Jahresstudie zur Ermittlung der Stromerträge und Volllaststunden von WEA der 3-MW-Klasse im Vergleich zu ausgewählten 2MW-WEA in Sachsen

- Monatsbericht Dezember und Jahr 2015 -

1. Wetter- und Klimabetrachtung Dezember und Jahr 2015

Mit dem November-Bericht erfolgt die globale Temperaturauswertung für November 2015. Die November-Daten für Deutschland und Sachsen fanden bereits im letzten Bericht Berücksichtigung. Am 14.12. und 17.12.2015 verkündeten NASA und NOAA ihre jeweiligen November-Daten, gleichzeitig auch die Elfmonatsdaten 2015.

Sowohl nach NASA, als auch nach NOAA wurde für den November eine positive Temperaturabweichung festgestellt. Bezogen auf den Referenzzeitraum 1951 – 1980 wurden nach NASA Abweichungen von $\Delta T_{\text{glob November}} = [1,06K]$ und nach NOAA $\Delta T_{\text{glob November}} = [0,97K]$ ermittelt [Abb.1]. Damit avanciert der November 2015 zum wärmsten November seit 1880. Der global kälteste November wurde von NASA und von NOAA mit 1910/1907 ermittelt und liegt mehr als 100 Jahre zurück.

Rank (136 a)	Measure	Month	Temperature (above 20th Century average)
1th	Warmest (since 1880) Warmest (since 1880)	November 2015 November 2015	+1,06°C 3) +0,97°C 2)
1th 1th 2th 3th sift	Warnest (smoe 1880)	JanNov. 2015, JanNov. 2015 JanNov. 2014 JanNov. 2010, JanOcz. 2015 JanDez. 2015	+0,84°C 11 +0,87°C 21 +0,74°C 11 +0,73°C 11 +0,xx°C 21 +0,xx°C 21
1th	Coolest (since 1880)	JanNov. 1909, 1908, 1911 ²⁾	-0,46°C ¹⁾ -0,44°C ²⁾

Abb. 1: Globales Temperaturranking November / (Jan.-Nov.) 2015 nach NASA und NOAA; (Schlegel bearbeitet)

Sowohl nach NASA, als auch nach NOAA rangieren die Monate Januar - November 2015 in der globalen Temperaturskala auf Platz "1", vor Januar – November 2014. Die 3. Position wird in dieser Monatsreihung vom Jahr 2010 eingenommen. Die wärmsten Zeiträume Januar bis November fallen ausschließlich in das 21. Jahrhundert. Nach Ablauf von elf Monaten besteht kein Zweifel mehr, dass das Jahr 2015 nach 2014 auf einen erneuten Temperaturrekord hin steuert. Im östlichen Pazifik hat sich das Wetterphänomen "El Niño" nahezu voll entwickelt. Die US-amerikanischen Klima-Wissenschaftler erwarten, dass sich der "El Niño" bis Jahresende noch weiter verstärkt und für entsprechende Wetterturbulenzen sorgen wird.

Die globale Temperaturkarte für November [Abb. 2] zeigt die für einen "El Niño" typisch hohen Wassertemperaturen auf Äquatorebene vor der Westküste von Mittel- und Südamerika, bis hinauf nach Alaska. Gegenüber dem Vormonat hat sich die warme Strömung wiederum verstärkt.

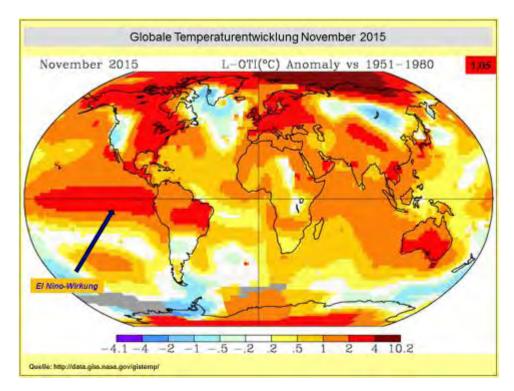


Abb. 2: Globale Temperaturentwicklung November 2015 nach NASA

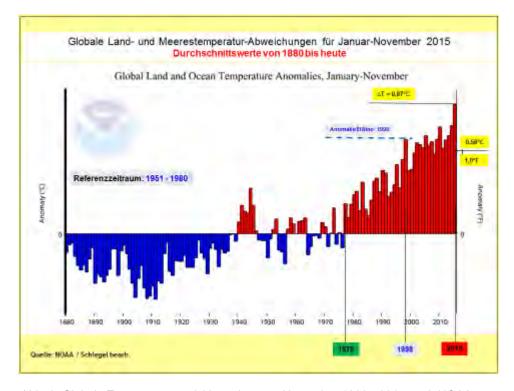


Abb. 3: Globale Temperaturentwicklung Januar - November 1880 - 2015 nach NOAA

Die globalen Temperaturen für den Zeitraum Januar bis November [Abb. 3] zeigen eindeutig, dass es sich um den bisher wärmsten Elfmonatszeitraum seit 1880 handelt. Bei dieser Differenz steht es praktisch fest, dass 2015 zu einem neuen Temperaturrekord aufsteigen muss.

Die globalen Jahres-Temperaturdaten werden voraussichtlich im Zeitraum 15.01. bis 20.01.2016 von NASA und NOAA veröffentlicht.

Zunächst nach Deutschland und zum Monat Dezember. Der erste Wintermonat fiel nach DWD-Angaben eindeutig zu warm aus. Einige Tage erinnerten von den Temperaturen her mehr an den Sommer als den gewohnten Wintermonat Dezember mit der Hoffnung auf weiße Weihnachten. Die Durchschnittstemperatur für den Monat Dezember wurde nach Auswertung von rund 2.000 Messstationen vom DWD in Deutschland mit $alpha T_{DE Dezember} = 6,4^{\circ}C$ ermittelt. Bezogen auf die gültige Referenzperiode 1961 – 1990 [$alpha T_{DE Dezember} = 0,8^{\circ}C$], ergab sich ein Wärmeüberschuss mit $alpha T_{DE Dezember} = 0,8^{\circ}C$], ergab sich ein Wärmeüberschuss mit $alpha T_{DE Dezember} = 0,8^{\circ}C$], ergab sich ein Wärmeüberschuss mit $alpha T_{DE Dezember} = 0,8^{\circ}C$], ergab sich ein Wärmeüberschuss mit $alpha T_{DE Dezember} = 0,8^{\circ}C$], ergab sich ein Wärmeüberschuss mit $alpha T_{DE Dezember} = 0,8^{\circ}C$], ergab sich ein Wärmeüberschuss mit $alpha T_{DE Dezember} = 0,8^{\circ}C$], ergab sich ein Wärmeüberschuss mit $alpha T_{DE Dezember} = 0,8^{\circ}C$], ergab sich ein Wärmeüberschuss mit $alpha T_{DE Dezember} = 0,8^{\circ}C$], ergab sich ein Wärmeüberschuss mit $alpha T_{DE Dezember} = 0,8^{\circ}C$], ergab sich ein Wärmeüberschuss mit $alpha T_{DE Dezember} = 0,8^{\circ}C$], ergab sich ein Wärmeüberschuss mit $alpha T_{DE Dezember} = 0,8^{\circ}C$], ergab sich ein Wärmeüberschussen mit $alpha T_{DE Dezember} = 0,8^{\circ}C$], ergab sich ein Wärmeüberschussen mit $alpha T_{DE Dezember} = 0,8^{\circ}C$], ergab sich ein Wärmeüberschussen mit $alpha T_{DE Dezember} = 0,8^{\circ}C$], ergab sich ein Wärmeüberschussen mit $alpha T_{DE Dezember} = 0,8^{\circ}C$], ergab sich ein Wärmeüberschussen mit $alpha T_{DE Dezember} = 0,8^{\circ}C$], ergab sich ein Wärmeüberschussen mit $alpha T_{DE Dezember} = 0,8^{\circ}C$], ergab sich ein Wärmeüberschussen mit $alpha T_{DE Dezember} = 0,8^{\circ}C$], ergab sich ein Wärmeüberschussen mit $alpha T_{DE Dezember} = 0,8^{\circ}C$], ergab sich ein Wärmeüberschussen mit $alpha T_{DE Dezember} = 0,8^{\circ}C$], ergab sich ein Wärmeüberschussen mit

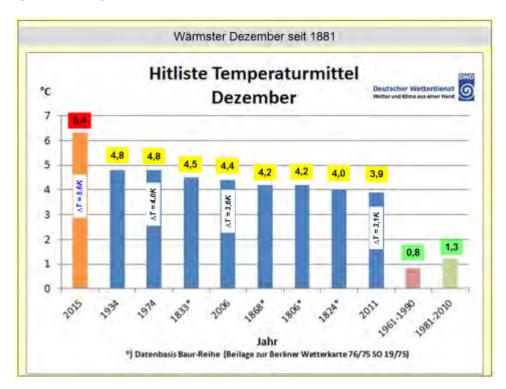


Abb. 4: Ausgewählte Temperaturmittel für den Dezember

Wie aus der Grafik hervorgeht, gab es auch in früheren Jahrzehnten den einen oder anderen warmen Dezember, jedoch blieben die Differenzen immer in ähnlicher Größenordnung. Der Dezember 2015 sprengt diesbezüglich alle bisherigen Abweichungsmuster.

An zahlreichen DWD-Stationen wurden neue Rekorde verzeichnet, so meldete *Freiburg/Breisgau* (BW) an neun Tagen jeweils $T \ge 15^{\circ}$ C. Die höchste Tagestemperatur wurde in *Emmendingen-Mundingen* (BW) am 17.12. mit $T_{max} = 18,0^{\circ}$ C gemessen. Der Tiefstwert wurde am 13.12. an der DWD-Station Reit im Winkel (BY) mit $T_{min} = [-8,3^{\circ}$ C] gemessen. Im Dezember wurden an keiner Messstation Temperaturen unter -10°C registriert!

Der milde Dezember irritierte die Natur und führte bereits den Frühling vor [Abb. 5].



Abb. 5: Ausgewählte Dezemberkapriolen

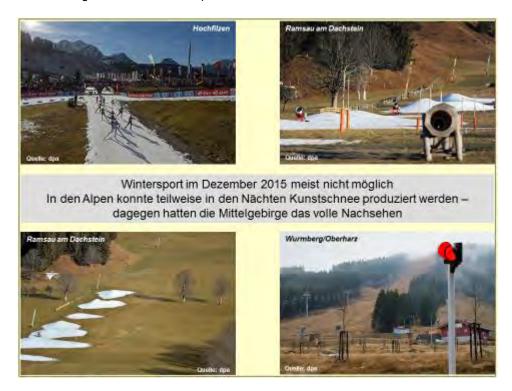


Abb. 6: Schneearmut im Dezember 2015

Der Dezember fiel wiederum zu trocken aus. In Deutschland wurde eine durchschnittliche Niederschlagsmenge von RR = 37I/m² ermittelt. Normal wären RR = 70I/m². Es wurden also nur rund 53% des Normalniederschlages erreicht. Bezüglich der Diversität der monatlichen Niederschläge, produzierte der Dezember keine Ausnahmen. Im Leebereich des Harzes fielen nur etwa 4I/m² vom Himmel. An der Grenze zu Dänemark fielen bis zu 150I/m² an Niederschlag. Die Mittelgebirge bis in die Alpen blieben schneefrei [Abb. 6]. Die Bilder mit dem feh-

lenden Schnee gleichen sich mit denen vom vorigen Dezember 2014. Lediglich vom Zugspitzplatt (BY) wurden skitaugliche Schneehöhen gemeldet.

Die Sonne schien im deutschlandweiten Flächendurchschnitt **SO** ≈ **66h**, was rund **173%** des langjährigen Mittels entspricht. Normal wären für den Monat SO = 38h Sonnenschein gewesen. Der Monat geht als zweitsonnigster Dezember nach 1972 ein. Im Süden Deutschlands schien die Sonne bis zu 400% des Normalwertes. Nur in lokal begrenzten Räumen wurde das Sonnenschein-Soll nicht erreicht.

In der Gesamtbetrachtung von Januar bis Dezember 2015 weist Deutschland einen Temperaturüberschuss auf. Dieser beträgt $\Delta T_{DE Jan.-Dez.} = [1,7K]$. Die Referenztemperatur (1961 – 1990) würde für Januar bis Dezember $\emptyset T_{DE Jan.-Dez.} = 8,2^{\circ}C$ betragen. Nach zwölf Monaten erreichte die Durchschnittstemperatur $\emptyset T_{DE Jan.-Dez.} = 9,9^{\circ}C$. Damit steht das Jahr 2015 zusammen mit 2000 und 2007 an 2. Position der bisher wärmsten Jahre. Die zweite Position in der Temperaturstatistik gilt auch für Europa [Abb. 7]. Der Erwärmungstrend behält ungebrochen die Oberhand.

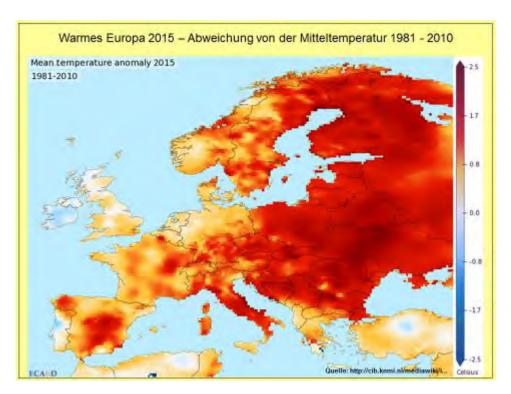


Abb. 7: Abweichung der Jahresmitteltemperatur in Europa 2015

Wie sah es im Einzelnen in Sachsen aus? In Sachsen kam die Durchschnittstemperatur im Dezember auf $\mbox{\it ØT}_{SN\,Dezember}$ = 6,2°C. Normal wären $\mbox{\it ØT}_{SN\,Dezember}$ = 0,3°C gewesen. Die Abweichung erreichte den positiven Wert von $\mbox{\it \Delta T}$ = [5,9K]. Der Wärmeüberschuss in Sachsen war deutlich größer als in Deutschland. Der deutsche Temperaturrekord im Dezember gilt gleichermaßen auch für Sachsen.

Der Niederschlag brachte es lediglich auf $RR = 25l/m^2$, was einem negativen Niederschlagsmittel von rund 42% entspricht. Der langjährige mittlere Referenzniederschlag für den Dezember beträgt $RR = 60l/m^2$. Fazit des Monats: Das Jahr endet mit einem Niederschlagsdefizit.

Die Sonne blieb in Sachsen mit **SO** \approx **70h** über dem langjährigen Referenzwert von **SO** \approx **41h** und kam damit auf rund 171% des Normalwertes. Die sächsischen PV-Anlagen erreichen 2015 Spitzenerträge mit spezifischen Stromerträgen zwischen e = [1.030 – 1.080] kWh/kW_p.

Der extrem milde Dezember führte zu einem schneelosen Erzgebirge. Die Kältesumme an den DWD-Stationen Leipzig und Dresden steht bei Null. Der gesamte Monat blieb bis in die höchsten Lagen schneelos. Seit 1916 registrierten die Meteorologen auf dem Fichtelberg zum dritten Mal ein schneeloses Weihnachten [Abb. 8]. Vorhandene Schneereste waren die Überbleibsel der maschinellen Beschneiung von Ende November. Die Zukunft des Wintersports in den Mittelgebirgen muss, bedingt durch die Klimaerwärmung, mit mehreren Fragezeichen (???) versehen werden. Die Fragestellung, bezüglich der Zukunft des Wintersportes im Erzgebirge, hat nichts Nebulöses oder mit einem Blick in die Kristallkugel zu tun, sondern einen sehr realen Hintergrund. Nach Angaben der DWD-Station "Fichtelberg" ist den letzten 30 Jahren die Jahresmitteltemperatur von $\mathbf{ØT_a} = \mathbf{2,7^{\circ}C}$ auf $\mathbf{\~OT_a} = \mathbf{3,7^{\circ}C}$ angestiegen. Für solch einen kurzen Zeitraum handelt es sich um einen enormen Anstieg. Ein Skibetrieb ist ohne maschinelle Beschneiung praktisch nicht mehr möglich.

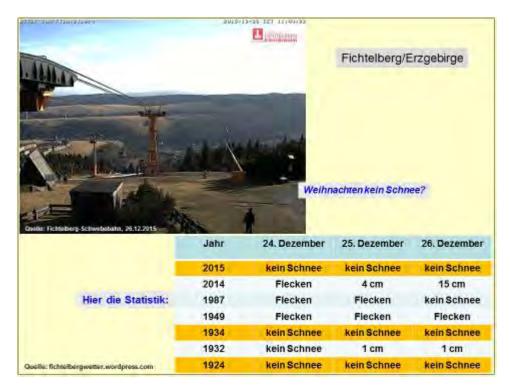


Abb. 8: Beginn und (Ende) der Skisaison im Erzgebirge

In der Gesamtbetrachtung des Jahres 2015 weist Sachsen einen Temperaturüberschuss auf. Dieser beträgt $\Delta T_{SN\ Jan.-Dez.} = [1,9K]$. Die Referenztemperatur (1961 – 1990) würde für Januar bis Dezember $\varnothing T_{SN\ Jan.-Dez.} = 8,1^{\circ}C$ betragen. Der Erwärmungstrend, der bereits für Deutschland festgestellt wurde, gilt auch in Sachsen. Nach zwölf Monaten beträgt die sächsische Durchschnittstemperatur $\varnothing T_{SN\ Jan.-Dez.} = 10,0^{\circ}C$ und übertrifft damit den deutschen Durchschnittswert geringfügig. Der Temperaturrekord des vergangenen Jahres [$\varnothing T=10,2^{\circ}C$] wurde zwar nicht geknackt, jedoch zählte 2015 erneut zu den wärmsten Jahren in Sachsen!

Der Jahresniederschlag erreichte **RR = 625l/m²**, was einem negativen Niederschlagsmittel von rund 89% entspricht. Der langjährige mittlere Jahresniederschlag kommt auf RR = 699l/m². Die Minderung von etwa 11% mag nicht sehr einschneidend wirken, doch aufgrund der häufigen Starkniederschläge in kürzester Zeit, einschließlich der unterschiedlichen Verteilung, mussten Natur und Landwirtschaft leiden.

Die Sonne schien in Sachsen mit **SO** ≈ **1.875h** und übertraf den langjährigen Referenzwert von **SO** ≈ **1.549h** beträchtlich. Sachsen war das sonnigste Bundesland und kam damit auf rund 121% des Jahres-Normalwertes.

Kein Monat des Jahres 2015 lief bisher ohne Wetterextreme ab. Diese Aussage gilt auch bis zum Jahresende. Die folgenden Bilder [Abb. 9, 10, 11, 12] kommen aus Deutschland sowie aus anderen Ländern. Unwetter kommen immer ungelegen, doch in der Weihnachtszeit, wie in England, sind diese besonders tragisch für die betroffenen Menschen.



Abb. 9: Plötzliches Hochwasser in NRW



Abb. 10: Weihnachtshochwasser in Nordengland (Grafschaften Yorkshire, Lancashire)



Abb. 11: Orkantief "TED" verursacht Millionenschäden



Abb. 12: Tornados in Deutschland

Auch das gehört zum Jahr 2015 [Abb. 12]. Deutschland wurde von zahlreichen Tornados heimgesucht, die fast durchweg zu schweren Verwüstungen und hohen materiellen Schäden führten. Diese Bilder wecken Assoziationen zu den Tornados in den USA. In Deutschland wurden bis Mitte Dezember 51 Tornados bestätigt. Darüber hinaus gab es weitere Verdachtsfälle.

Nach wie vor steigt die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre an [Abb. 13]. Der 2015er Jahrestiefstand trat im September ein. Seitdem stieg die CO₂-Konzentration auf dem Mauna Loa (Hawai) wieder in Richtung über 400ppmV an.

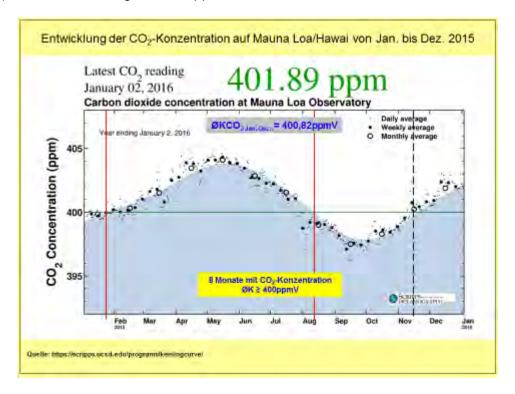


Abb. 13: Entwicklung der globalen CO₂-Konzentration Januar - Dezember 2015

Nach Ablauf des Monats Dezember steht fest, dass 2015 das erste Jahr ist, indem die mittlere Jahreskonzentration an CO_2 in der Atmosphäre auf der Referenzstation Mauna Loa die 400ppmV-Grenze überschritten hat. Im Dezember 2015 stieg die globale Konzentration des Treibhausgases CO_2 auf [$K_{CO2 Dez.}$ = 401,85ppmV] an.

Auf dem *Mauna Loa* (Hawai) als Referenzmessstelle wurde die durchschnittliche zwölfmonatige CO₂-Konzentration mit ØK_{CO2 Jan.-Dezember} = 400,82ppmV ermittelt [Abb. 13]. Unter den Klimawissenschaftlern bestehen keine Zweifel, dass die CO₂-Emissionen in der Atmosphäre als Haupttreiber für die Klimaerwärmung verantwortlich sind.

Wie o.a. stehen die Daten für die Globaltemperatur des Kalenderjahres 2015 noch nicht zur Verfügung. Ersatzweise wird hier die Grafik für das meteorologische Jahr (Dezember 2014 bis November 2015) angegeben [Abb. 14]. Die Grafik zeigt sehr schön, dass sich die Erde überwiegend gegenüber dem Referenzzeitraum 1951 -1980 erwärmt hat. Die positive Abweichung der Globaltemperatur wird für das Kalenderjahr noch höher ausfallen. Gleichzeitig lässt sich auch die "El Nino"-Wirkung, zumindest auf den amerikanischen Doppelkontinent, nachvollziehen.

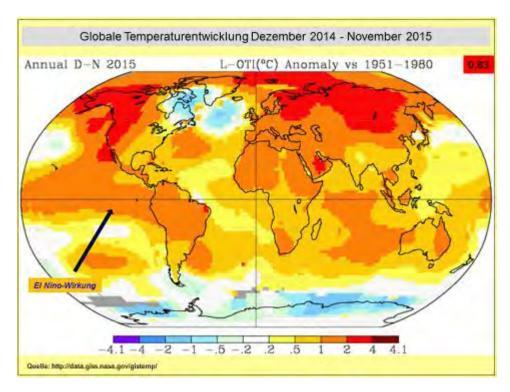


Abb. 14: Entwicklung der globalen Temperatur Dezember 2014 - November 2015

Aus Zeitgründen muss die vom Autor angekündigte Auswertung der UNO-Klimakonferenz in Paris im Dezember 2015 noch ausbleiben. Diese Auswertung erfolgt etwas später, denn die Ergebnisse der angekündigten Pressekonferenz von NOAA und NASA sollen Berücksichtigung finden. Eines der Auswertungsziele soll sein, dass der gesellschaftliche Druck auf die Politik, ganz besonders hier in Sachsen, erhöht wird. Sachsen muss sich endlich zu wirkungsvollen Klimaschutzmaßnahmen bekennen. Die regierende sächsische Koalition aus CDU und SPD muss ein Kohleausstiegs-Gesetz auf den Weg bringen und ein Klimaschutzgesetz erarbeiten. Es bleibt praktisch keine Zeit mehr für alle Akteure: Es gilt nur noch entschiedenes Handeln!

Mit diesem Teil Monats-Zusammenfassung endet der Exkurs in die Bereiche Wetter und Klima, und es geht zum Hauptteil der Studie, der energetischen Nutzung des Klimaelementes Wind.

2. Auswertung der Windstromerzeugung

Die [Abb. 15] beinhaltet in bekannter Art und Weise die grafische Datendarstellung zum Monats-Windstromverlauf für die Windparks an der A 14 "Silberberg" *Mutzschen* (L) und "Naundorf" (TDO) nördlich der B 169 zwischen den Ortslagen *Hohenwussen* und *Salbitz* (TDO). Aufgrund eines Ausfalls der Datenanzeige in Verbindung mit der Grafik im WP "Silberberg" *Mutzschen* (L), enthält [Abb. 15] nur bedingte Aussagefähigkeit, so dass die Detaillierung im November nur für den WP "Naundorf I" (TDO) erfolgt [Abb. 16].

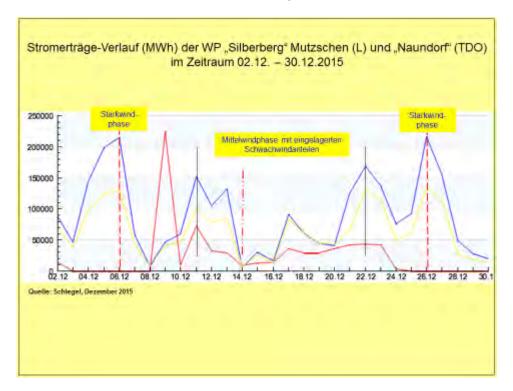


Abb. 15: Windstromverläufe an zwei WP-Standorten in Sachsen (Dezember 2015)

Der Dezember, allgemein als windstarker Monat bekannt, drehte 2015 noch einmal richtig auf. Unabhängig von den Windindex-Zonen, ob 17, 20 und 21, erreichten die von den Tiefdruckgebieten angetriebenen Windfelder ganz Sachsen. Der Windindex liegt noch nicht vor, dennoch standen die Sachsen-Daten zum Vergleich zur Verfügung. Aufgrund der starken Windmonate November und Dezember, gestaltet sich das Bild der Windstromgewinnung in Sachsen positiv. In Abhängigkeit von der jeweiligen WEA-Technologiegeneration wurden seit längerer Zeit erstmals wieder rund 90% der Stromerträge des Bezugswindjahres 2008 erreicht.

Für den WP "Silberberg" (L) konnten keine Tagesdaten rekonstruiert werden. Glücklicherweise ließen sich die Monatsdaten abrufen, so dass der WP in seiner Gesamtheit für die Bewertung verfügbar blieb.

Im WP "Naundorf I" wurden am 06.12.2015 $e_{max} = [41.232 - 43.833]$ kWh/(WEA*d) und am 26.12.2015 $e_{max} = [40.925 - 44.236]$ kWh/(WEA*d) registriert.

In der Jahreseinschätzung für das Jahr 2015 müssen die Realdaten mit den Verlustdaten verglichen werden, da sonst die Einschätzung des Windjahres fehlerbehaftet würde. Leider hatten sich 2015 in den beiden betrachteten Windparks "Silberberg" und "Naundorf I" erhebliche technische Probleme eingestellt, die zu Maschinenausfällen führten. So wurden für den WP "Silberberg" Mutzschen (L) Stromertragsausfälle von EAusf Jan.-Dez. ≈ 3.685.000kWh ermittelt.

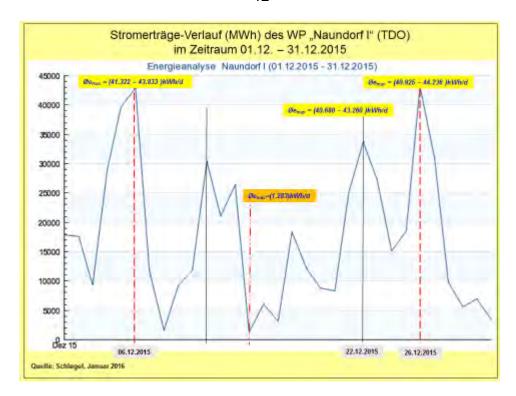


Abb. 16: Windstromverlauf am ausgewählten WP-Standort "Naundorf I" in Sachsen (Dezember 2015)

Die für den WP "Naundorf I" erfolgte Recherche kam auf EAusf Jan.-Dez. ≈ 1.629.000kWh Anlagenausfälle in zwölf Monaten. Die Maschinen sind seit 2004 und 2006 im Dauerbetrieb, so dass jetzt Verschleißteile gewechselt werden müssen.

Auffällig ist, dass die WEA oft viele Tage ausfallen. Für die Reparaturen wird mindestens Spezialpersonal benötigt, das wahrscheinlich nicht ausreichend verfügbar ist. Diesbezüglich müssen Wartung und Instandhaltung entscheidend verbessert werden.

Die Anlagenbetreiber können nur den Rat erhalten, dass diese kollektiven Druck auf die Instandhaltungsunternehmen aufbauen!

Unter Berücksichtigung der technisch bedingten Stromertragsausfälle im WP "Silberberg" von E_{Ausf Jan-Dez.} ≈ 3.685.000kWh hätte der Windpark rund **47.441.000kWh** in diesem Jahr eingespeist. Das wären rund **96,9**% Stromertrag des Bezugswindjahres 2008. Unter Berücksichtigung der technisch bedingten Stromertragsausfälle von E_{Ausf Jan-Dez.} ≈ 1.629.000kWh im WP "Naundorf I" hätte dieser Windpark rund **17.859.000kWh** in diesem Jahr eingespeist. Das wären rund **94,5**% des Bezugswindjahres 2008.Die korrigierten Stromerträge würden nach den Zwölfmonatserträgen von 2008 und nach dem bisherigen Jahresverlauf jeweils die **3.** Position einnehmen.

Auf die gleiche Aussage, wie für den gesamten WP, läuft es auch für die beste Einzel-WEA im "Silberberg" hinaus. Für diese WEA wurde ein Verlust von rund 70.000kWh ermittelt. Ohne technisch bedingte Stromertragsverluste stünde die WEA bei rund 6.211.000kWh, damit an 3. Position, was 95,1% des Bezugswindjahres entspricht.

Die Anlagen der 2MW-Klasse erreichten Zählerstände, die in den meisten Fällen über die 800.000kWh-Marke hinaus gingen, in zwei Fällen sogar die 900.000kWh-Marke überschritten [Tab. 2]. Die Anlagen der 3MW-Klasse überschritten alle die Schwelle von 1.000.000kWh, ebenfalls [Tab. 2].

Die korrigierten Windstrom-Daten zeigen, dass es sich um ein gutes Windjahr handelt, wenn gleich die Fluktuationen des Energieträgers Wind verbleiben und zur Stromspeicherung zwingen.

In der Kumulativ-Abrechnung haben sich alle sechs WEA der 3MW-Klasse im Stromertrag von der 2MW-Klasse sehr deutlich abgehoben, da bei diesen am Jahresende zwischen rund 7,4 Mio. und knapp 9,5 Mio. kWh auf dem Zähler stehen. Von der 2MW-Klasse haben fünf WEA die Marke von 6 Mio. kWh und sieben WEA die Marke von 5 Mio. kWh überschritten. Das Jahr 2015 geht in Sachsen als positives Windjahr in die Statistik ein.

Die überragende Position nimmt die WEA Typ "Senvion" 3,2M-114/NH143m im WP "Mark-Sahnau" (Z) ein:

In ihrem ersten vollen Betriebsjahr 2015 hat diese 3MW-WEA mit **345,80%** die gesamte Jahreseinspeisung 2014 der Referenz-WEA [E_{Ref 2014}=2.741.055kWh] aus dem WP "Naundorf" (TDO) überboten.

Nach zwölf Monaten beträgt der Zählerstand: $E_{1-12} = 9.478.549$ kWh. Dieses Potenzial der 3MW-Klasse **muss** bei allen WEA-Betreibern/Investoren sowie den Genehmigungsbehörden verinnerlicht werden. Aufgrund des miserablen Oktoberergebnisses aller sächsischen WEA, wurde die Jahresprognose in der November-Auswertung auf rund $E \approx [9.200.000$ kWh] gedrosselt. Der windstarke Dezember sorgte dafür, dass die Stromeinspeisung fast die Marke von knapp E = [9.500.000kWh] erreichte! Bisher scheiterte jede WEA der 3-MW-Klasse an der 9.000.000kWh-Hürde, was allerdings den nicht ausreichenden Windverhältnissen im Laufe des Jahres geschuldet war. Sobald sich die Wertigkeit des Bezugswindjahres 2008 einstellt, knackt die 3,2M114/NH143m am Standort WP "Mark-Sahnau" (Z) die 10.000.000kWh-Grenze.

Aufgrund der technischen Probleme mit der Datenanzeige im WP "Silberberg", erfolgt keine weitere Datenanalyse. Im WP "Naundorf I" wurden im Dezember an 7 Tagen durchschnittlich e > 30.000 [kWh/(WEA*d)] in das Stromnetz eingespeist.

Ausgewählte Werte finden sich hier für den WP "Naundorf I" (TDO):

```
05.12.: e = (37.555 - 42.027) kWh/d Øe = 39.729 kWh/(WEA*d)

06.12.: e = (41.232 - 43.833) kWh/d Øe = 42.939 kWh/(WEA*d)

22.12.: e = (40.680 - 43.260) kWh/d Øe = 42.157 kWh/(WEA*d)

26.12.: e = (40.925 - 44.236) kWh/d Øe = 43.176 kWh/(WEA*d)
```

Besonders windschwache Tage fielen auf den 08.12. und 14.12. Hier zeigten die Zählerstände folgende Tageseinspeisung an:

```
08.12.: e = (1.463 - 1.872) \text{ kWh/d} \varnothing e = 1.671 \text{ kWh/(WEA*d)}
14.12.: e = (1.137 - 1.669) \text{ kWh/d} \varnothing e = 1.283 \text{ kWh/(WEA*d)}
```

Die bisherigen Stromergebnisse des WP "Naundorf" galten nicht als überragend. Diese Erkenntnis gilt nicht mehr für die im Sommer 2015 in Betrieb gegangenen WEA der 3-MW-Klasse. Mit der Nabenhöhe von 140m sowie dem Rotordurchmesser von 112m werden die orografischen Unzulänglichkeiten, verursacht durch die westlich gelegenen Ortsteile Hohenwussen, Gastewitz, Stennschütz, vollständig überwunden.

Werden die beiden Windparks nach dem spezifischen Stromertrag, bezüglich der zwölf Monate verglichen, so ergeben sich folgende Werte:

Øewp "Silberberg" (1-12) = 5.469.539 kWh/WEA

Øewp "Naundorf I" (1-12) = 3.247.551 kWh/WEA

Der WP "Silberberg" speiste, bezogen auf den WP "Naundorf I", die **1,68**fache Strommenge in die Netze ein. In beiden WP's gab es wiederholt technisch bedingte Ausfälle, die in diesen Daten keine Berücksichtigung finden.

Im WP "Silberberg" Mutzschen (L) wäre theoretisch im Dezember die folgende Windstrommenge möglich gewesen:

 $E_{\text{theo max}} = 11.904.000 \text{kWh/mth}$ $E_{\text{real}} = 6.164.890 \text{kWh/mth}$ $E_{\text{theo max 1-12}} = 140.160.000 \text{kWh}/12 \text{Monate}$

Der Monatsrealertrag fällt geringer aus. Die aus den o.g. Daten berechenbare Monatseffizienz beträgt $p_{eff} = 52,04\%$!

Der WP "Naundorf I" (TDO) verfügt über fünf WEA der 2MW-Klasse. Theoretisch wäre die folgende Windstrommenge im Dezember möglich gewesen:

 $E_{\text{theo max}} = 7.440.000 \text{kWh/mth}$ $E_{\text{real}} = 2.738.282 \text{kWh/mth}$ $E_{\text{theo max 1-12}} = 87.600.000 \text{kWh/12Monate}$

Die aus den o.g. Daten berechenbare Monatseffizienz beträgt $p_{eff} = 36,80\%$!

In Tab. 1 erfolgt der monatliche sowie kumulative Effizienzvergleich zwischen den WP "Silberberg" und "Naundorf I".

p _{eff} [%]	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	Σp _{eff} [kum.]
WP Silber berg	52,80	33,78	35,78	24,87	22,29	19,51	30,16	16,29	23,53	16,82	46,85	52,04	31,22
WP Naun- dorf I	36,95	17,00	24,91	16,78	10,53	7,98	16,62	11,20	11,66	6,34	29,79	36,80	18,54

Tab. 1: Auflistung der prozentualen Monatseffizienz der WP "Silberberg" und "Naundorf I"

In Tab. 2 stehen sechs von zehn gegenwärtig erfassten 3MW-WEA, bezogen auf den kumulativen Stromertrag, an der Spitze. Für den WP "Riesa-Mautitz" stehen leider aus technischen Gründen zz. keine Daten zur Verfügung.

Es bleibt bei der monatlich sich wiederholenden Forderung der Windenergiebranche, dass es keine Einschränkungen, hinsichtlich Nabenhöhe und Rotordurchmesser der WEA geben darf, wie diese durch die RPV derzeit in die Windenergiekonzepte eingearbeitet werden.

Aus der Sicht des Autors manifestiert sich die Forderung nach der ausschließlichen Errichtung von Anlagen der 3MW-Klasse, bzw. der neuen auf den Markt strebenden 4MW-Klasse! Die Richtigkeit dieser Aussage manifestiert sich auch aus weiteren Daten der 3MW-Klasse, die hier zz. noch nicht veröffentlicht werden.

Hier das Monat- Dezember-(Kumulativ)-Ranking in Tab. 2:

WEA	Monat Dez.	WEA	Jahresergebnis
Typ/Standort	E in [kWh]	Typ/Standort	E _{kum} in [kWh]
1. 3,2M114/NH143m	1.423.249	1. 3,2M114/NH143m	9.478.549
Mark-Sahnau (Z)		Mark-Sahnau (Z)	
2. 3,2M114/NH93m	1.254.813	2. 3,2M114/NH93m	8.218.507
SN (unbenannt 6)		SN (unbenannt 6)	
3. 3,2M114/NH93m	1.207.191	3. 3,2M114/NH93m	8.141.448
SN (unbenannt 5)		SN (unbenannt 5)	
4. E101-3MW/NH135m	1.165.582	4. E101-3MW/NH135m	8.126.124
Erzgebirge		Erzgebirge	
5. E101-3MW/NH135m	1.159.148	5. E101-3MW/NH135m	8.047.471
Erlau (FG)		Erlau (FG)	
6. V112-3MW/NH140m	1.026.549	6. V112-3MW/NH140m	<mark>7.433.619</mark>
Thierfeld (Z)		Thierfeld (Z)	
7. E82-2,3MW/NH138m	<mark>999.833</mark>	7. E82-2MW/NH138m	6.824.370
Sornzig/Ablaß/Jeese.		Löbau (GR)	
8. E82-2MW/NH138m	<mark>982.514</mark>	8. E82-2MW/NH138m	6.728.424
Löbau (GR)		Sornzig/Ablaß/Jeese.	
9. E82-2MW/NH138m	958.351	9. E82-2MW/NH138m	6.359.825
Bockwitz (L)		Bockwitz (L)	
10. V90-2MW/NH105m	<mark>956.840</mark>	10. E82-2MW/NH108m	6.257.102
Silberberg (L)		Saidenberg (ERZ)	
11. E82-2,3MW/NH138m	870.748	11. V90-2MW/NH105m	6.140.719
SN (unbenannt 4)		Silberberg (L)	
12. E82-2,3MW/NH138m	868.858	12. E82-2,3MW/NH138m	5.827.145
SN (unbenannt 3)		SN (unbenannt 4)	
13. MM92-2MW/NH100m	851.774	13. E82-2,3MW/NH138m	5.719.816
Mark-Sahnau (Z)		SN (unbenannt 3)	
14. E82-2MW/NH108m	822.502	14. V90-2MW/NH125m	5.674.985
Saidenberg (ERZ)		Sitten (FG)	
15. V90-2MW/NH125m	816.920	15. MM92-2MW/NH100m	5.540.619
Sitten (FG)		Mißlareuth (V)	
16. E82-2,3MW/NH138m	792.595	16. MM92-2MW/NH100m	5.480.872
SN (unbenannt 1)		Mark-Sahnau (Z)	
17. E82-2MW/NH138m	758.741	17. E82-2,3MW/NH138m	5.465.122
Erlau (FG)		SN (unbenannt 1)	
18. MM92-2MW/NH100m	750.973	18. E82-2MW/NH138m	5.154.532
Mißlareuth (V)		Erlau (FG)	
19. MM92-2MW/NH80m	638.285	19. MM92-2MW/NH80m	4.598.600
SN (unbenannt 2)		SN (unbenannt 2)	
20. E101-3MW/NH135m	XXX.XXX	20. E101-3MW/NH135m	X.XXX.XXX
RIE-Mautitz (1)		RIE-Mautitz (1)	
R. V80-2MW/NH67m	544.339	R. V80-2MW/NH67m	3.287.009
Naundorf (TDO)		Naundorf (TDO)	

Tab. 2: Auflistung der Dezember - und Kumulativ-Jahresstromerträge 2015

Anmerkung:

- Die Tabelle enthält nicht alle WEA, die monatlich erfasst werden! Für die E101-3MW/NH135m im WP "RIE-Mautitz" sind zz. keine Daten verfügbar

Die Referenz-WEA Vestas V80-2MW/NH67m erzeugte im Dezember **544.339 kWh**. Das entspricht 36,58% der theoretisch möglichen Strommenge. Die beste WEA im WP "Silberberg" schaffte bei gleicher Leistung 64,30%, bzw. die **1,73**fache Monatsstrommenge, ein Ergebnis, welches z.B. mit der E82-2MW/NH138m im WP "Löbau" (GR) mit Faktor **1,80** nochmals übertroffen wird.

In den Tabellen (Tab. 3 und 4) erfolgt, in Anlehnung an die bisherigen Studien, die differenzierte Einschätzung für die WP "Silberberg" Mutzschen (L) und "Naundorf I" (TDO). Das Jahr 2008 verbleibt als Referenzjahr, da dieses per Definition als Bezugswindjahr bestimmt wurde.

WP "Silberberg" 01.0131.12.	Strommenge WP in [kWh]	Anteil in [%]	Strommenge beste WEA in [kWh]	Anteil in [%]
2008	48.948.885	100	6.528.684	100
2009	45.216.093	92,37	5.951.254	91,16
2010	40.224.648	82,18	5.345.345	81,87
2011	47.554.276	97,15	6.325.690	96,89
2012	45.708.880	93,38	5.929.506	90,82
2013	41.470.995	84,72	5.586.624	85,57
2014	38.892.262	79,45	5.272.492	80,76
2015	43.756.309	89,39	6.140.719	94,06

Tab. 3: Vergleich der Windstromerträge 01.01. – 31.12. für den WP "Silberberg" (Grimma/L)

WP "Naundorf I" 01.0131.12.	Strommenge WP in [kWh]	Anteil in [%]	Strommenge Referenz- WEA in [kWh]	Anteil in [%]
2008	18.902.376	100	3.698.577	100
2009	<mark>15.611.135</mark>	<mark>82,59</mark>	2.951.575	<mark>79,80</mark>
2010	<mark>15.449.463</mark>	81,73	2.942.820	79,57
<mark>2011</mark>	<mark>18.462.192</mark>	<mark>97,67</mark>	<mark>3.518.950</mark>	<mark>95,14</mark>
2012	17.604.129	93,13	3.399.422	91,91
2013	15.529.699	82,16	3.005.908	81,27
2014	13.917.497	73,63	2.741.055	74,11
<mark>2015</mark>	<mark>16.237.754</mark>	85,90	3.287.009	88,87

Tab. 4: Vergleich der Windstromerträge 01.01. – 31.12. für den WP "Naundorf I" (TDO)

Für den WP "Silberberg" (Tab. 3) betragen die kumulierten Dezember-Werte rund **89,4** bis **94,1%**. Im WP "Naundorf I" (Tab. 4) kommen die kumulierten Stromerträge auf rund **85,9%**, bezogen auf das Bezugswindjahr. Die Differenzen im WP "Naundorf I" beruhen auf den technisch bedingten Maschinenausfällen, die sich im Jahresverlauf addiert haben, gleichfalls auch von der ungünstigeren Standortqualität. Voraussichtlich in der Studie 2016 kann nachgewiesen werden, dass die vermeintlich geringere Standortqualität eher relativen Charakter trägt. Verschiedene Maschinenteile haben offensichtlich ihr Verschleißalter erreicht. Ohne die technisch bedingten Ausfälle würden rund 95% des Bezugswindjahres 2008 erreicht.

Die [Abb. 17] beinhaltet den Vergleich zwischen der besten Einzel-WEA aus dem WP "Silberberg" und der Referenz-Anlage aus dem WP "Naundorf I". Der Vorsprung der WEA V90-2MW/NH105m beträgt nach Ablauf des Jahres △E △ [+86,8%]! Dieser Abstand hat sich gegen Jahresende nicht vergrößert, da November und Dezember als starke Windmonate eingingen.

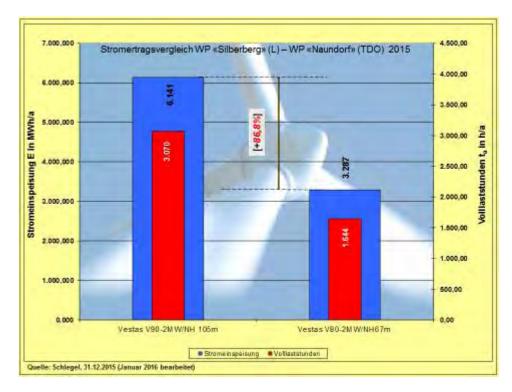


Abb. 17: Stromertragsvergleich V90-2MW/NH105m – V80-2MW/NH67m (Referenz-WEA)

Der Windpark "Silberberg" [P = 16.000kW] hat 2015 eine Gesamtstrommenge von

 $E_{WP} = 43.756.309kWh$

und das PV-KW "Waldpolenz" [P = 52.000kW_p] hat eine Gesamtstrommenge von

 E_{PV} = 53.607.580kWh eingespeist.

Mit diesen Strommengen könnten in Sachsen jeweils mit

Windstrom: ≈ 17.690 Haushalte, bzw. PV-Strom: ≈ 21.680 Haushalte

äquivalent ganzjährig versorgt werden.

In der Grafik [Abb. 18] wurden die monatlichen spezifischen Stromerträge aus Wind und PV kombiniert. Es ist leicht festzustellen, dass ein solches Verfahren zwar nützlich, aber eben nicht ausreichend ist, um eine kontinuierliche Versorgung sicherzustellen. Mit der Kopplung weiterer Anlagen, insbesondere mit weiteren erneuerbaren Energieträgern, glättet sich die Stromerträgegrafik; gleichzeitig wächst die Erkenntnis einer notwendigen Kopplung mit Stromspeichern. Eine der möglichen Lösungen wird in der Anlagenkonfiguration "Virtuelles Kraftwerk" gesehen. Virtuelle Kraftwerke gleichen die Unterschiede fluktuierender Energieträger in der Stromgewinnung deutlich besser aus, als Einzelanlagen. Zusammen mit geeigneter Stromspeicherung wird die kontinuierliche, sicher Stromversorgung gewährleistet.

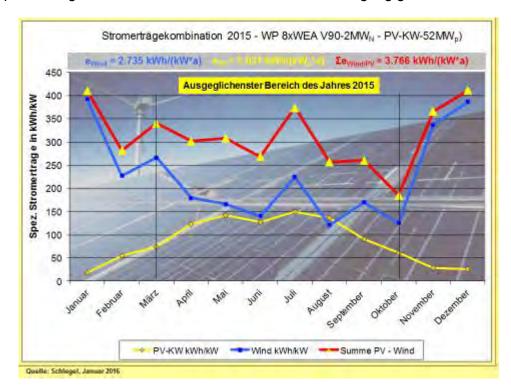


Abb. 18: Kombination der spezifischen Monatsstromerträge eines Windparks - P=16MW und eines PV-KW – P=52MWp

Mit [Abb. 19] findet die Studie insofern eine Erweiterung, da jetzt eine WEA der 3MW-Klasse der Referenz-WEA gegenüber gestellt wird. Die WEA 3,2M114/NH143m im WP "Mark-Sahnau" (Z) schafft nach zwölf Jahresmonaten mit $\Delta E \triangleq [+188,4\%]$ einen kumulativen Ertragsvorsprung. Durch die starken Windmonate November/Dezember hat sich dieser relativ geringfügig verkleinert.

Auch die anderen gelisteten 3-MW-WEA kommen auf ein durchschnittliches Plus im Stromertrag von $\Delta E \triangleq [+143,2\%]$.

Vor einigen Jahren handelte es sich noch um Thesen, wenn über die Leistungsfähigkeit der "binnenlandoptimierten" WEA der 2. Generation veröffentlicht wurde. Jetzt bestätigen die Realdaten die Richtigkeit der damaligen Thesen und berechtigen nicht nur, sondern fordern, sowohl von der Windenergiebranche, als auch die Politik geradezu auf, dass die sächsischen Windenergiereserven endlich zu Gunsten der Energiewende erschlossen werden.

Noch ist nicht geklärt, welche Entwicklung die Erneuerbaren Energien, insbesondere die Windenergie in der nächsten Zukunft nehmen werden. Momentan versuchen die Regionalen Planungsverbände mit ihren Steuerungsmöglichkeiten die Energiewende auszubremsen.

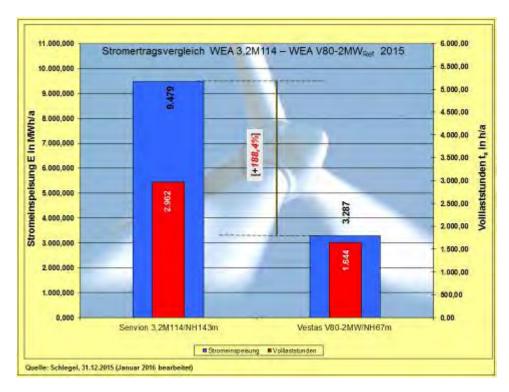


Abb. 19: Stromertragsvergleich WEA-3MW-Klasse - V80-2MW/NH67m (Referenz-WEA)

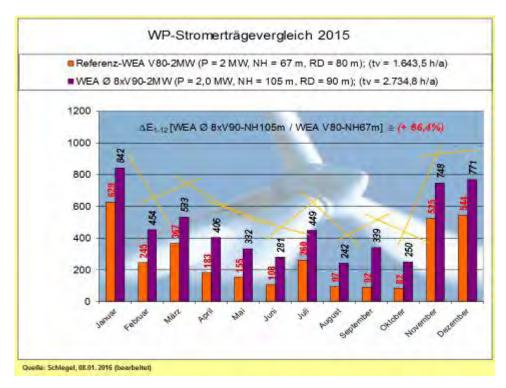


Abb. 20: Monatsstromerträge-Vergleich in MWh, (Volllaststunden pro Jahr als Realertrag) Referenz-WEA V80 mit Durchschnitt des WP "Silberberg"

- * ØEJanuar wegen technischer Ausfälle nur mit 6 WEA
- * ØE_{April} wegen technischer Ausfälle nur mit 7 WEA
- * ØE_{November} wegen technischer Ausfälle nur mit 7 WEA

Die [Abb. 20] gehört zu einer Fortsetzungsgrafik, die von ihrer Struktur her in der zweiten Jahreshälfte richtig bewertbare Konturen annimmt. Aus der Grafik gehen die monatlichen Windfluktuationen, nicht aber die technisch bedingten Verluste hervor.

Nachfolgend die bekannten Grafiken der Stromerträge in den [Abb. 21 bis 28] sowie dazugehörige verbale Ausführungen. Die Daten der Referenz-WEA sind nur in den [Abb. 21 und 22] enthalten. Die weiteren Grafiken (Ausnahme [Abb. 27 und 28]) enthalten diese nicht mehr, beziehen sich aber auf die Referenz-WEA V80-2MW/NH67m. D.h.: Alle Prozentangaben beziehen sich auf die Referenzmaschine.

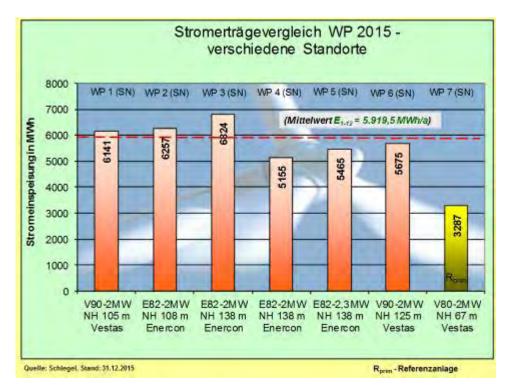


Abb. 21: Stromerträge-Vergleich von WEA im Sachsenquerschnitt (Dezember)

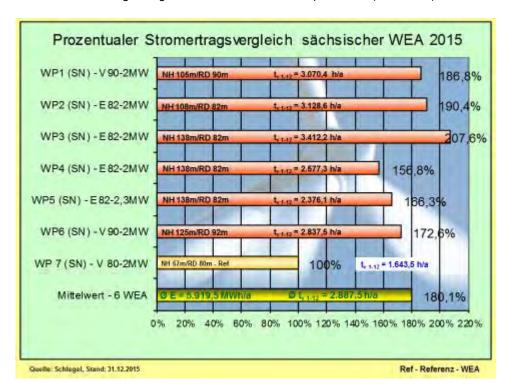


Abb. 22: Stromerträge-Vergleich - prozentual und nach Volllaststunden (Dezember)

Die Säule der Referenz-WEA geht nicht in den Mittelwert der Stromerträge ein, so dass der Abstand sich sukzessive vergrößern kann. Dabei läuft die Referenz-WEA weitgehend zuverlässig. Mit jedem Monatsfortschritt steigen die tatsächlichen Windenergiepotenziale der WEA mit größeren Nabenhöhen und Rotordurchmessern – relativ gesehen – an.

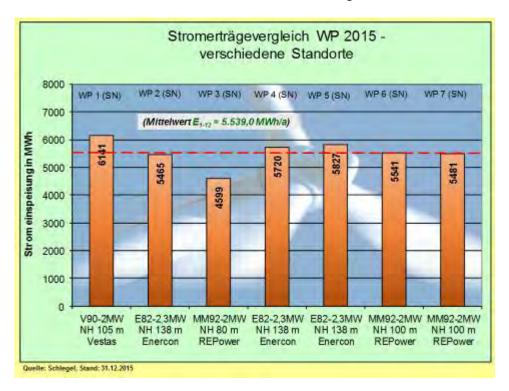


Abb. 23: Stromerträge-Vergleich von WEA im Sachsenquerschnitt (Dezember)

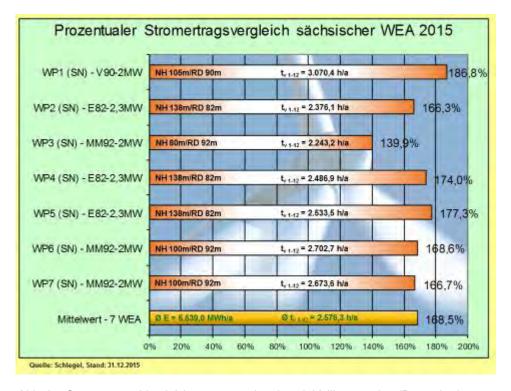


Abb. 24: Stromerträge-Vergleich - prozentual und nach Volllaststunden (Dezember)

Die [Abb. 23 und 24] beinhalten vier WEA an unbenannten Standorten [WP2], [WP3], [WP4], [WP5] in Sachsen. Am Standort [WP3] MM92-2MW/NH80m wird der ausgeprägte negative Effekt wegen der geringen Nabenhöhe von 80m zunehmend sichtbarer. Der Mehrertrag von 39,9% gegenüber der Referenz-WEA resultiert vorwiegend aus dem größeren Rotordurchmesser und zu einem geringeren Teil auch aus der Nabenhöhendifferenz von 13m.

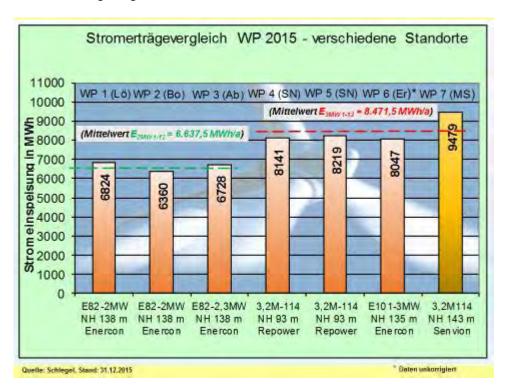


Abb. 25: Stromerträge-Vergleich – 2MW-Klasse mit 3MW-Klasse (Dezember)

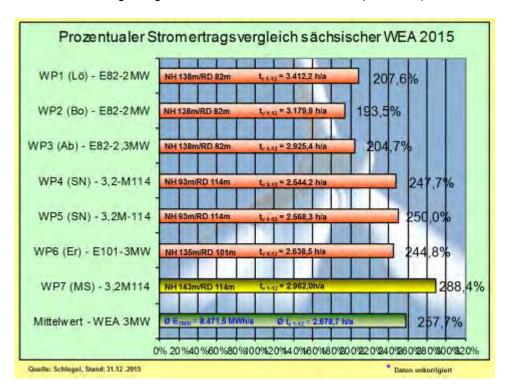


Abb. 26: Stromerträge-Vergleich - prozentual und nach Volllaststunden (Dezember)

In den Grafiken [Abb. 25 und 26] wird die 2-MW-Klasse direkt mit der 3-MW-Klasse verglichen. Die [Abb. 25 und 26] beinhalten zwei WEA an unbenannten Standorten [WP4], [WP5] in Mittelsachsen. Die Standorte [WP4] und [WP5] gehören zur 3-MW-Klasse, bleiben auf Betreiberforderung unbenannt.

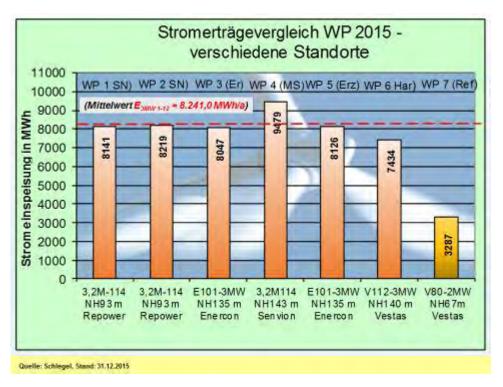


Abb. 27: Stromerträge-Vergleich- 3MW-Klasse mit 2MW-Referenz (Dezember)

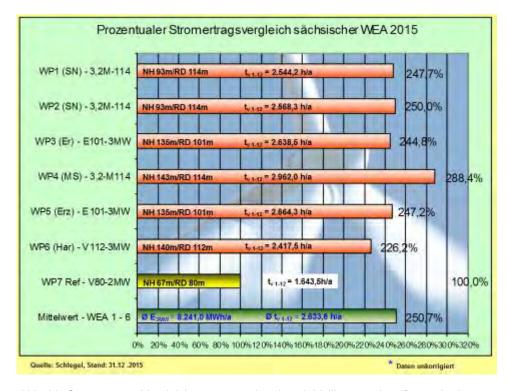


Abb. 28: Stromerträge-Vergleich - prozentual und nach Volllaststunden (Dezember)

Die [Abb. 27 und 28] gehören zur Erweiterung der Studie, da mehrere WEA der 3MW-Klasse verfügbar sind. Die monatsbeste WEA in *Mark-Sahnau* 3,2M114/NH140m erzeugte 1.423.249kWh. Die V90-2MW/NH105m am Standort *Silberberg* speiste 956.840kWh ein. Im Jahresschnitt speisten die besten fünf gelisteten 3MW-WEA gegenüber der Referenz-WEA die **2,56fache** Strommenge ins Netz.

Vergleich in [Tab. 5] von sieben in Betrieb befindlichen 3-MW-WEA:

WEA-Typ/ Standort	Stromertrag E _{theo max} in [kWh/mth]	Stromertrag E _{real} in [kWh/mth]	Monatseffienz p _{eff} in [%]
WP Erlau E101-3MW/135m	2.269.200	1.159.148	51,08
WP SN (unbenannt) W1:3,2M114/93m	2.380.800	1.207.191	50,71
WP SN (unbenannt) W2:3,2M114/93m	2.380.800	1.254.813	52,71
WP Mark-Sahnau 3,2M114/143m	2.380.800	1.423.249	59,78
WP Thierfeld V112-3MW/140m	2.287.800	1.026.549	44,87
WP Erzgebirge) E101-3MW/135m	2.269.200	1.165.582	51,37
WP RIE-Mautitz * E101-3MW/135m	2.269.200	x.xxx.xxx	XX.XX

^{*} Daten zz. nicht verfügbar

Tab. 5: Vergleich der Monatseffizienz (Dezember) von sieben in Betrieb befindlichen WEA der 3-MW-Klasse

Unter den gegebenen Bedingungen erreicht im Dezember die monatliche Effizienz der 3-MW-Klasse zwischen (44,9 - 59,8) % und liegt rund [4,5 - 19,5] % unterhalb der besten WEA (64,30%) des WP "Silberberg" Mutzschen (L). Diese Unterschiede verdeutlichen die Ausgewogenheit zwischen der WEA-Leistung der 2-MW-Klasse und deren Effizienz.

In der Gesamtbeurteilung der 3-MW-Klasse mit der (technologisch überholten) 2-MW-Klasse stehen nach jetziger Erkenntnis die deutlich gestiegenen Jahresstromerträge im Fokus. Die speziell für das Binnenland entwickelten WEA der 3-MW-Klasse befinden sich noch immer in einem Technologie-Status, der von einem Optimum in dieser Klasse entfernt ist. Die meisten Anlagen verfügen über zu geringe Rotordurchmesser. Rotoren mit RD \approx 100m reichen einfach nicht aus, um vor allem bei Schwachwindverhältnissen noch ausreichende Strommengen in die Netze zu bringen. WEA mit bsplw. RD = 114m bringen theoretisch rund 30% mehr Strom als WEA mit RD = 100m.

Derzeit bauen die WEA-Hersteller auf noch größere Rotoren. Z.B. hat VESTAS im September 2015 auf der *HUSUM WindEnergy* die **V136-3,45MW** vorgestellt. Diese Maschine verfügt über einen Rotordurchmesser von RD = 136m und wird mit einer Nabenhöhe von NH = 149m angeboten. Theoretisch kann mit dieser Anlage die Stromgewinnung um rund 85% gegenüber einer WEA mit nur RD = 100m gesteigert werden. Damit lassen sich die windschwachen Gebiete im Binnenland bestens erschließen.

Nachfolgend eine weitere Bewertungsmöglichkeit in [Tab. 6]:

WEA-Typ	Stromertrag E ₁₋₁₂ in kWh	WEA-Typ	Stromertrag E ₁₋₁₂ in kWh	Differenz ∆E in %
WP Erlau E101-3MW/135m	8.047.471	WP Erlau E82-2MW/138m	5.154.532	+56,1
WP Erlau E101-3MW/135m	8.047.471	WP Silberberg V90-2MW/105m	6.140.719	+31,1
WP Erlau E101-3MW/135m	8.047.471	WP SN (unbenannt) 3,2M114/93m	8.218.507	-2,1
WP Mark-Sahnau 3,2M114/143m	9.478.549	WP SN (unbenannt) 3,2M114/93m	8.218.507	+15,3
WP Mark-Sahnau 3,2M114/143m	9.478.549	WP Silberberg V90-2MW/105m	6.140.719	+54,4
WP SN (unbenannt) 3,2M114/93m	8.218.507	WP Silberberg V90-2MW/105m	6.140.719	+33,8
WP Thierfeld V112-3MW/140m	7.433.619	WP Silberberg V90-2MW/105m	6.140.719	+21,1
WP Erzgebirge E101-3MW/135m	8.126.124	WP Silberberg V90-2MW/105m	6.140.719	+32,3

Tab. 6: Prozentualer Vergleich zwischen ausgewählten WEA der 3-MW- und 2-MW-Klasse

Der Unterschied im Stromertrag am Standort WP "Erlau" zwischen der E101-3MW/NH135m und der E82-2MW/NH138m beträgt **56,1%**. Der Unterschied liegt, wie in den meisten Monaten, etwas über dem theoretischen Wert von rund 52%, der sich rein rechnerisch aus der RD-Differenz ergibt. Im Verhältnis dieser beiden WEA hat sich eine Kontinuität herausgebildet, denn die Abweichungen bewegen sich schon langfristig um den Bereich von ≈ 56%. Gegenüber der besten WEA im WP "Silberberg" beträgt der Vorsprung **32,9%**. Die Größenordnung dieses Vorsprungs wurde wiederholt im Intervall mit rund einem Drittel festgestellt.

Gleich beachtlich stellt sich die Differenz zwischen der WEA 3,2M114/NH143m und der WEA V90-2MW/NH105m im WP "Silberberg" mit +55,4% heraus. Theoretisch müsste die Differenz noch größer ausfallen, da die WEA 3,2M114 über eine um 38m höhere Nabenhöhe verfügt. Der Nabenhöhennachteil wird offensichtlich durch die hervorragende Standortqualität des WP "Silberberg" ausgeglichen.

Abschaltungen von WEA wegen verschiedener Fledermauspopulationen sind wiederholt ärgerlich, aber leider nicht gänzlich zu vermeiden, da es sich um besonders geschützte Tiere handelt. Im Dezember wurden keine Abschaltungen gemeldet.

Die Unterschiede in den Stromerträgen zwischen der 3-MW-Klasse und der 2-MW-Klasse dürfen schon als gravierend positiv bezeichnet werden. Eine Ausnahme bildet weiterhin der WP "Silberberg" (L), der nach wie vor zu den stromertragreichsten in Sachsen gehört. Über ähnlich gute Windverhältnisse verfügt der WP "Saidenberg" (ERZ). Hier könnten wesentlich höhere Stromerträge generiert werden, wenn die Vereisung der Rotorblätter im Winter beherrschbar wäre.

Eine Sonderstellung unter den Anlagen der 2-MW-Klasse nimmt die WEA E82-2MW/NH138m im WP "Löbau" ein. Nach zwölf Monaten erscheinen auf der Anzeige E_{1-12} = 6.824.370kWh als Jahresgesamtstromertrag. Diese WEA hat in den vergangenen Jahren bereits mehrfach Stromerträge >> 6.000.000kWh produziert.

Eine weitere WEA der 2MW-Klasse, die E82-2,3MW/NH138m, erreichte einen Stromertrag von E_{1-12} = 6.728.424kWh am Standort WP "Sornzig/Ablaß/Jeesewitz" (TDO/L).

Mit der Inbetriebnahme des WP "Riesa-Mautitz" (MEI) stehen weitere vier WEA vom Typ Enercon E101-3MW zur Verfügung. Seit März stellten sich stabile Verhältnisse bei allen vier WEA ein. Leider stehen ab Juni zunächst keine Stromerträge für die Auswertung zur Verfügung. Die dem Autor indirekt verfügbaren Stromerträge bestätigen, sowohl die dortige Standortqualität, als auch alle anderen positiven Aussagen zur 3MW-Klasse.

Die bisher vom Autor vertretene These, dass die 3-MW-WEA-Klasse ein Erfolgskonzept wird, bestätigt sich jetzt in der Realität mit den Stromerträgen. Es darf erwartet werden, dass möglichst viele Investoren aus den generierten Stromerträgen der neuen Binnenland-Technologie-klasse die Überzeugung gewinnen, dass genau mit solchen Windenergieanlagen zum Gelingen der Energiewende beigetragen werden kann. In diesem Zusammenhang ergeht der Hinweis, dass nicht alle Anlagen der 3-MW-Klasse für die verschiedenen Standorte gleich gut geeignet sind. Die bisher vorliegenden Erfahrungen zeigen, dass vor allem die WEA mit den größten Rotordurchmessern punkten. Z. B. ist im Repowering-Verfahren an einem Standort in Mittelsachsen die Errichtung von fünf WEA Vestas V-126-3.3MW mit NH=137m geplant. Wahrscheinlich ist mit der Genehmigung 2016 zu rechnen.

3. Neuerrichtungen, Fortschritte und Ausblick in der sächsischen Windenergienutzung

Bezüglich der Neuerrichtungen von WEA, darf 2015 endlich wieder als ein gutes Jahr bezeichnet werden, wenn auch Sachsen nach wie vor nur die 11. Position in Deutschland belegt. Nach Sachsen rangieren nur die Bundesländer *Baden-Württemberg*, *Saarland* sowie die drei Stadtstaaten *Hamburg*, *Bremen* und *Berlin*. Der zahlenmäßige Bruttozuwachs beträgt 30 WEA.

Erstmalig wird in der Studie eine Aufnahme des WP "Lippoldsruh" [Abb. 29] bei Zwickau vorgestellt. Die Aufnahme erfolgte wenige Tage vor Inbetriebnahme der WEA. Mit Errichtung und Inbetriebnahme stieg die Nennleistung des gesamten sächsischen Windparks um 9,9MW an.



Abb. 29: WP "Lippoldsruh" bei Zwickau (Z)

Einige Bemerkungen zu diesem Windpark: Das Genehmigungsverfahren gestaltete sich weniger kompliziert als an anderen Standorten in Sachsen, wo durchaus zwischen Planungsbeginn und Inbetriebnahme bis zu **zwölf** Jahren *(Gerichtsverfahren eingeschlossen)* vergangen sind. Im vorliegenden Fall musste eine Änderungsgenehmigung beantragt werden, da der ursprünglich geplante WEA-Typ Vestas V112-3.0MW/NH140m nicht verfügbar war. Bei den errichteten WEA handelt es sich um leistungsgesteigerte WEA V112-3.3MW/NH140m. Der Bau selbst stand wiederum nicht unter einem günstigen Stern, da die Bauarbeiten in das letzte Quartal des Jahres fielen. Nach dem bekannten außerordentlich schwachen Windmonat Oktober schafften im November häufige und starke Windfelder den Weg nach Sachsen. Für die Windstromerzeugung "Klasse", für die Kranmontage der Turmelemente und Rotorblätter eher ein "Fiasko".

Projektierung und Bauleitung für den Windpark hatte die *Energieanlagen Frank Bündig GmbH* aus Waldheim übernommen – ein mittelständisches Ingenieurunternehmen, welches auch die erste binnenlandoptimierte WEA vom Typ Enercon E101-3MW/NH135m im WP "Erlau" (FG) gebaut hat. Alle drei Maschinen gingen unmittelbar vor Weihnachten an das Stromnetz. Die Errichtung der Anlagen unter diesen äußerst schwierigen Bedingungen beweist die Leistungsfähigkeit auch kleiner Ingenieurunternehmen. Der Firma *Energieanlagen Frank Bündig GmbH* gehört ein großartiges Dankeschön, nicht nur vom Studienautor!

Die Firma SABOWIND GmbH Freiberg hat im WP "Langenrinne" Freiberg die Bauarbeiten für eine Enercon E53-800kW mit dem Inbetriebnahmeziel 31.12.2015 vorangetrieben. Gleichfalls im WP "Langenrinne" Freiberg errichtet die Firma New Energy GmbH aus Großschirma (FG) eine WEA vom Typ E70-2MW mit Inbetriebnahmeziel 31.12.2015 [Abb. 30]. Mit dieser Baumaßnahme im Bereich Windenergie erfolgte der Jahresabschluss in Sachsen



Abb. 30: Repowering und Erweiterung im WP "FG-Langenrinne" / Freiberg (FG)



Abb. 31: WEA-Stand Sachsen Dezember 2015

Die [Abb. 31, 32, 33, 34] geben die quantitative/qualitative Übersicht über den Stand der Windenergienutzung (ohne Stromerträge) in Sachsen.

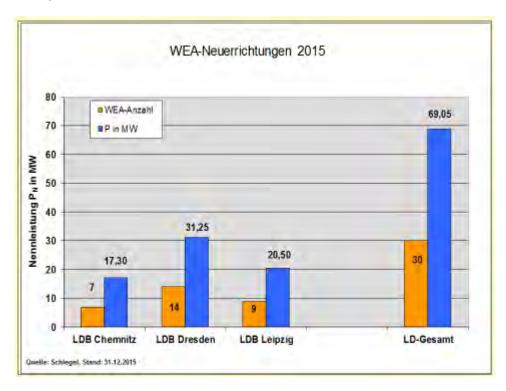


Abb. 32: WEA-Neuerrichtungen Sachsen 2015

	LDB Chemnitz		LDB Dresden		LDB Leipzig		LD-Gesamt	
WEA 2014	Anzahi n [-]	Leistung P [MW]	Anzahl n [-]	Leistung P [MW]	Anzahl n [-]	Leistung P [MW]	Anzahl n [-]	Leistung P (MW)
Genehmi- gungen ²⁾	5	15,20	10	30,05	3	9,60	18	54,850
Neverrich- tungen			14	31,25		20,50		
Rückbau/ a) Repowering	14	7,980	23	10,79	3	0,45	40	19,220

Abb. 33: Übersicht WEA-Genehmigungen, -Neuerrichtungen, -Rückbauten in Sachsen

Beachtenswert ist der Anstieg von WEA der 3-MW-Klasse. Die in dieser Studienarbeit seit April 2012 veröffentlichten Stromerträge einer E101-3MW/NH135m am Standort WP "Erlau" dürften sehr zur Überzeugung der Investoren beigetragen haben.

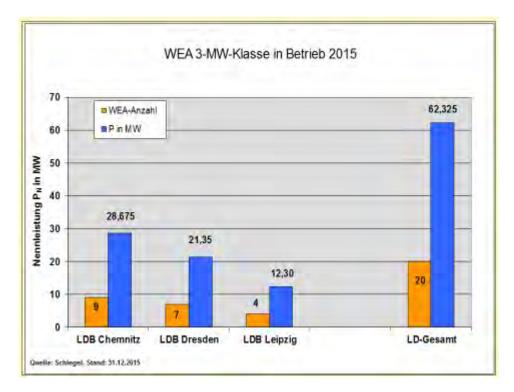


Abb. 34: Anzahl/Leistung und Verteilung der betriebenen 3-MW-WEA in Sachsen

Die Energiewende wird in Deutschland von rund 90% der Bevölkerung in bemerkenswerter Stabilität bejaht. Auf die Windenergie entfallen 2015 immerhin rund 77% der Stimmen. Obwohl die Gegnerschaft der Energiewende, bestehend aus Klimaleugnern und Klimaignoranten so stark trommelt, dass es Glauben macht, ganz Deutschland wäre dagegen.

In Sachsen hat sich die Gegnerschaft der Energiewende besonders in der regierenden Politik festgesetzt. Schwierig zu verstehen, nein nicht nachvollziehbar, dass eine Partei mit überwiegend christlicher Orientierung und deren Werteauffassungen (Studienautor ist selbst jahrzehntelanges Mitglied) den fossilen Energiekonzernen so zu Füßen liegt, wie in Sachsen.

Ein Kollege berichtete aus einem Gespräch mit einem sächsischen Landtagsabgeordneten (MdL), welches Ende November oder Anfang Dezember stattfand, dass der MdL auf den anthropogen verursachten Klimawandel und dessen Folgen angesprochen nur etwas Lächeln übrig hatte. Der MdL meinte sinngemäß, dass er jüngst mit einem TU-Professor darüber gesprochen hätte und dieser darauf meinte: Die menschliche Einwirkung auf das Klima sei bisher gar nicht erwiesen. Es bleibt die Frage offen, wie der Klimaignorant von sächsischem MdL am 20.01.2016 reagieren wird, denn dann will die staatliche amerikanische Wetterorganisation NOAA den neuen globalen Temperaturrekord für das Jahr 2015 bekannt geben. Den letzten globalen Temperaturrekord meldeten NOAA und NASA erst gemeinsam am 14.01.2015 für das zurückliegende Jahr 2014!!!

Die sächsischen Landräte lehnen mehr oder weniger offen und massiv die deutsche Energiewende ab. Da zahlreiche Bürgerinitiativen besonders gegen die Windenergie zu Felde ziehen, unterstützen die Landräte die 10H-Abstandsregelung zwischen Windenergieanlagen und Wohnbebauungen. Die gesetzliche Umsetzung dieser 10H-Abstandsregelung hat der Koalitionsvertrag zwischen CDU und SPD vom Herbst 2014 ausgeschlossen. Wie lässt sich nun die Windenergie ausbremsen? Ein Blick in das **Windenergiekonzept** (von der Verbandsversammlung am 15.12.2015 beschlossener Entwurf) des Planungsverband REGION CHEMNITZ bringt Klarheit, bringt alle Klimaschützer emotional zum Kochen. Sicher sind umfangreiche Teile des Windkonzeptes in den Aussagen, Zielstellungen und Festlegungen völlig unstrit-

tig. Dafür tauchen in der Rubrik "Standortbezogenes Datenblatt" erhebliche Fehler auf. Z.B. wurden die WEA der 3-MW-Klasse in der Inbetriebnahme um ein Jahr zurückgesetzt, und die angegebenen Stromerträge können nicht stimmen, da die Maschinen ja nicht in Betrieb waren. Die dann angegebenen Stromerträge entsprechen auch nicht der Realität. Bei allen Anlagen finden Vergleiche zwischen den Referenzerträgen und tatsächlichen Stromerträgen (sofern denn diese nicht nur geschätzt sind) statt. Eine Bewertung und Einordnung zwischen Referenzertrag und Ist-Stromertrag findet sich nicht. Der Referenzertrag als ein rein theoretischer Stromertrag muss im Vergleich mit dem Ist-Stromertrag einer WEA grundsätzlich mit dem jeweiligen Windstromjahr ins Verhältnis gesetzt werden. Bekanntermaßen war das Bezugswindjahr (100%) für Sachsen 2008! In allen Jahren seit 2008 führten die Windverhältnisse zu Stromerträgen, die z.T. nur (80 – 90)% [2010, 2013, 2014] des Bezugswindjahres erreichten. WEATypen, die in den 1990er Jahren in Betrieb genommen wurden, können aufgrund des damaligen Technologie-Status noch deutlich darunter liegen.

Für die Verteilung von WEA in Windparks, bzw. deren Anordnung gibt es seit Jahr und Tag Regeln, die meist empirisch ermittelt wurden. Die Chemnitzer Regionalplaner haben sich große Mühe gemacht und von der

TU Dresden, Institut für Landschaftsarchitektur der Fakultät Architektur, Lehrstuhl Landschaftsplanung

eine Studie mit dem Titel

"Berechnung der Ertragsprognose für Windkraftanlagen in ausgewiesenen Vorrangund Eignungsgebieten Wind des Regionalplanes Region Chemnitz"

erarbeiten lassen. Die Einbeziehung der Wissenschaft darf sehr lobenswert betrachtet werden. Nichts desto trotz haben sich auch hier kritikwürdige Passagen eingeschlichen. Die Ermittlung des Flächenbedarfes für Windparks hängt in erheblichem Maße von geometrischen Abmessungen der Einzel-WEA sowie den daraus abgeleiteten Abständen zwischen den WEA ab. In der Studie wurde die bekannte **5 : 3 Regel** (fünffacher Abstand Hauptwindrichtung : dreifacher Abstand Nebenwindrichtung) in eine **4 : 2 Regel** verkürzt. Zwangsläufig verringert sich der Flächenbedarf für einen Windpark, und auf der Fläche können mehr WEA angeordnet werden. Die TU-Gutachter haben aber nicht berücksichtigt, dass die **5 : 3 Regel** bereits einen Kompromiss darstellt. Optimale Stromerträge werden eher bei einem Verhältnis mindestens 7 : 5 oder auch größer erreicht. Für Standorte, die sich in einem Zweifach-Windsystem befinden, gelten immer die größeren Abstände. In der Flächenbetrachtung muss immer zwischen dem tatsächlichen Flächenbedarf (WEA-Standorte + Zuwegungen) sowie dem fiktiven Flächenbedarf unterschieden werden. Während Standort- und Zuwegungsflächen an die Einzel-WEA oder den Windpark gebunden sind, steht die vom fiktiven Flächenbedarf abgezogene Standort-/Zuwegungsfläche vollständig, z.B. für die Landwirtschaft zur Verfügung.

Die bisher aufgeführte Kritik bleibt harmlos gegenüber den schwerwiegenden Unzulänglichkeiten des Windenergiekonzeptes (Entwurf). Den Regionalplanern müsste eigentlich klar sein, dass die heutigen Anlagen zur Windstromgewinnung durch folgende Faktoren bestimmt werden:

- große Nabenhöhen

NH = (135 - 150) m

- große Rotordurchmesser

RD = (112 - 136) m

- binnenlandoptimierte Nennleistung

 $P_N = (3.0 - 4.2) MW$

- optimierte Rotorblattgeometrie

- optimierte Regelungstechnik
- komplette WEA-Überwachungsprogramme, etc.

In der Regionalplanung sollte es kein Geheimnis sein, dass die Windgeschwindigkeit über Grund exponentiell zunimmt und in die Leistungsgleichung mit der 3.Potenz eingeht. Eine Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe von 5,8ms⁻¹ geht mit dem Faktor 168 und eine Windgeschwindigkeit von 6,2ms⁻¹ geht mit dem Faktor 238 in die Leistungsgleichung ein. Dieser Unterschied führt zu einem Stromertragsanstieg von rund 42%! Gleichermaßen geht der Rotordurchmesser in die Leistungsgleichung quadratisch ein. WEA mit RD = 114m bringen gegenüber WEA mit RD = 100m einen theoretischen Mehrertrag von 30%.

Die Regionalplaner haben in zahlreichen Vorrang- und Eignungsgebieten (VREG) die Gesamthöhen der WEA auf **100m** beschränkt. Nur, bei dieser Höhenbeschränkung ist es nicht mehr möglich, WEA der 3-MW-Klasse zu bauen und zu betreiben. Mit diesen Beschränkungen werden in Sachsen Ausbau und Repowering der Windenergie zum Erliegen gebracht.

Es wäre jetzt in höchstem Maße ungerecht, die im Entwurf und von der Verbandsversammlung abgesegnete Verhinderungsplanung einfach den Planerinnen und Planern in der Verbandsgeschäftsstelle anzulasten. In der Vergangenheit haben die Planer/innen wiederholt ihre fachliche Kompetenz bewiesen. Die im **Windenergiekonzept** formulierte Verhinderungsplanung kann nur ein Auftragswerk der Landräte aus dem Verbandsgebiet sein, die schließlich das politische Sagen haben. Der Landrat von Mittelsachsen *Matthias Damm*, (CDU) fordert öffentlich die nicht durchsetzbare 10H-Abstandsregelung. Als Ersatz, der fast ebenso wirksam ist, haben die Landräte durchgesetzt, dass vielerorts die Gesamthöhe von WEA auf 100m begrenzt wird. Sollte der Windkonzept-Entwurf durch das SMI zugelassen werden, würde sich die Windenergie in Sachsen so gut wie erledigen.

Demokratie hin oder her, denn die Landräte sind alle mit mehr als 50% in ihre Ämter gewählt worden. Das darf nicht dazu führen, dass ein Landrat sich offen gegen die Energiewende, die vom Bundestag beschlossen und vom Bundesrat bestätigt wurde, stellt. Es ist jetzt Aufgabe der obersten Landesbehörde SMI, solche Entwürfe nicht zu genehmigen und zur Überarbeitung im Sinne der Energiewende zurückzuverweisen.

Auch an die Bundestagsabgeordneten (MdB) und Landtagsabgeordneten (MdL) ergeht der Appell, sich nicht wegen möglichen Kompetenzgerangels heraus zu halten, sondern die Landräte verbindlich an ihre Gesetzespflichten zu erinnern.

Anmerkung:

Eine Tiefenprüfung des Windenergiekonzeptes durch den Autor fand aus Zeitgründen nicht statt.

Autor:



FSD Dipl.-Ing. Hans-Jürgen Schlegel Referent Klimaschutz a. D.