

# „Erneuerbare“ Energie – Solar- und Windenergie: Kapitalkosten und Effektivität im Vergleich

combined renewable energy: Effectiveness and Costs

Annual Output TWh	Equivalent Output MW	capacity factor	Ren cost
5,273	5,273 MW	11.2%	\$18
25,217	25,217 MW	23.9%	\$31
30,490	30,490 MW	20.0%	\$50

Die entsprechenden Daten zeigt diese Tabelle:

USA - Germany - United Kingdom combined renewable energy: Effectiveness and Costs

	Nameplate Capacity MW	Stated Annual yield GWh	Equivalent Output MW	capacity factor	Renewable cost \$million	Gas Fired cost \$million	cost comparison with Gas Fired power	% generating capacity: 570GW
Solar	47,213 MW	46,190 GWh	5,273 MW	11.2%	\$182,856	\$5,394	times 33.90	
Wind	105,614 MW	220,901 GWh	25,217 MW	23.9%	\$318,574	\$25,797	times 12.35	
Renewables US - D - UK	152,827 MW	267,091 GWh	30,490 MW	20.0%	\$501,430	\$31,191	times 16.08	5.3%

Alles in allem zeigen diese Zahlen, dass diese drei westlichen Nationen in einer Größenordnung von mindestens 500 Milliarden Dollar allein an Kapitalkosten aufgebracht haben (konservativ geschätzt und nur die primären Kapitalkosten), nur um Strom erzeugende Kapazitäten mittels Erneuerbarer zu schaffen.

Nominell sollte diese proklamierte Erzeugungskapazität von ~153 GW etwa 26% ihrer Gesamt-Stromerzeugung ausmachen, wenn es voll effektiv wäre. Weil es jedoch einen unvermeidlichen Kapazitätsfaktor von rund 20% gibt, der für alle Erneuerbaren gilt, ergibt sich als tatsächliche kumulative Energie aus diesen erneuerbaren Quellen lediglich 5% der Gesamt-Stromerzeugung für diese Nationen.

Für Solarenergie gilt, dass die Kosten etwa 34 mal so hoch sind wie die vergleichbare Erzeugung durch Gas, aber 9 mal weniger effektiv.

Bei Windkraft sind es nur etwa 12 mal so hohe Kosten und 4 mal geringer effektiv.

Der gleiche Gesamt-Strom-Output könnte mittels konventioneller Erdgaserzeugung für etwa 31 Milliarden Dollar oder einem Sechzehntel der tatsächlichen Kapitalkosten erzielt werden. Wäre konventionelle Gaserzeugungs-Technologie genutzt worden, hätten die gesamten ~31 GW Erzeugungskapazität eine sichere und ununterbrochene Stromerzeugung gewährleistet, wann und wo sie gebraucht wird.

Die folgenden Berechnungen stellen konservative Schätzungen der Kapitalkosten für die Installation Erneuerbarer dar. Sie diskontieren vollständig die hauptsächlichlichen zusätzlichen Kosten von:

- stützender Backup-Erzeugung,

- Anbindung an das Netz aus abgelegenen Orten
- die großen Differenzen der Kosten fortgesetzter Wartung.

Angesichts dessen, dass alle Technologien hinsichtlich erneuerbarer Energie nur mit Unterstützung üppiger Subventionen seitens der Regierung [= der Steuerzahler] sowie Markteingriffen und Marktmanipulationen realisierbar sind – kann dies ein verantwortungsvoller Umgang mit öffentlichen Fonds oder ein guter Grund für steigende Energiekosten sein, und zwar für Individuen und die Industrie in der westlichen Welt gleichermaßen?

Folgende Datenquellen für die USA, Deutschland und UK wurden begutachtet:

USA: Verfügbare Daten 2000 bis 2012

<http://www.nrel.gov/docs/fy14osti/60197.pdf>

Deutschland: Daten verfügbar von 1990 bis 2013

[http://en.wikipedia.org/wiki/Wind\\_power\\_in\\_Germany](http://en.wikipedia.org/wiki/Wind_power_in_Germany)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_power\\_in\\_Germany](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_power_in_Germany)

UK: Daten Verfügbar von 2008 bis 2013

[http://en.wikipedia.org/wiki/Wind\\_power\\_in\\_the\\_United\\_Kingdom](http://en.wikipedia.org/wiki/Wind_power_in_the_United_Kingdom)

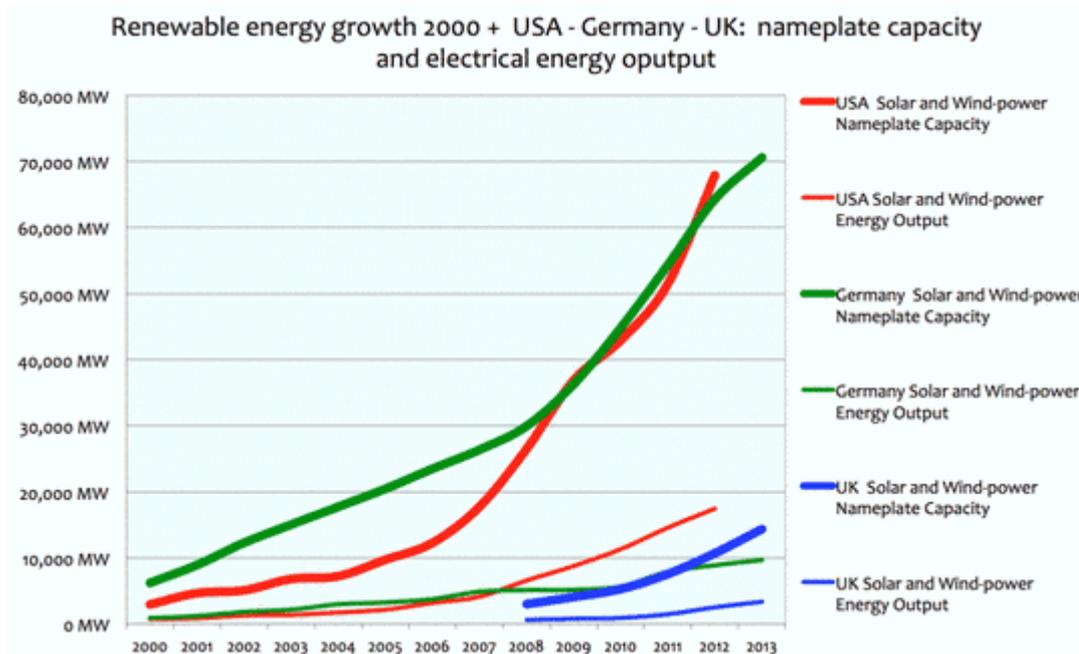
[http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_power\\_in\\_the\\_United\\_Kingdom](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_power_in_the_United_Kingdom)

Anmerkung: Diese Datenquellen wurden verwendet, weil sie normalerweise grün orientiert sind und weil es daher unwahrscheinlich ist, dass sie von den Befürwortern der anthropogenen globalen Erwärmung in Frage gestellt werden.

Diese oben gelisteten Daten stellen installierte „Nennwert“-Kapazitäten zur Verfügung, gemessen in Megawatt (MW), und Energie-Output gemessen das ganze Jahr über in Gesamt-Gigawattstunden (GWh). Folglich sind es keine direkt vergleichbaren Werte, da die Nennleistung in Megawatt und der tatsächlich erzielte Output angegeben sind. Für diesen Vergleich wurden die jährlichen Gigawattstunden hin zu äquivalenten Megawatt revidiert, für alle 8760 Stunden im Jahr, wie es Prof. David MacKay in „Sustainable Energy – without the hot air“ auf Seite 334 angeführt hat.

Obwohl hierdurch die unvorhersagbaren und variablen Effekte der Periodizität und der Nicht-Verfügbarkeit, die für erneuerbare Energiequellen charakteristisch sind, eliminiert werden, ergibt sich ein konservativ vergleichbarer Wert des aktuellen Energie-Outputs, der folglich potentiell verfügbar ist.

Damit kann man die Kapazitätsfaktoren berechnen in Relation zu Erneuerbaren-Technologien in jeder Nation. Die folgende Graphik zeigt die Historie von Installationen erneuerbarer Energie (Solar und Wind zusammen) sowie den Fortschritt Jahr für Jahr hinsichtlich des tatsächlich erzeugten Stromes.



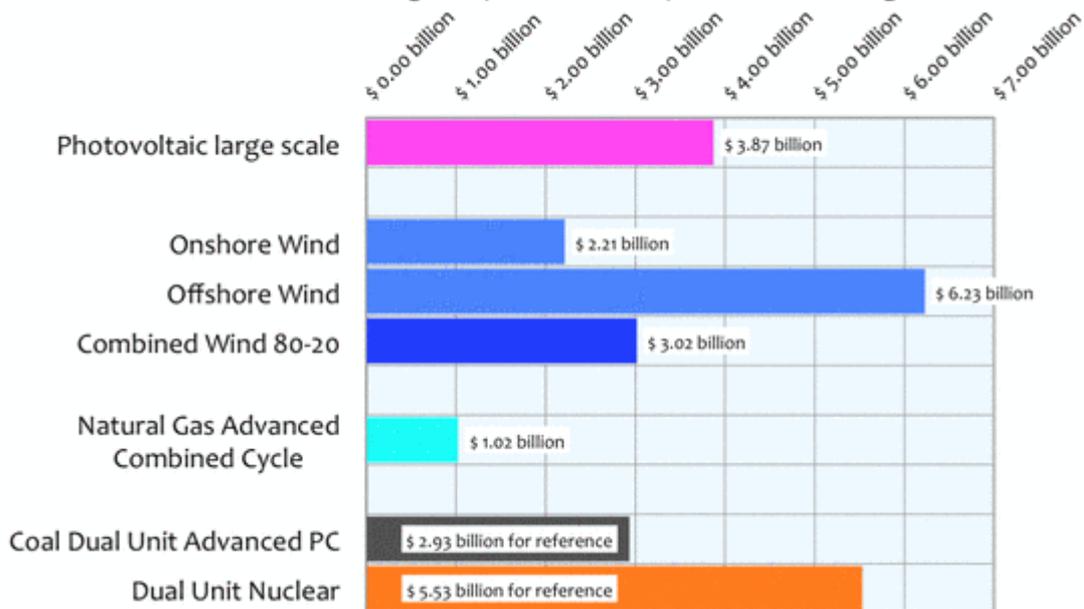
Die Energy Information Association EIA stellt die Informationen bzgl. Kapitalkosten in US-Dollar für die USA zur Verfügung. Diese Kapitalkosten werden für vergleichbare Ziele benutzt, berücksichtigen aber nicht Währungsschwankungen und andere lokale Finanzfaktoren.

[http://www.eia.gov/forecasts/capitalcost/pdf/updated\\_capcost.pdf](http://www.eia.gov/forecasts/capitalcost/pdf/updated_capcost.pdf)

Die EIA USA veröffentlicht umfassende Informationen zu den Kapitalkosten alternierender Stromerzeugungs-Technologien, und zwar in Tabelle 1 ihres Berichtes 2013. Aus dieser vollständigen Liste betrachten diese Anmerkungen drei Technologien:

- Photovoltaik in großem Maßstab: dies ist die wirtschaftlichste aller PV-Technologien mit rund 3,8 Milliarden pro GW.
- Kombiniert Wind 18-20: zusammengeführte Onshore 80% und Offshore 20% Wind bei rund 3,0 Milliarden Dollar pro GW
- Kombiniertes fortschrittlicher Erdgas-Zyklus: die teuerste technische Option beträgt etwa 1,0 Milliarden Dollar pro GW.

Overnight Capital Costs compared: \$billion / Gigawatt



„Kapitalkosten über Nacht“ (als ob eine Installation zur Stromerzeugung über Nacht errichtet wurde), ist die Standard-Vergleichszahl für Kapitalkosten in der Energieindustrie. Die hier verwendeten speziellen Kapitalkosten über Nacht enthalten:

- Zivile und strukturelle Kosten
- Mechanische Ausrüstung, Transport und Installation
- Elektrische und anderweitige Instrumentierung und Kontrolle
- Projizierte indirekte Kosten
- Kosten anderer Eigentümer: Design-Studien, gesetzliche Abgaben, Versicherungskosten, Eigentumssteuern und lokale Anbindung an das Netz.

Nicht enthalten in diesen Kapitalkosten über Nacht sind im Einzelnen:

- Bereitstellung von Backup-Stromversorgung, „verfügbare Reserve“ [spinning reserve], wenn erneuerbare Energie nicht verfügbar ist.
- Treibstoffkosten für die tatsächliche Erzeugung und die verfügbare Reserve
- Kosten für Zugangswege zu abgelegenen Stellen
- Erweiterte elektrische Verbindungen zum Netz
- Wartung
- Finanzierung usw.

Diese aus ‚Kapitalkosten über Nacht‘ ausgeschlossenen zusätzlichen Kosten für erneuerbare Energie bedeuten, dass deren Nutzung möglicherweise bedeutend weniger ökonomisch ist als die in diesen Tabellen gezeigten Vergleiche. Zusätzlich zu diesen Vergleichen werden die EIA-Daten genannt in US-Dollar.

Diese Ergebnisse dienen vornehmlich vergleichenden Zwecken und nehmen nicht für sich in Anspruch, präzise Angaben zu den tatsächlichen Ausgaben in den verschiedenen Nationen und durch Regierungen zu zeigen. Allerdings zeigen sie deutlich die Größenordnung der involvierten Kapitalsummen.

Sie erlauben auch die Berechnung vergleichender Zahlen zwischen der Erzeugung erneuerbarer Energie und der Standard-Stromerzeugung mit Gas. Die Ergebnisse für die individuellen Nationen in tabellarischer Form unter Verwendung der EIA-Daten zu ‚Kapitalkosten über Nacht‘ folgen hier: Die Ergebnisse der Erzeugung erneuerbaren Stromes in jedem Land werden graphisch gezeigt:

United States of America 2012

	Nameplate Capacity MW	Stated Annual yield GWh	Equivalent Output MW	capacity factor	Renewable cost \$million	Gas Fired cost \$million	cost comparison with Gas Fired power	% generating capacity: 462GW	
Solar	7,890 MW	12%	12,775 GWh	1,458 MW	18.5%	\$30,558	\$1,492	times 20.48	
Wind	60,005 MW	88%	140,089 GWh	15,992 MW	26.7%	\$180,999	\$16,360	times 11.06	
Renewables USA	67,895 MW		152,864 GWh	17,450 MW	25.7%	\$211,557	\$17,852	times 11.85	3.8%

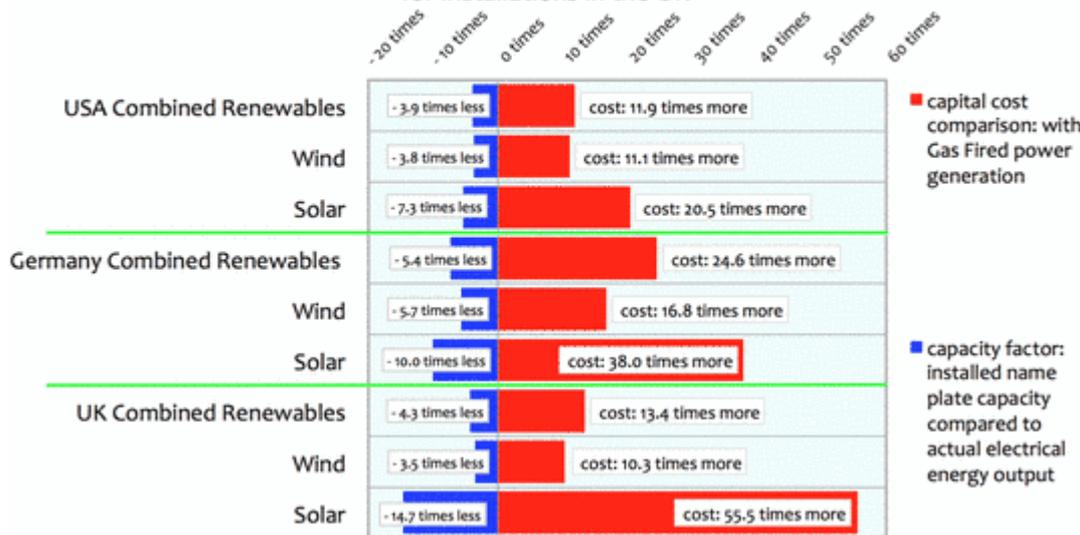
Germany 2013

	Nameplate Capacity MW	Stated Annual yield GWh	Equivalent Output MW	capacity factor	Renewable cost \$million	Gas Fired cost \$million	cost comparison with Gas Fired power	% generating capacity: 66GW	
Solar	35,948 MW	51%	31,400 GWh	3,584 MW	10.0%	\$139,227	\$3,667	times 37.97	
Wind	34,633 MW	49%	53,400 GWh	6,096 MW	17.6%	\$104,467	\$6,236	times 16.75	
Renewables Germany	70,581 MW		84,800 GWh	9,680 MW	13.7%	\$243,694	\$9,903	times 24.61	14.7%

United Kingdom 2013

	Nameplate Capacity MW	Stated Annual yield GWh	Equivalent Output MW	capacity factor	Renewable cost \$million	Gas Fired cost \$million	cost comparison with Gas Fired power	% generating capacity: 42GW	
Solar	3,375 MW	24%	2,015 GWh	230 MW	6.8%	\$13,071	\$235	times 55.55	
Wind	10,976 MW	76%	27,412 GWh	3,129 MW	28.5%	\$33,108	\$3,201	times 10.34	
Renewables UK	14,351 MW		29,427 GWh	3,359 MW	23.4%	\$46,179	\$3,437	times 13.44	8.0%

Overall Renewable Energy, (Wind and Solar), capital costs and capacity factors compared with standard Gas Fired generation for installations in the UK



In den USA ist Solarenergie noch vergleichsweise erfolgreich, weil sie hauptsächlich in südlichen Breiten installiert ist, aber in Deutschland ist es ernsthaft schwierig, in Solar zu investieren, ist es doch doppelt so teuer wie in den USA und nur halb so effektiv. Solarenergie in UK ist wiederum ist 55 mal teurer und halb so effektiv wie in Deutschland. Glücklicherweise trägt Solarerzeugung in UK nur etwa 25% zum Energiemix bei. Windenergie ist in den

USA nur zu 26% so effektiv wie Gasstrom und etwa 11 mal teurer als dieser. In Deutschland ist Windenergie 50% teurer und substantiell weniger effektiv als in den USA. Windenergie in UK ist ebenfalls etwa 11 mal so teuer, ähnlich wie in den USA, aber wegen der Windbedingungen effektiver als in Deutschland.

Außerdem gibt es auch eine große Diskrepanz in den von der EIA genannten Wartungskosten. Im Vergleich zu einem Standard-Gaskraftwerk sieht der Vergleich der Wartungskosten so aus:

- Photovoltaics times ~1.6
- Onshore Wind-Power times ~2.6
- Offshore Wind Power times ~4.9
- Combined Wind 80 – 20 times ~4.0
- Coal (without CCS) times ~1.9 (included for reference)
- Nuclear times ~6.1 (included for reference)

Auch gibt es bedeutende zu beantwortende Fragen über die Lebensdauer und die Widerstandsfähigkeit der Wind- und Solartechnologien: Dies ist besonders problematisch für Offshore-Windparks.

<http://notrickszone.com/2014/09/11/spiegel-germanys-large-scale-offshore-wind-park-dream-morphs-into-an-engineering-and-cost-nightmare/>

Eine zusätzliche detailliertere Analyse könnte sehr gut zu dem Ergebnis kommen, dass trotz der praktisch kostenlosen Energie bei der Entwicklung, Herstellung und Installation sowohl von Solar- als auch von Windenergie größere Mengen CO<sub>2</sub> emittiert werden. Die tatsächlichen Einsparungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen halten sich daher vielleicht während der installierten Lebensdauer sehr in Grenzen.

<http://sunweber.blogspot.fr/2014/11/prove-this-wrong.htm>

### **Sporadische Natur und Nicht-Verfügbarkeit**

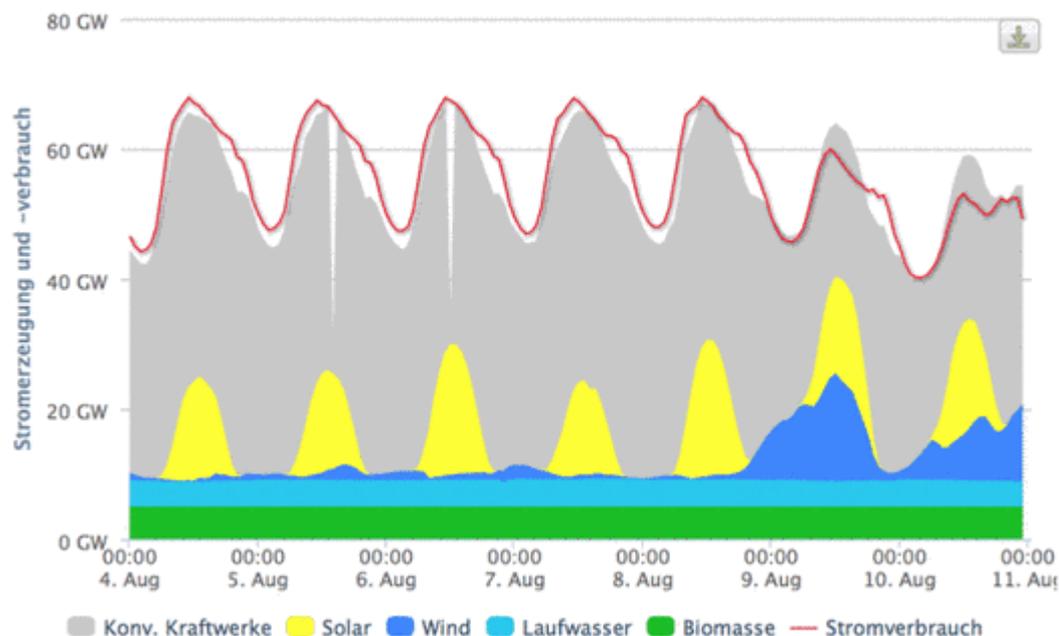
Allerdings gibt es immer noch ein weiteres fundamentales Problem mit allen Quellen erneuerbarer Energie. Ihr Stromoutput ist sporadisch und nicht immer verfügbar. Ihr Stromoutput kann nicht auf die Stromnachfrage reagieren, falls und wenn der Strom gebraucht wird. Die Energie wird dem Netz in planloser Manier zugeführt, abhängig vom Wetter. Diesen Effekt kann man dem Diagramm unten entnehmen, das den Stromoutput in Deutschland in einer Woche im August 2014 zeigt, einer optimalen Periode für jedweden Solarenergie-Input. Strom

war mit Sicherheit nicht immer verfügbar, als es erforderlich war.

<http://notrickszone.com/2014/07/21/germanys-habitually-awol-green-energy-installed-windsolar-often-delivers-less-than-1-of-rated-capacity/>

<http://www.agora-energiewende.org/service/recent-electricity-data/stromerzeugung-und-verbrauch/>

<http://www.ukpowergeneration.info>



Solarenergie variiert unvermeidlich abhängig von der Tageszeit, dem Wetterverlauf und natürlich auch grundlegend im Laufe der Jahreszeiten. Solarenergie ist am effektivsten in äquatornäheren Breiten und kann in Nordeuropa nicht ernsthaft effektiv sein. Im obigen Beispiel der Augustwoche 2014 variierte der Windkraft-Input zwischen 15,5 GW und 0,18 GW, und der solare Beitrag variierte von Null bis etwa 15 GW. Folglich ergab sich durch diese Variabilität der erneuerbaren Energie kombiniert mit der „Pflicht der Erneuerbaren“, die laut Gesetz falls verfügbar bevorzugt zu nutzen ist, eine Nachfrage nach konventioneller Erzeugung zwischen ~23 GW und ~47 GW während dieser Zeit. Die massive Zuwendung Deutschlands zu Solarenergie kann kurzzeitig in den Mittagsstunden an sonnigen Sommertagen etwa 20% der landesweiten Stromnachfrage decken, aber zu Zeiten maximaler Stromnachfrage an Winterabenden ist der solare Energieinput logischerweise Null. Aber gleichzeitig ist der Windkraft-Output genauso variabel wie in den Sommermonaten.

<http://theenergycollective.com/robertwilson190/456961/reality-check-germany-does-not-get-half-its-energy-solar>

In Deutschland ist die Sonneneinstrahlung und die Bewölkungsverteilung ähnlich wie in Alaska, und in UK, das sogar noch nördlicher liegt, ist die Solarausbeute noch schlechter. Stromerzeugung durch Windturbinen ist genauso flatterhaft wie in der Woche im Juli 2014, in der die Stromerzeugung aus Wind in ganz Deutschland viele Tage lang nahe Null lag. Ein stabiles

Hochdruckgebiet mit geringem Wind in ganz Nordeuropa ist ein normales Ereignis in den Wintermonaten, wenn der Strombedarf am höchsten ist. Im Gegenzug kann der Output erneuerbarer Energie in anderen Jahreszeiten weit über die Nachfrage hinausgehen und muss teuer und unproduktiv entsorgt werden. Dies ist vor allem deswegen so, weil es keine Lösung hinsichtlich Stromspeicherung im industriellen Maßstab gibt. Aus diesem Grunde taucht das Wort „nominell“ immer wieder in diesen Noten auf in Relation zur Nennleistung erneuerbarer Energiequellen.

**Unter dem Strich: diese drei Nationen haben sich massiven Investitionen in erneuerbare Energie verschrieben. Konservativen Schätzungen zufolge summieren sich diese Investitionen auf 500 Milliarden Dollar oder etwa 2,2% des kombinierten jährlichen BIP.**

**Diese Investitionen haben „nominell“ zu etwa 31 GW Erzeugungskapazität geführt bei einer installierten Nennleistung von etwa 150 GW. Dies ist „nominell“ etwa ein Viertel der gesamten installierten Nennleistung.**

**Aber diese nominellen 31 GW Output erneuerbarer Energie sind nur etwa 5,4% der insgesamt installierten Nennleistung von etwa 570 GW. Selbst diese 31 GW Erzeugung durch Erneuerbare ist nicht wirklich so zu gebrauchen, wie man sich das wünscht, und zwar wegen der Unregelmäßigkeiten und der Nicht-Verfügbarkeit.**

Link:

<http://wattsupwiththat.com/2014/11/21/renewable-energy-solar-and-wind-power-capital-costs-and-effectiveness-compared/>

Übersetzt von [Chris Frey](#) EIKE