

Energieversorgung der Zukunft – ganz einfach?

Dauerthal, 20. Februar 2005

Eine Energieversorgung allein aus Erneuerbaren Energien ist technisch möglich. Viele Menschen haben dies gehört und viele glauben, dass es so ist. Aber wer weiß warum?

Das Erstaunlichste am ausklingenden Energiezeitalter ist das Unwissen über Energie. Auf die einfachsten Fragen des täglichen Lebens weiß kaum jemand Antwort: Wieviel Energie verbrauche ich? Was kostet sie? Wieviel Energie steckt in Öl, Gas oder Kohle, in Sonne, Wind und Biomasse?

Niemand kann mit der Information, dass die Ölreserven von Shell noch 14,5 Mrd. Barrel betragen, wirklich etwas anfangen. Daß diese Ölmenge gerade 5 Jahre reichen würde, um den Energiebedarfs Deutschlands zu decken, wäre eine interessantere Information.

Das verbreitete Unwissen über eigentlich einfachste Zusammenhänge ist eine der wesentlichen Ursachen für die Verwirrungen in der Diskussion über Erneuerbare Energien. Versuchen wir, etwas Klarheit in diese Dinge zu bringen.

Was ist Energie?

Täglich verbrauchen wir Dutzende von Kilowattstunden Energie – aber was sind Kilowatt und Kilowattstunde? Watt ist die Einheit der (energetischen) Leistung, Kilowatt das Tausendfache davon. Die meisten Elektromotore in Staubsaugern haben eine Leistung von ca. ein Kilowatt.

Wenn dieser Motor eine Stunde lang läuft, dann hat er das Produkt aus Leistung und Zeit, nämlich 1 Kilowatt mal 1 Stunde, gleich eine Kilowattstunde verbraucht. Läuft er 10 Stunden, sind es 10 Kilowattstunden. Dieses Produkt aus Leistung und Zeit nennt man die verbrauchte Energie. Man merkt es sich leichter, wenn man daran denkt, dass die Leistung der Quotient aus Energie und Zeit ist, oder anders gesagt: je mehr Energie in derselben Zeit verbraucht wird, um so höher ist die umgesetzte Leistung. Die Leistung spiegelt also die Geschwindigkeit des Energieverbrauchs wieder. Zum Vergleich: wenn man von A nach B fährt, ist die eine Frage wie schnell das Auto fährt (seine Leistung), die andere und heutzutage immer wichtigere Frage aber ist der Benzinverbrauch (Energiebedarf). Leider bedeutet höhere Leistung meist zusätzliche Energieverluste und damit sogar überproportional hohen Verbrauch.

Wie ergiebig sind unsere Energiequellen?

Diese Frage beantwortet sich anschaulich anhand des Flächenverbrauches der uns zur Verfügung stehenden Energiequellen.

Aus ca. 128.000 Hektar Tagebau in Mitteldeutschland und Lausitz wurden seit 1950 etwa 11 Mrd. Tonnen Braunkohle gewonnen, welche multipliziert mit ihrem Energiegehalt von 2500 kWh je Tonne und 30% Wirkungsgrad einer Stromproduktion von ca. 8.250 Mrd. kWh entsprechen – also 64 Mio. kWh je Hektar Tagebaufläche. Teil man dies durch die 55 Jahre, so erhält man rund 1 Million Kilowattstunden pro Hektar, welche jährlich aus Kohle gewonnen wurden.

Der Vergleich zu erneuerbaren Energien ist nun höchst aufschlußreich. Eine moderne Windkraftanlage erzeugt auf einer Rotorfläche von 1 ha jährlich ca. 8,5 Mio. Kilowattstunden –fast das Zehnfache der Kohle! Natürlich kann man Windkraftanlagen nicht dicht bei dicht stellen, so dass aufgrund der Abstände in einem Windfeld sich dieser Wert auf 1 Million Kilowattstunden pro Hektar verringert. Aber auch dies ist erstaunlich: Windkraftanlagen erzielen dieselben Hektarerträge wie Kohlekraftwerke. Und das ohne Landschaftszerstörung: Ein Tagebau zerstört unwiederbringlich ganze Kulturlandschaften, während Windkraftanlagen nahezu keine Auswirkungen auf Landnutzung und Umwelt haben.

Auch eine photovoltaische Solaranlage erzeugt heute pro Quadratmeter jährlich rund 100 Kilowattstunden Strom, also ebenfalls 1 Mio. Kilowattstunden pro Hektar.

Betrachten wir die Biomasse: einen Richtwert liefern die Hektarerträge von Raps mit ca. 4.000 kg/ha. Bei 40% Ölgehalt erhalten wir 1.600 kg Rapsöl mit einem Energiegehalt von 10 Kilowattstunden je Kilogramm, also 16.000 Kilowattstunden pro Hektar. Wenn daraus mit einem Wirkungsgrad von 33% Strom erzeugt würde, so verblieben nur 0,005 Mio. Kilowattstunden pro

Hektar – weniger als 1% der oben ermittelten Strommengen. Auch der Einsatz anderer effektiverer Pflanzen kann nicht viel daran ändern, dass auf Biomassebasis die hundertfache Fläche benötigt wird, um dieselbe Energiemenge wie aus Kohle, Wind oder Sonne zu erzeugen.

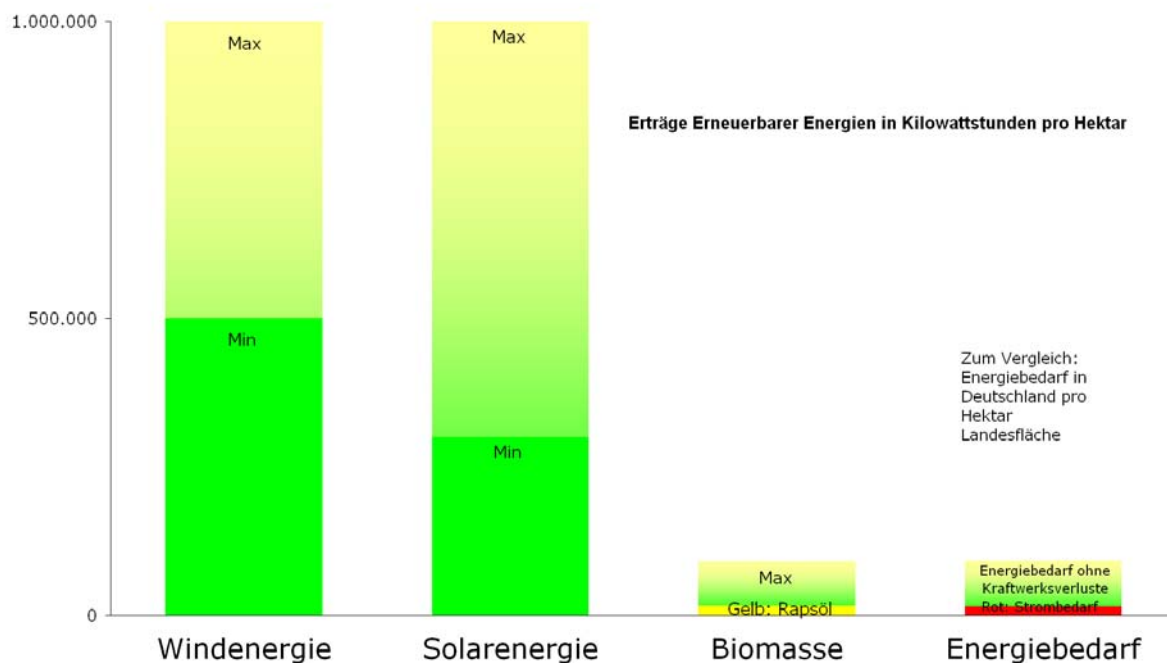
Zum Verständnis sei hinzugefügt, dass die Sonneneinstrahlung jährlich pro Quadratmeter 1.000 Kilowattstunden beträgt, das sind ca. 10 Mio. Kilowattstunden pro Hektar Fläche jährlich. Wenn man weiß, dass eine photovoltaische Solaranlage problemlos ca. 10% Wirkungsgrad erbringt, so erschließt sich der oben genannte Wert von 1 Mio. Kilowattstunden je Hektar von selbst. Da Wind lediglich ein direktes Produkt der Sonneneinstrahlung ist und auf dem Wege der Umwandlung der Sonnenenergie in Windenergie relativ wenig Verluste anfallen, wundert es nicht, dass Windkraftanlagen auf gleicher Fläche ähnlich viel Strom erzeugen können, wie Solaranlagen. Der Vorteil der Windenergie ist dabei, dass nur ein Tausendstel benötigten Fläche tatsächlich überbaut werden muss - nämlich für das Fundament der Anlage.

Pflanzen hingegen sind nicht auf hohen Wirkungsgrad optimiert. Der energetische Wirkungsgrad einer Pflanze zur Stromerzeugung beträgt weniger als ein Prozent. Kohlekraftwerke wiederum erreichen die Effektivität von Wind- und Solaranlagen lediglich deshalb, weil sie Biomasse aus Zehntausenden von Jahren in kurzer Zeit verbrennen – was in Anbetracht des Wertes dieser Biomasse für andere Industriezweige sehr schade ist.

Sicher gibt es weitere Energiequellen, wie Wasserkraft, oder Erdöl und so weiter. Jedoch erbringt die Untersuchung dieser Quellen keine neue Erkenntnis – die Verhältnisse wiederholen sich nur. Etwas anders verhält es sich lediglich bei der Kernenergie, deren Gefahren angesichts des begrenzten und bald endenden Uranangebotes weder lohnend noch hinnehmbar sind.

Um sich ein Bild der zukünftigen Energieversorgung zu machen, genügt auch das bisher Gesagte. Wichtig ist, dass mit Wind und Sonne je 1 Mio. Kilowattstunden pro Hektar gewonnen werden.

Und dies ist das Hundertfache des deutschen Strombedarfes von 500.000 Mio. Kilowattstunden pro Jahr, welcher 0,014 Mio. Kilowattstunden pro Hektar entspricht.



Wie hoch ist der heutige Energiebedarf?

Der heutige gesamte Energieverbrauch, auch Primärenergieverbrauch genannt, unseres Landes beträgt 4.000.000 Mio. Kilowattstunden pro Jahr (4.000 Terrawattstunden). Dies sind ca. 50.000 Kilowattstunden pro Einwohner, welche je nach Energiemix und (steigender) Preislage einen Wert von bis zu ca. 2.000 Euro haben: soviel kostet uns jährlich unser gesamter Energieverbrauch pro Kopf.

Der Gesamtenergiebedarf erreicht damit 0,09 Mio. Kilowattstunden je Hektar Landesfläche und entspricht 1% der Sonneneinstrahlung oder 10% der aus Wind und Sonne derzeit gewinnbaren Energie. Um diesen Energiebedarf zu decken, müssten also 10% der Landesfläche für Windkraft und Solaranlagen bereitgestellt werden. Dies ist zwar machbar, aber eindeutig zuviel.

Beim vollständigen Übergang zu Erneuerbaren Energien bieten sich jedoch einige erstaunlich einfache Lösungen an, um den Flächenbedarf für Energieerzeugung gering zu halten. Hierbei hilft die folgende Frage.

Wie hoch ist der Energiebedarf tatsächlich?

Fast 25% des Primärenergieverbrauches sind Kraftwerksverluste, welche unweigerlich entstehen, weil heutige Großkraftwerke nur etwa 1/3 der eingesetzten Energie in Strom umwandeln und bis zu 2/3 als Abwärme in die Luft abgeben. Da bei Wind- und Sonnenenergienutzung aber keine Abwärme anfällt, können diese Verluste künftig gestrichen werden.

Weitere fast 25% des Primärenergieverbrauches werden für Heizung benötigt. Bereits heute ist es aber möglich, nicht nur Nullenergie-, sondern sogar Plusenergiehäuser zu bauen, d.h. Häuser, die ohne fremde Heizenergie auskommen und sogar Energie abgeben. Man kann also davon ausgehen, dass in einigen Jahrzehnten auch dieses Viertel des Energieverbrauches kaum noch benötigt wird.

Und: Jeder weiß, wie sehr wir immer noch in allen Bereichen des Lebens Energie verschwenden. Man denke nur daran, dass Energiesparlampen nur 20% des Stromes herkömmlicher Glühlampen benötigen und dass Leuchtdioden mit einem Hundertstel dieser Energie dasselbe Licht erzeugen können. Es erscheint also ohne weiteres möglich, in vielen Bereichen des Lebens Energie einzusparen, ohne an Lebenswert zu verlieren.

Vom heutigen Energieverbrauch von 4.000.000 Mio. Kilowattstunden blieben nach Abzug der Kraftwerksverluste, großer Teile der Heizenergie und möglicher Energieeinsparungen nur ca. 1.000.000 bis 2.000.000 Mio. Kilowattstunden übrig.

Dafür würden mit Wind und Sonne nur noch 2,5 - 5% der Landesfläche benötigt. Aus Biomasse ist diese Energiemenge allerdings keinesfalls zu gewinnen.

Wie sieht der künftige Energiemix aus?

Wenn bereits die Summe aus Wind-, Sonnen- und Bioenergie weit mehr als ausreicht, um den Bedarf zu decken, dann bleibt nur die Frage, wie ein künftiger Energiemix aussehen kann. Eines ist klar: Elektrische Energie wird künftig die wichtigste aller Energieformen sein, denn nichts ist leichter, als Wind und Sonne direkt zu Strom umzuwandeln.

Hier stellt sich die Frage der elektrischen Grundlast, also der kleinsten immer benötigten Energiemenge im Netz zur Aufrechterhaltung der Netzstabilität. Immer wieder wird die scheinbar augenfällige Behauptung aufgestellt, Erneuerbare Energien seien ungeeignet für die Energieversorgung, weil nicht stetig verfügbar, und man könne mit ihnen keine Grundlast sichern. Diese Behauptung ist allerdings genauso falsch wie platt. Wieso?

Zunächst, weil hier Arbeit und Leistung verwechselt werden. Die Grundlast stellt eine elektrische Leistung dar und hat mit dem Energieverbrauch nichts zu tun. In Deutschland beträgt sie ca. 55 Mio. Kilowatt (nicht Kilowattstunden!) und wird durch Kernkraft- und Kohlekraftwerke als Grundlast bereitgestellt. Es ist aber ebenso möglich, diese Grundlast mit Hilfe von biomassegefeuerten kleinen Blockheizkraftwerken in Kombination mit Wasserkraft und eventuell Geothermie zu erzeugen. Hierfür wären z.B. etwa 5 Mio. kleiner Heizkraftanlagen mit je 10 Kilowatt elektrischer Leistung erforderlich. Ein Programm zur Ausrüstung aller Haushalte mit einer Heizkraftanlage würde also das Problem der Grundlast auf erneuerbarer Basis lösen und milliardenschwere Fehlinvestitionen in neue Großkraftwerke vermeiden.

Diese Vielzahl kleiner Heizkraftanlagen können dann die ca. 5% der Jahreszeit, in denen weder Sonne scheint noch Wind weht, überbrücken. Die Energie(pflanzen)menge welche dafür erforderlich ist, kann auf ca. 15% der Fläche Deutschland angebaut werden. Erweitert man die Anbaufläche noch etwas, so können diese Heizkraftanlagen auch einen höheren Beitrag zur Gesamtversorgung leisten. Die übrigen 90-95% des Energiebedarfes können leicht aus Windkraft und Photovoltaik gewonnen werden, so dass diese beiden Energiequellen den Hauptteil des

Energiemix ausmachen, während Bioenergien der Überbrückung dunkler und windstiller Zeiten dienen.

In diesem Zusammenhang ist auch eine weitere Legende richtig zu stellen: erneuerbare Energien erforderten zum Ausgleich ihrer Schwankungen zusätzliche Regelenergie, also eine im Fall von Lastschwankungen schnell abrufbare Leistung zur Gewährleistung des sicheren Netzbetriebes. Da sowohl kleine Heizkraftanlagen, Solar- als auch Windkraftanlagen im Sekundentakt regelbar sind und sich im Mix unverzüglich an den Bedarf anpassen können, ist diese Behauptung schlicht falsch. Das Gegenteil ist der Fall: gerade Großkraftwerke sind extrem schwerfällig zu regeln und benötigen zur Anpassung an den Bedarf Regelenergie. Auch hier zeigt sich, dass beim Übergang zur erneuerbaren Energieversorgung der Neubau von Großkraftwerken statt schnell regelbarer Heizkraftanlagen nur zusätzliche Kosten mit sich bringt.

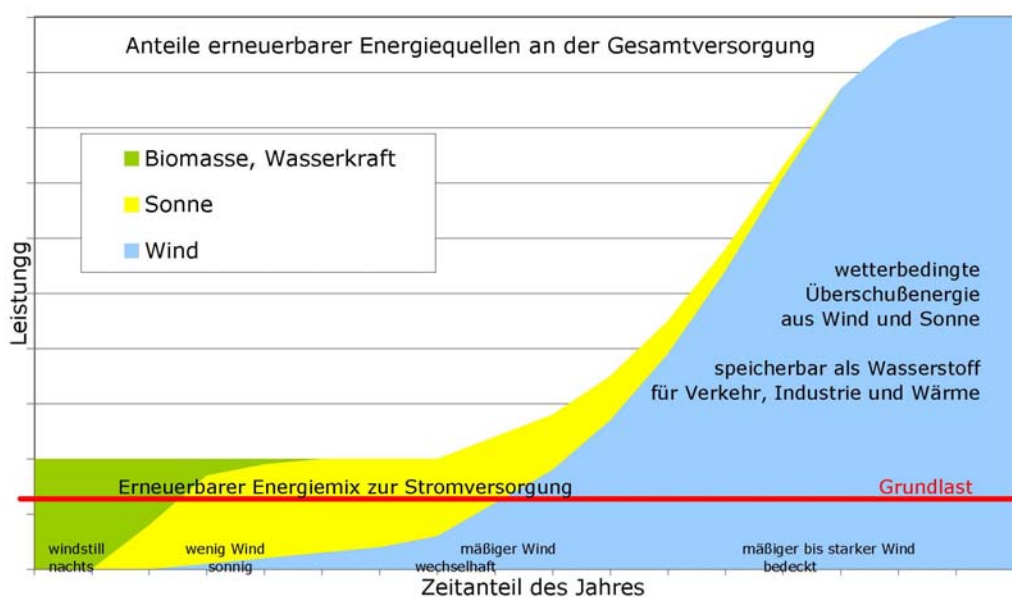
Überschussstrom aus erneuerbarer Energie

Da die Grundlast gesichert ist, stellt sich eine ganz andere Frage: Bekanntlich haben Windkraft- und Solaranlagen die Eigenschaft, dass sie bei hohem Wind- bzw. Sonnenangebot auch eine sehr hohe Leistung erzeugen. Anders gesagt: 75% ihrer Energie erzeugen diese Anlagen in nur 25% ihrer Betriebszeit.

Untersucht man dies näher, so zeigt sich, dass im Falle einer vollständigen Stromversorgung aus Biomasse plus Wind- und Sonnenenergie insgesamt viel mehr Strom erzeugt als benötigt wird. Genauer: über 75% des in den Wind- und Solaranlagen erzeugten Stromes wird nicht als elektrische Energie benötigt. Wohin mit diesem „Überschussstrom“?

Es wäre tatsächlich schade, diesen Strom zu vernichten oder die Anlagen abzustellen. Da andererseits jedoch viel nicht-elektrische Energie für Autoverkehr und Industrie benötigt wird, bietet diese Überschussenergie aus Wind- und Sonnenkraft eine einzigartige Möglichkeit: Wenn es gelingt, diese überschüssige Energie zu speichern, z.B. in Form von Wasserstoff, dann würde sie für diese Anwendungen zur Verfügung stehen.

Erst durch diese Betrachtung des gesamten Systems der Energieversorgung rundet sich das Bild: Eine vollständige Stromerzeugung aus Biomasse, Wasser-, Wind- und Solarkraft ist möglich. Die dabei zwangsweise anfallenden Stromüberschüsse müssen nicht die Energienetze belasten, sondern können stofflich (Wasserstoff) umgewandelt werden und stehen dann für Autoverkehr und Industrie bereit.



Wie dieser Energiemix genau aussehen wird, ist eine Frage der technischen Entwicklung. Vielleicht wird ein Teil der Windenergie aus der Nordsee kommen oder ein Teil der Solarenergie wird importiert werden. Letztlich werden sich die preiswertesten Technologien durchsetzen.

Und die Kosten?

Und die Kosten, die letzte und oft entscheidende Frage? Eine einfache Abschätzung bringt erstaunlich viel ans Licht: Würde man die künftig benötigten 1.000.000 - 2.000.000 Mio. Kilowattstunden Primärenergieverbrauch zu 100% aus Windkraft herstellen, so würde dies bei heutigen Windstromkosten von ca. 8 €ct je Kilowattstunde jährlich 80.000 - 160.000 Mio. € oder ca. 1.000 - 2.000 € pro Einwohner kosten. Wie im Abschnitt zum Energiebedarf beschrieben geben wir bereits heute bis zu 2.000 € jährlich für unsere Energie aus.

Sicher ist Windenergie die derzeit preisgünstigste Energieform, ein Energiemix kann teurer werden. Aber bereits diese Abschätzung zeigt, dass Erneuerbare Energie keinesfalls unbezahlbar ist.

Und rechnet man ein, dass wegen Sonne und Wind wohl niemals Krieg geführt wird, dürfte die Frage der Kosten ein für allemal beantwortet sein: nichts ist preiswerter als Sonne und Wind.

Nicht eingerechnet sind dabei die vielen zusätzlichen Kosten der heutigen Energieversorgung, die in keiner Stromrechnung auftauchen und die jeder zahlen muß ohne je gefragt zu werden: Subventionen wie den Kohlepfeffing oder die Kernforschung, Klimafolgeschäden, welche die Allgemeinheit beseitigen muß oder Kosten für Rüstung und Krieg zwecks Sicherung des Zuganges zu fossilen Ressourcen.

Netzintegration Erneuerbarer Energien

Zusammengefasst ergibt sich, dass eine der wichtigsten Aufgaben unserer Zeit die Netzintegration Erneuerbarer Energien in das europäische Verbundnetz ist. Dies erfolgt sinnvollerweise über Einspeisenetze und mit vernetzten Kraftwerken.

Vernetzte oder auch virtuelle **Kraftwerke** entstehen dadurch, dass über Datenleitungen Krafterzeugungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energien im Verbund betrieben werden. Während die Einzelleistungen der Anlagen zwischen einigen Kilowatt und etlichen Megawatt liegen, entstehen im Verbund Gesamtleistungen von mehreren hundert Megawatt mit hoher Grundlast und Verfügbarkeit. Solche Netze befinden sich bereits im Aufbau.

Einspeisenetze sind speziell für die Aufnahme, Verarbeitung und Weiterleitung Erneuerbarer Energie ausgelegte, schnell und kostengünstig verlegbare regionale Erdkabelnetze als Grundbestandteil vernetzter Kraftwerke. Sie sind mit dem Verbundnetz verknüpft, in welches sie Energie einspeisen, sind regelfähig und künftig auch inselbetriebsfähig, d.h. auch ohne Verbindung zum Verbundnetz arbeits- und betriebsfähig. Auf diese Weise wird eine hohe Netzsicherheit erreicht. Ein erstes solches Einspeisenetz wurde bereits in der Uckermark im Nordosten Deutschlands errichtet und wird weiter ausgebaut.

Die für eine dauerhaft sichere Energieversorgung notwendigen Technologien sind vorhanden. Was fehlt ist lediglich ein funktionierendes System zur Umwandlung von Strom in Treibstoffe, wie z.B. über Wasserstoff, um die Speicherfähigkeit Erneuerbarer Energien für die Nutzung in Industrie und Verkehr zu gewährleisten. Hier, und nicht in der Kernforschung, sind Forschungsmittel notwendig.

Der Autor ist diplomierter Kerntechniker und seit 1998 Vorstandsvorsitzender der ENERTRAG Aktiengesellschaft, Dauerthal (Uckermark), einem der größten Unternehmen im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland.

joerg.mueller@enertrag.com