

Windstrom
in Baden-Württemberg
2013

Analyse der
15minütigen Einspeisedaten
des baden-württembergischen
Übertragungsnetzbetreibers

TransnetBW



Bürgerinitiative
Gegenwind Straubenhardt
Jürgen Falkenberg

Vorbetrachtungen, Quellen und Haftungsausschluss

Das Erneuerbare Energien Gesetzes regelt in § 47 bis § 52, dass die Übertragungs-Netzbetreiber Kenndaten und Stromertrag der Wind-Energie-Anlagen in ihrem Netzbereich zu veröffentlichen haben. Neben Tennet, 50Hertz und Amprion für das restliche Bundesgebiet ist die TransnetBW GmbH der verantwortliche Netzbetreiber für die Fläche von Baden-Württemberg:



Auf den Internetseiten der TransnetBW GmbH www.transnetbw.de sind die Kenndaten der in Baden-Württemberg errichteten Wind-Energie-Anlagen abrufbar:

<http://www.transnetbw.de/de/eeg-kwk-g/eeg/eeg-anlagendaten?netzbetreiber=0&plz=75228&spannungsebene=0&inbetriebnahme=0&wind=1>

Daneben können auf den Internetseiten von TransnetBW die Einspeisedaten der WKA in Baden-Württemberg in 15minütiger Auflösung auch für zurückliegende Zeiträume abgerufen werden:

<http://www.transnetbw.de/de/kennzahlen/erneuerbare-energien/windenergie?app=wind&activeTab=graph&auswahl=day&date=01.12.2014&selectMonat=2&selectJahr=2014>

Ebenso kann die 15minütig aufgelöste Netzlast für weitere Auswertungen abgerufen werden:

<http://www.transnetbw.de/de/kennzahlen/lastdaten/vertikale-netzlast?app=vertNetzlast&activeTab=graph&auswahl=day&date=19.11.2014&selectMonat=0&selectJahr=2014&selectMonatDownload=0>

Weitere energiewirtschaftliche Daten und Auswertungen, auf die in dieser Ausarbeitung zurückgegriffen wird, können auf den Internetseiten des energiewirtschaftlichen Instituts der FH Aachen, Prof. Dr. Helmut Alt und des Fraunhofer Instituts ISE, Freiburg heruntergeladen werden:

www.alt.fh-aachen.de

www.ise.fraunhofer.de

Daten und Auswertungen sowohl dieser Arbeit der BI Straubenhardt als auch der zugrundeliegenden Datenbestände von TransnetBW, Fachhochschule Aachen und Fraunhofer Institut wurden mit größtmöglicher Sorgfalt vorgenommen. Eine Haftung für mögliche Irrtümer wird ausgeschlossen..

Auswertung Windstromerzeugung 2013

Die Auswertung der Anlagendaten ergibt zu Jahresbeginn einen Bestand von 369 Windrädern mit einer gesamten Nennleistung von 592 Megawatt. Im Verlaufe des Jahres erfolgt ein Zubau von 27 WKA mit weiteren 83 MW Nennleistung auf einen Schlussbestand von 396 Windrädern mit einer Gesamtleistung von 675 MW am 31.12.2013.

Die Stromeinspeisung der Windkraft schwankt in großem Umfang zwischen 0 MW, d.h. keines der in Baden-Württemberg installierten Windräder erzeugte infolge flächendeckender Flaute Strom und einem Spitzenwert von 535 MW am 18. September 2013 um 15:30 als mit 84,9% der installierten Gesamtleistung nahezu alle Windräder für 15 Minuten ihre Nennleistung abgaben.

Im Jahresdurchschnitt lag die Windstromeinspeisung bei nur 59,3 MW. Das waren 9,2% der jahresdurchschnittlich installierten Gesamtkapazität von 632,9 MW und entspricht 809,6 Volllaststunden.

Die Windeinspeisung verteilt sich im Detail wie folgt:

2013	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Gesamt
Windräder (Dez 12=369) [Stk]		+12	+4							+9	+4		396
Installierte Leistung [MW]	592	606,5	625,5	630	630	630	630	630	630	646	669,5	675	632,9
Stromerzeugung [MWh]	21.231	16.154	35.774	17.637	52.613	38.071	30.104	24.303	52.274	66.449	75.394	89.886	519.888
mittlere Leistung [MW]	28,5	24,0	48,1	24,5	70,7	52,9	40,5	32,7	72,6	89,3	104,7	120,8	59,3
Abweichung mittl. Leistung [MW]	-30,8	-35,3	-11,3	-34,9	11,4	-6,5	-18,9	-26,7	13,3	30,0	45,4	61,5	
Volllaststunden [h]	35,9	26,6	57,2	28,0	83,5	60,4	47,8	38,6	83,0	102,9	112,6	133,2	809,6
Verfügbarkeit [%]	4,8%	4,0%	7,7%	3,9%	11,2%	8,4%	6,4%	5,2%	11,5%	13,8%	15,6%	17,9%	9,2%
minimale Leistung [MW]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
maximale Leistung [MW]	172	154	352	207	431	351	306	289	535	511	491	507	535
Kumulierter Speicherbedarf [MWh]	28.112	46.715	63.205	80.381	89.698	89.698	91.691	110.434	113.016	113.016	113.016	113.691	113.691

Tabelle 1: Installierte Windräder und Windstromerzeugung 2013

Soll Windstrom eine Versorgungsaufgabe in der Energiewirtschaft übernehmen, muss eine feste Einspeiseleistung, beispielsweise die jahresdurchschnittliche Einspeiseleistung von 59,3 MW für jeden Zeitpunkt des Jahres sichergestellt werden (Grundlast). Aktuell gleichen in Schwachwindzeiten konventionelle Kraftwerke fehlenden Windstrom aus. Herrscht umgekehrt ein Überangebot an Windstrom, muss dieser an der Strombörse in Leipzig europaweit veräußert werden.

Die als eigentliches Ziel der Energiewende formulierte Einsparung von CO₂ kann aber nur möglich werden, wenn die Glättung des schwankenden Windstroms an den Bedarf nicht mehr durch fossile Kraftwerke sondern durch Speicherung des überschüssigen Stroms erfolgt. Die einzige derzeit für Großanlagen verfügbare Technologie sind Pumpspeicherwerke. Aufgrund ihres großen Platzbedarfs sowie der hohen Herstellungskosten und gravierenden Natureingriffe sind sie aber ungeeignet und neue Speichertechniken für großtechnischen Einsatz werden gesucht. Ob und wann solche Stromspeicher in der erforderlichen Menge verfügbar sein könnten, ist derzeit nicht abzusehen.

Um den Speicherbedarf zu bestimmen, mit dem die Schwankungen des Windstroms zur Sicherung der Jahresdurchschnittserzeugung 59,3 MW ausgeglichen werden können, müssen Einspeisung und Soll ständig verglichen und die Abweichungen addiert werden. Der monatlich saldierte Wert ist in der Tabelle als 'Kumulierter Speicherbedarf' und als Graph in Diagramm 2 wiedergegeben. Im Jahr 2013 lag die Windstromerzeugung bis September durchgängig unter dem Jahresdurchschnitt. Am 9. September 00:45 Uhr erreichte der Speicher den geringsten Füllstand mit -112.954 MWh. Stärkerer Wind ab September glich das Defizit bis Ende Dezember wieder aus und am 29.12 um 23:15 wurde kurzzeitig ein geringfügiger Überbestand von 737 MWh erreicht. Um 59,3 MW Windstrom in 2013 durchgängig sicherzustellen, wäre also ein Stromspeicher mit einer Kapazität von 113.691 MWh Kapazität erforderlich gewesen. Das sind 21,9% der gesamten Windstromerzeugung.

Windstromeinspeisung 2013

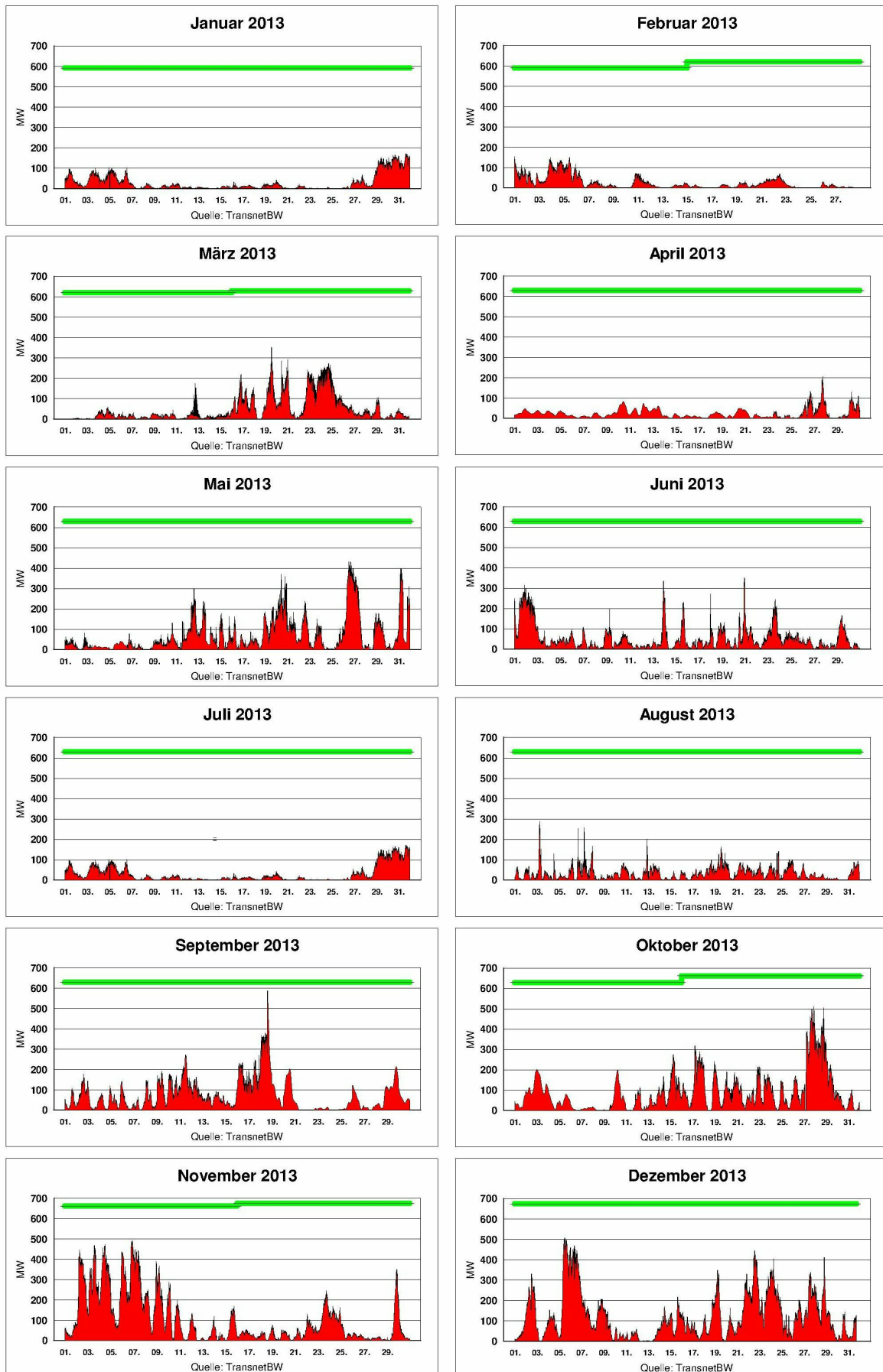


Diagramm 1: Windstromeinspeisung (rot) und installierte Nennleistung (grün) im Verlauf 2013

Kumulierter Speicherbedarf Windstrom 2013

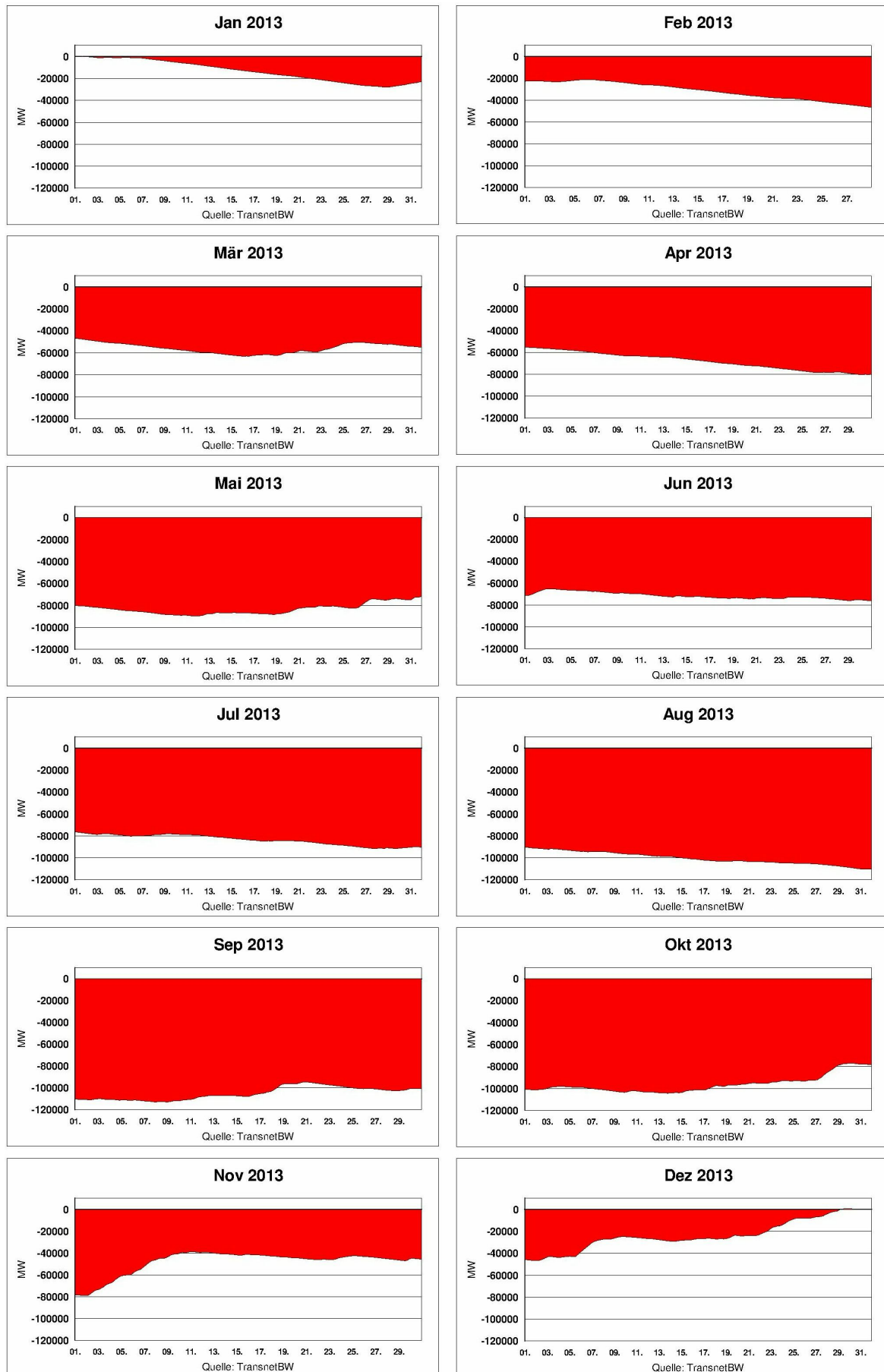


Diagramm 2: Speicherbedarf zur Sicherung der mittleren Jahreseinspeiseleistung 59,3 MW

Betriebsstunden nach Windstromleistung

Da Stromspeicher in der notwendigen Größe auf unabsehbare Zeit nicht verfügbar sein werden, ist in Tabelle 2 die Anzahl der Betriebsstunden zusammengestellt, in denen Windstrom bestimmte Quoten der installierten Kapazität erreicht. Hier ist zu ersehen, dass konventionelle Kraftwerke auch weiterhin die meiste Zeit des Jahres fehlenden Windstrom ausgleichen müssen.

286,50 Stunden (= 11,9 Tage = 3,3%) waren windstill (0 MW), es wurde kein Windstrom erzeugt.

1634,75 Stunden (= 68,1 Tage = 18,7%) blieb die Einspeiseleistung unter 7 MW (1%).

4556,25 Stunden (= 6,2 Monate = 52,0%) blieb die Erzeugung unter 5% und

6146 Stunden (= 8,5 Monate = 70,2%) blieb Windstrom unterhalb 10% der Nennleistung.

An nur 180,5 Stunden (2,1%) übertrafen die Windräder in BaWü 50% der installierten Leistung:

2013	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Gesamt
Betriebsstunden = 0 % [h]	62,75	72,50	35,25	11,75	19,00	1,50	13,00	6,25	29,75	16,00	9,75	9,00	286,50
Betriebsstunden < 1 % [h]	268,25	253,25	173,25	141,00	94,00	76,50	136,50	146,25	111,50	92,50	85,25	56,50	1634,75
Betriebsstunden 0 ... 5 % [h]	536,50	500,50	466,50	523,50	332,75	343,50	415,50	431,75	274,75	249,75	298,50	182,75	4556,25
Betriebsstunden 5 ... 10% [h]	78,00	86,50	91,00	142,50	154,75	190,00	137,00	206,25	139,25	122,75	115,25	126,50	1589,75
Betriebsstunden 10 ... 15% [h]	52,00	42,75	53,00	43,75	67,00	79,75	103,00	80,75	86,50	120,00	57,50	96,50	882,50
Betriebsstunden 15 ... 20% [h]	26,50	28,75	34,25	6,00	53,00	37,50	62,25	12,75	79,50	76,00	39,75	80,75	537,00
Betriebsstunden 20 ... 25% [h]	34,50	13,25	29,50	1,75	37,00	12,75	20,50	7,25	55,50	53,75	41,50	63,75	371,00
Betriebsstunden 25 ... 30% [h]	16,50	0,25	23,00	2,00	26,50	13,50	2,25	2,00	31,75	36,50	25,50	41,75	221,50
Betriebsstunden 30 ... 35% [h]	0,00	0,00	22,25	0,50	19,25	15,25	1,25	0,75	23,00	22,75	30,00	35,50	170,50
Betriebsstunden 35 ... 40% [h]	0,00	0,00	16,50	0,00	15,75	15,75	1,00	1,25	7,50	15,50	17,50	36,25	127,00
Betriebsstunden 40 ... 45% [h]	0,00	0,00	7,00	0,00	5,25	8,75	0,75	1,00	4,25	9,25	14,50	15,00	65,75
Betriebsstunden 45 ... 50% [h]	0,00	0,00	0,75	0,00	6,50	1,50	0,50	0,25	2,00	9,25	18,25	19,25	58,25
Betriebsstunden 50 ... 55% [h]	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	1,25	0,00	0,00	5,25	9,00	14,00	10,75	50,25
Betriebsstunden 55 ... 60% [h]	0,00	0,00	0,25	0,00	8,50	0,50	0,00	0,00	7,00	5,50	18,75	11,75	52,25
Betriebsstunden 60 ... 65% [h]	0,00	0,00	0,00	0,00	5,75	0,00	0,00	0,00	0,75	5,00	19,00	12,00	42,50
Betriebsstunden 65 ... 70% [h]	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,50	5,00	7,25	7,00	21,75
Betriebsstunden 70 ... 75% [h]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	1,75	2,75	4,25	9,50
Betriebsstunden 75 ... 80% [h]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	2,25	0,00	0,25	2,75
Betriebsstunden 80 ... 85% [h]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	1,50
Stunden gesamt [h]	744,0	672,0	744,0	720,0	744,0	720,0	744,0	744,0	720,0	744,0	720,0	744,0	8760,00

Tabelle 2: Betriebsstunden der verschiedenen Windstromeinspeisungsleistungen 2013

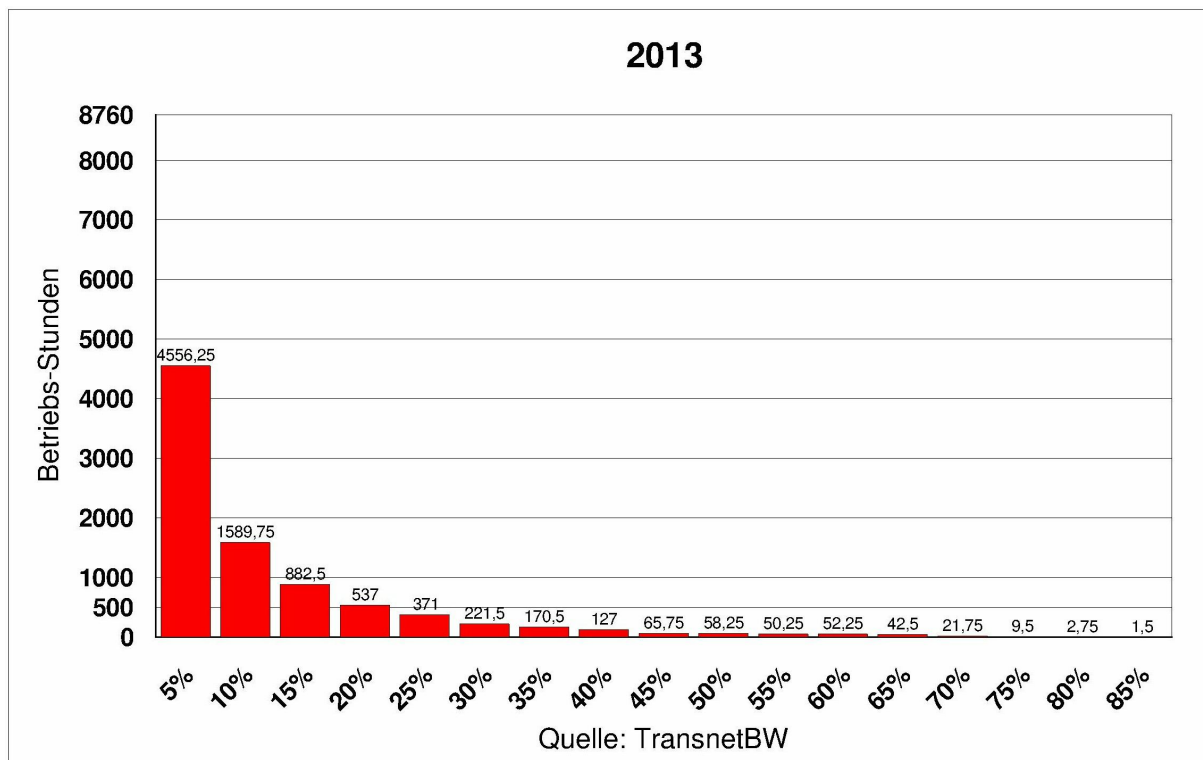


Diagramm 3: Betriebsstunden der verschiedenen Windstromeinspeisungsleistungen 2013

Abschließende Betrachtungen

Diagramm 1 der Einspeiseleistung zeigt große Zeiten mit nahezu keinerlei Windstromerzeugung insbesondere in den ersten vier Monaten 2013. Bis Mitte März liegt die Windstromerzeugung für lange Zeiten nur im Bereich weniger Prozent. Mitte Mai verstärkt sich die Windstromerzeugung erstmals in 2013. Eine drei Wochen andauernde Schwachwindphase gibt es dann nochmals im Juli. Mitte September 2013 beginnt erstmals eine kräftige wenn auch kurze Windphase, gefolgt von einer ebenso kurzen wieder fast windstillen Zeit. Insgesamt steigt die Windstromproduktion nun aber deutlich an. Praktische die halbe Menge des 2013 erzeugten Windstroms wird im Zeitraum Mitte September bis Ende Dezember produziert.

Diagramm 2 liefert aus der Differenz zwischen dem größten Stromspeicherdefizit und -überschuss den Gesamtspeicherbedarf, der erforderlich wäre, damit die Windkraftanlagen Baden-Württembergs gesicherte 59,3 MW Stromerzeugungsleistung hätten bereitstellen können. Die bis in den Herbst unterdurchschnittliche Windstromerzeugung und der geringe kurzzeitige Überschuss Ende Dezember hätten einen Speicher mit 113.691 MWh Kapazität zur bedarfsgerechten Glättung erfordert. Das entspricht über 1/5 der gesamten Windstromerzeugung des ganzen Jahres.

Diagramm 3 zeigt die windstrom-typische Leistungs-Zeit-Verteilung. Es fällt auf, dass Windkraft die überwiegende Zeit des Jahres nur sehr geringe Leistungen erzeugte. Über 70% der Zeit lag die Einspeisung unter 10% der Nennleistung und nur 2,1% der Zeit übertraf sie die halbe Nennleistung. Die meist schwache Windstromerzeugung wird auch daran deutlich, dass die jahresdurchschnittliche Einspeiseleistung von 59,3 MW nur 9,2% der insgesamt installierten Nennleistung der Windräder entspricht. Das ist gleichbedeutend mit 809,6 Volllaststunden, mit denen die Windstromausbeute in Baden-Württemberg 2013 nur wenig mehr als die Hälfte (!) der Windkraftanlagen in Deutschland die 1496,2 Volllaststunden (17,1%) (nach Fraunhofer Institut ISE, www.ise.fraunhofer.de) erzeugten, erreichte.

Um Windstrommangel mit den Überschusszeiten zu bedarfsgerechter Stromerzeugung zu glätten, werden Stromspeicher benötigt, die nach Abzug der Wirkungsgradverluste 113,7 GWh Kapazität bereitstellen. Das ist eine Strommenge, die der 11fachen Kapazität des Schluchsee-Kraftwerks (10.000 MWh) oder der 570fachen Kapazität der Schwarzenbach-Talsperre (200 MWh) entspricht.

Pumpspeicher

Um bei 80% Wirkungsgrad moderner Pumpspeicherwerke die jahresdurchschnittliche Windleistung zu sichern, muss die Windleistung um 10% erhöht werden. Dies erfordert den Bau weiterer rund 30 Windräder mit 63,3 MW Leistung für 130 Millionen Euro, die die Speicherverluste ausgleichen. Für den überschüssigen Windstrom müssen dann noch 9 PSW von der Größe des geplanten PSW Atdorf (Kapazität 13 GWh, 1,6 Milliarden Euro, www.schluchseewerk.de/index.php/projekt-atudorf) also Gesamtkosten von rund 14,5 Milliarden Euro aufgewendet werden. Das ist der fast 12fache zusätzliche Investitionsaufwand, den der Bau der Windräder selbst erfordert hat. Die bedarfsgerechte Glättung des für sich alleine nicht netztauglichen Windstroms mit Pumpspeicherwerken würde diesen also auf das 13fache verteuern!

Li-Akkumulatoren

Soll die Glättung mit verlustfrei angenommenen Akku-Speichern wie der 9/2014 vorgestellten 'Ökostrombatterie' in Schwerin (25.000 Li-Ion-Akkus, 5 MWh Kapazität, 6 Millionen Euro, www.wemag.com) erfolgen, wären 22.738 solcher Anlagen mit Gesamtkosten von 136,4 Milliarden Euro erforderlich! Die extremen Kosten dieser Anlagen spiegeln die von Akkumulatoren bekannte geringe Energie-Effizienz wider. Ein Kommentar über die Sinnhaftigkeit solcher Speicher, die die Windstromkosten also auf das über 100fache steigern würden, erübrigt sich. Überlegungen zur Plausibilität hätte man auch im Bundeswirtschaftsministerium anstellen können, bevor man eine derart energie-ineffiziente und sinnlose Anlage mit 1,3 Millionen Euro Steuergeld subventionierte.

Windgas:

In jüngerer Vergangenheit wird zur Stromspeicherung ein 'Windgas' oder 'Power-to-Gas' genanntes Verfahren vorgeschlagen. Überschüssiger Windstrom soll durch Elektrolyse in synthetisches Methan gewandelt werden, das im Erdgasnetz zwischengespeichert und bei Windstrommangel in Gas-Kraftwerken rückverstromt werden kann. Es ist jedoch zu beachten, dass bei dem gesamten Prozess selbst unter idealen Bedingungen prinzipiell nur ein Wirkungsgrad von 33% erreicht werden kann. Um die jahresdurchschnittliche Windstromleistung von 59,3 MW zu sichern, müsste deshalb zunächst die Windstrom-Nennleistung um weitere 316,5 MW vereineinhalbfacht werden, was eine Investition von knapp 0,65 Milliarden Euro erfordern würde. Der Bedarf an Anlagen zur P2G-Synthetisierung ergibt sich dann aus der Differenz zwischen der zu sichernden Grundleistung (59,3 MW) und der größten Windstromeinspeisung (535 MW x 1,5) zu 743 MW. E.ON betreibt im brandenburgischen Falkenhagen eine P2G-Pilotanlage (www.powertogas.info). Der Betreiber schätzt, dass bei großtechnischer Umsetzung solche Anlagen mit 2,5 Millionen Euro je MW realisierbar wären. Das würde weitere 1,9 Milliarden Euro Investition für die Windgaserzeugung erfordern. Da man für die Speicherung auf die bestehende Infrastruktur des Erdgasnetzes zurückgreifen kann und nur wenige Erdgas-Speicher neu errichten müsste, scheint mit den zusätzlichen noch zu installierenden Gas-Kraftwerken mit 59,3 MW Leistung ein gesamtes Investitionsvolumen möglich, das unter idealen Voraussetzungen eine Vervierfachung der Windstromkosten bedeutete. Damit könnte Windgas großtechnisch tatsächlich die günstigste Stromspeichertechnik werden, dennoch sind solche Kosten auf unabsehbare Zeit wirtschaftlich nicht zu bewältigen und belegen, dass auch dieses Verfahren energie-ineffizient ist, denn hohe Kosten sind immer eine Folge geringer Effizienz.

Windstrom kann aus diesem Grund auf unabsehbare Zeit keinen Beitrag zum Ersatz konventioneller Kraftwerke leisten. Diese bleiben unverzichtbar - laufen durch die stark schwankende Einspeisung von Windstrom aber zunehmend unwirtschaftlicher, so dass der Aufbau der doppelten (Wind-)Strominfrastruktur tatsächlich nur große Mengen an Ressourcen und Energie vernichtet.

Wie unwirtschaftlich und folglich energie-ineffizient Windstrom tatsächlich ist, wird deutlich, wenn man den enormen Investitions-Aufwand für Windkraftanlagen und ihren riesigen Flächenverbrauch mit dem neuen hochmodernen Block 8 des Karlsruher Steinkohlekraftwerks vergleicht. Diese Anlage benötigt weniger als 100 Hektar Anlagen-Fläche und ist direkt im Ballungsgebiet gelegen, wo das Gros der Energie gebraucht wird. Das Kraftwerk wurde für 1,2 Milliarden Euro errichtet, was in etwa auch der Investition für die jahresdurchschnittlich 383 Windräder (632,9 MW, 809,6 Volllaststunden in 2013) Baden-Württembergs entspricht. Das RDK8 verfügt über 912 MW Strom- und 220 MW Fernwärme-Erzeugung und kann in über 8000 Volllaststunden mehr als 9.000.000 MWh Strom und Fernwärme im Jahr erzeugen. Es liefert damit die über 17fache Energiemenge, die die 383 Windräder Baden-Württembergs im Jahr 2013 erzeugt haben.

Um die Jahresenergiemenge des RDK8 mit 'Straubenhardter Wind' herzustellen, müsste man bei äußerst optimistischer Annahme von 2000 Volllaststunden 1875 Windräder (2,4 MW, 5 Millionen Euro) errichten. Das würde mit 9,3 Milliarden Euro den fast 8fachen Investitionsaufwand und einen Flächenbedarf von 187.500 Hektar Wald mit 37,5 Millionen zu fällenden Bäumen bedeuten!

Strom und Fernwärme aus dem RDK8 werden planbar und bedarfsgerecht erzeugt. Damit auch Windstrom versorgungssicher wird, brauchen Windräder Kohle- oder Gaskraftwerke zum Ausgleich. Die Kraftwerke aber laufen als Lückenbüßer in verschwenderischem Stotterbetrieb. Windkraft erspart deshalb weder konventionelle Kraftwerke noch deren Brennstoff! Dies ließe sich erst vermeiden, wenn Strom-Speicherung zum Einsatz käme. Bei Windgas müsste dann die Zahl der Windräder wegen der Wandlungsverluste auf 2813 WKA ausgebaut werden. Insgesamt vervierfachen sich die Kosten der Windstrom-Investition so auf 37 Milliarden Euro. Trotz des kaum noch zu bewältigenden Flächenbedarfs von 2813 Windrädern auf die 36.000 km² Landesfläche, also eine gleichmäßige Bedeckung des Landes mit 200m hohen Windrädern im Abstand von je 3,5 km, wäre damit erst 1/5 des Strombedarfs von 45 TWh von Baden-Württemberg gedeckt. Die gleiche Versorgungsleistung erbringt alleine das 1,2 Milliarden Euro billige RDK8.