

Was kostet der Umstieg auf die regenerativen Energien?

G. Ganteför

Fachbereich für Physik, University Konstanz, D-78457 Konstanz, Deutschland

Nach der Katastrophe in Fukushima fordern Bürger aus allen Teilen der Gesellschaft einen raschen Umstieg auf regenerative Energien. Bereits heute sind in Süddeutschland viele Hausdächer mit Photovoltaikanlagen bestückt und in Norddeutschland beherrschen Windräder das Landschaftsbild. Das Abschalten von sieben Kernkraftwerken hatte bislang keine Konsequenzen und auch dies bestätigt die These, dass ein Umstieg auf regenerative Energien rasch umsetzbar sei. Windkraft und Sonnenenergie werden als leistungsstarke Energieträger der Zukunft gehandelt und sie erfreuen sich bereits seit Jahren einer starken Förderung. Trotzdem lag im Jahr 2009 ihr Beitrag zur Primärenergieerzeugung nur bei 1,2 %. Bei den höheren Prozentangaben in den Pressemeldungen wird die Stromerzeugung alleine betrachtet, das heißt, der Primärenergieverbrauch für Verkehr, Heizung und große Teile der Industrieproduktion wird nicht berücksichtigt. Zusätzlich werden Torf und Müll ebenfalls zu den "regenerativen Primärenergien" gezählt, was sachlich falsch ist. Torf ist nicht regenerativ und Müll ist keine Primärenergie, sondern das Abfallprodukt einer Industriegesellschaft, die bis heute ihre Energie zu knapp 90% aus fossilen Energien und der Kernenergie bezieht.

Die Befürworter des Umstiegs betonen, dass nur ein Mix aller regenerativen Energien gemeinsam ausreichen wird. Dabei werden die drei Energieformen Wind, Sonne und Biomasse als gleichwertig behandelt. Das ist erstaunlich, denn diese drei Energieformen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Kosten und ihrem Ausbaupotenzial enorm. Ein drastisches Beispiel ist der Flächenbedarf der Biomasse. Eine einfache Rechnung zeigt, dass Ackerland von der Größe eines Bundeslands benötigt wird, um soviel Strom aus Biomasse zu erzeugen wie sieben Großkraftwerke pro Jahr liefern*. Windenergie und Photovoltaik unterscheiden sich gravierend in den Kosten. So würde die Energie aus Photovoltaik, wenn es die einzige Energiequelle Deutschlands wäre, mehr kosten als das Steueraufkommen des Bundes und der Länder*. Die meisten Länder der Erde sind viel ärmer als Deutschland und können sich die Solarenergie nicht leisten. Daher trägt diese Energieform heute weltweit nur mit verschwindenden 0,01 % zur Energieerzeugung bei. Der teilweise hohe Preis der regenerativen Energien wird von der Bevölkerung nicht wahrgenommen, da die Kosten auf den Preis des günstigen Stroms aus Kohle- und Kernkraftwerken aufgeschlagen werden. In diesem Artikel werden die Ergebnisse einer Analyse* zusammengefasst, in der versucht wird, den wirklichen Preis der verschiedenen Formen der Stromerzeugung glaubwürdig und überprüfbar zu bestimmen. Am Schluss werden daraus die Kosten eines Umstiegs für jeden Haushalt ermittelt.

Es werden nur die heute wirklich bezahlten Kosten betrachtet. Zusätzliche Kosten für Klimaschäden und Risiken wie die Tschernobyl-Katastrophe können nicht erfasst werden. Daneben wird auch der Flächenbedarf der verschiedenen Methoden der Stromerzeugung ermittelt, denn auch die verfügbare Fläche ist begrenzt. Die so ermittelten Kosten pro Kilowattstunde heißen „Stromgestehungskosten“ und beinhalten nicht Abgaben, Steuern und Profite. Eine Obergrenze für die Energiekosten insgesamt ist das Bruttoinlandsprodukt (BIP), der Wert aller Waren und Dienstleistungen. Das BIP liegt bei 2500 Milliarden Euro und der gesamte Endenergieverbrauch inklusive Heizung und Verkehr beträgt 2500 Milliarden Kilowattstunden (kWh). Würde also die Kilowattstunde einen Euro kosten, verschlängen die Energiekosten das gesamte BIP der Volkswirtschaft. Eine sinnvolle Obergrenze liegt bei 10% des BIPs, was einem Kilowattstundenpreis von 10 cts entspricht und das wäre immerhin schon das Doppelte der Ausgaben für die Bildung. Der Preis, den in Deutschland heute ein Endverbraucher für eine Kilowattstunde an Elektrizität bezahlt, liegt bei 20 Cents und damit anscheinend über dem Limit von 10cts/kWh. Allerdings besteht der größte Teil dieser Summe aus Steuern, Abgaben und Profiten. Diese Aufschläge stellen eine Umverteilung dar und es sind keine echten Kosten der Volkswirtschaft. Der wirkliche Preis des heutigen Energiemixes liegt bei ~4 Cents/kWh. Eine ähnliche Rechnung führt auch zu einer Obergrenze für den Flächenbedarf. Er liegt global bei 100 km² für die Erzeugung von einer Milliarde kWh pro Jahr.

Innerhalb der nächsten 20 Jahre lassen sich große Mengen an elektrischer Energie nur aus den folgenden acht Quellen gewinnen: Braunkohle, Steinkohle, Uran, Wasserkraft, Sonnenenergie, Windenergie, Geothermie und Biomasse. Erdöl und Erdgas werden heute kaum zur Stromerzeugung genutzt, aber ihre Stromgestehungskosten sind vergleichbar zu denen der Kohle. Daneben existieren noch viele weitere Methoden wie zum Beispiel Meeresströmungskraftwerke, Gezeitenkraftwerke, Wellenkraftwerke, Meereswärmekraftwerke, Osmosekraftwerke, Aufwindkraftwerke und die Fusion.

Für diese Methoden gibt es aber keine Pläne, neue leistungsstarke Kraftwerke zu bauen und daher werden sie hier nicht weiter betrachtet. Für jede der acht leistungsstarken Energien wurden Kosten und Flächenbedarf für ein existierendes Kraftwerk im Detail analysiert und die Ergebnisse mit denen anderer Studien verglichen. Als Ergebnis lassen sich für jede Energieform Bereiche für die Kosten und den Flächenbedarf angeben (Abb.1). In der Abbildung ist der akzeptable Bereich innerhalb der Grenzwerte weiß markiert. Offensichtlich ist die Photovoltaik in ihrer heutigen Form erheblich zu teuer und die drei Formen der Energieerzeugung aus Biomasse haben einen viel zu großen Flächenbedarf. Ein Solarthermiekraftwerk in der Sahara würde Strom zu einem vielleicht noch akzeptablen Preis von 10-15 cts/kWh produzieren. Allerdings kommen noch Kosten für den Stromtransport hinzu und ein Teil der Energie soll kostenlos an die Gastgeberländer in Nordafrika abgegeben werden. Wird beispielsweise die Hälfte des Stroms abgegeben, verdoppelt sich der Strompreis für den deutschen Verbraucher. Damit würde die Solarthermie in der Sahara aber wieder genauso teuer wie die heimische Photovoltaik werden. Die Windenergie ist erheblich preisgünstiger. Eine Alternative zu einem (vermutlich unbezahlbaren) Solarkraftwerk in der Sahara wäre also beispielsweise der Ausbau der Windenergie in den unbewohnten Hochlandregionen Norwegens.

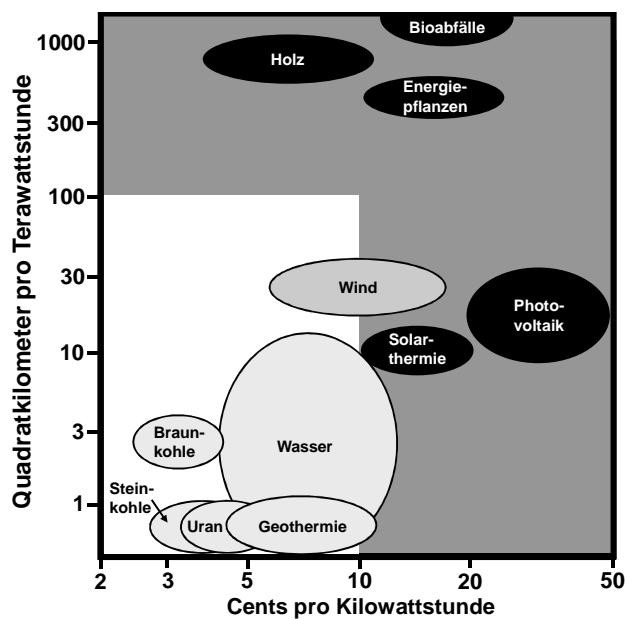


Abb.1. Flächenbedarf und Kosten der hier betrachteten Methoden der Stromerzeugung. Die Daten ergeben sich aus einem Vergleich der eigenen Ergebnisse mit den Daten anderer wissenschaftlicher Studien. Weiß unterlegt ist der akzeptable Bereich innerhalb der Grenzwerte (1 Terawattstunde = 1 Milliarde kWh).

Es stellen sich zwei Fragen zu dem geplanten Umstieg Deutschlands auf regenerative Energien:

1. **Ist ein Umstieg möglich?**
2. **Was kostet er?**

Ist nur die Stromproduktion betroffen, ist ein Umstieg auf regenerative Energien technisch möglich. Der jährliche Endenergieverbrauch an Elektrizität beträgt rund 500 Milliarden Kilowattstunden. Zurzeit stammen bereits 90 Milliarden kWh aus regenerativen Quellen (Tab. 1). Dieser Verbrauch wird trotz der Einsparbemühungen in der Zukunft nicht sinken, da viele Methoden des Energiesparens mit einer Erhöhung des Stromverbrauchs einhergehen. Beispiele dafür sind die Elektromobilität oder die Wärmepumpe. Daher wird hier der aktuelle Stromverbrauch als Richtwert genommen.

Anteil regenerativer Energien am Primärenergieverbrauch der Elektrizität in Deutschland im Jahr 2010 (Gesamtvolumen: rund 500 Milliarden kWh).		
Wasserkraft	20 Milliarden kWh	kaum ausbaubar
Biomasse, Müll, etc.	20 Milliarden kWh	Ausbau problematisch
Wind	38 Milliarden kWh	stark ausbaufähig
Photovoltaik	12 Milliarden kWh	stark ausbaufähig
Summe	90 Milliarden kWh	

*Tab. 1
Anteil regenerativer
Energien an der
Stromerzeugung.*

Es fehlen also 410 Milliarden kWh. Das Potenzial der Wasserkraft ist nahezu ausgeschöpft. Der Anteil der Biomasse darf nicht weiter gesteigert werden, denn Nahrungsmittel werden dringend in den armen Ländern benötigt. Um also die fehlenden 410 Milliarden kWh zu erzeugen, müssen Windkraft und Photovoltaik auf die achtfache Kapazität ausgebaut werden. Jährliche Kapazitätssteigerungen von 5 bis 10 Milliarden kWh Stromerzeugung sind bei Windkraft und Photovoltaik technisch machbar. Zusammen können pro Jahr also 20 Milliarden kWh hinzukommen, so dass in 20 Jahren tatsächlich 100% des Stroms aus erneuerbaren Energien erzeugt werden können. Die zusätzlichen Kosten dafür lassen sich unter der Annahme, dass Photovoltaik und Windenergie jeweils zur Hälfte beitragen, abschätzen. Von den niedrigsten in der Literatur genannten Stromgestehungskosten (Photovoltaik 30 cts/kWh, Wind on-Shore 8 cts/kWh, Wind off-Shore 14 cts/kWh) werden jeweils 4 cts/kWh für die Stromgestehungskosten des heutigen Strommixes abgezogen, um die Mehrkosten zu errechnen. Das Ausbaupotenzial für off-shore Windparks ist erheblich größer als für Windparks an Land (Annahme: 3x). Zusätzlich müssen Kraftwerkskapazitäten für den Fall bereitgehalten werden, wenn Sonne und Wind ausfallen. Diese Aufgabe müssen konventionelle Kraftwerke übernehmen. Diese Bereitstellung kostet etwa soviel wie der Strom aus einem Kohlekraftwerk ohne die Brennstoffkosten, also rund 2 cts/kWh oder 8,2 Milliarden Euro pro Jahr. Hinzu kommen noch Kosten für den Netzausbau, um zum Beispiel die Windenergie aus Norddeutschland nach Süddeutschland zu transportieren. Die Angaben über diese Kosten sind allerdings widersprüchlich und werden hier nicht berücksichtigt. Das Ergebnis dieser Schätzung der Mehrkosten eines Umstiegs zeigt Tab.2.

Zusätzliche Kosten für die Erzeugung von 410 Milliarden kWh an Elektrizität (Annahmen: Solar/Wind = 1/1, Off-Shore/OnShore = 3/1)			
Energieform	Preisauflschlag in cts/kWh	Beitrag in Milliarden kWh	Kosten in Milliarden Euro
Photovoltaik	30 - 4 = 26	205	53,3
Wind on-shore	8 - 4 = 4	50	2
Wind off-shore	14 - 4 = 10	155	15,5
Kraftwerkskapazität	2	410	8,2
Mehrkosten pro Jahr	79 Milliarden Euro		

*Tab. 2
Schätzung der Mehrkosten
eines vollständigen Umstiegs
in der Stromerzeugung auf
regenerative Energien.*

Insgesamt ergibt die Schätzung Mehrkosten in der Höhe von 79 Milliarden Euro oder 165 Euro pro Haushalt und pro Monat (es gibt rund 40 Millionen Haushalte in Deutschland). Diese Mehrkosten werden teilweise den Privathaushalten direkt in Form erhöhter Stromrechnungen entstehen. Die höheren Stromkosten für die Industrieproduktion wird letztlich auch der Bürger tragen, denn die Produkte werden entsprechend teurer. Die regenerative Energie kann steuerlich begünstigt werden und so zunächst preisgünstiger erscheinen. Aber auch hier wird letztlich der Bürger die Rechnung bezahlen, denn die Steuereinnahmen fehlen dann anderswo und der Staat muss für Leistungen, die früher kostenlos waren, Gebühren erheben (zum Beispiel Studiengebühren). Sollte der Umstieg auf regenerative Energien den gesamten Endenergieverbrauch von 2500 Milliarden kWh betreffen, müssten nochmals 2000 Milliarden kWh, also die fünffache Energiemenge aus Tab. 2, durch regenerative Energien erzeugt werden. Das würde nochmals Kosten von 800 Euro pro Haushalt und Monat mit sich bringen. Das ist nicht bezahlbar. Stattdessen wird es zu massiven Energieeinsparungen verbunden mit erheblichen Änderungen im Leben der Bürger kommen. Der

Individualverkehr und die Wirtschaftproduktion müssen massiv eingeschränkt werden. Aber die Industrieproduktion wird bei so hohen Energiekosten ohnehin nicht mehr konkurrenzfähig gegenüber denjenigen Ländern sein, die weiterhin ihre Energie aus Erdöl, Erdgas, Kohle und Uran beziehen.

Es ist unvorstellbar, wie der gesamte Endenergieverbrauch Deutschlands in der Höhe von 2500 Milliarden kWh aus rein regenerativer Energie heraus erzeugt werden soll. Ein Umstieg allein bei der Stromerzeugung ist möglich, aber nicht billig. Es kommen Mehrkosten in der Größenordnung von geschätzten 165 Euro pro Monat und pro Haushalt auf die Bürger zu. Je höher dabei der Anteil der Sonnenenergie ist, umso teurer wird es. In Studien der Befürworter eines Umstiegs wird häufig der heute gültige Endverbraucherpreis von rund 20 cts/kWh mit den Stromgestehungskosten der regenerativen Energien verglichen. Das führt rechnerisch zu geringeren Mehrkosten, da der Endverbraucherpreis wegen der Steuern, Abgaben und Profite höher liegt als die eigentlichen Stromgestehungskosten der klassischen Energien. Ein Vergleich von Stromgestehungskosten mit einem Endverbraucherpreis ist irreführend.

* Dies ist eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse eines längeren Artikels, der vom Autor (Email: gerd.gantfoer@uni-konstanz.de) angefordert werden kann.