

Welchen Beitrag können die regenerativen Energien leisten ?

von Eike Roth (email: Eike.Roth@energie-fakten.de)

Hier die Fakten (vereinfachte Kurzfassung)

Antwort: Einen großen, für Klimaschutzzwecke aber trotzdem zu wenig!

Regenerative Energien sind alle jene Energien, die sich von selbst erneuern, also praktisch unerschöpflich sind, solange sie nicht stärker genutzt werden, als es ihrer Erneuerungsrate entspricht. In der Praxis gelten wesentlich engere Grenzen. Diese können zwar verschoben werden, jedoch nur relativ langsam. Der mögliche Beitrag hängt also nicht nur vom Bedarf und vom Preis ab, den wir für die Regenerativen zu bezahlen bereit sind, sondern auch vom Zeitraum, für den die Frage beantwortet werden soll.

Energieformen: Regenerative Energien sind grundsätzlich alle Formen der Sonnenenergie (Photovoltaik, Wind, Wasser, Biomasse etc.), Gezeitenenergie und Erdwärme. Nicht regenerativ sind Kohle, Öl, Gas (die „fossilen Energien“) und Kernenergie, obwohl letztere (Spaltung, Fusion) für unsere Bedürfnisse ebenfalls praktisch unerschöpflich ist.

Energieverbrauch: Heute leben ca. 6 Milliarden Menschen auf der Erde. Sie verbrauchen jährlich etwa 12 Mrd. Tonnen Steinkohleneinheiten (t SKE) an (kommerzieller) Energie. Hinzu kommen noch etwa 2 Mrd. t SKE pro Jahr an sogenannter „nicht kommerzieller Energie“, im wesentlichen Feuerholz und Viehdung. Aufgrund des starken Bevölkerungswachstums und zum Abbau von Hunger und Elend in weiten Teilen der Erde ist auf jeden Fall – trotz aller Sparanstrengungen – noch mit einer starken Zunahme des Weltenergieverbrauches zu rechnen. Eine Verdoppelung innerhalb der nächsten etwa 50 Jahre scheint unausweichlich zu sein, wenn die Welt

in einen gerechteren Zustand (möglichst gleiche Chancen für alle Menschen) überführt werden soll.

Deckung des Energiebedarfes: Der kommerzielle Weltenergieverbrauch wird zu etwa 88 % von den fossilen Energieträgern Kohle, Öl und Gas und zu je etwa 6 % von der regenerativen Wasserkraft und von der Kernenergie gedeckt. Andere Energieformen sind derzeit statistisch noch unbedeutend. Die „nicht kommerzielle Energie“ entspricht nur im Prinzip regenerativen Energieformen, tatsächlich wird sie weit über der Regenerationsrate verbraucht. Hier findet – armutsbedingt – eine wesentliche Übernutzung der Natur statt. Verstärkt wird diese noch durch die – ebenfalls z. T. armutsbedingte – Brandrodung von Wäldern, insbesondere der tropischen Regenwälder.

Prognose: Eine Prognose über den zukünftigen Anteil der regenerativen Energien ist schwierig (siehe Langfassung). Haupthindernisse für die Nutzung der Sonnenenergie sind ihre Unbeständigkeit (Tag/Nacht, Wetter, Jahreszeiten, Klimazonen) und ihre geringe Konzentration. Die Unbeständigkeit erfordert für eine verstärkte Nutzung Speicher, die es in geeigneter Form noch nicht gibt und die auf jeden Fall Geld kosten und den Gesamtwirkungsgrad deutlich verschlechtern. Die geringe Konzentration erfordert einen Sammelprozess. Wird dieser uns kostenlos von der Natur geliefert, ist Sonnenenergie prinzipiell effektiv und wirtschaftlich nutzbar. Paradebeispiel hierfür ist die Wasserkraft: Die Sonne

verdunstet Wasser auf einer großen Fläche, es regnet in einer ganzen Region, das Wasser fließt in Bächen und Flüssen zusammen, und wo auch noch eine geeignete Geländeform vorhanden ist, ist Wasserkraft „möglich“. Das Gegenteil dazu ist die Photovoltaik: Bei dieser muss der komplette Sammelprozess vom Menschen geleistet (und bezahlt!) werden, dafür ist sie aber - jedenfalls prinzipiell - überall nutzbar. Der Sammelprozess wird immer teuer sein

und er bewirkt ein relativ schlechtes Verhältnis von aufzuwendender zu gewinnbarer Energie. Windenergie und die meisten anderen Formen der Sonnenenergie liegen zwischen diesen beiden Extremen. Generell gilt: Je mehr Vorkonzentration die Natur uns liefert, desto wirtschaftlicher und effektiver können wir die Sonnenenergie nutzen, aber umso seltener sind die Möglichkeiten hierzu gegeben.

Hier die Fakten (fachspezifische Langfassung):

4 Energieformen

Alle Energien lassen sich auf vier Grundformen zurückführen:

- die Gravitation zwischen Erde, Sonne und Mond, die die Gezeiten hervorruft
- die Wärme aus dem Erdinneren, die zum größten Teil aus dem laufenden Zerfall radioaktiver Atome stammt
- die Kernenergie in Form von Spaltung und Fusion
- die Sonnenenergie, die wieder in zwei Gruppen zerfällt:
 - im Laufe von vielen Millionen Jahren gespeicherte Energien: Kohle, Öl, Gas
 - sich laufend aus dem Energiestrom der Sonne zur Erde erneuernde Energien: Photovoltaik, Wasser, Wind, Biomasse, Wellen, Umgebungswärme, etc.

Die Entwicklung des Energiebedarfs

Zur Höhe und Zusammensetzung des heutigen Energieverbrauchs siehe die Kurzfassung. Gesteht man allen Menschen einen ungefähr gleichen und angemessenen Lebensstandard zu, muss man eine wesentliche Unterdeckung des Bedarfes feststellen (auch wenn der Mangel an bezahlbarer Energie natürlich nicht die einzige Ursache für Hunger und Elend auf der Welt ist). Verschärft wird die Situation durch

die stark wachsende Zahl der Menschen: Pro Jahr kommen fast 100 Millionen dazu! Und mehr Menschen brauchen auch mehr Energie. Gelingt es uns nicht, gleichzeitig dem Bevölkerungswachstum zu entsprechen und die Unterdeckung abzubauen, kann das die friedliche Entwicklung der Welt gefährden. Berücksichtigt man ferner einen wachsenden Energiebedarf für Umweltschutzmaßnahmen (Stichwort Recycling) und zur Trinkwasserversorgung (z. B. durch Meerwasserentsalzung), kann auch ein massives Sparen den Anstieg des Bedarfes nur bremsen und keinesfalls aufhalten. Eine Verdoppelung des Weltenergieverbrauches innerhalb von etwa 50 Jahren muss wohl unterstellt werden. Erst wenn sich die Bevölkerung stabilisiert, können weitere Sparanstrengungen eine Stabilisierung des Energieverbrauches (auf hohem Niveau) erreichen.

Mögliche Beiträge durch fossile Energieträger

Unkonventionelle Vorkommen wie z. B. Ölschiefer mit berücksichtigt, reichen die fossilen Energieträger auch bei weiter steigendem Verbrauch theoretisch noch für einige Jahrhunderte (wenn auch sicherlich nur zu deutlich höheren Preisen). Es ist nicht die Vorratsituation, die ihren Einsatz begrenzt, sondern

vor allem die nicht gelöste Entsorgung des unvermeidbaren Endproduktes der Verbrennung, des Kohlendioxids (CO₂). Dieses steht bekanntlich im Verdacht, globale Klimaänderungen zu verursachen. Um diese zu vermeiden, fordern Experten eine Reduzierung des weltweiten Verbrauches fossiler Energieträger auf etwa ein Drittel des heutigen Niveaus innerhalb von rund 50 bis 100 Jahren.

Mögliche Beiträge der Kernenergie

Bei der Kernenergie sind keine objektiven Grenzen für ihren Ausbau erkennbar. Wir Menschen entscheiden nach unserem Ermessen, in welchem Ausmaß wir sie nutzen. Die viel diskutierten Probleme wie [Sicherheit](#) und [Entsorgung](#) sind heute prinzipiell gelöst oder doch lösbar.

Mögliche Beiträge regenerativer Energien

Gezeitenenergie und Erdwärme: Diese werden auch zukünftig nur an besonders geeigneten Stellen (Steilküsten mit großem Tidenhub, bzw. Vulkanismuszonen mit relativ hohen Temperaturen in weniger als 1000 m Tiefe) lokale Beiträge übernehmen können und für die Weltenergieversorgung insgesamt keine größere Bedeutung erlangen.

Photovoltaik: Diese ist eine faszinierende Technik, weil sie ohne den Umweg über Wärme und ohne bewegte Teile Strahlungsenergie der Sonne direkt in elektrischen Strom umwandelt. Aber erstens scheint die Sonne nicht immer dann, wenn wir Menschen gerade Energie brauchen, und zweitens ist die Sonnenenergie zwar insgesamt groß, aber nur sehr wenig konzentriert. Diese Energie über entsprechende Flächen zu sammeln, bedarf relativ großer Apparate. Die Sonne gibt es umsonst, die Apparate aber nicht. Die Stromgestehungskosten der Photovoltaik betragen

derzeit selbst bei optimistischster Rechnung etwa 1,50 DM/kWh (in Deutschland, in sonnenreichen Ländern etwa halb so viel) und damit etwa das 30fache fossiler oder nuklearer Energien (da wegen der Unbeständigkeit der Sonne nur Brennstoffkosten und keine Kraftwerkskapazitäten gespart werden, ist Solarstrom hierzulande höchstens mit 5 Pf/kWh zu bewerten)! Rund die Hälfte der Kosten von Photovoltaikstrom entfällt auf die eigentlichen Solarzellen. Hier ist durch Fortschritte der Technik noch mit deutlichen Kostenreduktionen zu rechnen. Die andere Hälfte der Kosten aber betrifft Fundamente, Ständer, Wechselrichter, Kabel etc., alles konventionelle Technik, die sich sicher noch optimieren lässt, aber Sprünge sind hier nicht zu erwarten. Auf dieser Hälfte werden wir also im wesentlichen „sitzen bleiben“. Photovoltaik wird daher auch in Zukunft relativ teuer sein. Außerdem wächst bei der Photovoltaik die Fläche der Anlagen in etwa proportional mit der Leistung. Doppelt so große Anlagen sind praktisch auch doppelt so teuer. Bei Wärmekraftwerken wächst demgegenüber das Volumen in etwa proportional mit der Leistung, große Anlagen sind daher spezifisch billiger. Diese Energieformen erreichen ihre Wettbewerbsfähigkeit über die Anlagengröße, der Photovoltaik ist dieser Ausweg versperrt.

Die relativ großen Apparate für die Photovoltaik kosten aber nicht nur viel Geld. Für ihre Herstellung wird auch vorab viel Energie benötigt, die dann erst nach längerem Betrieb wieder „zurückgezahlt“ wird. Je nach Rechnung liegt die „Energierückzahlzeit“ mindestens bei 3 Jahren (sehr optimistisch; bei konventionellen Kraftwerken und Kernkraftwerken liegt sie bei wenigen Monaten). Diese Energierückzahlzeit stellt eine Grenze für einen energetisch sinnvollen Ausbau eines Kraftwerkssystems dar: Wird dieses schneller ausgebaut als mit einer Verdoppelung der

jeweils installierten Leistung innerhalb einer Energierückzahlzeit, wird laufend mehr Energie für die Herstellung der neuen Kraftwerke verbraucht, als die schon fertigen aus der Sonne erzeugen. Genau das ist in Deutschland bei der Photovoltaik seit über 10 Jahren der Fall; sie spart keine einzige kWh, sondern verbraucht zusätzliche Energie! Zur Entwicklung ist das zulässig, Entwicklung kostet Geld, und sie darf auch Energie kosten. Aber als energiepolitische Maßnahme und zur Umweltentlastung macht es keinen Sinn. Es wird noch eines langen Entwicklungswegs bedürfen, bis die Photovoltaik diesen energetischen Engpass überwunden hat. Bis auf weiteres kann sie - auch wenn wir willens (und in der Lage?) sind, die Mehrkosten zu tragen - nur sehr langsam ausgebaut werden. Aus heutiger Sicht wird ihr Beitrag in den nächsten 50 Jahren bescheiden bleiben. Nur sehr langfristig erscheinen größere Beiträge möglich, wenn auch nicht unbedingt wahrscheinlich.

Solarthermische Stromerzeugung: Bei dieser wird die Sonnenenergie über Spiegel gebündelt, Wasser zum Verdampfen gebracht und mit dem Dampf eine Turbine und ein Generator angetrieben. Solarthermische Stromerzeugung hat gegenüber der Photovoltaik den Nachteil, dass sie nur die Direktstrahlung der Sonne ausnutzen kann und nicht auch die diffusen Strahlungsanteile. Diese machen in unseren Breiten aber etwa die Hälfte der gesamten Strahlungsenergie aus. Diesem Verlust um einen Faktor 2 steht jedoch mit rund 30 % ein etwa 3 mal so hoher Wirkungsgrad wie bei der Photovoltaik gegenüber. Außerdem kann die solarthermische Stromerzeugung als volumenproportionale Anlage über die Größe Kostenvorteile erringen. Insgesamt dürften die Kosten aber auch hier langfristig über denen von fossiler oder nuklearer Energie liegen, was mögliche Beiträge stark einengt.

Wasserkraft: Die Wasserkraft ist bis zu einem gewissen Grad das Gegenteil der Photovoltaik: Sie ist nur an wenigen Orten einsetzbar, aber wo die Natur eine entsprechende Vorkonzentrierung der Energie liefert, ist sie kostengünstig und effektiv. Außerdem sinken bei ihr im Allgemeinen die spezifischen Kosten deutlich mit zunehmender Anlagengröße. In Deutschland ist sie weitgehend ausgebaut; weltweit hat sie aber noch ein großes Potential. Wahrscheinlich werden ökologische und Sicherheitsbedenken allmählich gegenüber dem positiven Beitrag der Wasserkraft zum Klimaschutz zurückstehen. Die Wasserkraft dürfte ihren Anteil an der Deckung des Weltenergiebedarfes von derzeit etwa 6 % mindestens noch verdoppeln.

Wind: Wind steht zwischen Photovoltaik und Wasserkraft. Auch hier liefert die Natur eine gewisse Vorkonzentration, was die Standortmöglichkeiten einschränkt, aber die Chancen zur Wirtschaftlichkeit verbessert. Ein Problem liegt in der starken Abhängigkeit der Leistung von der Windgeschwindigkeit, nämlich mit der dritten Potenz: Hat ein Windkraftwerk am Standort B nur die halbe Windgeschwindigkeit gegenüber dem Standort A zur Verfügung, sinkt seine Leistung auf ein Achtel! In Deutschland erzeugt Windkraft z. Z. aufgrund massiver Subventionen ca. 2 % des Stromes. Es ist unwahrscheinlich, dass ihr Beitrag weltweit langfristig über einige Prozent hinauskommen wird.

Biomasse: Biomasse als Energieträger hat den Vorteil, vom schwankenden Angebot der Sonne weitgehend unabhängig zu sein. Sofern sie als Nebenprodukt anderer Tätigkeiten anfällt (z. B. Abfallholz), ist ihre energetische Verwertung (im Rahmen ihrer Erneuerungsrate!) weitgehend sinnvoll. Der spezielle Anbau von Energieplantagen ist jedoch aus mehreren Gründen problematisch: Wenn alle

Aufwendungen für Anbau, Pflege und Ernte voll angerechnet werden müssen, ist Biomasse-Energie meist teuer und ihre Energiebilanz (Verhältnis von aufzuwendender zu gewinnbarer Energie) schlecht. Infolge des relativ niedrigen Wirkungsgrades der Photosynthese (einige Prozent) dürfte gezielt angebaute Biomasse langfristig nicht konkurrenzfähig gegenüber der direkten Nutzung der Sonnenstrahlung sein. Außerdem gibt es auch schwerwiegende ethische Bedenken: Energiepflanzen konkurrieren mit Nahrungspflanzen um die fruchtbaren Böden. Die Anbaufläche hierfür geht aber weltweit nicht nur pro Kopf, sondern wegen Versalzung, Verwüstung etc. auch absolut zurück. Hinzu kommen noch die Gefahren von Monokulturen. Insgesamt ist eher nicht mit einem (weltweit) wesentlich steigenden Anteil der Biomasse zu rechnen.

Umgebungswärme: Die Nutzung von Umgebungswärme mittels Wärmepumpen ist für Niedertemperaturwärme (z. B. Raumwärme) heute schon oft wirtschaftlich und wird sicher noch an Bedeutung gewinnen. Obwohl der Energiebedarf in diesem Bereich infolge verbesserter Wärmeisolierungen zurückgehen dürfte, könnte Umgebungswärme, vor allem in Mitteleuropa, längerfristig einen Anteil von vielleicht bis zu 10 % erreichen.

Solarkollektoren: Ähnlich wie Wärmepumpen arbeiten Solarkollektoren umso eher wirtschaftlich, je niedriger das Temperaturniveau der benötigten Wärmeenergie liegt. Für Schwimmbadheizungen sind sie besonders gut geeignet, da diese keine hohen Temperaturen benötigen, meist nur im Sommer betrieben werden und das Wasser auch gleich eine Speicherfunktion zum Ausgleich des schwankenden Sonnenangebotes übernimmt. Insgesamt dürfte ihr Anteil aber unter dem der Umgebungswärme bleiben.

Wasserstoff: Dieser ist keine Energiequelle, sondern nur ein möglicher Speicher, der erst aus vorab vorhandener anderer Energie – vorzugsweise Strom – gewonnen werden muss. Wo immer der Strom direkt genutzt werden kann, ist dies grundsätzlich energetisch effizienter und auch billiger als der Umweg über den Wasserstoff. Soweit sich Wasserstoff überhaupt in größerem Maßstab durchsetzen sollte, dürfte er weitgehend aus der jeweils billigsten Energiequelle gewonnen werden. Nach heutigem Ermessen wird dies nur in Ausnahmefällen eine regenerative Energieform sein. Wasserstoff wird den Regenerativen wahrscheinlich nicht über ihre Hürden helfen.

Zusammenfassung

Innerhalb eines überschaubaren Zeitraumes von vielleicht 50 Jahren werden die Erneuerbaren aller Voraussicht nach zwar deutlich zunehmen, aber kaum einen entscheidenden Beitrag leisten können. Ihre Zunahme dürfte weltweit unter dem Zuwachs des Energiebedarfes bleiben, so dass weiterhin mit absolut steigenden Beiträgen anderer Energieformen zu rechnen ist. Längerfristig, wenn der gesamte Energiebedarf vielleicht nicht mehr zunehmen wird, die Technik weiter fortgeschritten ist und der aufgrund des Engpasses in der Energiebilanz nur langsam zulässige Ausbau verschiedener Sonnenenergieformen allmählich trotzdem größere Kapazitäten zulässt, sind auch deutlich höhere Anteile der Erneuerbaren denkbar.

Anders ausgedrückt: Sehr langfristig können regenerative Energien jedenfalls prinzipiell sehr große Beiträge übernehmen. Bis auf weiteres wird ihr Beitrag jedoch deutlich unter dem bleiben, was für Klimaschutzzwecke notwendig ist.