



Sonne, Wind und Wellen - natürliche Grenzen erneuerbarer Energien

Am Max-Planck-Institut für Biogeochemie in Jena wurden erstmals mit Hilfe der Thermodynamik die natürlichen Grenzen erneuerbarer Energien und die möglichen Klimaauswirkungen bei deren Nutzung untersucht. Die Analysen legen nahe, dass die Energie aus Wind und Wellen nur begrenzt verfügbar sein könnte und eine großflächige Nutzung dieser Energiequellen möglicherweise negativ auf deren Erzeugung durch das Klimasystem zurück wirkt. Auf Sonnenenergie basierende Energieumwandlungen könnten hingegen den zunehmenden menschlichen Energiebedarf auf der Erde langfristig und klimafreundlich abdecken.

Die Energieversorgung stellt eine der größten Herausforderungen für die Zukunft unserer Zivilisation dar. Während die klimaschonende Atomenergie ein Restrisiko ihrer Sicherheit erneut bestätigt, trägt die Verbrennung fossiler Brennstoffe unweigerlich zum Klimawandel bei. Alternative Energien aus natürlichen Quellen, wie Sonnen-, Wind – und Wellenenergie, sind hingegen risikoarm und werden als erneuerbar und klimafreundlich angesehen. Beide Aspekte, die Erneuerbarkeit und die Klimaverträglichkeit, wurden nun erstmals unter thermodynamischer Betrachtung des gesamten Erdsystems von Forschern des Max-Planck-Instituts für Biogeochemie in Jena genauer untersucht.

Dr. Axel Kleidon, Leiter der unabhängigen Max-Planck-Forschungsgruppe „Biosphärische Theorie und Modellierung“, beruft sich auf die anerkannten Gesetze der Thermodynamik, einer etablierten physikalischen Theorie, um zwischen Wärmeenergie und sogenannter „Freier Energie“ zu unterscheiden. „Nur die Freie Energie ist relevant für die Nutzung erneuerbarer Energien“, so Kleidon. Sie bezieht sich auf jenen Anteil einer Energieform, der genutzt werden kann, um physikalische Arbeit zu verrichten, wie zum Beispiel das Hochheben oder Beschleunigen einer Masse, aber auch für die Energieproduktion für die Menschheit. Die natürlichen Grenzen für die Erzeugung von Freier Energie aus natürlichen Quellen auf der Erde wurden bisher kaum beachtet und in der aktuellen Forschung zum Klimawandel und Erneuerbaren Energien stark vernachlässigt. Kleidon und seine Gruppe konnten berechnen, dass die Fähigkeit des Erdsystems, unterschiedliche Formen Freier Energie zu erzeugen, auf ungefähr 1.000 Terawatt begrenzt ist (1 Terawatt entspricht 10^{12} Watt und ist eine Einheit für den Energieverbrauch). „Nur etwa 0,6 Prozent der immensen Energiemenge von etwa 160.000 Terawatt Sonnenenergie, die als Strahlung die Erde erreicht, kann also als Freie Energie genutzt werden“, bestätigt Kleidon die geringe Effizienz der Umwandlung von Sonnenstrahlung in Freie Energie. Vom Menschen werden derzeit nur maximal 50 Terawatt Freier Energie verbraucht.

Diese thermodynamische Sichtweise für die Nutzung erneuerbarer Energien beinhaltet auch, dass verschiedene Arten erneuerbarer Energien unterschiedlich stark begrenzt sind. Wellen werden im Wesentlichen durch Wind erzeugt; Wind entsteht indirekt durch Wärmegradienten und somit letztlich aus der Sonnenenergie. Durch die schlechte Energieumwandlung der Sonnenenergie und wegen ihrer Abhängigkeiten vom Klimasystem sind die erneuerbaren Energiequellen Wind und Wellen daher nur in begrenzter Stärke produzierbar. Ein deutlich erhöhter Verbrauch dieser Energieformen, im Rechenbeispiel durch eine 1000fache Aufstockung heute existierender Anlagen, könnte nicht aufgefüllt werden und in der Folge sogar zu Rückkopplungen mit dem Klimasystem der Erde führen. Der Verbrauch der begrenzten

Postfach 10 01 64
07701 Jena
Hans-Knöll-Straße 10
07745 Jena
Tel.: +49-(0)3641 57-60
Fax: +49-(0)3641 57-70
www.bgc-jena.mpg.de

Direktorium

Prof. Dr. Susan Trumbore
Tel.: +49 3641 57 6110
Fax: +49 3641 57 7100
susan.trumbore@bgc-jena.mpg.de

Prof. Dr. Martin Heimann
Tel.: +49 3641 57 6350
Fax: +49 3641 57 7300
martin.heimann@bgc-jena.mpg.de

Forschungskoordination

Dr. Eberhard Fritz
Tel.: +49 3641 57 6800
Fax: +49 3641 57 7860
efritz@bgc-jena.mpg.de

Öffentlichkeitsarbeit

Susanne Hermsmeier
Tel.: +49 3641 57 6801
Fax: +49 3641 57 7860
sherms@bgc-jena.mpg.de

Wind- und Wellenenergie würde dann über das Klimasystem die Regeneration dieser Energieformen zusätzlich drosseln.

Deutlich besser sieht es bei der Nutzung von Solarenergie aus. Die pflanzliche Photosynthese oder auch Solarkraftwerke können das Sonnenlicht direkt nutzen, um Freie Energie zu produzieren. Trifft die Sonnenstrahlung hingegen ungehindert auf die Erde und erwärmt lediglich den Boden, so ist die Freie Energie der Sonnenergie größtenteils verschwendet. „Damit erhöhen die Photosynthese und Solarzellen die Gewinnung Freier Energie innerhalb des Erdsystems“, erläutert Kleidon. Entscheidend hierbei: nur etwa 5 % der als Freie Energie nutzbaren Sonnenenergie wird bisher vom Mensch verbraucht, es gibt also noch viel Spielraum, diese Energiequelle stärker zu nutzen.

Kontakt am Max-Planck-Institut für Biogeochemie:

Dr. Axel Kleidon

Max-Planck-Institut für Biogeochemie, Jena

Tel.: +49 3641 576217

Fax: +49 3641 577217

Email: akleidon@bgc-jena.mpg.de

Hintergrund-Informationen:

Das **Max-Planck-Institut für Biogeochemie** in Jena erforscht die Kreisläufe essentieller Elemente, insbesondere Kohlenstoff, und ihre Wechselwirkungen zwischen der Biosphäre, der Atmosphäre, der Geosphäre und den Ozeanen. Die Forschungsarbeiten zielen auf die Erfassung der Stoffkreisläufe und ihre Bedeutung für das Klimasystem im globalen Maßstab und für große Zeitskalen. Bedingt durch die Vielseitigkeit des Fachgebietes arbeiten Physiker, Meteorologen, Geologen, Chemiker, Biologen und Mathematiker sehr eng zusammen. Das Institut wurde 1997 gegründet. Näheres siehe www.bgc-jena.mpg.de.

Die unabhängige **Max-Planck-Forschungsgruppe „Biosphärische Theorie und Modellierung“**, die von Dr. Axel Kleidon geleitet wird, benutzt einen thermodynamischen Ansatz zur Beschreibung von Erdsystemprozessen. Die Forschungsarbeiten befassen sich mit erneuerbaren Energien, Biodiversität, planetärer Entwicklung und Prozessen der Landoberfläche (www.bgc-jena.mpg.de/bgc-theory).

Für **weiterführende Informationen** zum Inhalt dieser Pressemeldung finden Sie Fragen und Antworten unter www.bgc-jena.mpg.de/bgc-theory. Die Originaldaten sind veröffentlicht unter:

- L.M. Miller, F. Gans, & A. Kleidon, 2011: Estimating maximum global land surface wind power extractability and associated climatic consequences; *Earth Syst. Dynam.* 2. 1-12, doi: 10.5194/esd-2-1-2011.

- A. Kleidon, 2011: How does the earth system generate and maintain thermodynamic disequilibrium and what does it imply for the future of the planet? *Philosophical Transactions of the Royal Society* (eingereicht), arXiv: 1103.2014v1.



(luigi giordano – Fotolia)



(raven – Fotolia)



Die unabhängige Max-Planck-Forschungsgruppe „Biosphärische Theorie und Modellierung“ am Max-Planck-Institut für Biogeochemie, Jena. (Bild: MPI-BGC)

Hintere Reihe, von links nach rechts: James Dyke, Lee Miller, Axel Kleidon, Ryan Pavlick, Darren Dreyer, Steffen Richter, Philipp Porada, Susanne Arens, Kerstin Sickel, Björn Reu, Corina Buendia, Kristin Bohn.
Vordere Reihe von links: Eugenio Simoncini, Fabian Gans, Stan Schymanski.
Nicht abgebildet: Birgitta Wiehl, Corinne Sacher, Gerhard Bönisch, Natalia Ungelenk.