen Energiemix bereitgestellt werden). Die CO₂-Reduktion von Kernkraftwerken ist geringfügig besser als die von Windkraftwerken und etwa 20 Mal so gut wie die von Fotovoltaikkraftwerken (jeweils auf das Einzelkraftwerk bezogen, also ohne den oben beschriebenen dynamischen Effekt bei zu raschem Ausbau). Allerdings kommt bei den un stet verfügbaren Energieformen Wind und Fotovoltaik noch hinzu, dass zur Aufrechterhaltung der Netzstabilität ständig konventionelle Kraftwerke in Teillast (sog. „drehende Reserve“) mitlaufen müssen und dass diese bei Teillast einen schlechteren Wirkungsgrad haben, also pro erzeugter kWh Strom mehr CO₂ freisetzen als bei Vollast. Diese zusätzliche CO₂-Freisetzung muss den Wind- und Sonnenkraftwerken zugerechnet werden. Konkrete Zahlen hierfür sind schwer zu

ermitteln, doch dürften in Deutschland heute bis zu 10 Prozent der zunächst durch Wind und Sonne pro erzeugter kWh Strom erzielten CO₂-Einsparung hierdurch wieder verloren gehen. Mit zunehmender installierter Leistung von Wind und Sonne wird dieser Beitrag wachsen.

Bei der insgesamt bis zu einem bestimmten Zeitpunkt erzielbaren CO₂-Reduktion ist zusätzlich zur CO₂-Reduktion pro erzeugter kWh vor allem wichtig, welche Zubaurate technisch/wirtschaftlich realisierbar ist. Da eine Energieform aus technisch/wirtschaftlichen Gründen umso schneller ausgebaut werden kann, je niedriger ihre spezifischen (leistungsbezogenen) Installationskosten sind und je konzentrierter sie ist, ist Kernenergie diesbezüglich eindeutig der Sonnenenergie überlegen. Auf das Problem einer negativen

Energiebilanz und damit auch einer negativen CO₂-Reduktion bei zu raschem Zubau bei manchen Formen der Sonnenenergie sei nochmals hingewiesen. Genau wie bei der Energiebilanz kann die Sonnenenergie auch hinsichtlich der CO₂-Einsparungen ihr großes Potential höchstens langfristig entfalten. Wenn wir rasch etwas gegen drohende Klimagefahren tun müssen, kann Kernenergie zweifelsfrei einen sehr viel größeren Beitrag leisten.

Zusammenfassung

Sonnenenergie und Kernenergie sind beide CO₂-frei und beide erweitern unsere Rohstoffbasis ganz wesentlich. Im Übrigen unterscheiden sie sich aber erheblich: Kernenergie ist planbar einsetzbar, sehr konzentriert, rasch ausbaubar und auch im großen Maßstab wirtschaftlich. Sonnenenergie ist vom Wetter abhängig,

muss zu ihrer Nutzung auf großen Flächen eingesammelt werden, kann aus Energiebilanzgründen und aus Kostengründen nur relativ langsam ausgebaut werden und ist im Allgemeinen nur in Nischenanwendungen wirtschaftlich. Je weiter sie über diese Nischen hinaus eingesetzt wird, umso teurer wird ihr Einsatz. Rein mengenmäßig ist sie allerdings fast unerschöpflich und langfristig hat sie deswegen auch ein sehr großes Potential. Die Unterschiede zwischen den beiden Energieformen verbieten eine Konkurrenzsituation im Sinne eines „Entweder/Oder“. Kernenergie und Sonnenenergie ergänzen sich vielmehr gegenseitig. Jede hat ihre Existenzberechtigung in bestimmten Fällen und zur Lösung unserer Probleme sind beide unverzichtbar. ■