

# Die Zuverlässigkeit der Windstromerzeugung in Baden-Württemberg

Dipl.-Ing. Willy Fritz, BNB

## Allgemeines

Im Vorfeld der Festlegung der Vorranggebiete durch den Regional-Planungsausschuss und durch das Regionalparlament im September 2015 wurden in den Positionspapieren von Grünen, Linken, SPD und FW wahre Lobeshymnen auf die Windenergie angestimmt. Von nachhaltiger, sicherer, ökologischer, dezentraler Energiegewinnung war die Rede, die im Rahmen der Energiewende zur Sicherung des Energiebedarfs der Industrieregion Stuttgart unabdingbar sei. Zusätzlich wird mittlerweile noch der sogenannte Weltklimavertrag bemüht, der für den vielbeschworenen Klimaschutz geradezu den Ausbau der Windenergie verlange. Diese Abhandlung prüft den Inhalt dieser Aussagen anhand von realen Fakten. Hierzu wurden die von TransnetBW veröffentlichten Windstromeinspeisungen der Monate Oktober und November statistisch ausgewertet und analysiert. Zudem wurden anhand dieser Daten zwei "Was wäre wenn" Szenarien simuliert: ein Anteil von 10% an der Windstromproduktion (was ja für 2020 von der Landesregierung geplant ist) und ein Anteil von 50% an der Windstromproduktion (Was ja für die Zukunft geplant ist). Gegenwärtig beträgt der Windstromanteil ca. 1%. Weiterhin wurde eine zu 50% aus Windstrom und 30% aus Solarstrom bestehende Stromerzeugung simuliert. Dies ist ja im Rahmen des Szenarios 2050 bei einer 100%-igen Stromversorgung durch regenerative Energien geplant. Die restlichen 20% sollen dann durch Biogas und Wasserkraft erzeugt werden.

## Aktuelle Windstromeinspeisung Oktober 2015

In Bild 1 ist nun die von TransnetBW angegebene tatsächliche sogenannte Ist-Einspeisung dargestellt. (Diese Daten werden von TransnetBW als Excel-Tabellen zum Download angeboten und können dann entsprechend ausgewertet werden).

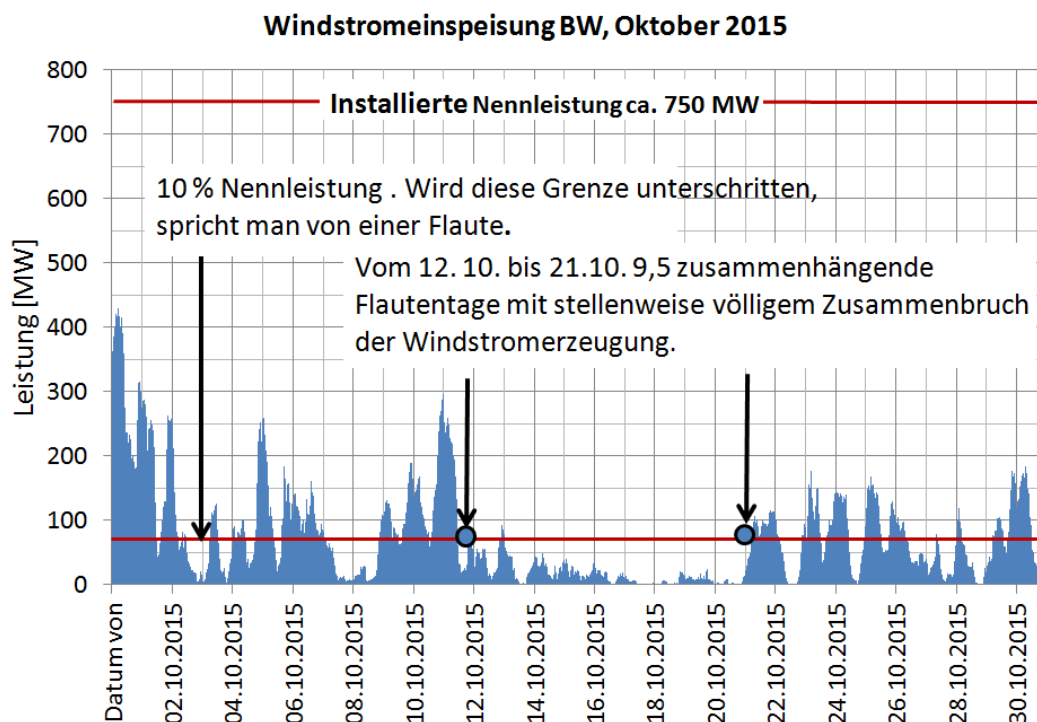


Bild 1: Windstromeinspeisung in BW, Oktober 2015, Viertelstundenwerte

Bei der Darstellung handelt es sich um ein Balkendiagramm, für jeweils eine Viertelstunde ist die eingespeiste Leistung in Form eines vertikalen Balkens dargestellt. Infolge der hohen Anzahl schrumpft die Balkenbreite dann auf Strichstärke. Hier sieht man ganz klar die enormen Schwankungen der Leistung innerhalb manchmal nur weniger Stunden. Ebenso die Zeiten, in denen die Windstromerzeugung fast völlig zusammenbricht, besonders markant in der Zeit vom 12. bis 21. Oktober. Sinkt die abgegebene Leistung unter 10% der installierten Nennleistung, so spricht man von einer Flaute. Diese Grenze wird durch die rote Linie im Diagramm angegeben. So herrschte ersichtlich vom 12. 10. bis 21. 10. an 9,5 Tagen in Folge Flaute mit sehr geringer bis gar keiner Windstromproduktion. Eine detaillierte statistische Auswertung ergibt folgende Details:

Einspeiseleistung (% NL)	Stunden	Tage
kleiner gleich 1%	138	5,75
kleiner gleich 5%	350	14,6
kleiner gleich 10%	476	19,8
Kleiner gleich 25%	688	28,7
25% bis 50%	50 h	2,1
50% und mehr	6 h	-

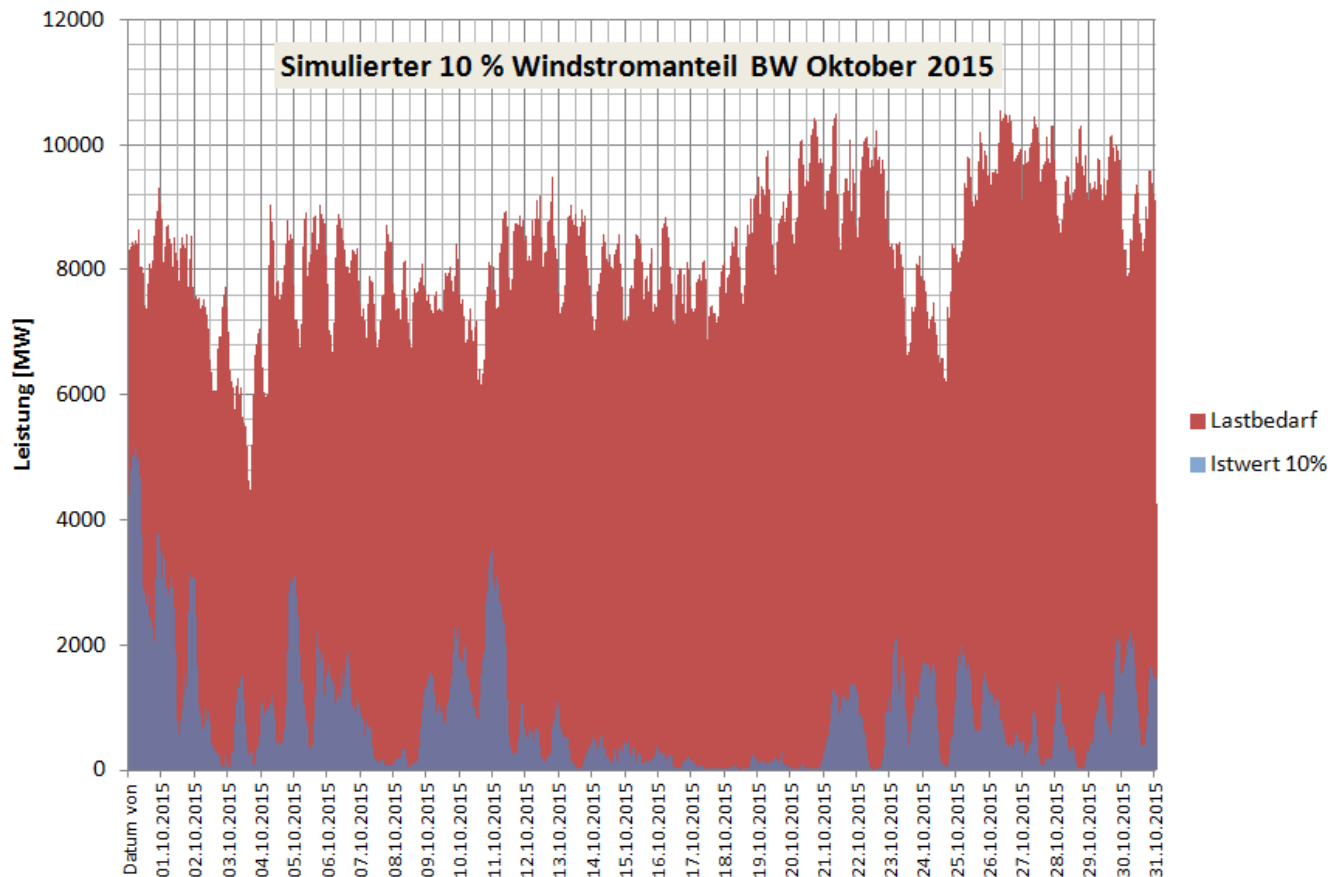
**Tabelle 1: Aufteilung der Einspeiseleistung nach Klassen. (NL = Nennleistung).**

Es handelt sich hier um zusammengefasste Werte. Die Tabelle belegt ganz klar dass geringe Einspeiseleistungen so selten nicht sind. Einspeisungen von 1% und weniger können als "numerisch Null" und somit als untere Grenze oder auch Minimaleinspeisung bezeichnet werden, denn exakt Null ist eine Frage der Zahlendarstellung. Wird die Leistung ganzzahlig in MW (TransnetBW) angegeben, wird unterhalb von 0,5 MW zu Null abgerundet und es ergeben sich 13,25 Stunden mit sogenannter Nulleinspeisung, alleine im Monat Oktober. Wie man sieht lag die Einspeiseleistung an ca. 20 Tagen (das sind fast 3 Wochen) bei 10 % und weniger. Zwischen 25% und 50 % Nennleistung erreichte die Windstromproduktion gerade mal an 50 Stunden, über 50% an lediglich 6 Stunden. Eine 25 %-ige Auslastung wird aber für zukünftige Planungen großzügig vorausgesetzt. (Im Oktober 2015 betrug die durchschnittliche Auslastung gerade mal 10%).

Sowohl Bild 1 als auch Tabelle 1 belegen, dass die Aussagen in den o.g. Positionspapieren aus dem Reich der Fabel stammen, von einer sicheren Stromversorgung kann keine Rede sein, im Gegenteil, noch unzuverlässiger kann eine Stromversorgung kaum sein. Auch Aussagen von UM Franz Untersteller, Schwachwindzeiten seien nur von kurzer Dauer, wird eindeutig widerlegt. Momentan ist die Volatilität der Windstromerzeugung kein Problem, denn am gesamten Strombedarf in BW ist sie mit ca. 1% wirklich unbedeutend und kann vom Netz problemlos verkräftet werden. Kritischer wird dies aber in zukünftigen Szenarien, wie nachfolgend simuliert wird.

### **Simulation von 10% Windstromanteil im Oktober 2015**

Zunächst wurde ein Windstromanteil von 10% am Gesamtstromverbrauch angenommen. Hierzu wurde die Nennleistung entsprechend erhöht, so dass mit den Windverhältnissen vom Oktober 2015 10 % des Strombedarfs erzeugt werden. Dieses Szenario ist ja von der Landesregierung bis 2020 geplant. Die Ergebnisse sind in Bild 2 dargestellt.



**Bild 2: Simulierter 10% Windstromanteil in BW mit Windverhältnissen vom Oktober 2015**

Im Lastbedarf (Verbrauch) treten ebenfalls gewisse Schwankungen auf, diese sind aber regelmäßig und planbar. So sind die Wochenenden (Sa/So) durch ihren Einbruch am Verbrauch erkennbar. An Arbeitstagen (Mo -Fr) ist eine Grundlast von 6.500 MW immer erforderlich, diese wird momentan durch Kohle- und Kernkraftwerke erbracht. Hinzu kommt ein Lastsprung zwischen Nacht und Tag, der regelmäßig wiederkehrt und durch Regelung der Kohlekraftwerke, falls vorhanden Gaskraftwerke, Importstrom und falls die Sonne scheint, teilweise durch Solarstrom abgedeckt wird. Die kurzzeitigen Spitzenlasten am Morgen und am Abend werden in der Regel durch Pumpspeicherwerke abgedeckt.

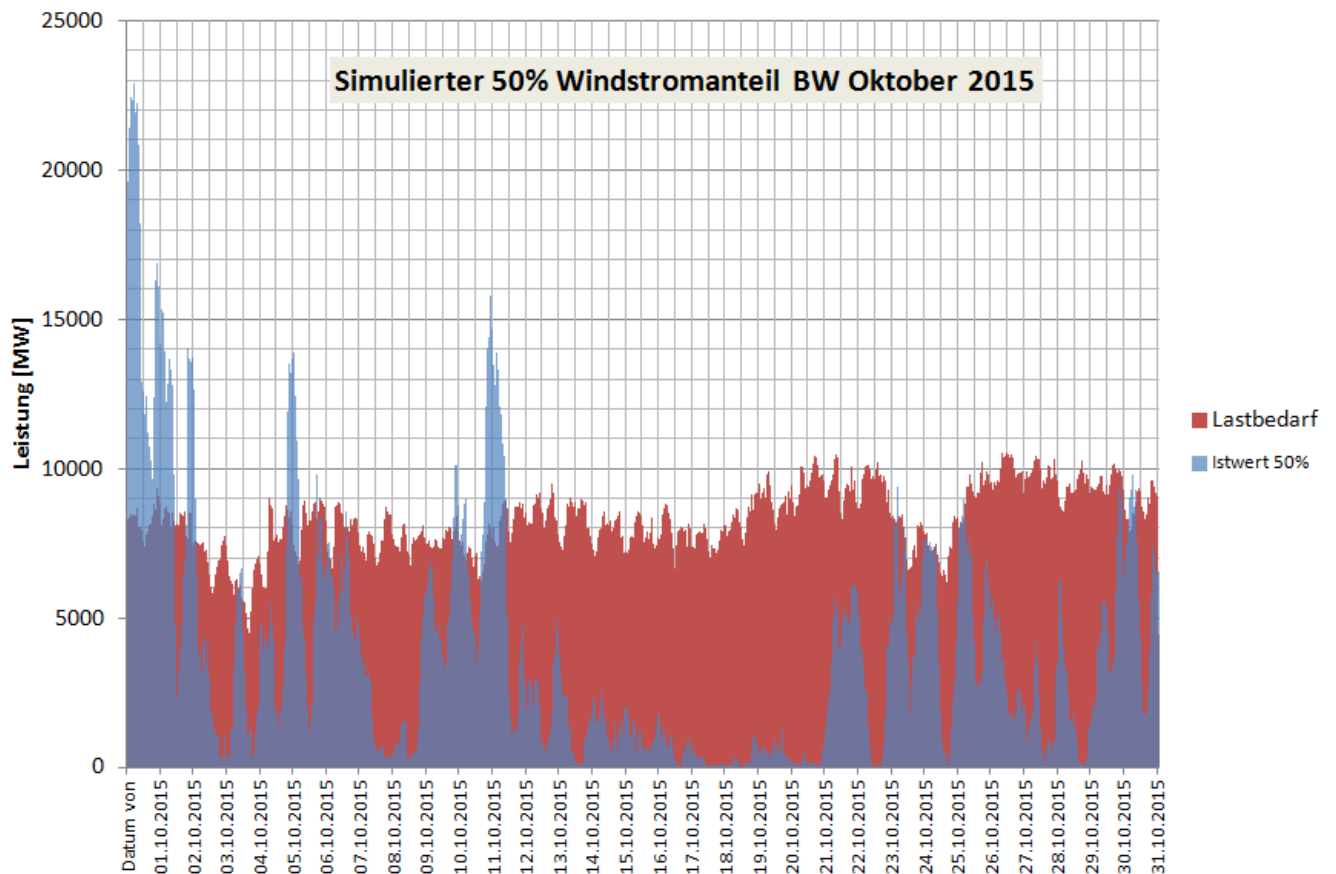
Der Windstromanteil ist jetzt erkennbar höher, aber auch die Probleme werden verstärkt: Die Spitzen werden höher und die Täler bleiben. (Bei Windstille stehen auch noch so viele Windräder still). Wie dieser sogenannte "Zappelstrom" in irgend einer Form zu einer sicheren Stromversorgung beitragen soll ist nicht zu erkennen. Die Spitzen des Windstroms korrelieren in keiner Weise mit den Lastspitzen des Verbrauchs. Eine konstante Sockelbildung zur Absicherung der Grundlast ist ebenso wenig zu erkennen.

### **Simulation von 50% Windstromanteil im Oktober 2015**

Noch krasser werden die Verhältnisse wenn der Windstromanteil weiter erhöht wird. Nachfolgend ist der Fall mit 50% Windstromanteil simuliert. In Zukunftsszenarien geht man ja von einer vollständigen Versorgung durch regenerative Energiequellen aus und die könnte ja so aussehen. 50 % Windstrom, 30 % Photovoltaik, 10% Wasserkraft (Laufwasser) 10% Biogas und Biogene Brennstoffe. Derzeit (2014) betragen die Anteile Wind 1,1 %, Solar 7,7%, Wasserkraft 7,6%, Biomasse: 5,7 %.

Quelle: [http://www.zsw-bw.de/uploads/media/EE\\_in\\_BW\\_2014\\_Erste\\_Abschaetzung.pdf](http://www.zsw-bw.de/uploads/media/EE_in_BW_2014_Erste_Abschaetzung.pdf)

Ein weiterer Ausbau der klassischen Laufwasserkraftwerke ist in BW nur sehr begrenzt möglich. Ebenso stößt die Energiegewinnung durch Biogas wegen ihres Flächenbedarfs zum Maisanbau schon jetzt an ihre Grenzen. Zukünftig dürfte die Verwendung von landwirtschaftlicher Nutzfläche zum Anbau von Energiemais (mit all seinen Folgen wie Überdüngung des Bodens, Verseuchung des Grundwassers durch Abfall-Gülle) eher kritisch gesehen werden. Also ist auch hier keine wesentliche Steigerung zu erwarten.



**Bild 3: Simulierter 50% Windstromanteil in BW mit Windverhältnissen vom Oktober 2015**

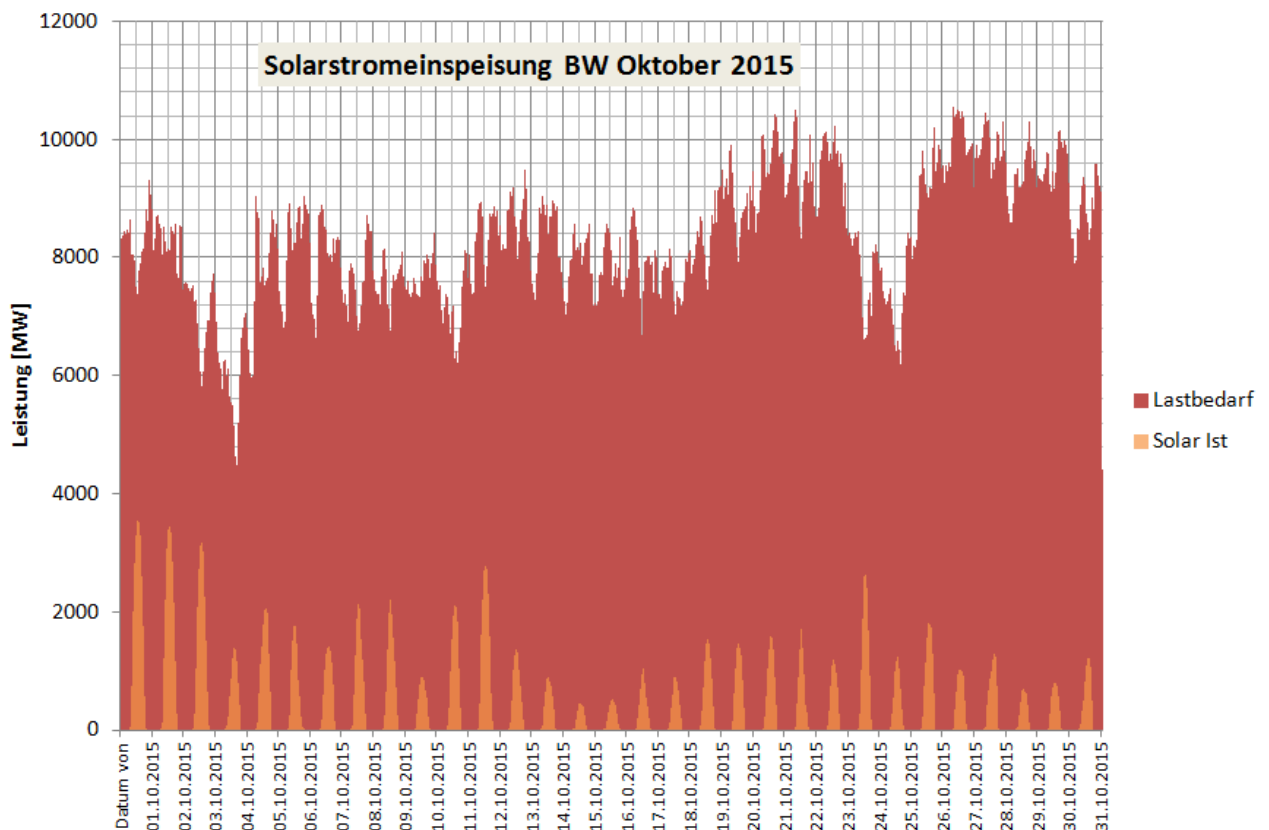
Bild 3 stellt die Situation dar, wenn im Oktober 2015 der Windstromanteil in BW 50 % betragen hätte. Es wird zwar über den gesamten Monat hinweg 50 % des benötigten Stromertrages erzeugt, die Erzeugung ist aber wieder völlig chaotisch verteilt. Es gibt Tage, an denen ein vielfaches des Gesamtbedarfs erzeugt wird obwohl nur 50 % benötigt wird, denn die übrigen Stromquellen liefern ja auch noch 50 %. Dann wieder die zusammenhängenden Tage mit Versorgungslücken. Da ja die Großwetterlagen in der Regel ganz Deutschland erfassen, herrscht zu Zeiten der Überproduktion auch im Norden erhebliche Überproduktion, die Stromautobahnen würden zusätzlich überflüssigen Windstrom nach Süden pressen. Bei Flaute könnte auch der Norden nicht helfen. (Im Oktober gab es beispielsweise deutschlandweit zusammengefasst insgesamt 14 Tage, an denen die Windstromproduktion inklusive Offshore unter 10% fiel).

Nach der derzeitigen Praxis der Direkteinspeisung müsste alles über dem 50% Anteil "entsorgt", zu sogenannten Negativpreisen exportiert werden. Die Lücken unterhalb müssen durch konventionelle Stützkraftwerke geschlossen werden. Und diese Lücken sind erheblich, man sieht auch, dass die Stützkraftwerke ständig in Bereitschaft sein müssen, denn ein so schnelles Hoch- und Runterfahren hoher Leistungen ist schlichtweg unmöglich. Also selbst bei einem Windstromanteil von 50 % benötigt man konventionelle Stützkraftwerke von mindestens derselben Kapazität, um eine kontinuierliche Stromversorgung sicherzustellen. Der-

zeit beträgt der Strombedarf in BW ca. 80 TWh/a. Die Hälfte davon wären dann 40 TWh/a. Nimmt man mal optimistisch einen zukünftigen Wirkungsgrad von 20% der Windkraftanlagen an (derzeit liegt er bei maximal 12%), so wäre hierfür eine installierte Nennleistung von 23.000 MW erforderlich (momentan 750 MW). Die modernen Schwachwindanlagen, wie sie so genannt werden, haben Nennleistungen zwischen 2 und 2,5 MW, also wären bei einem Mittelwert von 2,25 MW ziemlich genau 10.000 Windräder in BW erforderlich. Dann eben zusätzlich die ständig in Bereitschaft laufenden Stützkraftwerke. Eine groteskere Stromversorgung ist nicht mehr denkbar.

### Aktuelle Solarstromerzeugung Oktober 2015

Nun kommt ja immer das Argument, dass sich Solar- und Windstrom gegenseitig ergänzen würden, und es somit zu einem Ausgleich käme. Dieses Argument wird nachfolgend auf den Prüfstand gelegt. Bild 4 zeigt zunächst mal die gegenwärtige Solarstromerzeugung im Monat Oktober 2015.

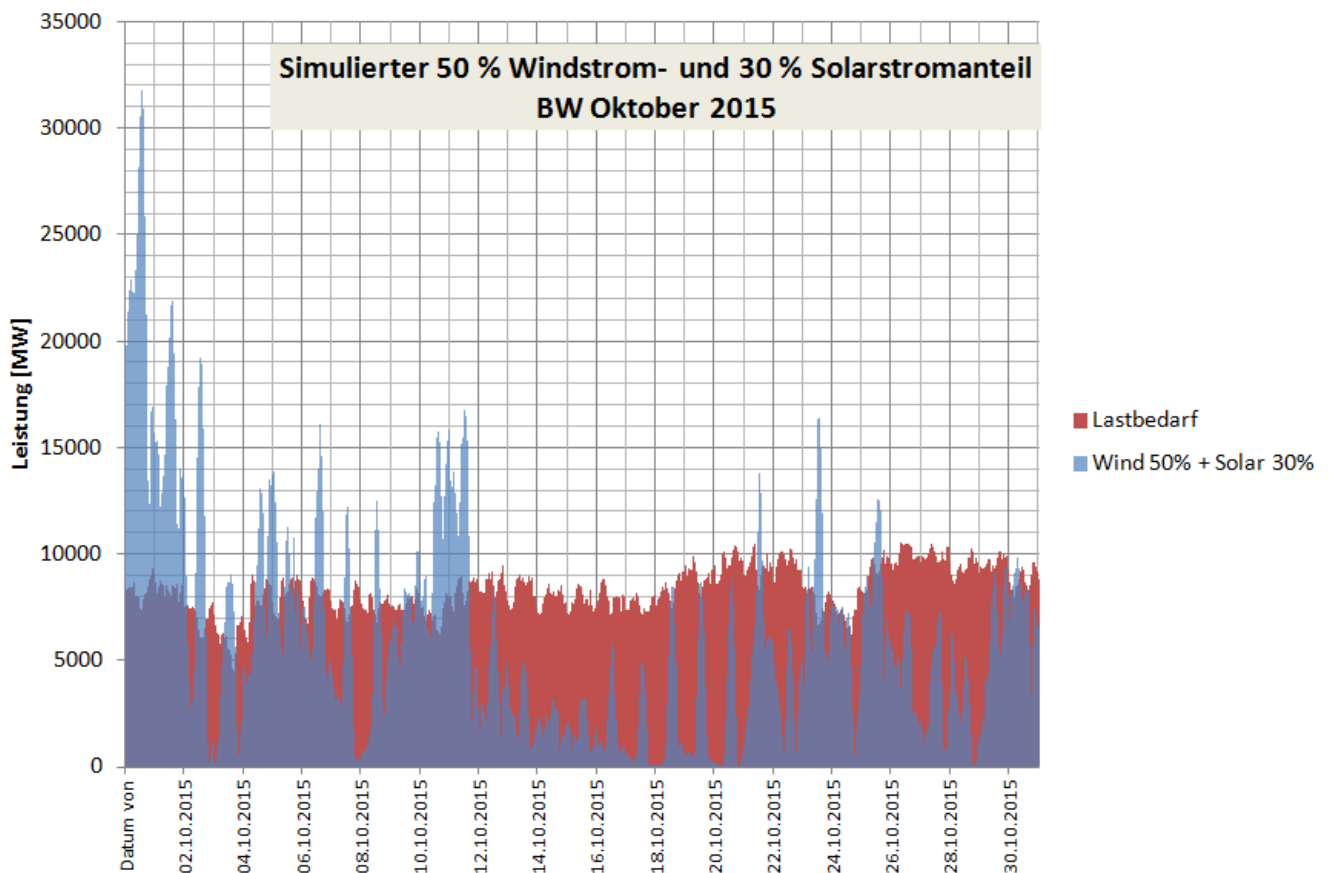


**Bild 4: Solarstromerzeugung in BW Oktober 2015**

Immerhin weist die Solarstromerzeugung eine Regelmäßigkeit auf: Die exakte Nulleinspeisung zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. Im Tagesverlauf steigt sie nach Sonnenaufgang in Form einer Glockenkurve zum mittäglichen Maximalwert an, um dann bis Sonnenuntergang wieder auf null zurückzugehen. Das mittägliche Maximum ist natürlich vom Bedecktheitsgrad des Himmels abhängig, zusätzlich noch vom Sonnenstand im Jahreslauf. Auch hier ist nicht erkennbar, wie die Fotovoltaik zu einer sicheren Stromversorgung beitragen soll. Installiert sind derzeit in BW 5.200 MW Nennleistung. Die monatliche Durchschnittsleistung betrug 406 MW, was einem Nutzungsgrad von 7,8 % entspricht, also noch kümmerlicher als die Windenergie.

### Simulation von 50% Windstrom- und 30% Solarstromanteil im Oktober 2015

In Bild 5 ist nun das Zusammenwirken von Wind- und Solarstrom simuliert. Wieder für BW mit den Windverhältnissen vom Oktober 2015. Angenommen sind hier 50% Windstrom und 30% Solarstrom des Gesamtstrombedarfs. Aus den Ertragsdaten von TransnetBW für 2014 wurde ermittelt, wie hoch die über das Jahr verteilte durchschnittliche Einspeisung sein muss, um eben 50% und 30% des Gesamtstrombedarfs zu erzeugen, entsprechend wurden die aktuellen Einspeisedaten des Monats Oktober verstärkt. Die restlichen 20% kommen aus Wasserkraft und Biogas, also insgesamt 100% Ökostromversorgung, ein Szenario das so ab 2050 angestrebt wird. Wasserkraft und Biogas sind die einzigen regenerativen Energieträger, die speicherbar und nach Bedarf abrufbar und somit grundlastfähig sind, aber in zukünftigen Planungen wegen ihrer mangelnden Ausbaufähigkeit eine untergeordnete Rolle spielen.



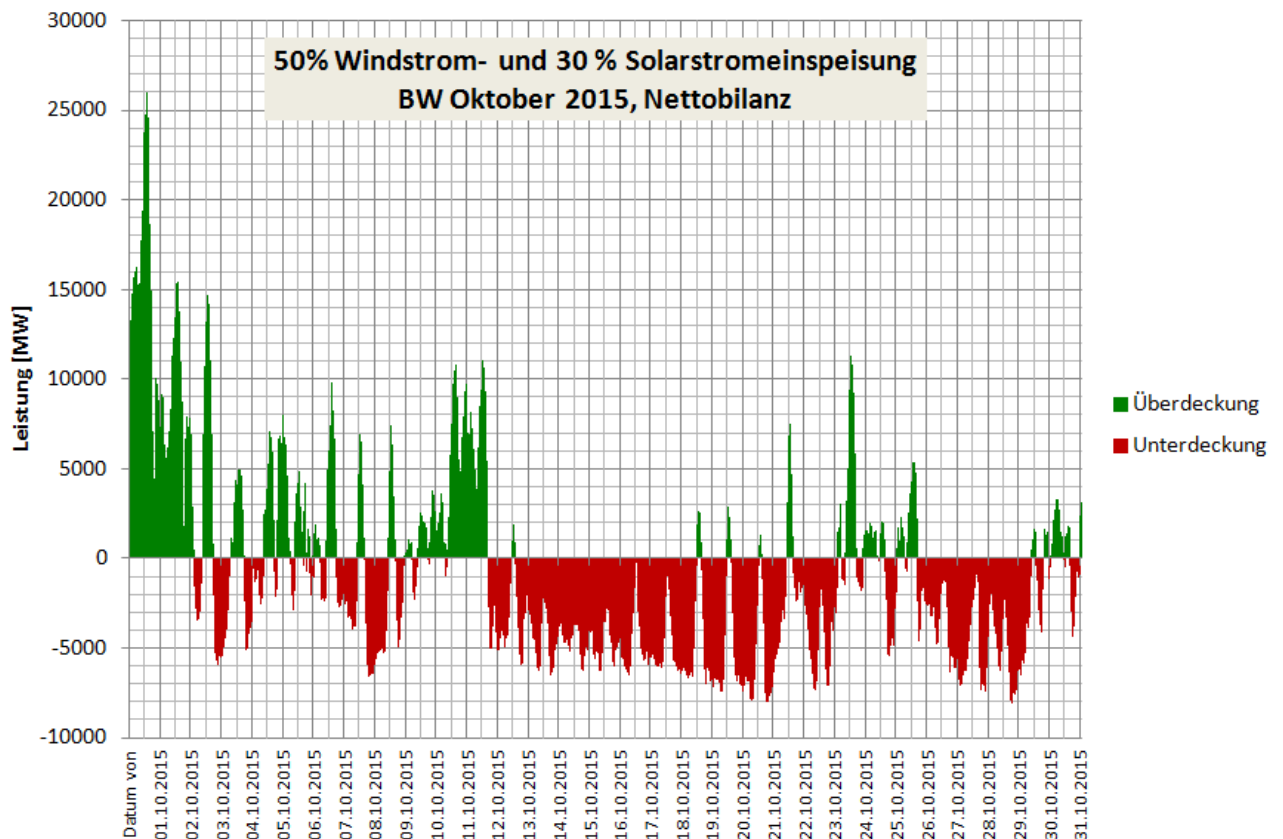
**Bild 5: Simulierter 50% Windstrom- und 30% Solarstromanteil in BW im Oktober 2015**

Wie aus Bild 5 ersichtlich ist, ergänzen sich Wind- und Solarstrom keinesfalls, sondern der Solarstrom verstärkt die Volatilität der Stromerzeugung zusätzlich. Auch hier wieder der ständige Wechsel zwischen Überschuss und teilweise länger anhaltendem Mangel. Eine für die Grundlastfähigkeit erforderliche Sockelbildung ist nicht erkennbar. Selbst bei einem massiven Ausbau der Ökostromerzeugung auf 80% der Gesamtstromerzeugung kommt man also nicht ohne Stützkraftwerke aus, die notfalls die komplette Stromversorgung übernehmen müssen, somit leistet man sich weiterhin den Luxus einer doppelten Stromversorgung, die natürlich finanziert werden muss.

Die Politiker nennen die stellenweise erhebliche Differenz zwischen Ökostromerzeugung und Lastbedarf beschönigend "Residuallast". Umweltminister Franz Untersteller dozierte bei einer Veranstaltung in Neu-Ulm im September 2015: nicht die Erneuerbaren mit ihren Schwankungen wären das Problem, sondern die unflexiblen Stützkraftwerke, welche nicht schnell genug reagieren könnten. Für die Zukunft bräuchte man hochflexible Stützkraftwerke. Ange-

sichts von Bild 5 wirkt diese Aussage mal wieder völlig weltfremd, aber immerhin räumt er ein, dass man Stützkraftwerke benötigt.

Allein schon aus Gründen der Netzstabilität müssen selbst bei Überproduktion von Ökostrom konventionelle Kraftwerke mitlaufen um durch die großen rotierenden Massen ihrer Generatoren die Netzfrequenz stabil zu halten. Die in dem hier simulierten Szenario natürlich längst fertiggestellten Stromtrassen aus dem Norden helfen nicht wirklich: vom 16. 10. bis 21. 10. herrschte deutschlandweit Flaute, einschließlich Offshore und an Starkwindtagen, die dann bundesweit herrschen, wird dann noch zusätzlich überflüssiger Windstrom nach Süden gebracht. Eine insgesamt völlig absurde und letztendlich untaugliche Stromversorgung. Noch deutlicher wird dies durch die Darstellung in Bild 6.



**Bild 6: Simulierter 50% Windstrom- und 30 % Solarstromanteil in BW im Oktober 2015, Nettobilanz Über- Unterdeckung**

Hier ist eine Nettobilanz des simulierten Szenarios mit 80% Ökostromproduktion dargestellt. Die grünen Balken geben an, um welchen Betrag die Stromproduktion über den zu erbringenden 80 % der Netzlast liegt, die roten Balken geben an um welchen Betrag sie unterhalb jener 80 % liegt. (20% werden ja noch durch Biomasse und Wasserkraft erzeugt). Grün ist also Überschuss, der nicht zur Lastdeckung benötigt wird, Rot ist Mangel, der durch Zulieferung behoben werden muss. Bei der derzeitig praktizierten Direkteinspeisung, bei der es auf unabsehbare Zeit bleiben wird, muss Überschuss abgeleitet, notfalls durch Negativepreise entsorgt werden. Mangel muss durch konventionelle Kraftwerke ausgeglichen werden. Wie man sieht sind die Beträge erheblich. Anfang Oktober beträgt der Überschuss stellenweise das 2 fache des gesamten Lastbedarfs! Da man solche Mengen sicherlich kaum entsorgen kann, bleibt nur die Abschaltung einer entsprechenden Anzahl Windräder und Solarpanelen. Laut EEG muss aber der so entgangene Stromertrag dennoch vergütet werden. Man leistet sich also die Groteske, dass große Mengen nicht erzeugten Stroms vergütet werden, natürlich von den Stromkunden.



Auch die Mangelzeiten sind erheblich (rote Balken). Bis auf einige wenige Tage müssen die Stützkraftwerke ständig mitlaufen, besonders intensiv in der Zeit vom 12. 10. bis zum 29. 10. und zwar mit einer Gesamtleistung zwischen 5 und 8 MW. Das sind etwa 10 moderne Gaskraftwerksblöcke (Irsching 5 z.B. mit 845 MW), die allerdings in BW noch zu bauen wären. (Andere konventionelle Kraftwerke gibt ja dann nicht mehr). Wie aus Bild 5 und Bild 6 zu entnehmen ist, muss die Kapazität der Stützkraftwerke so sein, dass sie den kompletten 80% Anteil von Wind und Solar ersetzen können, nach Bild 6 sind dies notfalls 8 MW.

Es bleibt also festzuhalten, dass Wind- und Solarstrom mit der derzeitigen Direkteinspeisung nicht in der Lage sind, eine zuverlässige Stromversorgung zu gewährleisten, es muss eine komplette zweite Stromversorgung vorgehalten werden, die zudem ständig mitlaufen muss und somit keine Reduzierung des CO<sub>2</sub> Ausstoßes erfolgt.

Von Interesse sind natürlich auch die Kosten einer solchen Stromversorgung. Bereits weiter oben wurde dargelegt, dass für einen 50% Windstromanteil ca. 10.000 Windräder erforderlich wären. Mit Nabenhöhen von 140 m und Rotordurchmessern über 100 m betragen die Investitionskosten pro Windrad etwa 5 Mio. €. Bei 10.000 Windrädern sind dies 50 Milliarden Euro, also 12,5 mal S21, so zum Vergleich. Um einen Anteil von 30% Solarstrom am Gesamtstromertrag zu erbringen sind bei 80 TWh Gesamtverbrauch 24 TWh zu erbringen. dies entspricht einer durchschnittlichen (Dauer-) Leistung von gerundet 2,7 GW oder 2.700 MW. Bei einer angenommenen Auslastung von 10 % benötigt man somit eine installierte Nennleistung von 27.000 MW. Nach aktuellen Angaben betragen die Kosten für Solarpaneele derzeit 1.400 €/kW. (<http://www.photovoltaiksolarstrom.de/photovoltaik-kosten>). Somit ergeben sich die Investitionskosten für die Solarstromerzeugung zu 37,8 Milliarden €, oder gerundet 40 Milliarden €. Insgesamt also für 50% Wind- und 30% Solarstrom 90 Milliarden €. Hinzu kommen noch die Kosten für die Backup Stromversorgung. Das Gaskraftwerk Irsching, Block 5 hat eine Leistung von 845 MW, die dauerhaft konstant abgegeben werden kann. Hierfür waren Investitionskosten von 400 Mio. € erforderlich (Quelle: Wikipedia). Bei ca. 10 Gaskraftwerken um notfalls die oben erwähnten 8 MW inklusive einer Sicherheitsreserve abzudecken, sind dies 4 Milliarden € zusätzlich.

Somit also 90 Milliarden € für eine unsichere Zufallsstromerzeugung mit insgesamt 50.000 MW installierter Nennleistung plus 4 Milliarden € für eine zuverlässige Backup Stromerzeugung mit 8.450 MW konstanter Dauerleistung, die auch noch ständig mitlaufen müsste und die Stromerzeugung auch vollumfänglich alleine übernehmen könnte. Hier stellt sich automatisch die Frage nach der Sinnhaftigkeit einer solchen zukünftigen Stromversorgung.

### **Analyse der Speichertechnik**

Jetzt gibt es ja noch die Speichertechnik, über die in den Medien ja auch sehr optimistisch berichtet wird. Hier gibt es drei in Frage kommende Techniken:

- Pumpspeicherwerke. Überschüssiger Strom wird verwendet um Wasser von einem unteren Speicherbecken in ein oberes Speicherbecken zu pumpen. Bei Bedarf fließt das Wasser wieder talwärts und erzeugt über eine Turbine Strom. Die Speicherkapazität ist begrenzt durch das Volumen des oberen Speicherbeckens und dem Höhenunterschied. Diese Speichertechnik ist bewährt mit Wirkungsgraden von 80 % und wird bisher zur Abdeckung von Spitzenlasten angewandt.
- Power-to-Gas. Aus überschüssigem Strom wird zunächst über die Elektrolyse Wasserstoff erzeugt. Über eine weitere chemische Reaktion mit CO<sub>2</sub> wird Methan (künstliches Erdgas) erzeugt, welches über das bestehende Erdgasnetz weitergeleitet und in existierenden Erdgasspeichern gespeichert werden könnte. Bei Bedarf wird das Methan über ein Gaskraftwerk rückverstromt. Funktioniert im Prinzip, ist geeignet um große Mengen an Energie zu speichern, hat aber einen äußerst geringen Wirkungsgrad von 25 % bis 30%. D.h. bis zu 3/4 des bereits erzeugten Stroms gehen hierbei verloren.



- Batteriespeicher. Sehr effizient, keine zusätzlichen Prozesse erforderlich, Wirkungsgrad bis 90 %, also kaum Verluste, außerdem könnten Batteriespeicher sehr schnell auf Schwankungen reagieren Bisher aber geringe Energiedichte, die Speicherung von großen Energiemengen ist nicht bezahlbar.

Diese drei Speichertechniken sollen nun einmal anhand des oben simulierten Szenarios (50% Wind- plus 30% Solarstrom) quantitativ analysiert werden. Das konkrete Problem ist aus Bild 6 ersichtlich: bei Überschuss (grün) wird Strom in den Speicher eingebracht, bei Mangel (rot) wird Strom aus dem Speicher entnommen, Stützkraftwerke wären dann nicht mehr erforderlich. Wie nun aus Bild 6 folgt würde vom 12. 10. bis zum 29. 10. fast ausschließlich Strom aus dem Speicher entnommen, teilweise in erheblichen Mengen, eingebracht wird in dieser Zeit nur geringfügig. Integriert ergibt sich für diese Zeit insgesamt eine Nettoentnahme von 1,41 TWh oder 1.410.000.000 kWh aus dem Speicher. Dies ist eine gewaltige Menge und nicht vergleichbar mit dem Ausgleich kurzfristiger Schwankungen von denen in den üblichen Denkmodellen immer ausgegangen wird.

**Die Pumpspeichertechnik** gilt als Favorit bei den Grünen Ökojüngern. Strom nur aus Sonne Wind und Wasser, hört sich noch besser an, als das Bayerische Reinheitsgebot für Bier. Man müsse nur endlich mal beginnen und einige Pumpspeicherwerke (PSW) zu bauen, hört und liest man so aus der Grünen Ecke. Betrachtet man hierzu mal die Leistungsdaten des größten deutschen Pumpspeicherwerks Goldisthal (in Thüringen):

[https://de.wikipedia.org/wiki/Pumpspeicherwerk\\_Goldisthal](https://de.wikipedia.org/wiki/Pumpspeicherwerk_Goldisthal)

Das PSW Goldisthal hat eine Speicherkapazität von 8,5 GWh. Um nun die oben erwähnten 1,41 TWh oder 1.410 GWh zu überbrücken wären also 166 PSW von der Größenordnung Goldisthals erforderlich. Berücksichtigt man noch den Wirkungsgrad von 80 % wären es rund 200 solche PSW in BW! Dies wäre schlicht und einfach nicht realisierbar. Der Bau von Goldisthal kostete vor ca. 10 Jahren 623 Mio. €. Bei 200 solcher Kraftwerke wären dies rund 125 Milliarden € für die Speichertechnik. Mit den 90 Milliarden für Windräder und Solarpaneele käme man also auf 215 Milliarden € Gesamtinvestitionen für eine Stromversorgung die man durch Gaskraftwerke auch für 4 Milliarden € haben könnte. (Zum Vergleich: der Landeshaushalt von BW für 2015 betrug 44 Milliarden €).

**Die "Power-to-Gas" Technik (P2G)** gilt als die große Hoffnung, da sie zumindest vom Speichervolumen her die Speicherung der erforderlichen Energiemengen zulässt. Infolge des geringen Wirkungsgrades ist sie aber derzeit nicht einsetzbar. Um die Verluste von bis zu 75% auszugleichen müssten bei der Rückverstromung nach wie vor konventionelle Kraftwerke erhebliche Mengen an Strom zuliefern. Neben dem Aufwand für die Wind- und Solarstromerzeugung und dem erheblichen Aufwand für die Elektrolyse- und Methanisierungsanlagen hätte man noch den Aufwand für zusätzliche Stützkraftwerke. Oder man müsste die Anzahl der Wind- und Solarstromanlagen vervielfachen, um eben am Ende der Speicherkette den geforderten Output zu erhalten.

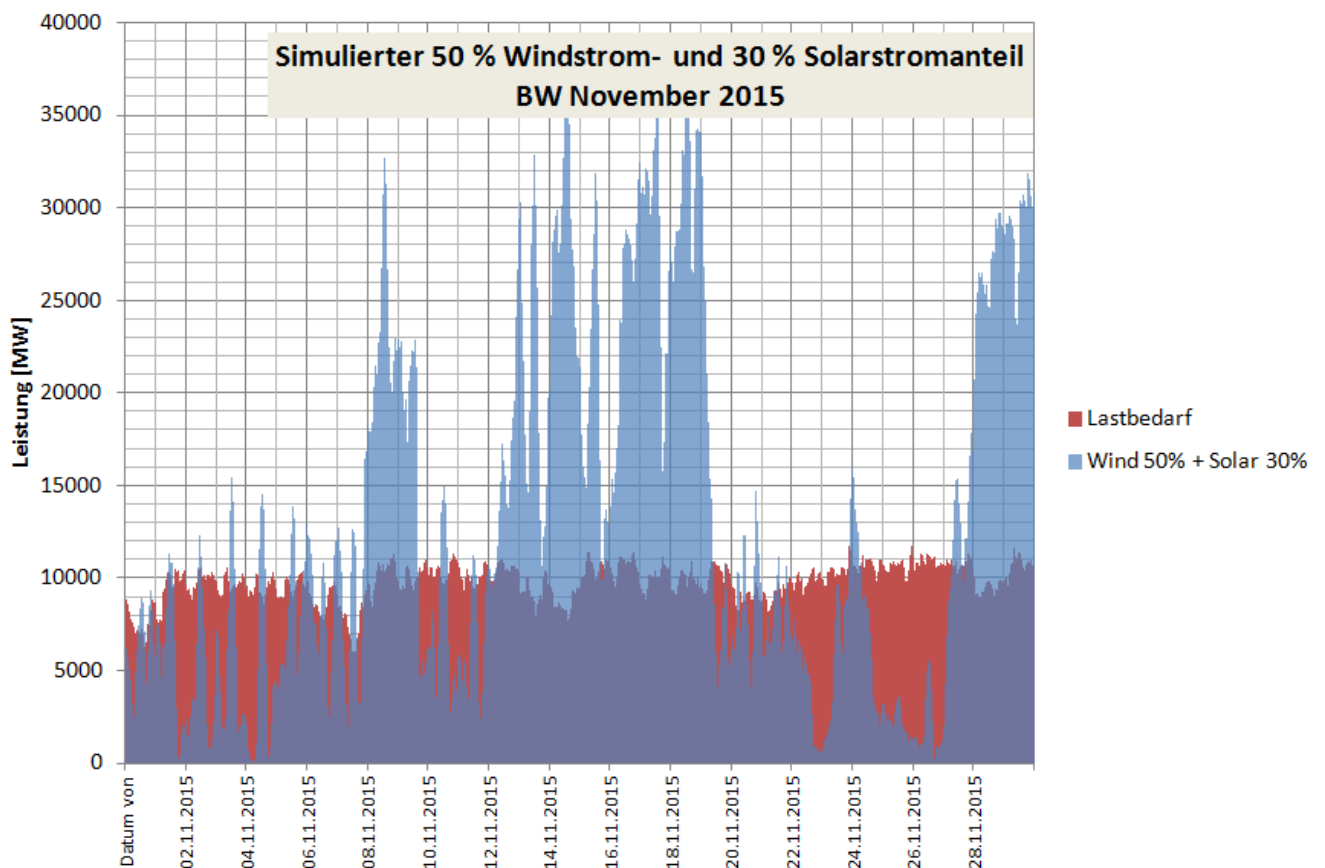
**Batteriespeicher** werden in Denkmodellen auch immer wieder in abenteuerlichen Varianten angeboten. Auch hier schafft eine quantitative Analyse, auf die in solchen Denkmodellen grundsätzlich verzichtet wird, doch etwas Klarheit. Die preiswerteste Variante stellen die Bleiakkumulatoren (Auto Batterie) dar. Sie kosten derzeit ca. 200 € pro kWh Speicherkapazität. (<http://tinyurl.com/pblm35e>) Die Energiedichte ist mit maximal 0,04 kWh pro kg sehr gering, Ebenso der Ladewirkungsgrad mit 60-70%. Zusätzlich haben sie eine Selbstentladung von bis zu 10% im Monat.

(<http://www.akku-abc.de/akku-vergleich.php>) D. h. auch hier geht einiges des erzeugten Windstromes verloren. Für eine Speicherung der o. g. 1.410.000.000 kWh wären somit Akkus mit einem Gesamtgewicht von 35 Mio. Tonnen erforderlich und würde zusätzliche Investitionen in Höhe von 280 Milliarden € erfordern. Wegen der ständigen Be- und Entladezyklen ist mit einer Lebensdauer von 4 Jahren zu rechnen, also alle 4 Jahre eine Investition von 280 Milliarden €.

Die derzeit leistungsfähigsten Akkus, die Lithium-Ionen (Li-Io) Akkus haben eine Leistungsdichte von bis zu 0,18 kWh pro kg mit einem Ladewirkungsgrad von 90% und einer Selbstentladung von 1-2%, kosten allerdings derzeit zwischen 800 und 1000 € pro kWh Speicherkapazität. (<http://tinyurl.com/pblm35e>) Die Lebensdauer liegt bei 10 Jahren. (<http://www.aku-abc.de/aku-vergleich.php>). Das wären dann immerhin nur noch 7,8 Mio. Tonnen an Batterien allerdings zu einem Preis von mindestens 1120 Milliarden €. Selbst wenn es gelänge die Kosten auf 500 € pro kWh zu senken, wären es immer noch 700 Milliarden € an zusätzlichen Investitionen.

Nun sieht man aus Bild 6 aber noch ein weiteres Problem der Speichertechnik. Es ist offensichtlich, dass die rote Fläche größer ist als die grüne Fläche. D.h. in der Gesamtbilanz wäre im Monat Oktober mehr Energie aus dem Speicher entnommen worden als dem Speicher zugeführt wurde. Im Detail sind dies 571 GWh die mehr entnommen wurden. Diese Energiemenge muss natürlich zu Beginn des Monats im Speicher zur Verfügung stehen, also in windreicheren Vormonaten eingebracht worden sein. Ebenso sollte der Speicher in der Lage sein, gegebenenfalls noch einige ähnlich windschwache Vormonate zu überbrücken. Dies ist der sogenannte saisonale Ausgleich, Überschüsse aus windreichen Wintermonaten müssen notfalls windschwache Sommermonate überbrücken. Es wird also wesentlich mehr Speicherkapazität als bisher beschrieben benötigt. Die nachfolgende Analyse einer simulierten 50% Windstrom- und 30% Solarstromerzeugung mit den Windverhältnissen des November 2015 belegt dies.

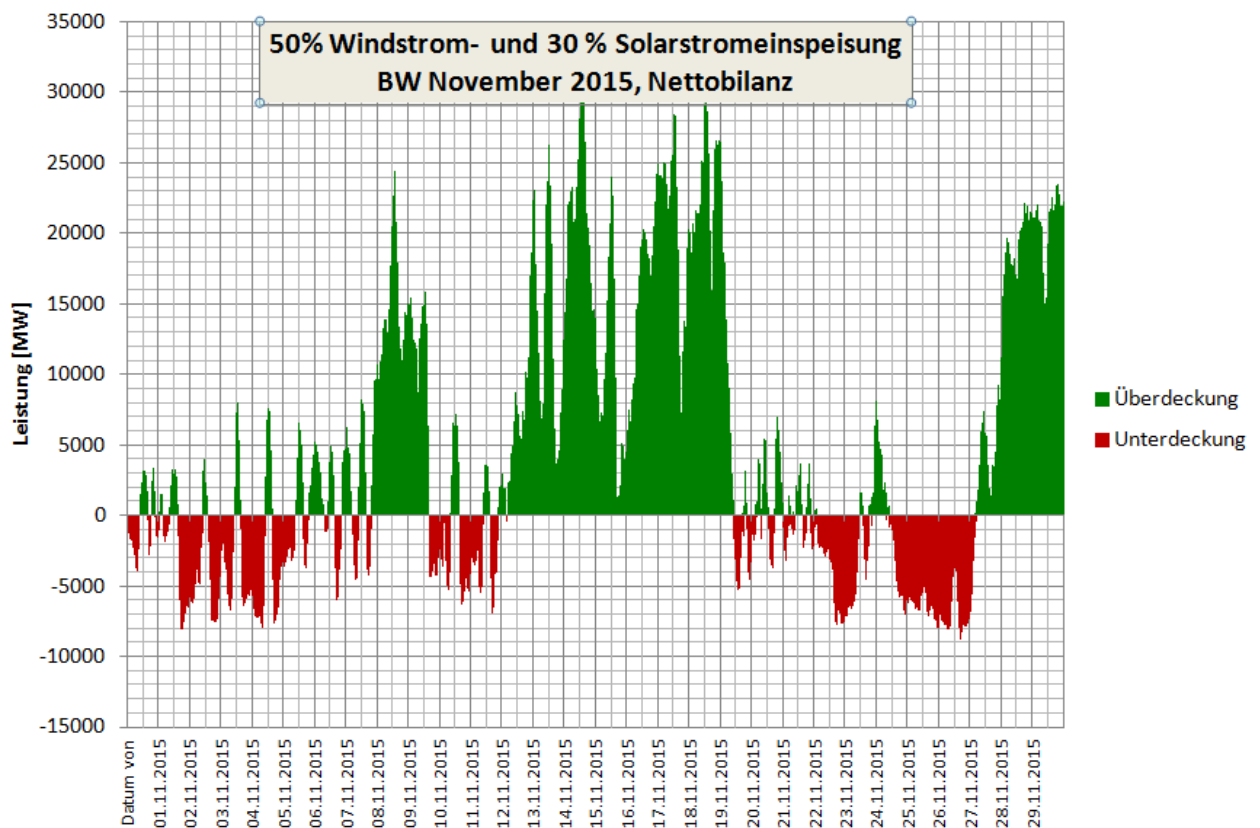
Der November 2015 war der mit Abstand windreichste Monat der letzten Jahre in BW, mit einem durchschnittlichen Nutzungsgrad der Windräder von 27%. In Bild 7 sind nun die Ertragsverhältnisse analog zu Bild 5 dargestellt, nur eben mit den Windverhältnissen vom November 2015.



**Bild 7: Simulierter 50% Windstrom- und 30 % Solarstromanteil in BW im November 2015**

Die enorme Überproduktion an Starkwindtagen ist nun offensichtlich, ebenso aber die weiterhin vorhandene Unterdeckung an anderen Tagen. Da man ja die Überschüsse zum langfristigen, saisonalen Ausgleich benötigt, müssen sie dem entsprechenden Speicher zugeführt werden. Hierzu müsste aber ein leistungsfähiges Netz mit entsprechender Kapazität zum Abtransport der Überschussleistung bereitstehen, auch wenn die volle Kapazität nur gelegentlich gebraucht wird.

In Bild 8 ist wieder die Nettobilanz dargestellt, wie sie sich für das in Bild 7 dargestellte Szenario ergibt.



**Bild 8: Simulierter 50% Windstrom- und 30 % Solarstromanteil in BW im November 2015, Nettobilanz Über- Unterdeckung**

Die Darstellung ist analog zu derjenigen in Bild 6. Es ist offensichtlich, dass hier über den Monat erheblich mehr Energie in den Speicher eingebracht (grün) als entnommen (rot) wird. Dieser Überschuss dient dann als Langzeitreserve zur Überbrückung windschwacher Monate. Es ergibt sich ein Netto Überschuss von 3,39 TWh welchen der Speicher aufnehmen können muss. Damit könnte man dann insgesamt 6 Wochen Flaute überbrücken.

Die Speicherkapazität muss also erheblich größer sein, als die weiter oben abgeschätzten 1,41 TWh, mindestens um den Faktor 2,4. Damit werden auch die weiter oben abgeschätzten Investitionskosten um den Faktor 2,4 höher, das Ganze wäre also völlig utopisch.

## **Fazit**

Die hier präsentierten Fakten offenbaren schonungslos die Schwächen und Probleme der Wind- und Solarstromerzeugung im Schwachwindland Baden-Württemberg.

- Die Windstromerzeugung ist zufallsgesteuert und hochgradig volatil. Es können längere zusammenhängende Flauteperioden auftreten, in denen die Windstromerzeugung völlig zum Erliegen kommt. Damit ist die Windstromerzeugung nicht planbar und für eine zuverlässige Stromversorgung der Industrieregion Stuttgart völlig ungeeignet. Damit ist die zentrale Aussage in den eingangs erwähnten Positionspapieren klar widerlegt.
- Die Windstromerzeugung muss komplett durch konventionelle Stützkraftwerke abgesichert werden, die zur Stabilisierung des Netzes ständig mitlaufen müssen. Dadurch ist der Beitrag der Windkraft zum vielbeschworenen Klimaschutz in der Region Stuttgart unbedeutend. Damit ist auch ein weiteres zentrales Argument aus diesen Positionspapieren widerlegt.
- Jeder weitere Ausbau der Windkraft verschlimmert das Problem, die Überschüsse werden erheblich größer und können deshalb nicht vollumfänglich "entsorgt" werden, der Mangel bei Windstille bleibt und muss weiterhin durch konventionelle Kraftwerke ausgeglichen werden. Zusätzlich benötigt man ein leistungsfähiges Übertragungsnetz zum Transport der hohen Überschussleistung.
- Eine realisierbare Speichertechnik, die auch in der Lage ist, einen saisonalen Ausgleich abzudecken, ist mittelfristig nicht in Sicht.

Somit kann man zusammenfassend feststellen:

**Erst wenn die Speicherproblematik zufriedenstellend gelöst ist und zusätzlich eine ausreichende Wirtschaftlichkeit garantiert ist, macht ein weiterer Ausbau der Windkraft in geeigneten Regionen überhaupt Sinn. Vorher ist es teures, nutzloses Stückwerk und hierfür ist eine Zerstörung wertvoller Naturräume, wie z.B. der Bucher Höhe, nicht zu verantworten.**