

Autor: Max Blatter. Veröffentlichungsrechte: Max Blatter c/o Energie-Atlas GmbH. Digitale Registrierung (DOI): 10.2434/2007-1
Der Artikel wurde im März 2007 verfasst und ist in „Facility Management Solutions“ Nr. 3-2007 veröffentlicht worden; ferner leicht gekürzt in „Spektrum Gebäudetechnik“ Nr. 5-2007.

Erneuerbare Energien: Der Begriff der geophysikalischen Nutzungsgrenze

Für nachhaltige Nutzungsstrategien ist Geophysik und Klimatologie gefordert

Trotz hohem Entwicklungspotenzial: Auch bei der Nutzung erneuerbarer Energieressourcen gibt es geophysikalisch bedingte Grenzen. Bei deren Quantifizierung sind noch etliche Wissenslücken zu schliessen.

Max Blatter

Am Beispiel der Sonnenenergie lässt sich ein interessantes Phänomen beobachten: Ob man ihrer Nutzung euphorisch oder skeptisch gegenübersteht – man kann beides mit einer Zahl begründen. Im ersten Fall wird man darauf hinweisen, dass die Erde zehntausend mal mehr Solarstrahlung auffängt als die Menschheit an Energie verbraucht. Im zweiten Fall wird man zu bedenken geben, dass die direkte Nutzung der Sonnenenergie derzeit erst ein Zehntausendstel zur weltweiten Energieversorgung beiträgt. – Ähnliche, wenn auch nicht ganz so extreme Diskrepanzen gibt es zwischen dem Potenzial und der aktuellen Nutzung anderer erneuerbarer Energieressourcen.

Der scheinbare Widerspruch löst sich bei näherer Betrachtung rasch auf: Der bescheidene Umfang der Nutzung rührt daher, dass die technologische Entwicklung die Schwelle zur breiten wirtschaftlichen Anwendbarkeit noch nicht erreicht hat. Daran wird aber vielerorts intensiv gearbeitet: In den entsprechenden Branchen sind Wachstumsraten im zweistelligen Prozentbereich keine Seltenheit. Schon mit zehn Prozent jährlichem Wachstum lässt sich ein Faktor von zehntausend in einem knappen Jahrhundert überwinden, mit zwanzig Prozent Wachstum gar in rund fünfzig Jahren.

Jedes Wachstum kennt aber seine Grenzen, und man tut gut daran, sich frühzeitig mit ihnen vertraut zu machen. Nicht jede erneuerbare Energieressource ist derart im Überfluss vorhanden wie die Solarstrahlung. Natürliche Energieflüsse wie Wind, Wasserkreislauf, Produktion von Biomasse und andere sind durchaus endlich. Je mehr die Nutzung durch den Menschen sich ihrer Grössenordnung annähern wird, desto spürbarer werden die natürlichen Fließgleichgewichte beeinflusst werden. Im Gegensatz zur Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen wird es sich nach wie vor um Fließgleichgewichte handeln; eine Kumulierung schädlicher Abfallstoffe oder einen irreversiblen Ressourcenverbrauch gibt es nicht. Dennoch muss man sich über die Art der Einflüsse und die daraus resultierenden Nutzungsgrenzen Gedanken machen. In [1] wird für diese der Begriff „geophysikalische Nutzungsgrenzen“ vorgeschlagen (wobei „Geophysik“ als Oberbegriff gemeint ist, der unter anderem auch Klimatologie und Hydrologie

umfasst). Es werden dort auch die noch vorhandenen Unsicherheiten und Wissenslücken bei der Quantifizierung dieser Grenzen deutlich.

Übersicht

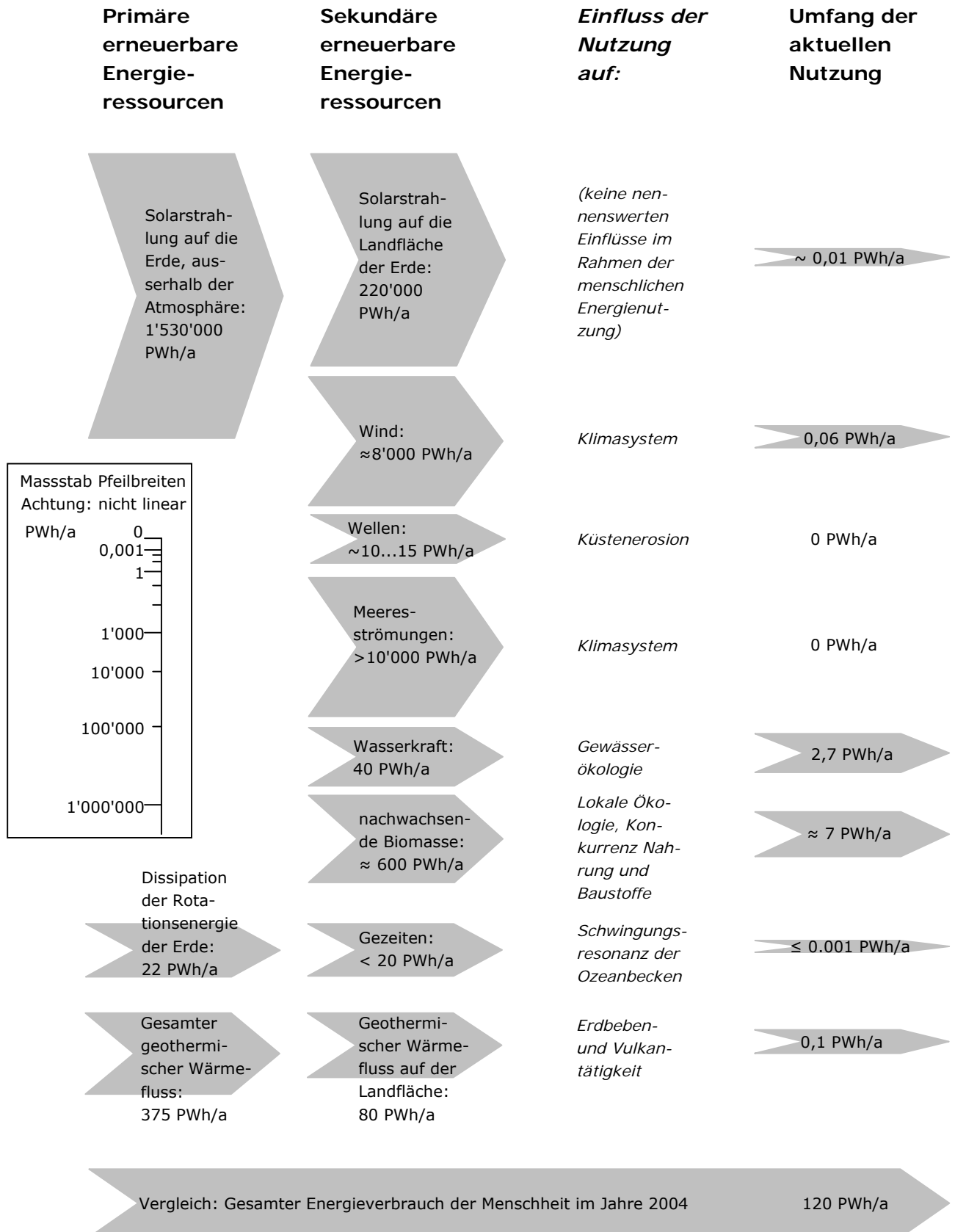
In Bild 1 werden für alle erneuerbaren Ressourcen die bekannten Werte der natürlichen Energieflüsse zusammengestellt, die im Einzelnen in [1] enthalten sind. Sie sind ergänzt durch zusätzliche Zahlen und Abschätzungen zur aktuellen Nutzung. – Zur besseren Vergleichbarkeit sind alle Zahlenwerte in der gleichen Einheit angegeben, nämlich in Petawattstunden pro Jahr (PWh/a); 1 PWh/a ist gleichbedeutend mit einer Billiarde Wattstunden pro Jahr (10^{15} Wh/a) oder einer Billion Kilowattstunden pro Jahr (10^{12} kWh/a).

Die erste Spalte zeigt hierbei die primären erneuerbaren Energieressourcen: die von der Erde aufgefangene Solarstrahlung, die jährlich freigesetzte (dissipierte) Rotationsenergie der Erde sowie den geothermischen Wärmefluss vom Erdinnern zur Oberfläche. – In der zweiten Spalte sind die sekundären Energieressourcen dargestellt, wie sie für die Nutzung zur Verfügung stehen: die auf die Landfläche gelangende Solarstrahlung, der Wind, die Wellen, der (vorwiegend thermische) Energiefluss der Meeresströmungen, die Wasserkraft, das Energieäquivalent der jährlich nachwachsenden Biomasse, die Gezeiten sowie der geothermische Energiefluss auf der Landfläche.

Die hinterste Spalte zeigt die aktuelle Nutzung der betreffenden Energieform, die zumeist noch um viele Größenordnungen unter dem natürlichen Energiefluss liegt. Zum Vergleich ist zuunterst der weltweite Energieverbrauch im Jahre 2004 dargestellt.

Zahlenmässig irgendwo zwischen dem natürlichen Energiefluss und der aktuellen Nutzung läge die geophysikalische Nutzungsgrenze. Sie ist, wie erwähnt, zumeist höchstens mit grosser Unsicherheit abschätzbar und wurde deshalb in Bild 1 nicht beziffert. Stattdessen findet man in der dritten Spalte eine Auflistung der Einflüsse, denen die geophysikalischen Systeme durch die Energienutzung ausgesetzt sind: derjenigen Einflüsse also, die zur Quantifizierung der geophysikalischen Nutzungsgrenze untersucht werden müssen. Sie werden im folgenden für jede Energieform kurz erörtert.

Bild 1:
Die erneuerbaren Energieressourcen, ihre aktuelle Nutzung
und ihr möglicher Einfluss auf die geophysikalischen Systeme
 (Zahlenwerte nach [1], [2] und teilweise weiteren Quellen)



Direkte Sonnenenergie

Wie einleitend schon dargelegt, steht Solarstrahlung in komfortabler Menge zur Verfügung. Der weltweite Gesamt-Energieverbrauch beträgt weniger als ein Tausendstel der Solarstrahlung, die auf die Landfläche der Erde fällt. Man wird auch bei intensivster Nutzung der Sonnenenergie nicht in die Situation kommen, dass sich dadurch ein nennenswerter Einfluss auf klimatologische oder andere geophysikalische Parameter ergäbe.

Wind

Der im natürlichen Windsystem freigesetzte Energiefluss beträgt rund 8000 PWh/a; aktuell genutzt wird weniger als ein Hunderttausendstel davon. Der weltweite Gesamt-Energieverbrauch erreicht aber 1,5% des natürlichen Wind-Energieflusses: Eine Nutzung in dieser Grössenordnung würde möglicherweise, falls sie sich als technisch erreichbar erwiese, die geophysikalische Nutzungsgrenze tangieren. Es ist nötig, sich über die klimatischen Einflüsse einer im grossen Stil erfolgenden Windenergienutzung Gedanken zu machen, dies zumindest auf regionaler Ebene dort, wo Windenergieanlagen in hoher Dichte geplant werden. Dabei sind auch mögliche positive Effekte in die Untersuchungen mit einzubeziehen: Könnte etwa durch den Energieentzug die Häufigkeit zerstörerischer Stürme vermindert werden? Eine Fragestellung, die beispielsweise für tornadogefährdete Gebiete von grossem Interesse wäre.

Wellen

Der natürliche Umsatz an Wellenenergie liegt in der Grössenordnung 10 bis 15 PWh/a. Aktuell wird die Wellenenergie noch nicht kommerziell genutzt. – Durch die Nutzung würde die Küstenerosion im betreffenden Bereich reduziert. Der Effekt ist aus menschlicher Sicht wohl in aller Regel positiv zu werten und beschränkt sich jedenfalls auf den lokalen Bereich.

Meeresströmungen

Durch Meeresströmungen, insbesondere den Golfstrom, werden Wärmemengen von mehr als 10000 PWh/a transportiert. Kommerziell genutzt wird die Energie noch nicht. – Die Frage nach der geophysikalischen Nutzungsgrenze ist als sehr kritisch zu beurteilen, da Meeresströmungen in hoch sensitiver Art mit dem Klima verknüpft sind. Vor einer umfangreicheren Nutzung sind die möglichen Einflüsse in jedem Fall sehr sorgfältig abzuklären.

Wasserkraft

Durch die Lageenergie der fallenden Niederschläge werden rund 40 PWh/a umgesetzt. Davon werden weltweit 2,7 PWh/a genutzt. Man hat also bereits knapp 7% des natürlichen Energieflusses erreicht. – Durch die Nutzung wird die lokale, allenfalls die regionale Gewässerökologie verändert. Diese Einflüsse sind recht gut untersucht. Im zentralen Alpenraum der Schweiz beträgt die aktuelle Nutzung rund ein Drittel des natürlichen Energieflusses. Dies hat sich, bei baulicher und betrieblicher Rücksichtnahme auf die Ökosysteme, insgesamt als verträglich erwiesen.

Biomasse

Die weltweit nachwachsende Biomasse weist ein Energieäquivalent von rund 600 PWh/a auf. Aktuell werden 7 PWh/a als Energieträger genutzt, also etwa 1,2%. – Die energetische Nutzung steht in Konkurrenz zur Produktion von Nahrungsmitteln und nachwachsenden Baustoffen. Der Anbau und die Nutzung von Biomasse beeinflusst allgemein die lokalen Ökosysteme.

me; darüber gibt es viele Untersuchungen im Zusammenhang mit der Land- und Forstwirtschaft.

Gezeiten

Durch die Gezeiten wird natürlicherweise eine Energiemenge von höchstens 20 PWh/a umgesetzt. Nur ein verschwindend kleiner Teil wird aktuell genutzt. – Die grossen Gezeitenhübe von mehreren Metern kommen durch Schwingungen der Wassermassen in den Ozeanbecken zustande. Durch Übernutzung könnte die Schwingung zu stark gedämpft werden und in der Folge der Gezeitenhub und somit die Energieproduktion zusammenbrechen. Da indessen geeignete Standorte für die Gezeitennutzung nicht sehr verbreitet sind (Konkurrenz mit der Schifffahrt), dürfte die Nutzung kaum in eine kritische Grössenordnung kommen.

Geothermie

Infolge des geothermischen Wärmeflusses strömt eine Wärmemenge von 80 PWh/a vom Erdinnern zur Land-Oberfläche der Erde. Aktuell wird weltweit ein gutes Tausendstel davon genutzt. – Die Nutzung kann eine allfällig vorhandene lokale Erdbeben- oder Vulkantätigkeit beeinflussen. Die in den letzten Monaten bei Basel registrierten Beben sind durch Vorbereitungsarbeiten ausgelöst worden (Wassereinpessung), doch ist auch ein Dauereffekt durch den Wärmeentzug vorstellbar. Wie stark und in welchem Sinn die Beeinflussung langfristig wirken kann, wird im Einzelfall detailliert abzuklären sein.

Schlussfolgerungen

Damit Energiewirtschaft und Energiepolitik nachhaltige Strategien entwickeln können, müssen Antworten auf die hier aufgeworfenen Fragen zur Verfügung stehen. Dabei muss die Energieforschung interdisziplinär mit der Geophysik (inklusive Klimatologie, Hydrologie und ähnlichen Disziplinen) zusammenarbeiten. Zum Teil mag es genügen, vorhandenes Wissen zu sichten und neu zu interpretieren; zum Teil werden gänzlich neue Untersuchungen nötig sein. Dies ist gleichermassen im globalen wie im regionalen und nationalen Kontext der Fall.

Quellen / Literatur:

[1]

Max Blatter: „Geografie der erneuerbaren Energien“.
Energie-Atlas GmbH, Münchenstein, 2006.
ISBN 978-3-033-00724-6

[2]

World Energy Council: „2004 Survey of Energy Resources“.
Elsevier, Oxford, 2004,
ISBN 0-08-044410-5

Autor:

Max Blatter, dipl. El.-Ing. ETHZ, ist geschäftsführender Gesellschafter von Energie-Atlas GmbH, Verlag und Consulting, CH-4142 Münchenstein, Schweiz.
E-Mail: max.blatter@energie-atlas.ch
