

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 2016 -

1. Wetter- und Klimabetrachtung Dezember und Jahr 2016

Der Klimazustand der Welt wurde in den Monats-Studien schon treffend beschrieben. 2016 verlief mit einer Kontinuität in Richtung neuer globaler Temperaturrekord. Damit bekommt das Pariser Weltklimaabkommen vom Dezember 2015 nochmals eine verstärkt fokussierende Ausrichtung, die von den politischen Entscheidern in der Welt nicht negiert werden darf. An der Dekarbonisierung der Energiewirtschaft, ob global oder regional - Sachsen voll eingeschlossen - führt kein Weg vorbei.

Die zeitliche Verschiebung der Monats-Studie wurde vorgenommen, um die globale Temperatureauswertung für den laufenden Monat hier einzubinden. Am 18.01.2017 verkündeten NASA und NOAA ihre jeweiligen Dezember- sowie Jahresdaten 2016.

Sowohl nach NASA, als auch nach NOAA, wurde für den Dezember wiederum eine positive Temperaturabweichung festgestellt. Bezogen auf den Referenzzeitraum 1951 – 1980 wurden nach NASA Abweichungen von $\Delta T_{\text{glob Dez.}} = [0,82\text{K}]$ und nach NOAA $\Delta T_{\text{glob Dez.}} = [0,79\text{K}]$ ermittelt [Abb. 1]. Damit avanciert der Dezember 2016 nach NASA zum zweitwärmsten und nach NOAA zum drittwärmsten Dezember seit 1880. Der global kälteste Dezember wurde von NASA für das Jahr 1909 und von NOAA für das Jahr 1908 ermittelt. Diese kalten Dezember-Monate liegen mehr als 100 Jahre zurück. Die ΔT - Differenz zwischen NASA und NOAA blieb im Dezember gering.

Global Temperature Rankings (<i>Land and Ocean</i>)			
Rank (137 a)	Measure	Month	Temperature (above 20th Century average)
2th	Warmest (since 1880)	Dezember 2016	+0,82°C ¹⁾
3th	Warmest (since 1880)	Dezember 2016	+0,79°C ²⁾
1th	Warmest (since 1880)	Jan.-Dez. 2016	+1,00°C ¹⁾
1th		Jan.-Dez. 2016	+0,94°C ²⁾
2th		Jan.-Dez. 2015	+0,86°C ¹⁾
3th		Jan.-Dez. 2014	+0,75°C ¹⁾
1th		Jan.-Dez. 2016	+1,00°C ¹⁾
1th		Jan.-Dez. 2016	+0,94°C ²⁾
1th	Coolest (since 1880)	Jan.-Dez. 1909, 1908 ²⁾	-0,48°C ¹⁾ -0,44°C ²⁾

Quelle: NASA/GISS, 18.01.2017 / NOAA 18.01.2017; (Schlegel, bearb.)

¹⁾ Daten nach NASA/GISS
²⁾ Daten nach NOAA/NCDC

Abb. 1: Globales Temperaturreanking Dezember und Jahr 2016 nach NASA und NOAA; (Schlegel bearbeitet)

Sowohl nach NASA, als auch nach NOAA, rangiert 2016 in der globalen Temperaturskala auf Platz „1“. Die 2. Position fällt nach NASA und nach NOAA auf das Jahr 2015. Die deutlich wärmeren Zeiträume Januar bis Dezember finden sich fast ausschließlich im 21. Jahrhundert, wobei das Jahr 2016 das dritte Jahr in Folge den globalen Temperaturrekord deutlich steigert [Abb. 2]. Da sich die positiven Temperaturabweichungen im Dezember in der Größenordnung von 2014 fortsetzten, reichte es aus, dass der globale Temperaturrekord ein Triple erreichte! In der [Abb. 2] ist der enorme kumulative Temperaturanstieg für die Monate Januar bis Dezember gegenüber den Vorjahren sehr gut zu sehen.

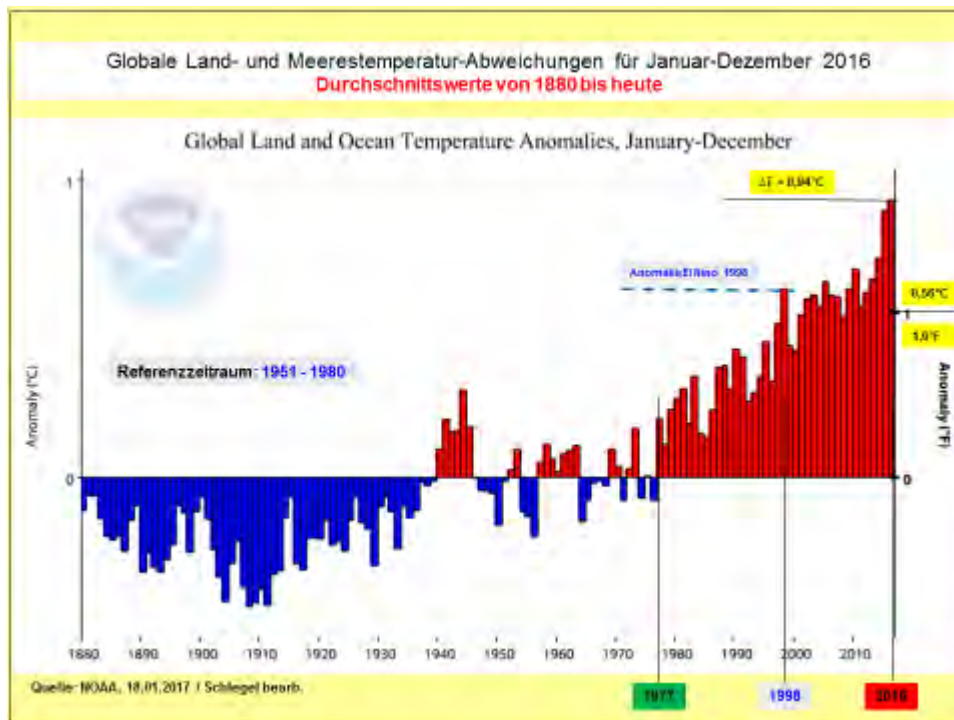


Abb. 2: Globale Temperaturentwicklung im Zeitraum Januar - Dezember 2016 nach NOAA

In diesem Zusammenhang ist es erwähnenswert, dass die größten positiven Abweichungen auf der Landmasse der Nordhemisphäre ermittelt wurden. Im Zeitraum Januar - Dezember betrugen die Abweichungen $\Delta T_{\text{Nord Land Jan. - Dez.}} = [1,57\text{K}]$, was im Ranking Nr. 1 bedeutet.

Der noch zulässige globale Temperaturanstieg soll auf möglichst $< 2^\circ\text{C}$ begrenzt werden, was als ziemlich schwieriges Unterfangen anzusehen ist. Noch schwieriger wird es mit dem anvisierten Ziel $\Delta T_{\text{max}} = 1,5^\circ\text{C}$ nicht zu überschreiten [Abb. 3]. Gegenüber der vorindustriellen Zeit beträgt der Temperaturanstieg bereits $\Delta T_{\text{max}} \approx 1,2^\circ\text{C}$. Wie die vorgenannte [Abb. 3] zeigt, schrammte die Globaltemperatur im Februar/März bereits an der Marke von $\Delta T_{\text{max}} = 1,5^\circ\text{C}$.

Es wird fast unendlich schwer, auch in naher Zukunft unterhalb dieser Zielmarke zu bleiben. Leider enthält der deutsche Klimaschutzplan 2050 „keine starren Vorgaben“, wie es auf S. 3 dort heißt. Zwar muss der Kohleausstieg kommen, bleibt aber zeitlich vage. Aufgrund des begrenzten noch zulässigen THG-Budgets, steht das Ende der Fossil-Energieträger-Verstromung mit spätestens 2035 fest.

Die von Deutschland ausgehende Energiewende darf im eigenen Land nicht länger konterkariert werden und braucht daneben einen globalen Durchbruch. Gerade nach der gewählten Präsidentschaft von Donald Trump in den USA, der als klarer „Klimaleugner“ auftritt und so agiert, wird der international so wichtige Durchbruch noch schwieriger.

Neben NASA und NOAA erfolgen die Wetter- und Klimabeobachtungen in zahlreichen weiteren Instituten. Die verwendeten Basiszeiträume variieren meistens zwischen den Instituten, so dass die ermittelten Daten teilweise voneinander abweichen. Diese Abweichungen sind **nicht** als Fehler zu betrachten. In [Abb. 3] sind die Temperaturdaten für die Jahre 2010 sowie 2014 bis 2016 dargestellt. Alle dargestellten Jahre sind jeweils Rekordjahre. Zwischen 2015 und 2016 lässt sich der Einfluss des „El Nino“ recht gut ablesen. Ende 2015 stiegen die Temperaturen und erreichten Februar/März 2016 ihren Höhepunkt, um dann abzuklingen. Dennoch steht der Dezember-Wert 2016 höher als der Dezember-Wert 2015!

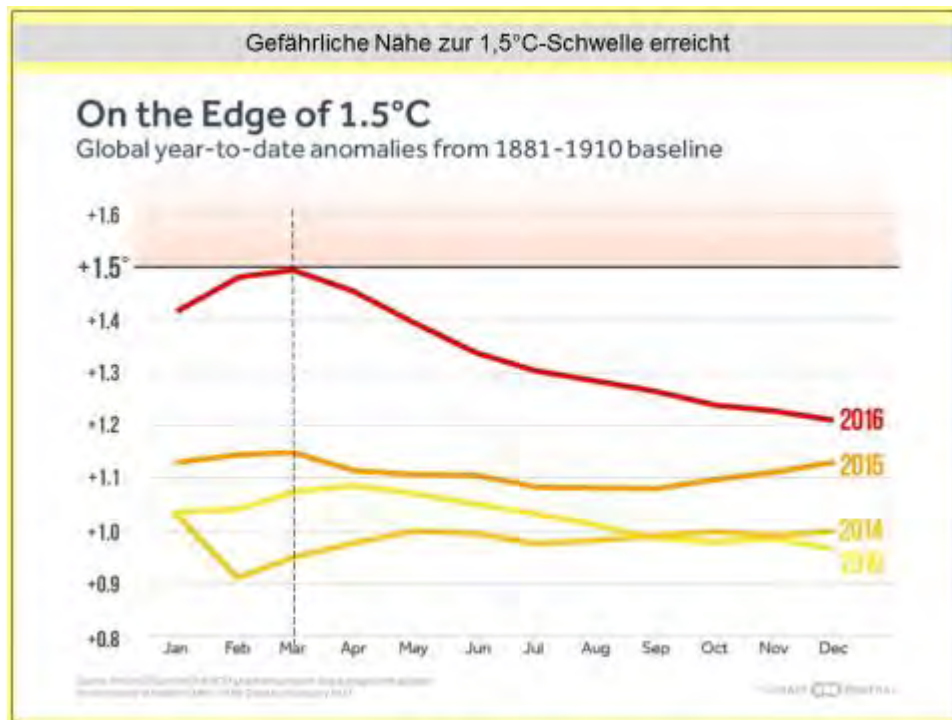


Abb. 3: Globale Temperaturentwicklung 2016 nach Climate Central

Von den global 17 wärmsten Jahren entfallen 16 Jahre in das 21. Jahrhundert. Lediglich das Jahr 1998, in dem ebenfalls ein sehr starker „El Nino“ herrschte, gruppiert sich an der 8. Position ein und zählt natürlich zum vergangenen 20. Jahrhundert. In manipulativer Weise versuchen die Klimaleugner (EIKE e.V., etc.) das Jahr 1998 als das bisher global wärmste Jahr hoch zu stilisieren. Klimaleugner behaupten, dass sich seitdem der Erwärmungsschub nicht mehr fortgesetzt hätte. Die Temperatur-Datensätze - hier die fünf gängigsten - [Abb. 4] beweisen das glatte Gegenteil.

Die Zunft der nach wie vor nicht versiegenden internationalen Klimaleugner kann den Fakten der seriösen Klimaforschung keine sachlichen Argumente entgegensetzen. Einige Klimaforscher, die besonders erfolgreich arbeiten und forschen, werden herausgepickt. Prof. Stefan Rahmstorf, PIK Potsdam gehört zu den besonders angegriffenen Wissenschaftlern.

„. . .Allmählich kennen wir sie, die Lieblingsthemen von Stefan Rahmstorf. In vorhersagbarer Abfolge spielt er wie auf einer Flöte seine bevorzugten Klimakatastrophenthesen und findet in den Medien bereitwillige Mitspieler. . . .“ [www.kaltesonne.de/uni-bergen-klimaerwamung-]

In einem Beitrag von EIKE e.V. steht in einer Zwischenüberschrift: „. . .**Die gefährlichen Weisungen des Papstflüsterers.** . . .“ [http://www.eike-klima-energie.eu/2017/01/23/ueber-], und gemeint ist hier der Direktor des PIK Potsdam Prof. Hans-Joachim Schellnhuber, der bekanntlich am Klimateil der Enzyklika „Laudato Si“ von Papst Franziskus maßgeblich mitgewirkt hat.

Vor allem in den Kommentaren, der auf den Klimaleugnerseiten veröffentlichten Artikel, finden sich ganz andere böartige Angriffe, als hier wiedergegeben.

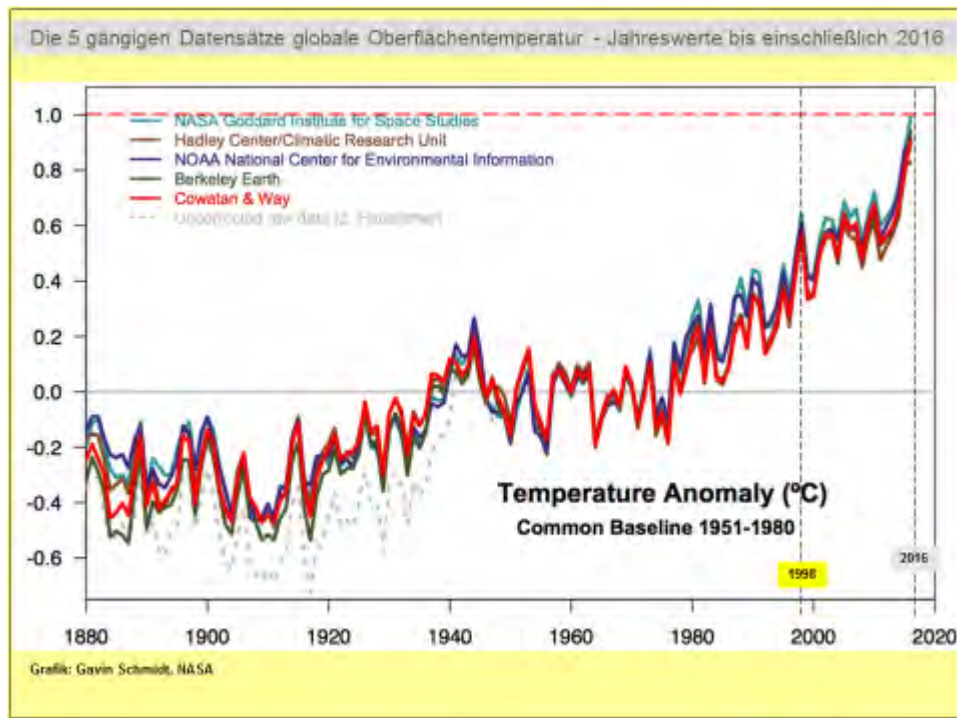


Abb. 4: Globale Temperaturentwicklung von 1880 – 2016; (Schlegel bearbeitet)

Zur Abrundung des globalen Erwärmungsgeschehens gehört die von der NASA farblich gemittelte Karte [Abb. 5]. Nach der NASA liegt der globale Temperaturanstieg mit $\Delta T = 1,0K$ noch geringfügig höher als nach NOAA.

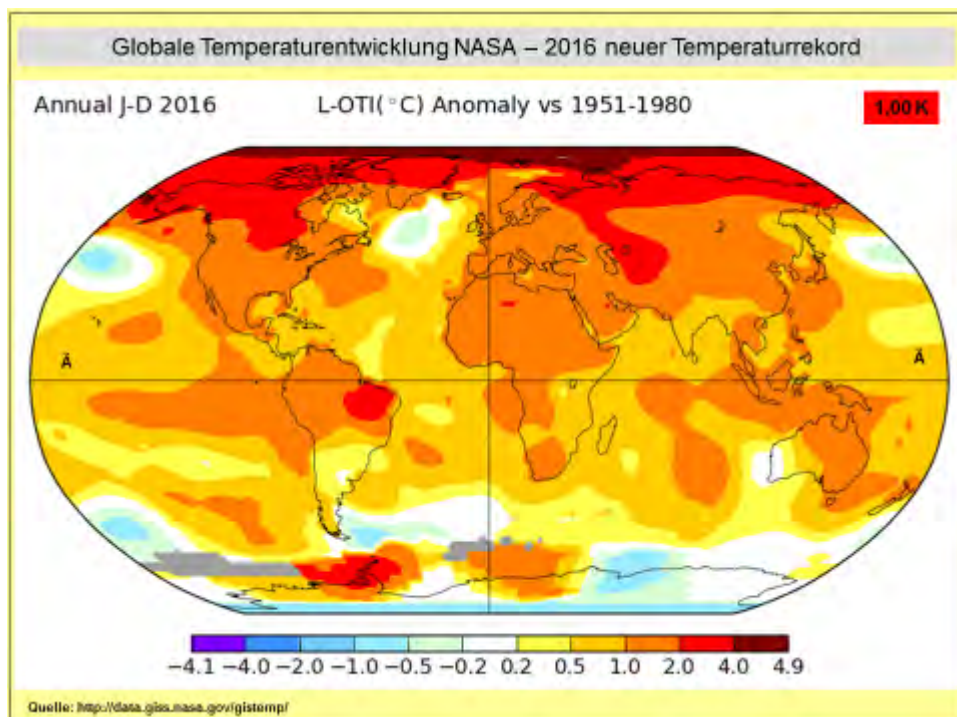


Abb. 5: Globale Temperaturentwicklung 2016 nach NASA

Die Grundfeststellung zur Bewertung der Karte [Abb. 5] besagt, dass die roten Farben, die für Erwärmung stehen, eindeutig überwiegen. „Kälteinseln“, wenn die kälteren Flächenanteile so genannt werden sollen, verfügen nur über sehr kleine Ausdehnungen. Besonders auffällig erscheint das Nordpolargebiet mit einer positiven Jahresabweichung von $\Delta T \leq 4,9K$. Ebenfalls mit übermäßiger Erwärmung ist das Gebiet um die westantarktische Halbinsel versehen.

Im äquatorialen Ostpazifik wirkt die „El Nino“-bedingte Erwärmung durch die starke Rotfärbung noch nach. Neben der Kaltwasserblase südöstlich von Grönland zeigt der nördliche Pazifik kühlere Wassertemperaturen.

In den Einzelmonaten treten gesetzmäßig stärkere Differenzierungen auf, wie die [Abb. 6] für den Dezember zeigt. Der Dezember als Wintermonat auf der Nordhalbkugel weist mehrere „Kälteinseln“ auf, die für diese Jahreszeit als völlig normal anzusehen sind. Trotzdem beeindruckt erneut das Nordpolargebiet mit positiven Abweichungen $\Delta T \leq 7,6K$. Große Gebiete von Sibirien sind für die Jahreszeit zu warm. Dafür schiebt sich eine Kältebrücke vom nordsibirischen Eismeer über Kaspisches Meer, Schwarzes Meer in das östliche Mittelmeer bis nach Nordostafrika. Im sonst auch zu dieser Jahreszeit warmen Mittelmeer toben im Dezember Unwetter mit Sturm, Regen sowie Schneefällen. Im Westen von Kanada herrscht im Dezember eine Kältewelle, während die USA nur gering betroffen werden. Der in der Jahreskarte noch gut sichtbare „El Nino“-Einfluss geht mehr und mehr in das abkühlende „La Nina“-Phänomen über.

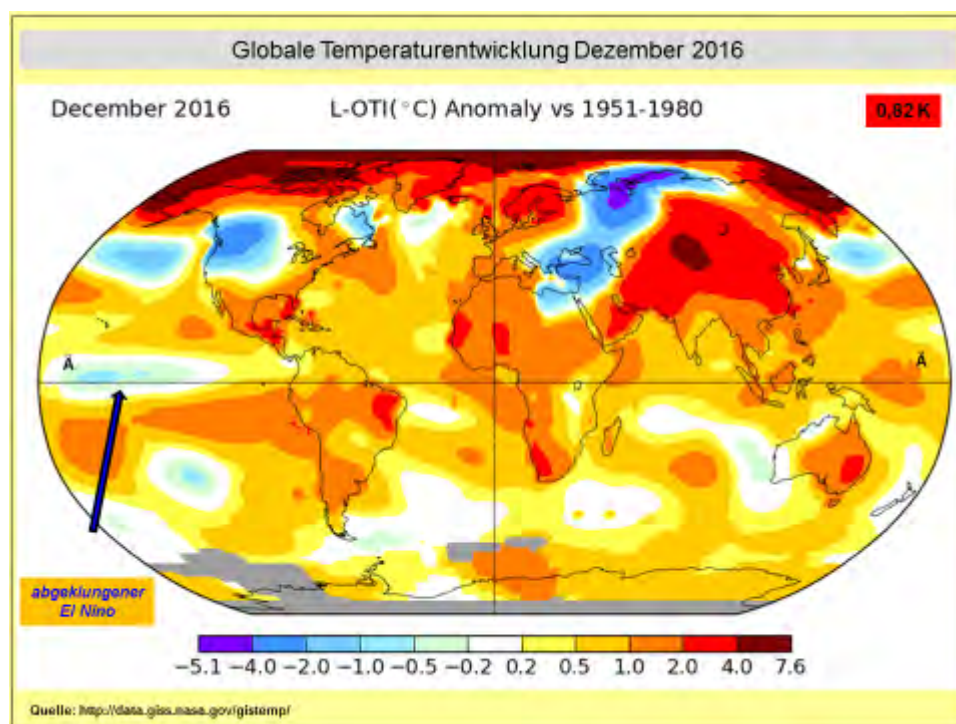


Abb. 6: Globale Temperaturentwicklung im Dezember 2016 nach NASA

Zur besonders starken Erwärmung der Nordpolarregion bedarf es noch einer Erklärung. Immerhin beträgt die Erwärmungsrate 2016 das Doppelte der globalen Allgemeinrate [Abb. 7]. Die Begründung ist nicht ganz sicher, denn es gibt mehrere Möglichkeiten:

1. Durch die erheblich verringerte Meereisfläche sinkt die Albedo, also die Rückstrahlung, und das Meerwasser erwärmt sich intensiver
2. Warme Meeresströmungen transportieren Wasser aus südlichen Gefilden weit nach Norden und tragen so zur verstärkten Erwärmung bei

3. Gleichmaßen scheint eine Kombination der o.g. Möglichkeiten realistisch

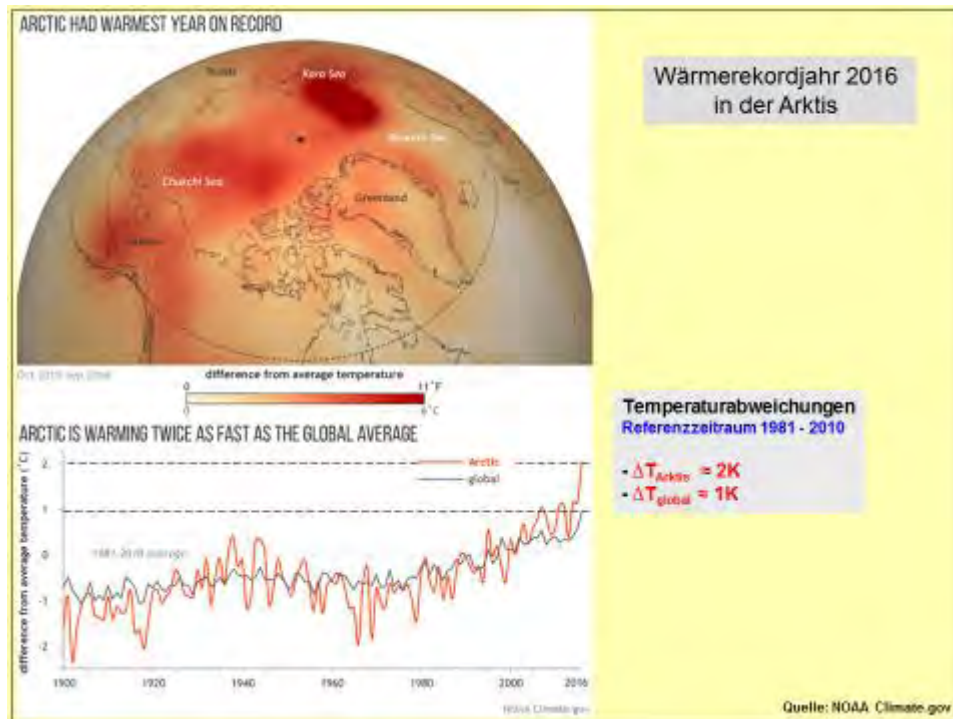


Abb. 7: Wärmerekordjahr in der Arktis 2016 nach NOAA

Die [Abb. 8] zeigt den drastischen Rückgang des Meereises am Ende der Sommersaison. Leicht lässt sich daraus schließen, dass die Neuvereisung nicht mehr die Eisdicke früherer Jahre erreicht. Voraussichtlich wird es kein schneller Dominoeffekt, aber mittelfristig muss mit einem eisfreien Nordpolarmeer im Sommer gerechnet werden.

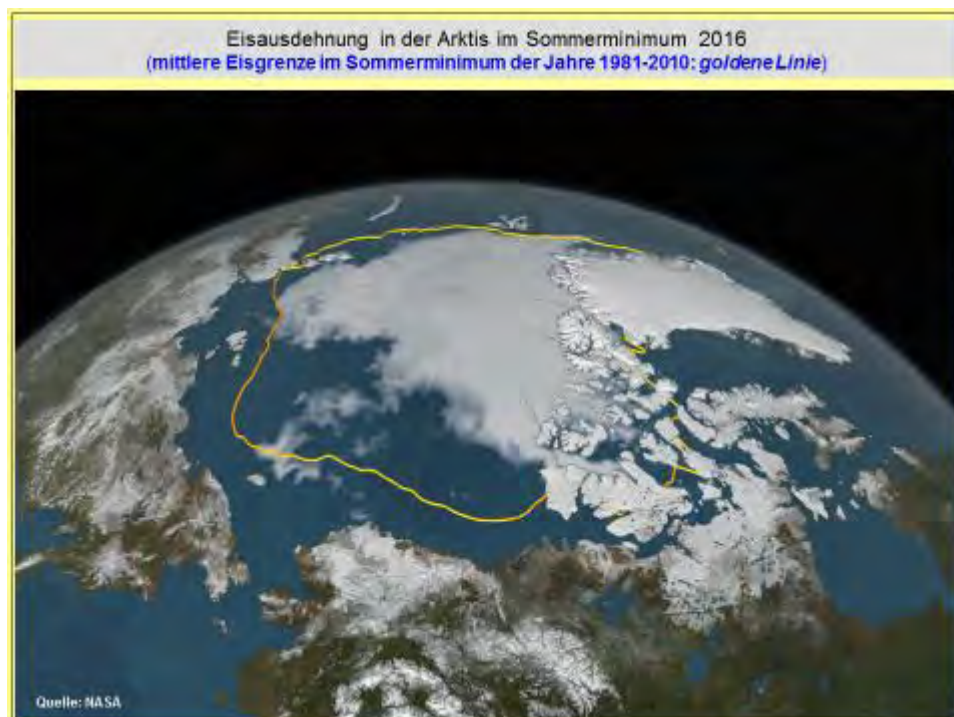


Abb. 8: Vergleich der arktischen Meereisausdehnung 2016 mit dem Mittelwert nach NASA

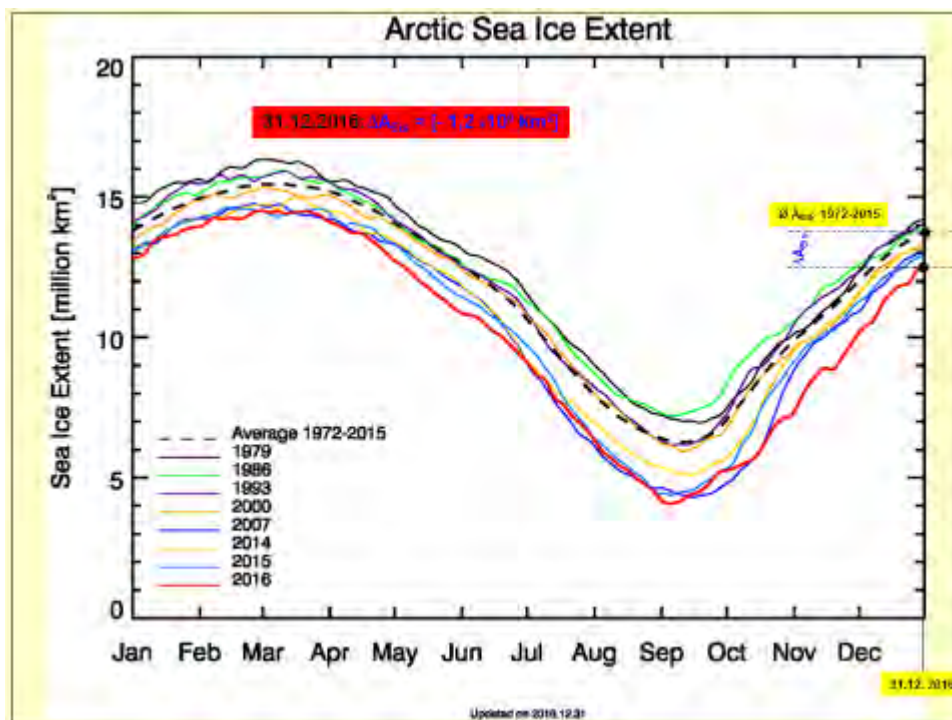


Abb. 9: Verzögerte Ausdehnung des arktischen Meereises 2016 (Schlegel, bearb.)

Die Grafik in [Abb. 9] beinhaltet die zyklische Veränderung der nordpolaren Meervereisung für das Jahr 2016. Die Besonderheit des Jahres bestand darin, dass die Neuvereisung mit erheblicher, bisher nicht beobachteter Verzögerung von staten ging.

Die Klimaforscher können nicht erkennen, dass die Klimaerwärmung durch natürliche Faktoren getrieben würde. Die Schuldfrage wird der Menschheit selbst zugeschrieben.

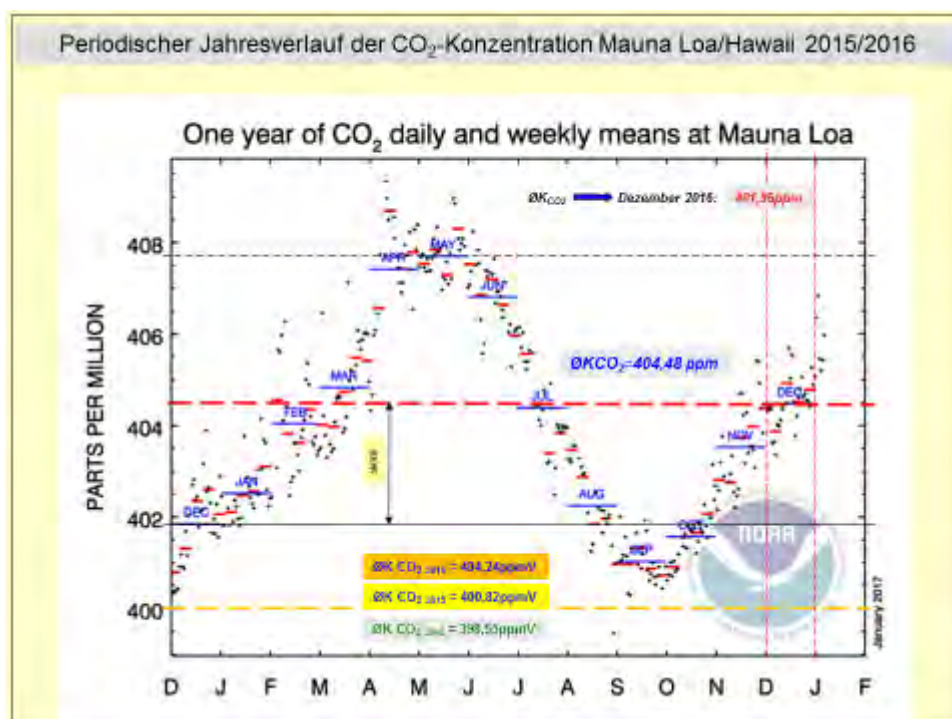


Abb. 10: Periodische Entwicklung der globalen CO₂-Konzentration

In der Community der internationalen Klimaforscher besteht ein 97%iger Konsens darüber, dass die von den Menschen in die Atmosphäre emittierten Treibhausgase, insbesondere CO₂ für das derzeitige Klimadesaster verantwortlich sind. Die Entwicklung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre zeigen die Grafiken in den [Abb. 10, 11].

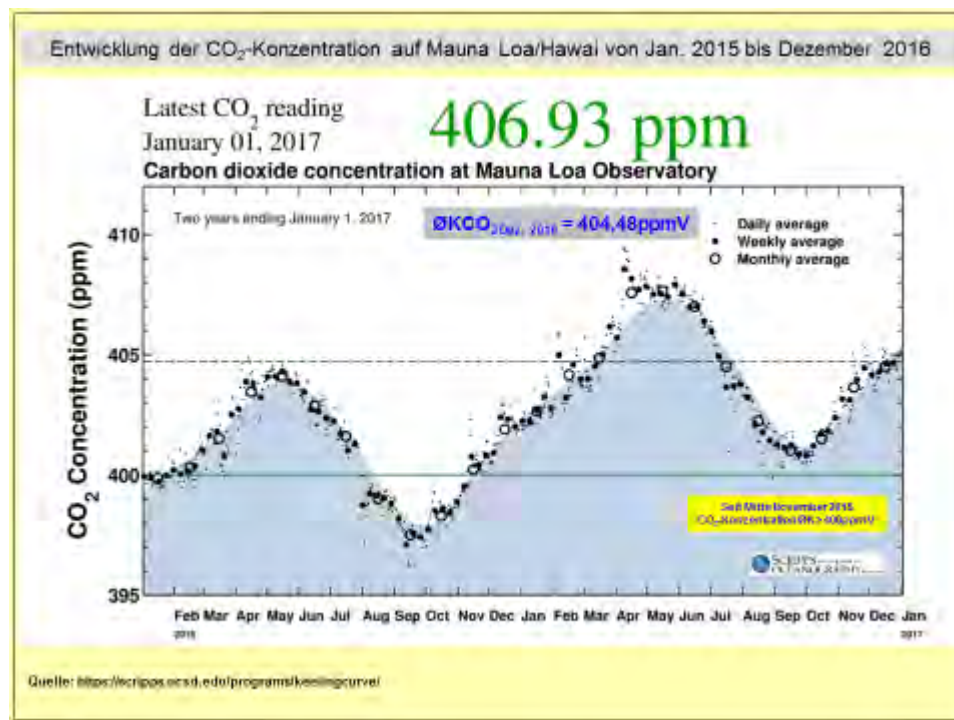


Abb. 11: Periodische Entwicklung der globalen CO₂-Konzentration über zwei Jahre

Im Dezember 2016 wurde der monatliche Durchschnittswert von $K_{CO_2 \text{ Dezember}} = 404,48 \text{ ppmV}$ auf dem *Mauna Loa* (Hawai) ermittelt. Der Monatsschnitt lag gegenüber dem Dezember 2015 um 2,63 ppmV höher!

Der kumulative Jahresdurchschnitt der CO₂-Konzentration übersteigt die erste „magische Schwelle“ (400 ppmV) mit $\bar{K}_{CO_2 \text{ Jan.-Dez.}} = 404,24 \text{ ppmV}$ erheblich, und es ist davon auszugehen, dass die Konzentration Ende 2017 schon über 407 ppmV groß sein wird.

2016 ist durch einen hohen Konzentrationszuwachs gekennzeichnet. Sollte sich dieses Tempo so fortsetzen, dann würde bereits in etwa 15 Jahren der Level von $\bar{K}_{CO_2} \approx 450 \text{ ppmV}$ und damit ein möglicher Klimakipppunkt erreicht sein.

Die Feststellung, dass das Überschreiten der 400 ppmV-Marke ab jetzt den Normalfall und nicht mehr die Ausnahme darstellt, gehört zur Klimarealität. Mit zunehmender CO₂-Konzentration in der Atmosphäre steigen die globalen und regionalen Temperaturen mit allen den Folgeerscheinungen; teils schon bekannt, teils noch nicht vorstellbar.

So schwer es Politik und Wirtschaft auch fallen mag, der Ausstieg aus der fossilen Energiewirtschaft muss in kürzester Zeit kommen. In Sachsen finden sich immer wieder Politiker, die offensichtlich noch nichts vom in Paris 2015 abgeschlossenen Weltklimavertrag gehört haben. In einer PM am 30.12.2016 äußert sich ein MdL folgendermaßen:

„... Solange wir keine Möglichkeit der Speicherung erneuerbarer Energie haben, solange werden wir die Kohle zur Absicherung der Grundlast benötigen. Ein Ausstieg aus der Braunkohle zum jetzigen Zeitpunkt ist linker Wahnsinn mit Konzept - vernünftige Energiepolitik sieht anders aus. ...“

Ja, die Speicherung von Energie gehört zum entscheidenden Instrumentarium für das Gelingen der Energiewende. So bleibt die Frage erlaubt: Warum bremst die Politik den Auf- und Ausbau der Speicherung? Der zitierte Politiker gehört der sächsischen Partei an, die immer wieder die Energiewende behindert, und die sich vehement gegen ein Klimaschutzgesetz stemmt.

Der ständig abgelehnte Ausstieg aus der sächsischen Braunkohleverstromung ist „**Wahnsinn mit Konzept**“ und gleichermaßen verantwortungslos. Der Ausstieg soll **nicht** in den nächsten vier Wochen passieren, aber bis 2035 muss dieser vollendet sein. Diese Forderung ist rational begründet und muss von den Politikern/innen mit allem Nachdruck eingefordert werden.

Auf der Weltklimakonferenz COP 21 in Paris im Dezember 2015 verabschiedeten die UN-Mitgliedsländer das Weltklimaabkommen. Hauptinhalt des Abkommens ist, dass der Anstieg der globalen Temperatur gegenüber vorindustrieller Zeit eine Größe von **2°C** nicht überschreiten soll. Auf Wunsch der kleinen Inselstaaten nahmen die Vertragsstaaten die Forderung dieser Länder auf, dass der Temperaturanstieg schon bei **1,5°C** gedeckelt wird. Der Deutsche Bundestag hat dieses Klimaabkommen von Paris mit Einstimmigkeit ratifiziert.

Der Carbon Countdown [Abb. 12] offenbart die zeitlichen Rahmenbedingungen, die alles andere als günstig aussehen. Unter der Annahme, dass die bisherigen CO₂-Emissionen in der bisherigen Höhe so weiter verlaufen – und nichts deutet auf eine sofortige deutliche Reduzierung hin – verbleiben bis zum ΔT -Anstieg von 1,5°C nur rund 5,2 Jahre Zeit??? Für das Nicht-überschreiten des 2°C-Zieles verbleibt etwas mehr Zeit.

In dieser Darstellung des „Carbon Countdown“ muss berücksichtigt werden, dass die Wahrscheinlichkeit für die Zieleinhaltung nur 66% beträgt! Der Glaube daran, dass die Klimazielstellung von höchstens 1,5°C noch eingehalten werden kann, schwindet angesichts der politischen Untätigkeit mehr und mehr dahin.

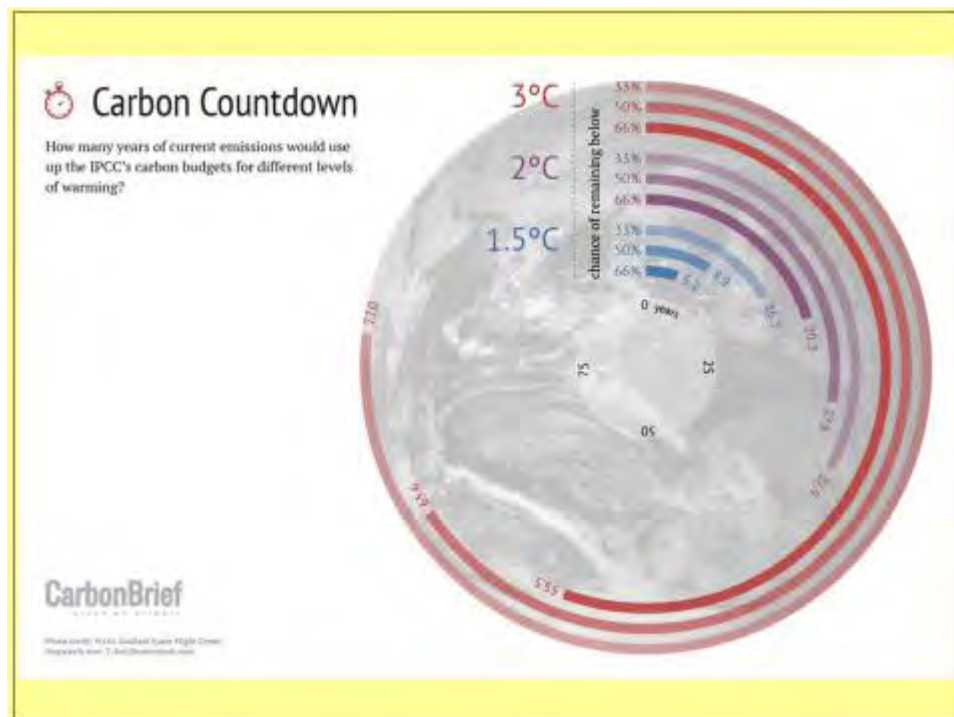


Abb. 12: Globaler CO₂-Countdown

Zunächst nach Deutschland zum Dezember und zum Jahr. Der erste Wintermonat fiel recht sonnig und zu warm aus. An den Weihnachtsfeiertagen lag nur oberhalb von 1.000 m etwas Schnee. Das Monatswetter wurde von etwa 2.000 DWD-Stationen registriert.

Die Durchschnittstemperatur für den Monat Dezember wurde nach Auswertung von rund 2.000 Messstationen vom DWD in Deutschland mit $\overline{\theta T}_{DE \text{ Dezember}} = 2,1^{\circ}\text{C}$ ermittelt. Bezogen auf die gültige Referenzperiode 1961 – 1990 [$\overline{\theta T}_{DE \text{ Dezember}} = 0,8^{\circ}\text{C}$], war der Dezember mit $\Delta T = [1,3\text{K}]$ zu warm. Unter Bezugnahme auf den jetzt häufig verwendeten (wärmeren) Zeitraum 1981 – 2010 gab es eine **positive** Abweichung mit $\Delta T = [0,9\text{K}]$. Im Dezember 2016 bildete sich mehrfach eine bodennahe Kaltluftschicht, die dazu führte, dass es auf den Bergen deutlich wärmer war. Am 08.12.2016 stieg an der DWD-Station *Wernigerode* (Harz) das Quecksilber auf den höchsten Monatswert von $T_{\text{max}} = 15,5^{\circ}\text{C}$. Die niedrigste Monatstemperatur wurde am 07.12. an der DWD-Station *Fichtelberg-Hüttstadt* (BY) mit $T_{\text{min}} = [-12,1^{\circ}\text{C}]$ gemessen.

In Deutschland wurde eine durchschnittliche Niederschlagsmenge von $RR = 25\text{l/m}^2$ ermittelt. Der Normalwert von $RR = 70\text{l/m}^2$ wurde im Dezember nur mit $\approx 35\%$ erfüllt. Der Dezember 2016 gehört zu den zwölf trockensten seit 1881. Im *Erzgebirge* (SN) fiel der meiste Niederschlag. Örtlich wurden bis zu $RR \approx 130\text{l/m}^2$ registriert. Am Südostrand des *Schwarzwaldes* (BW) betrug der Niederschlag nur $RR \approx 1\text{l/m}^2$!

Die Sonne schien im deutschlandweiten Flächendurchschnitt $SO \approx 65\text{h}$, was rund 170% des langjährigen Mittels entspricht. Normal wären für den Monat $SO = 38\text{h}$ Sonnenschein gewesen. Auch beim Sonnenschein gab es erhebliche Unterschiede. Im Süden schien die Sonne teils mit $SO \approx 150\text{h}$ wesentlich großzügiger. In Schleswig-Holstein kamen vielfach nur rund $SO \approx 25\text{h}$ zusammen.

Die unter Bezug auf den Referenzzeitraum 1961 – 1990 geltende Jahresmitteltemperatur beträgt $\overline{\theta T}_{DE \text{ Jan.-Dez.}} = 8,2^{\circ}\text{C}$. Die durchschnittliche Realtemperatur beträgt $\overline{\theta T}_{DE \text{ Jan.-Dez.}} = 9,6^{\circ}\text{C}$ und wurde mit $\Delta T = [1,4\text{K}]$ überboten [Abb. 12].

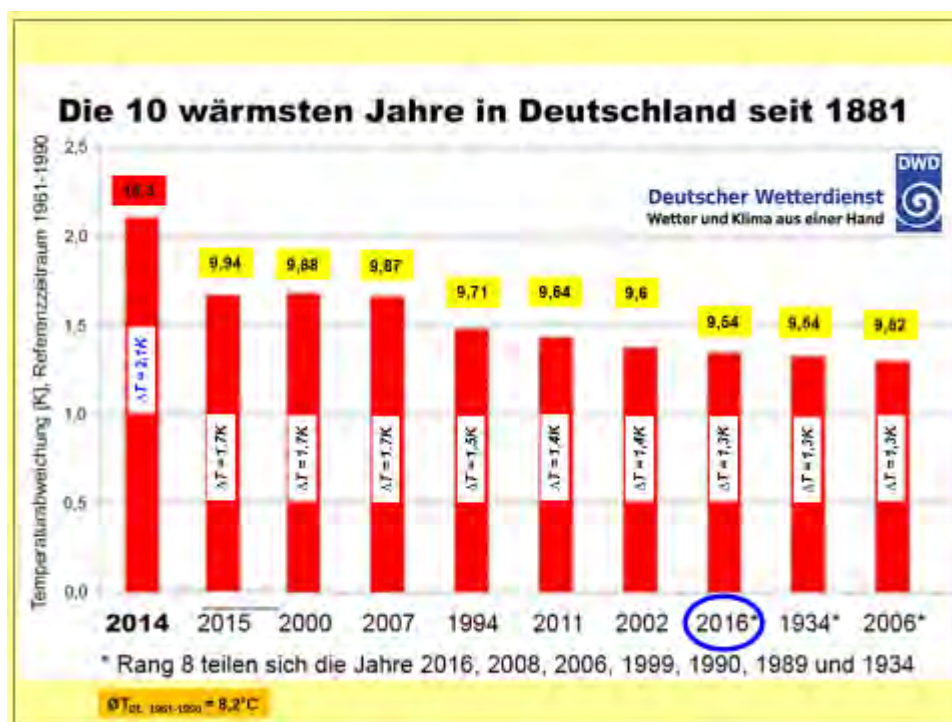


Abb. 13: Ranking der zehn wärmsten Jahre in DE nach DWD

So wie der globale „Wärmeüberschuss“ entwickelt sich dieser schon seit vielen Monaten auch in Deutschland weiter. 2016 war kein Jahr der Temperaturrekorde, denn die vom DWD am 27.08. in *Saarbrücken-Burbach* (SL) gemessene Höchsttemperatur betrug $T_{\max} = 37,9^{\circ}\text{C}$. Von den zehn wärmsten Jahren entfallen acht auf das 21. Jahrhundert.

Die tiefste Temperatur wurde am 18.01. in Oberstdorf (BY) mit $T_{\min} = [-23,5^{\circ}\text{C}]$ gemessen. Noch kälter war es im Januar an der Wetterstation in *Kühnheide* (ERZ) mit $T_{\min} = [-30,0^{\circ}\text{C}]$. Wahrscheinlich handelt es sich mit *Kühnheide*, eingemeindet nach Marienberg (ERZ), um den kältesten bewohnten Ort in Deutschland. Die Aufzeichnungen der privaten Wetterstation reichen komplett bis zum Jahr 1980 zurück.

In Deutschland wurde eine durchschnittliche Jahres-Regenmenge von $RR = 736\text{l/m}^2$ ermittelt. Der Normalwert von $RR = 789\text{l/m}^2$ wurde nur mit $\approx 93\%$ erreicht. 2016 war damit das sechste zu trockene Jahr in Folge. Von Ende Mai bis Ende Juni kam es zu einer Häufung besonders schwerer Gewitter, die für erhebliche Schäden sorgten. Wie immer sind die Durchschnittswerte zu hinterfragen. So wurde der Nordschwarzwald (BW) zur nassesten Region in Deutschland. Hier wurden Niederschlagsmengen bis zu $RR = 2.000\text{l/m}^2$ registriert. Im nördlichen und östlichen Harzvorland betrugen die Niederschläge nur $RR \approx 360\text{l/m}^2$.

Die Sonne schien im deutschlandweiten Flächendurchschnitt $SO \approx 1.585\text{h}$, was rund 103% des langjährigen Mittels entspricht. Normal wären für das Jahr $SO = 1.544\text{h}$ Sonnenschein gewesen. Spitzenreiter wurde einmal mehr die Insel Rügen. Hier kamen fast 2.000h zusammen. Weniger begünstigt war das Sauerland mit $SO \approx 1.360\text{h}$.

Wie sah es im Einzelnen in Sachsen im Dezember und im Jahr aus? In Sachsen kam die Durchschnittstemperatur im Dezember auf $\overline{\theta}T_{\text{SN Dezember}} = 1,8^{\circ}\text{C}$. Bezogen auf den Referenzzeitraum 1961 -1990 wären $\overline{\theta}T_{\text{SN Dezember}} = 0,3^{\circ}\text{C}$ normal gewesen. Die Abweichung erreichte den positiven Wert von $\Delta T = [1,5\text{K}]$. Im sächsischen Kälte Loch *Kühnheide* (ERZ) wurde im Dezember $T_{\min} = [-15,0^{\circ}\text{C}]$ gemessen.

Sachsen gehörte zu den trockenen Gebieten. Der Niederschlag kam auf $RR \approx 50\text{l/m}^2$. Bezogen auf das Mittel von $RR = 60\text{l/m}^2$, lag Sachsen also mit 17% unter dem Soll. Eine Ausnahme bildete die DWD-Station *Zinnwald-Georgenfeld* (ERZ) mit $RR \approx 130\text{l/m}^2$.

Beim Sonnenschein blieb Sachsen mit $SO \approx 80\text{h}$ deutlich über dem Deutschlandschnitt. Der langjährige Normwert beträgt für den Dezember $SO \approx 41\text{h}$. Das Sonnenscheinplus betrug rund 95% über dem Normalbereich.

Die unter Bezug auf den Referenzzeitraum 1961 – 1990 geltende kumulative Jahresmitteltemperatur beträgt $\overline{\theta}T_{\text{DEJan.-Dez.}} = 8,1^{\circ}\text{C}$. Die durchschnittliche Realtemperatur in Sachsen kommt auf $\overline{\theta}T_{\text{DEJan.-Dez.}} = 9,5^{\circ}\text{C}$ und wurde mit $\Delta T = [1,4\text{K}]$ klar überboten. So wie der „Wärmeüberschuss“ sich global entwickelt, so nimmt dieser Trend schon seit vielen Monaten einen ähnlichen Verlauf in Sachsen.

Beim Jahres-Niederschlag kam Sachsen auf $\overline{\theta}RR \approx 705\text{l/m}^2$. Bezogen auf das langjährige Mittel von $\overline{\theta}RR = 699\text{l/m}^2$, kam Sachsen sogar auf ein leichtes Plus. Die Niederschlagsmengen passen in der Summe, jedoch geben diese keine Aussage über die Qualität der Niederschläge. Trotz nahezu ausgeglichener Niederschlagsmengen herrschte in der Natur vielfach Trockenheit. Bei unwetterartigem Auftreten der Niederschläge läuft das meiste Wasser über alle Abflussmöglichkeiten ab, wird aber weder boden- noch grundwasserbildend wirksam. In den Flüssen herrscht Niedrigwasser, was die Güter- und Personen-Schifffahrt sowie die Wasserkraftverstromung behindert.

Eine Windbetrachtung erfolgt im Pkt. 2.

In jedem Monat finden sich die Standardausführungen zu den eingetretenen Wetterextremen, ob global oder regional gesehen. Die Bilder ließen sich austauschen, ohne dass dies bemerkt würde, was in dieser Studie natürlich nicht passiert. Die Extreme bleiben in keinem Monat aus. Einige wenige Beispiele zu extremen Wetterereignissen, bzw. zu den Folgen der Klimaerwärmung in der Welt beinhalten die nachfolgenden [Abb. 14, 15, 16, 17, 18].



Abb. 14: Eisschmelze auf dem grönländischen Festlandeis



Abb. 15: Abgeschmolzener Gletscher in den Anden (Bolivien)

Oft treten die Unwetter sehr lokal begrenzt auf und werden nicht entsprechend in der Öffentlichkeit wahrgenommen. Die [Abb. 14, 15] zeigen die Ausmaße der Klimaerwärmung, d.h. die Folgen werden für die Menschen sichtbar und spürbar.



Abb. 16: Dezember-Hochwasser im Süden Spaniens

Der spanische Süden leidet immer wieder unter Wassermangel, weil Regenfälle ausbleiben. Die [Abb. 16] zeigt, dass es schnell zu viel werden kann.



Abb. 17: Super-Taifun „NOCK TEN“ trifft auf die Philippinen

Die Philippinen liegen offensichtlich in der bevorzugten Richtung von Taifunen, wie diese Stürme im pazifischen Raum bezeichnet werden. Super-Taifun „NOCK TEN“ überquerte Weihnachten die Hauptinsel [Abb. 17]. Ein Taifun mit Windgeschwindigkeiten bis zu 300km/h gehört zur stärksten Kategorie 5. Glücklicherweise hatte der Taifun die Insel an einer schmalen Stelle überquert. Für die dennoch Betroffenen vielleicht ein schwacher Trost.

Auch Deutschland wurde über Weihnachten von einem Orkantief mit Schwerpunkt Norden getroffen. In der [Abb. 18] einige Bilder aus Hamburg. Die Schäden hielten sich in Grenzen. Hamburg kommt mit Überflutungen gut zurecht. Feuerwehren und andere Rettungskräfte proben ständig für den Ernstfall. Neben den bewährten Deichen kommen neuerdings auch Fluttore zum Einsatz, um bestimmte Bereiche der Stadt vor dem Wasser zu schützen.

Errichtung und Betrieb von Schutzanlagen sind zwangsläufig mit Kosten verbunden. Noch schaffen die deutschen und anderen europäischen Küstenstädte die Schutzanforderungen. Mit steigenden Meeresspiegeln sowie möglichen Sturmverstärkungen kann es schnell zu einem aussichtslosen Unterfangen werden!



Abb. 18: Orkantief „Barbara“ in Norddeutschland

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 Klimatelementes Wind.

2. Auswertung der Windstromerzeugung

In der Monatsauswertung spielten zunächst Wetter und Klima eine bestimmende Rolle. Aussagen zum Wind als Klimaelement und Energieträger wurden nicht berücksichtigt. Nach dem Index der Betreiber-Daten-Basis (BDB) gehört Sachsen zu den Windzonen 17, 20 und 21, wobei die 17 den nördlichen Bereich, die 21 den östlichen Bereich und die 20 den zentralen Bereich abdecken. Nach Ablauf von zwölf Windmonaten bewegen sich die Stromerträge zwischen rund **21%** und **29%** unter den Ergebnissen des Bezugsjahres 2008. Gegenüber dem Vormonat verbesserte sich die Situation um einige Prozentpunkte. An einigen WP-Standorten dürften durchaus Mindererträge bis 40% zu verzeichnen sein.

Nach dem die jahrelange Einsichtsmöglichkeit in die Stromerzeugung der WP „Silberberg“ (L) und „Naundorf I“ (TDO) abgeschaltet wurde, ergeben sich durch die Inbetriebnahme der Genossenschafts-WEA im WP „Wülknitz-Streumen“ (MEI) neue Bedingungen. Die Grafiken und Zahlenwerte sind frei zugänglich. Zwar ist das WEA-Vorrang-/Eignungsgebiet Wülknitz-Streumen nicht besonders repräsentativ für Sachsen, dennoch eignet es sich für die monatlichen Trendbetrachtungen. Die [Abb. 19] enthält die täglichen Stromerträge in Form eines Balkendiagramms. Der Dezember entwickelte die besten Windverhältnisse des gesamten Jahres, blieb aber unterhalb Dezember 2015. An 18 Tagen verharzte die Einspeisung unter 20.000kWh/d. Immerhin wurde an vier Tagen die Marke von 60.000kWh/d überschritten. Der ertragsstärkste Tag war der 01.12. mit > 70.000kWh/d.

Neben den Stromerträgen zeigt das Diagramm die mittleren Windgeschwindigkeiten sowie die Verfügbarkeit an. Die Windgeschwindigkeit stellt ein direktes Maß zu Leistung und Stromertrag her.

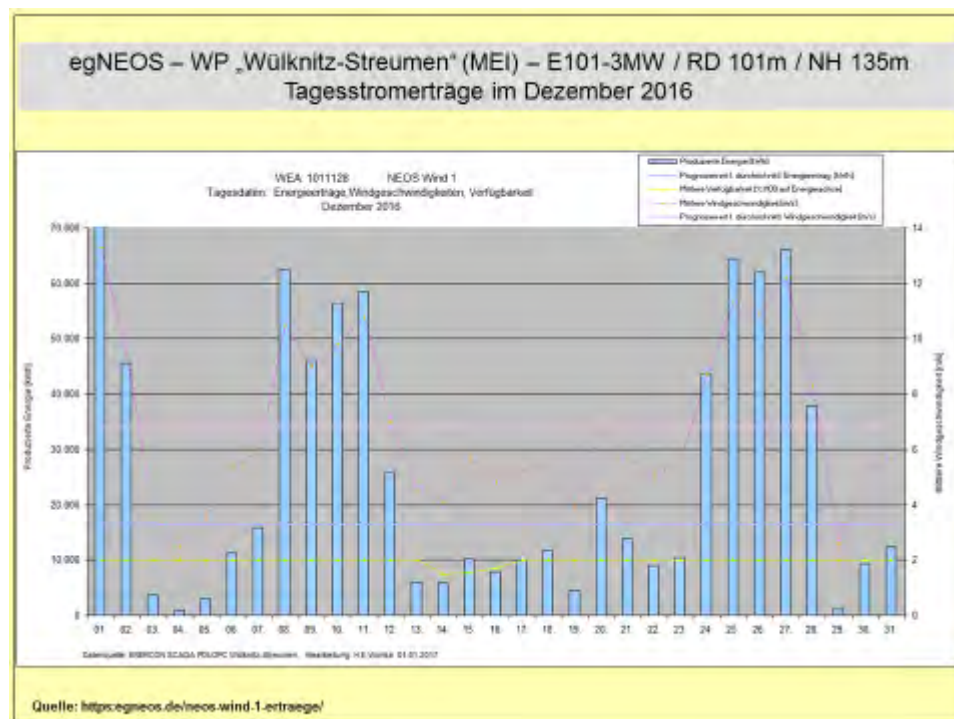


Abb. 19: Monatsübersicht Stromerträge Dezember 2016

Die [Abb. 20, 21] beinhalten den dynamischen Leistungsverlauf über 12 Stunden. In den vorliegenden Beispielen: 27. und 31.12.2016 – Zeitraum 02.00 – 14.00 Uhr. Nennleistung am 27.12. bis 3.050kW. An diesem Tag wurden über 50.000kWh/d Strom generiert. Dagegen am 31.12. nur um 500kW Leistung mit knapp über 10.000kWh/d Einspeisung. Die technische Ver-

ffügbarkeit lag fast im gesamten Monat bei 100%. Lediglich vom 14.12. – 16.12. war die Verfügbarkeit etwas geringer.

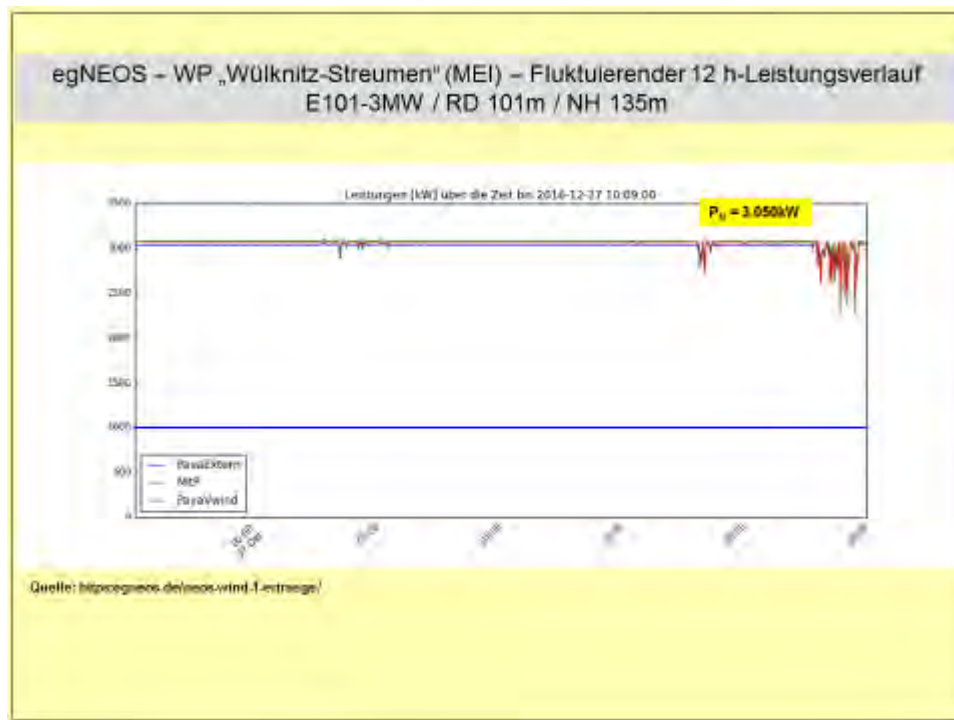


Abb. 20: 12h-Leistungsverlauf am 27.12.2016

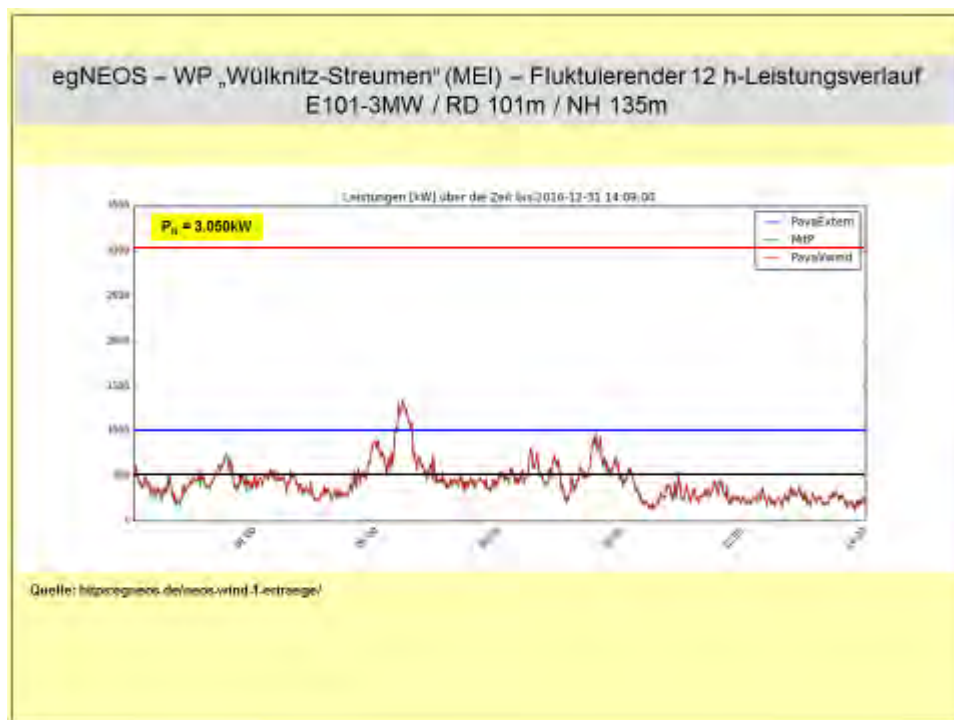


Abb. 21: 12h-Leistungsverlauf am 31.12.2016

Am 27.12.2016 wurde der Wunsch der WEA-Betreiber nach Nennleistung Wirklichkeit. Am 31.12. sah die Realität ganz anders aus, denn im Schnitt standen nur rund 500kW an Leistung zur Verfügung.

Den gesamten Jahresverlauf beinhaltet die Grafik [Abb. 22]. Die zahlreichen Schwachwindphasen des Jahres 2016 offenbaren sich darin.

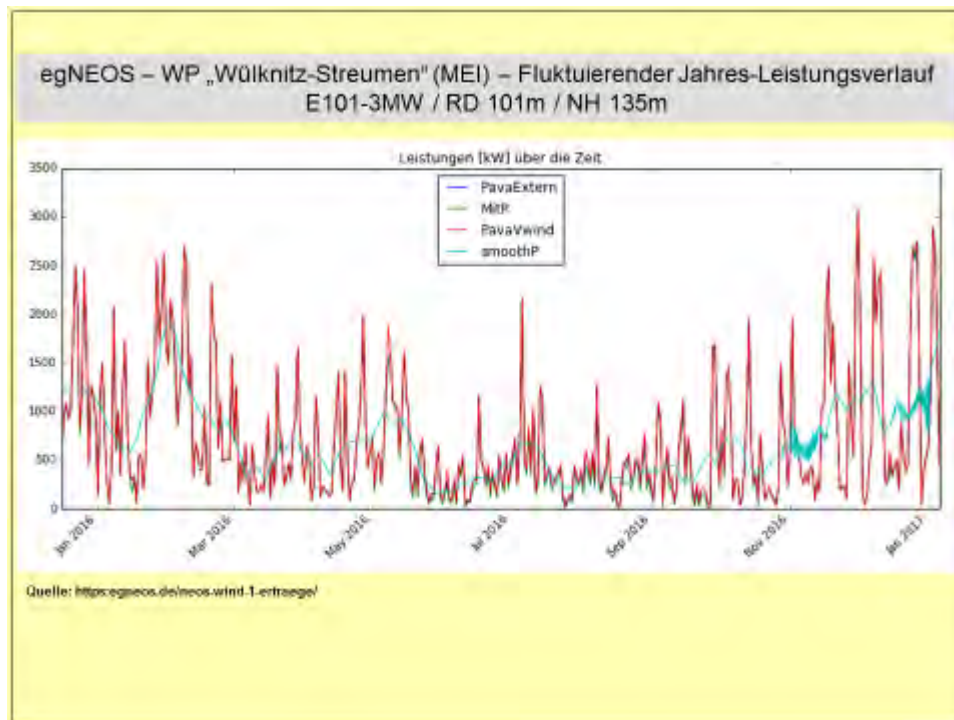


Abb. 22: Fluktuierender Jahres-Leistungsverlauf 2016

Die besten fünf WEA der 3MW-Klasse kommen nach zwölf Monaten auf einen Durchschnitt im Stromertrag von $\overline{E}_{1-12} = 7.290.522 \text{ kWh/WEA}$. Diese fünf WEA haben nach zwölf Monaten den Jahresstromertrag der 2MW-Referenz-WEA ($E_{\text{Ref}2015} = 3.287.009 \text{ kWh}$) mit +121,8% überboten.

Im Vergleich von Januar bis Dezember 2016 ($E_{\text{Ref Jan-Dezember 2016}} = 2.706.770 \text{ kWh}$) ergibt sich ein Stromertrag von 269,3% für die o.g. WEA der 3MW-Klasse.

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

In zwölf Monaten 2016 hat diese 3MW-WEA mit **248,0%** die gesamte Jahreseinspeisung 2015 der Referenz-WEA [$E_{\text{Ref}2015} = 3.287.009 \text{ kWh}$] aus dem WP „Naundorf“ (TDO) überboten.

Das Windjahr 2015 wurde in Sachsen vom Studienautor mit rund 95% zum Bezugsjahr 2008 eingeschätzt. Vor allem durch wiederholt windschwache Monate verlief 2016 insgesamt sehr ungünstig. Da das Potenzial der 3MW-Klasse im Binnenland als **der** Garantiebringer der Energiewende steht, muss die 3MW-Klasse schnellstens ausgebaut werden.

Die Anlagen der 2MW-Klasse erreichten in mindestens sechs Fällen einen Monats-Zählerstand größer 700.000kWh [Tab. 2]. Von den Anlagen der 3MW-Klasse überschritten vier WEA die Schwelle von 1.000.000kWh und sieben WEA die 900.000kWh-Marke [Tab. 2].

Bereits im vergangenen Jahr waren die Verluststromerträge in den WP „Silberberg“ und „Naundorf I“ recht auffällig. So wurden für den WP „Silberberg“ Mutzschen (L) Stromertragsausfälle von $E_{\text{Ausf Jan.-Dez.}} \approx 1.694.000 \text{ kWh}$ ermittelt. Der Zuwachs im Dezember betrug durch Ausfälle an zwei Maschinen rund 55.000kWh Verluste.

Die für den WP „Naundorf I“ erfolgte Recherche kam auf $E_{\text{Ausf Jan.-Dez.}} \approx 283.000 \text{ kWh}$ anlagenbedingte Ausfälle in zwölf Monaten, die bei fünf WEA, bezogen auf das Jahr, sicher als überschaubar gelten. Nach mehreren verlustfreien Monaten stiegen die Ertragsverluste im Dezember um weitere rund 125.000 kWh. Für eine WEA der 3MW-Klasse konnten die Ertragsverluste mit $E_{\text{Aus}} \approx 184.300 \text{ kWh/a}$ ermittelt werden. Davon entfielen 46.600 kWh auf Vereisung, 84.700 kWh auf Fledermausabschaltung und 53.000 kWh auf Störung/Wartung/Inspektion.

Im Dezember gab es einige Tage mit guter bis sehr guter Einspeisung; und nur wenige Tage mit sehr niedriger Einspeisung. Die Fluktuationen des Windes erfordern unbedingt die Kombination mit anderen erneuerbaren Energieträgern, einschließlich ausreichender Speichermöglichkeiten.

Die Betreiberhoffnungen konnte auch ein windstarker Dezember nicht mehr erfüllen.

Ausgewählte Werte finden sich in den nachstehenden Auflistungen.

WP „Silberberg“ Mutzschen (L):

01.12.:	$e = (32.001 - 47.961) \text{ kWh/d}$	$\varnothing e = 45.375 \text{ kWh/(WEA*d)}$
04.12.:	$e = (\quad 823 - \quad 1.032) \text{ kWh/d}$	$\varnothing e = \quad 936 \text{ kWh/(WEA*d)}$
08.12.:	$e = (42.627 - 48.008) \text{ kWh/d}$	$\varnothing e = 46.516 \text{ kWh/(WEA*d)}$
27.12.:	$e = (38.329 - 47.808) \text{ kWh/d}$	$\varnothing e = 45.798 \text{ kWh/(WEA*d)}$

WP „Naundorf I“ (TDO):

01.12.:	$e = (29.537 - 46.315) \text{ kWh/d}$	$\varnothing e = 41.540 \text{ kWh/(WEA*d)}$
04.12.:	$e = (\quad 0 - \quad 80) \text{ kWh/d}$	$\varnothing e = \quad 22 \text{ kWh/(WEA*d)}$
27.12.:	$e = (41.870 - 43.932) \text{ kWh/d}$	$\varnothing e = 42.505 \text{ kWh/(WEA*d)}$

Die ertragreichsten Tage des Monats waren in den WP's der 01.12., 08.12. und 27.12. neben den angeführten Starkwindtagen gab es weitere Tage mit guter Einspeisung. Besonders wind-schwach war der 04.12.2016.

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

$$\varnothing e_{\text{WP „Silberberg“ (1-12)}} = 4.703.479 \text{ kWh/WEA}$$

$$\varnothing e_{\text{WP „Naundorf I“ (1-12)}} = 2.705.609 \text{ kWh/WEA}$$

Der WP „Silberberg“ speiste, bezogen auf den WP „Naundorf I“, die **1,74fache** Strommenge in die Netze ein. In beiden WP's gab es technisch bedingte Ausfälle, die in diesen Daten keine Berücksichtigung finden. Im korrigierten Zustand würde der Vorsprung des WP „Silberberg“ deutlich höher ausfallen.

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

$$\begin{aligned} E_{\text{theo max}} &= 11.904.000 \text{ kWh/mth} \\ E_{\text{real}} &= 5.501.516 \text{ kWh/mth} \end{aligned}$$

$$E_{\text{theo max 1-12}} = 140.544.000 \text{ kWh/366 Tage}$$

Der Monatsrealertrag fällt geringer aus. Die aus den o.g. Daten berechenbare Monatseffizienz beträgt $p_{\text{eff}} = 46,22\%$!

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

$$E_{\text{theo max}} = 7.440.000 \text{ kWh/mth}$$

$$E_{\text{real}} = 2.238.236 \text{ kWh/mth}$$

$$E_{\text{theo max 1-12}} = 87.840.000 \text{ kWh/366 Tage}$$

Die aus den o.g. Daten berechenbare Monatseffizienz beträgt $p_{\text{eff}} = 30,08\%$!

In Tab. 1 erfolgt der monatliche sowie kumulative Effizienzvergleich zwischen den WP „Silberberg“ und „Naundorf I“. Besonders in Schwachwindzeiten verliert der WP „Naundorf I“ an Stromerträgen gegenüber den technologisch besseren Maschinen im WP „Silberberg“.

Gegenüber einem WP mit WEA der 3MW-Klasse würde die Differenz um ein Mehrfaches höher ausfallen. Momentan lässt sich ein solcher Vergleich noch nicht führen, da die Anlagen über mehrere Betreiber gesplittet sind und keine durchgehende Datenverfügbarkeit zustande kommt.

p_{eff} [%]	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	Σp_{eff} [kum.]
WP Silberberg	40,66	47,38	23,66	23,59	25,16	12,01	18,93	14,54	18,44	21,33	32,54	46,22	26,77
WP Naundorf I	29,27	30,67	13,74	12,35	11,06	6,07	10,77	7,19	7,63	10,62	15,70	30,08	15,40

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

Die Referenz-WEA Vestas V80-2MW/NH67m erzeugte im Dezember **447.722 kWh**. Das entspricht 30,09 % der theoretisch möglichen Strommenge. Die beste WEA im WP „Silberberg“ schaffte bei gleicher Leistung 48,68%, bzw. die **1,62fache** Monatsstrommenge, ein Ergebnis, welches z.B. mit der E82-2MW/NH138m im WP „Löbau“ (GR) mit **2,00** noch übertroffen wurde. 60,29%

Im Dezember mit besseren Windbedingungen schnitten die 14 gelisteten 3MW-WEA nochmals besser ab. Im Durchschnitt erreichten die 3MW-WEA einen Monatsertrag von 954.893kWh/WEA, was dem **2,13fachen** gegenüber der Referenz-WEA entspricht.

Es gibt keine rationalen Gründe, sowohl in der Windenergiebranche, als in Regionalplanung und Genehmigungsbehörden, um die in wenigen Jahren entwickelten technologischen Fortschritte nicht bei der Ausgestaltung der Energiewende zu nutzen.

Die bereits im vergangenen Jahr vorgetragene Forderung, dass nur noch WEA mit großen Nabenhöhen und Rotordurchmessern zu errichten sind, bedarf auch 2016 keiner Korrektur. Im Gegenteil: Die Forderung nach der ausschließlichen Errichtung von Anlagen der 3MW-Klasse muss manifester denn je an die Regionalplanung, die Genehmigungsbehörden sowie schwerpunktmäßig an die Politik herangetragen werden.

Die hier vorgetragene Standardaussage wird deshalb Monat für Monat wiederholt!

In Tab. 2 stehen dreizehn von vierzehn gegenwärtig erfassten 3MW-WEA, bezogen auf den Jahresstromertrag, an der Spitze. Im Dezember konnte sich erneut eine WEA der 2MW-Klasse in die Phalanx der 3MW-Maschinen einschieben. Die eingeschobene WEA der 2MW-Klasse steht an einem sehr guten Windstandort mit „Böhmischer Windkomponente“.

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

WEA Typ/Standort	Monat Dez. E in [kWh]	WEA Typ/Standort	Jahresergebnis E _{kum} in [kWh]
1. E101-3MW/NH135m RIE-Mautitz (MEI)	1.085.212	1. 3,2M114/NH143m Mark-Sahnau (Z)	8.152.895
2. 3,2M114/NH143m Mark-Sahnau (Z0)	1.053.383	2. E101-3MW/NH135m Erzgebirge	7.351.257
3. E101-3MW/NH135m RIE-Mautitz (MEI)	1.052.823	3. E101-3MW/NH135m RIE-Mautitz 7 (MEI)	7.091.510
4. 3,2M114/NH93m SN (unbenannt 5)	1.014.603	4. V112-3MW/NH140m SN (unbenannt 9)	6.944.403
5. 3,2M114/NH93m SN (unbenannt 6)	989.823	5. V112-3.3MW/NH140m Lippoldsrh 1 (Z)	6.912.547
6. V112-3MW/NH140m SN (unbenannt 9)	987.228	6. E101-3MW/NH135m RIE-Mautitz 8 (MEI)	6.904.813
7. E101-3MW/NH135m Erlau (FG)	970.527	7. 3,2M114/NH93m SN (unbenannt 6)	6.864.226
8. V112-3MW/NH140m SN (unbenannt 10)	949.392	8. 3,2M114/NH93m SN (unbenannt 5)	6.756.798
9. V112-3.3MW/NH140m Lippoldsrh 2 (Z)	944.434	9. V112-3.3MW/NH140m Lippoldsrh 3 (Z)	6.753.447
10. V112-3.3MW/NH140m Lippoldsrh 1 (Z)	943.998	10. E101-3MW/NH135m Erlau FG)	6.748.798
11. E101-3MW/NH135m Erzgebirge	932.122	11. V112-3MW/NH140m SN (unbenannt 10)	6.623.100
12. E82-2MW/NH138m Löbau (GR)	897.127	12. V112-3MW/NH140m Thierfeld (Z)	6.397.542
13. V112-3.3MW/NH140m Lippoldsrh 3 (Z)	875.479	13. V112-3.3MW/NH140m Lippoldsrh 2 (Z)	6.302.024
14. E82-2,3MW/NH138m Sornzig/Ablaß/Jeese.	855.114	14. E82-2,3MW/NH138m Sornzig/Ablaß/Jeese.	5.741.268
15. E101-3MW/NH135m Streumen (MEI)	810.692	15. E82-3MW/NH138m Löbau (GR)	5.705.694
16. E82-2MW/NH138m Bockwitz (L)	786.410	16. E101-3MW/NH135m Streumen (MEI)	5.655.333
17. V90-2MW/NH105m Sohland (GR)	762.931	17. E82-2MW/NH138m Bockwitz (L)	5.507.745
18. V112-3MW/NH140m Thierfeld (Z)	758.786	18. E82-2MW/NH108m Saidenberg (ERZ)	5.360.567
19. V90-2MW/NH105m Silberberg (GRM)	724.408	19. V90-2MW/NH105m Silberberg (GRM)	5.135.038
20. E82-2,3MW/NH138m SN (unbenannt 3)	718.730	20. MM92-2MW/NH100m Mißlareuth (V)	5.089.788
R. V80-2MW/NH67m Naundorf (TDO)	447.722	R. V80-2MW/NH67m Naundorf (TDO)	2.706.770

Tab. 2: Auflistung der Dezember- und Kumulativ-Jahresstromerträge 2016

Anmerkung:

Die Tabelle enthält nicht alle WEA, die monatlich erfasst werden!

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 100%-Windjahr bestimmt wurde. Mit der Referenzjahrfestlegung 2008 können insbesondere die Ertragsdaten besser eingeschätzt werden.

WP „Silberberg“ 01.01.-31.12.	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
2016	37.627.832	76,87	5.135.038	78,65

Tab. 3: Vergleich der Windstromerträge 01.01. – 31.12.2016 für den WP „Silberberg“ (Grimma/L)

WP „Naundorf I“ 01.01.-31.12.	Strommenge WP in [kWh]	Anteil in [%]	Strommenge Referenz- WEA in [kWh]	Anteil in [%]
2008	18.902.376	100	3.698.577	100
2009	15.611.135	82,59	2.951.575	79,80
2010	15.449.463	81,73	2.942.820	79,57
2011	18.462.192	97,67	3.518.950	95,14
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
2015	16.237.754	85,90	3.287.009	88,87
2016	13.528.046	71,57	2.706.770	73,18

Tab. 4: Vergleich der Windstromerträge 01.01. – 31.12.2016 für den WP „Naundorf I“ (TDO)

Für den WP „Silberberg“ (Tab. 3) betragen die kumulierten Dezember-Werte rund **76,9** bis **78,7%**. Im WP „Naundorf I“ (Tab. 4) kommen die kumulierten Stromerträge auf rund **71,6** bis **73,2%**. Bezogen auf den Vormonat, gab es nur eine geringe Steigerung. Der Jahresverlauf 2016 gehört zu den extrem schwachen Ausbildungen, die auch bis Jahresende nicht mehr ausgleichbar waren.

Die [Abb. 23] 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 Dezember $\Delta E \triangleq [+89,7\%]$! Dieser Abstand hat sich sukzessive bis zum Jahresende eingestellt.

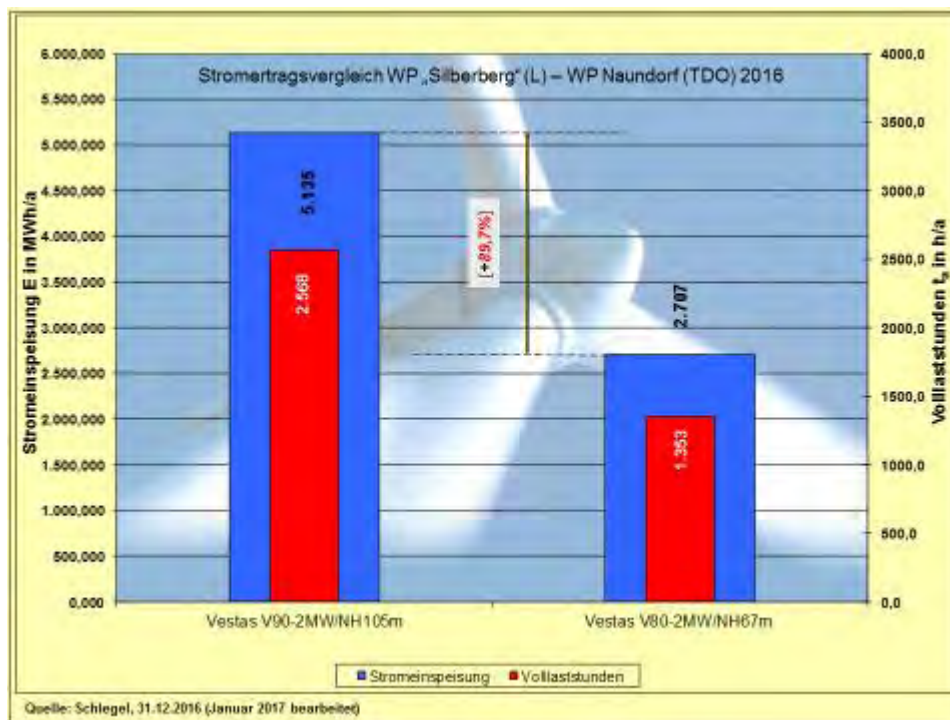


Abb. 23: Stromertragsvergleich V90-2MW/NH105m – V80-2MW/NH67m (Referenz-WEA)

Mit [Abb. 24] findet die Studie insofern eine Erweiterung, da ebenfalls eine WEA der 3MW-Klasse der Referenz-WEA gegenüber gestellt wird. Die WEA 3,2M114/NH143m im WP „Mark-Sahnau“ (Z) schafft nach dem zwölften Jahresmonat einen kumulativen Ertragsvorsprung von $\Delta E \triangleq [+201,2\%]$.

Auch die kumulativ von 1 bis 10 stehenden 3MW-WEA, die im Durchschnitt bei 7,048 Mio kWh liegen, kommen auf ein Plus von $\Delta E \triangleq [+160,4\%]$.

Wie könnten eigentlich noch bessere Aussagen gewonnen werden, als durch die vorliegenden Zahlen?

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 Monat für Monat die Richtigkeit der damaligen Thesen und berechtigen nicht nur, sondern fordern geradezu auf, dass die sächsischen Windenergieserven endlich zu Gunsten der Energiewende erschlossen werden. Die politischen Weichenstellungen müssen in Sachsen unbedingt beschleunigt erfolgen.

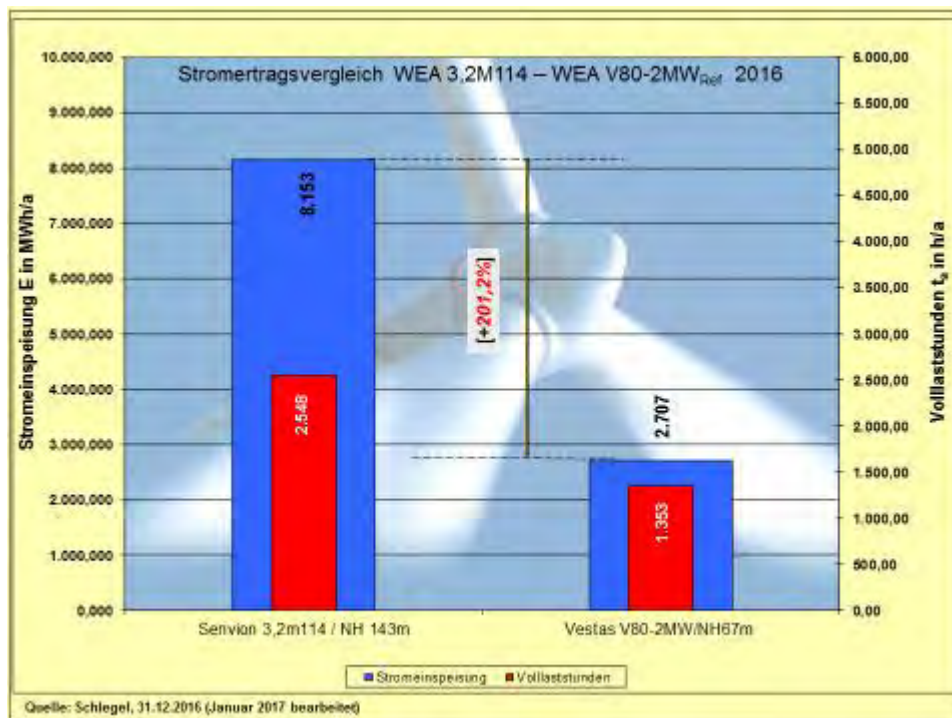


Abb. 24: Stromertragsvergleich WEA-3MW-Klasse - V80-2MW/NH67m (Referenz-WEA)

Die [Abb. 25] gehört zu einer Fortsetzungsgrafik, die von ihrer Struktur her erst in der zweiten Jahreshälfte Konturen annimmt und somit aussagefähig wird. Trotzdem werden die monatlichen Stromertragsunterschiede im Balkendiagramm gut sichtbar, und damit auch die schwachen Winter-, einschließlich Sommermonate 2016. Aus der Grafik gehen die technisch bedingten Verluste nicht hervor.

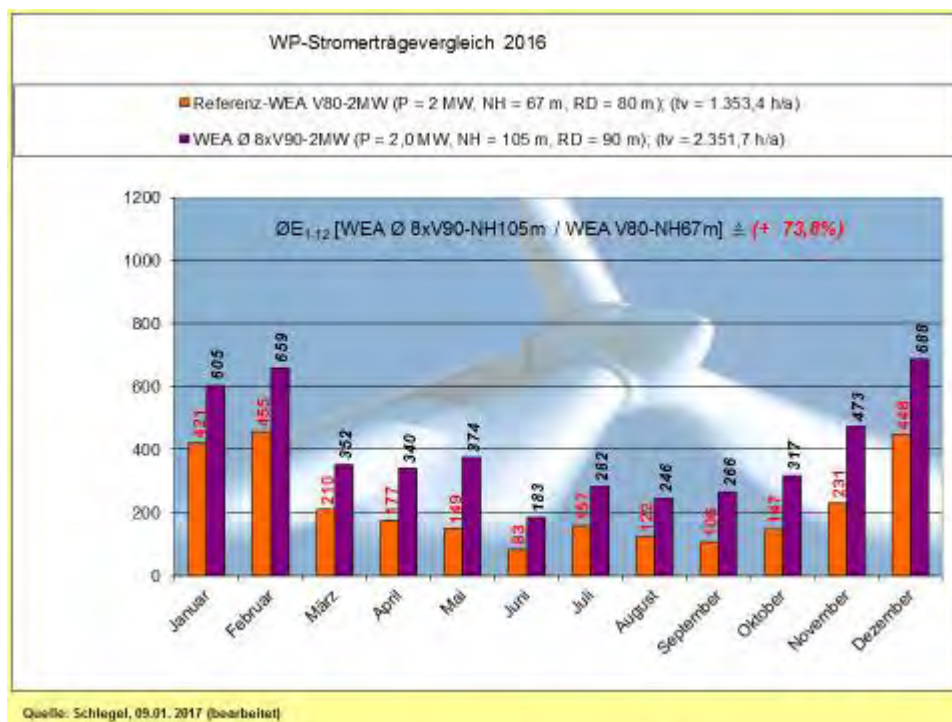


Abb. 25: Monatsstromerträge-Vergleich in MWh, (Volllaststunden pro Jahr als Realertrag) Referenz-WEA V80 mit Durchschnitt des WP „Silberberg“

Nachfolgend die Grafiken der Stromerträge in den [Abb. 26 bis 35] sowie dazugehörige verbale Ausführungen. Die Daten der Referenz-WEA sind nur in den [Abb. 26 und 27] enthalten. Die weiteren Grafiken enthalten diese nicht mehr, beziehen sich aber auf die Referenz-WEA V80-2MW/NH67m. D.h.: Alle Prozentangaben beziehen sich auf die Referenzmaschine.

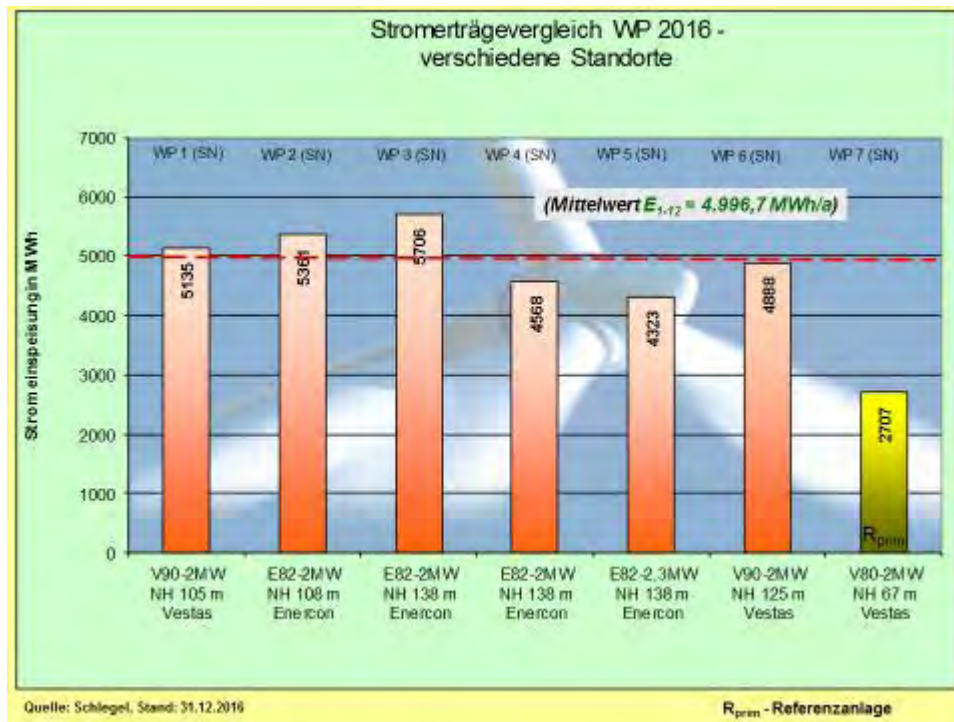


Abb. 26: Stromerträge-Vergleich von WEA im Sachsenquerschnitt (Dezember)

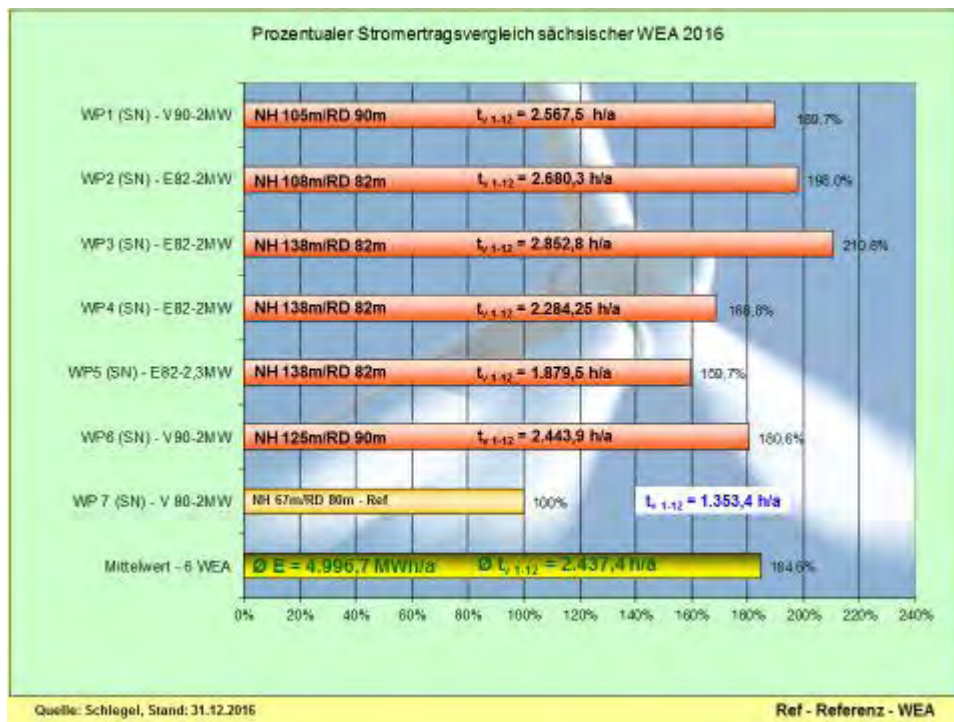


Abb. 27: Stromerträge-Vergleich - prozentual und nach Volllaststunden (Dezember)

Die Säule der Referenz-WEA geht nicht in den Mittelwert der Stromerträge ein, so dass der Abstand sich sukzessive vergrößern konnte. Dabei läuft die Referenz-WEA nach wie vor sehr zuverlässig. Mit jedem Monatsfortschritt stiegen die tatsächlichen Windenergiepotenziale der WEA mit größeren Nabenhöhen und Rotordurchmessern an.

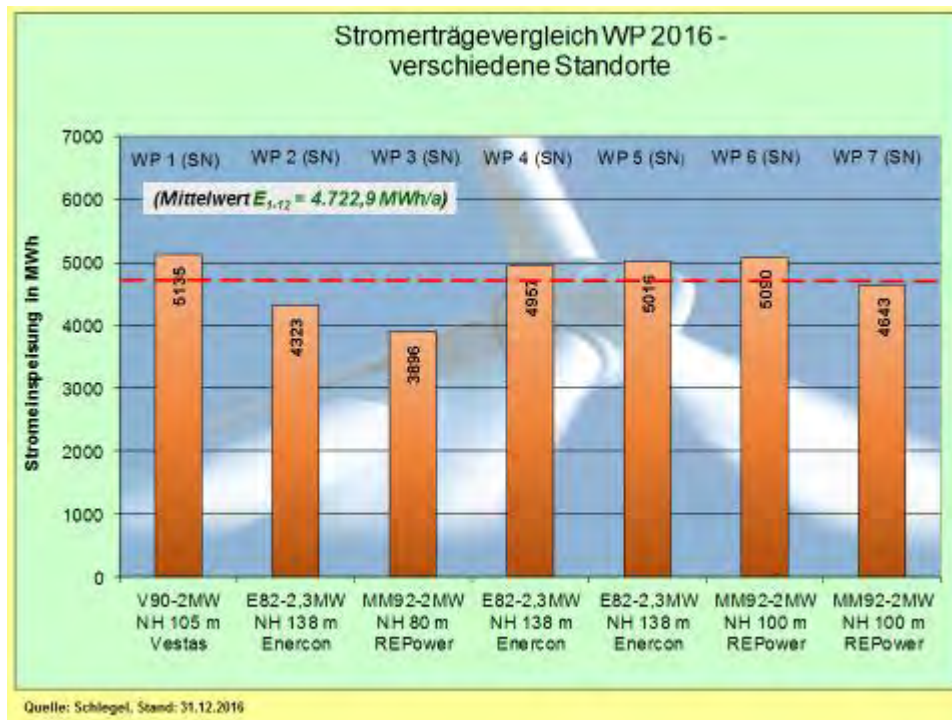


Abb. 28: Stromerträge-Vergleich von WEA im Sachsenquerschnitt (Dezember)

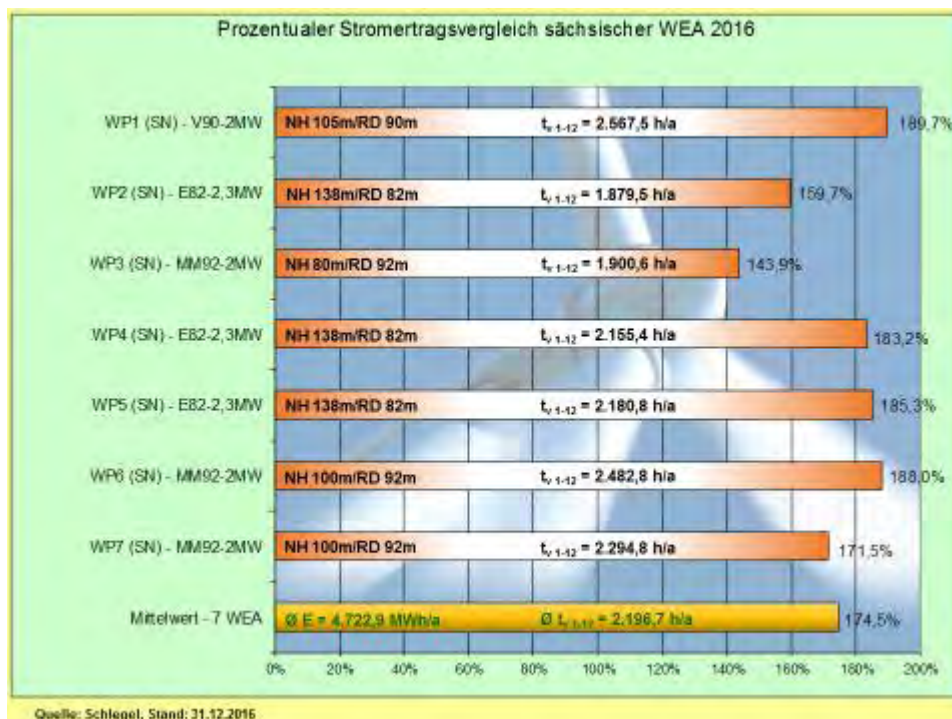


Abb. 29: Stromerträge-Vergleich - prozentual und nach Volllaststunden (Dezember)

Die [Abb. 28 und 29] 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 immer wieder sichtbar. Der Mehrertrag von 44% gegenüber der Referenz-WEA resultiert vorwiegend aus dem größeren Rotordurchmesser und zu einem geringeren Teil auch aus der Nabenhöhendifferenz von 13m.

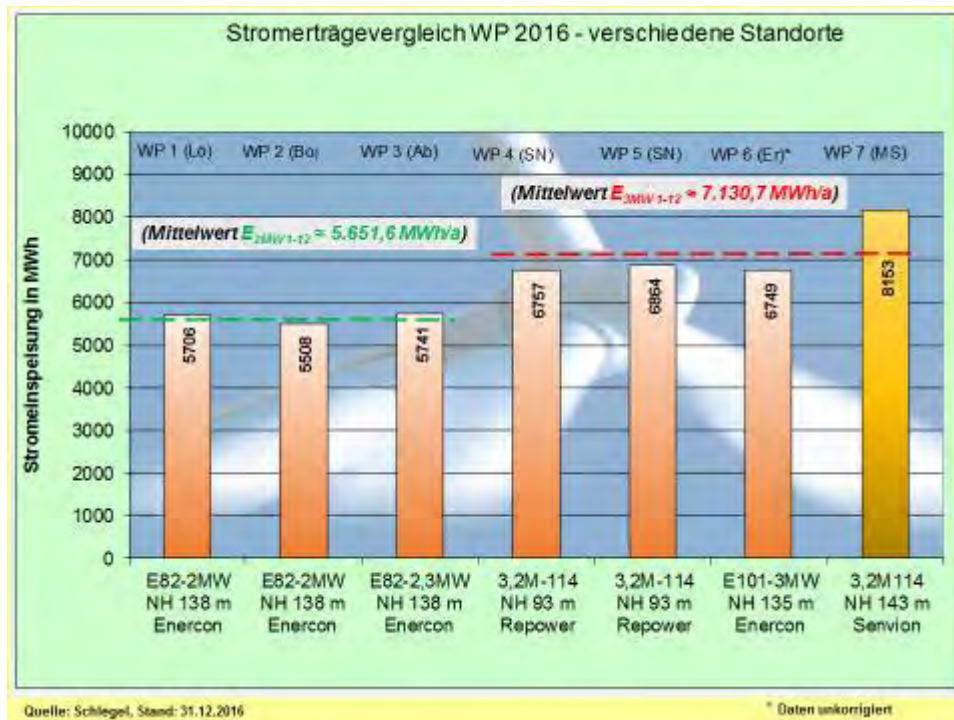


Abb. 30: Stromerträge-Vergleich – 2MW-Klasse mit 3MW-Klasse (Dezember)

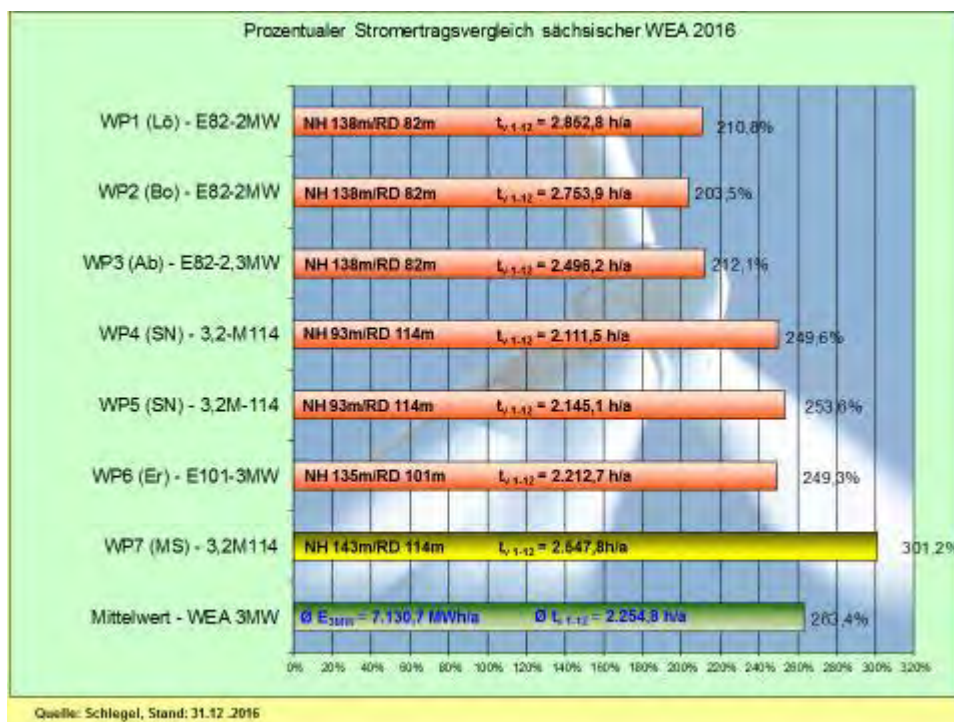


Abb. 31: Stromerträge-Vergleich - prozentual und nach Volllaststunden (Dezember)

Die [Abb. 30 und 31] beinhalten zwei WEA an unbenannten Standorten [WP4], [WP5] in Mittelsachsen. In den Grafiken [Abb. 30 und 31] wird die 2MW-Klasse direkt mit der 3MW-Klasse verglichen. Die Standorte [WP4] und [WP5] gehören zur 3MW-Klasse, bleiben auf Betreiberforderung, wie auch in einigen anderen Fällen, unbenannt. Die Ergebnisse des Standortes [WP7] wurden mehrfach hervorgehoben.

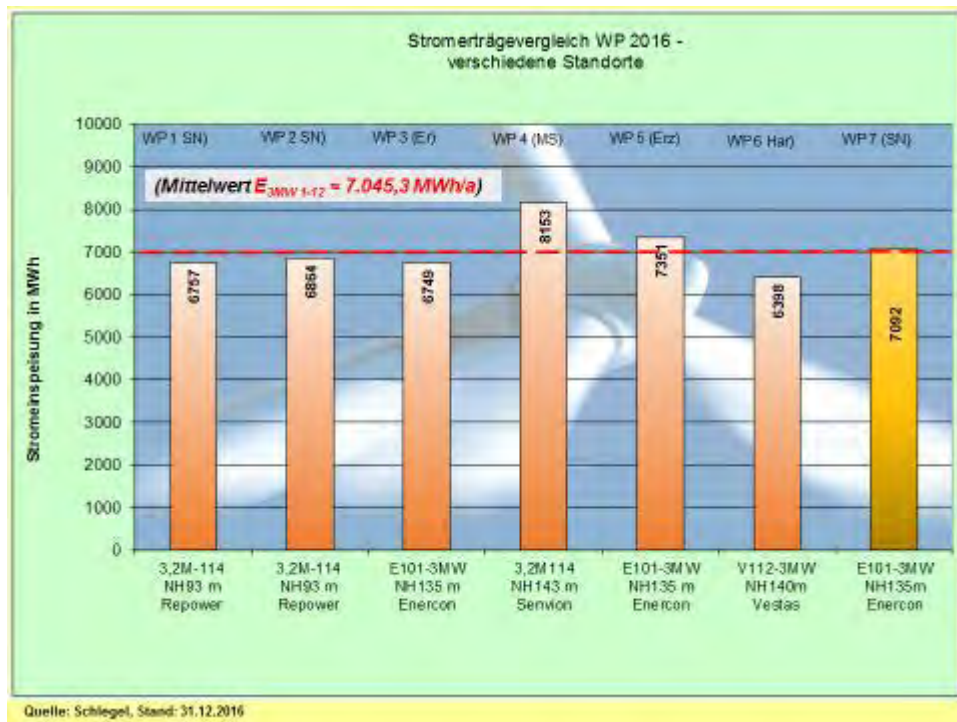


Abb. 32: Stromerträge-Vergleich– 3MW-Klasse (Dezember)

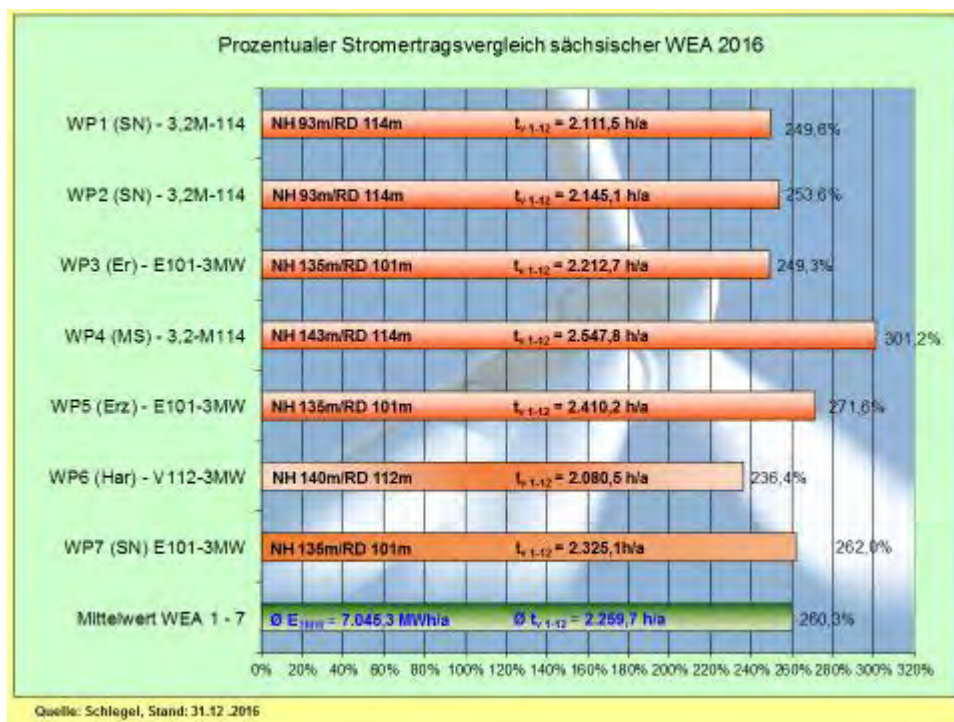


Abb. 33: Stromerträge-Vergleich 3MW-Klasse - prozentual und nach Volllaststunden (Dezember)

Die [Abb. 32 und 33] sowie [Abb. 34 und 35] gehören zur Erweiterung der Studie, da mehrere WEA der 3MW-Klasse verfügbar sind. Die beste WEA in *Mark-Sahnau* 3,2M114/NH143m erzeugte im Dezember 1.053.383kWh. Die beste E101-3MW/NH135m speiste 1.085.212kWh ein. Im Schnitt der zwölf Monate speisten die besten fünf gelisteten 3MW-WEA gegenüber der Referenz-WEA die **2,69fache** Strommenge ins Netz.

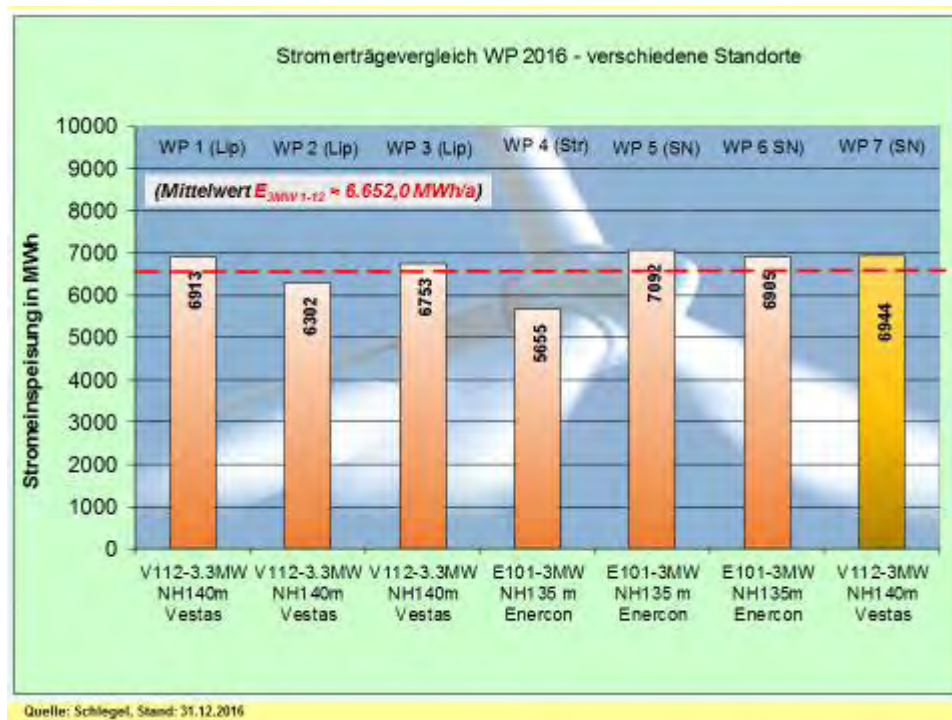


Abb. 34: Stromerträge-Vergleich – 3MW-Klasse (Dezember)

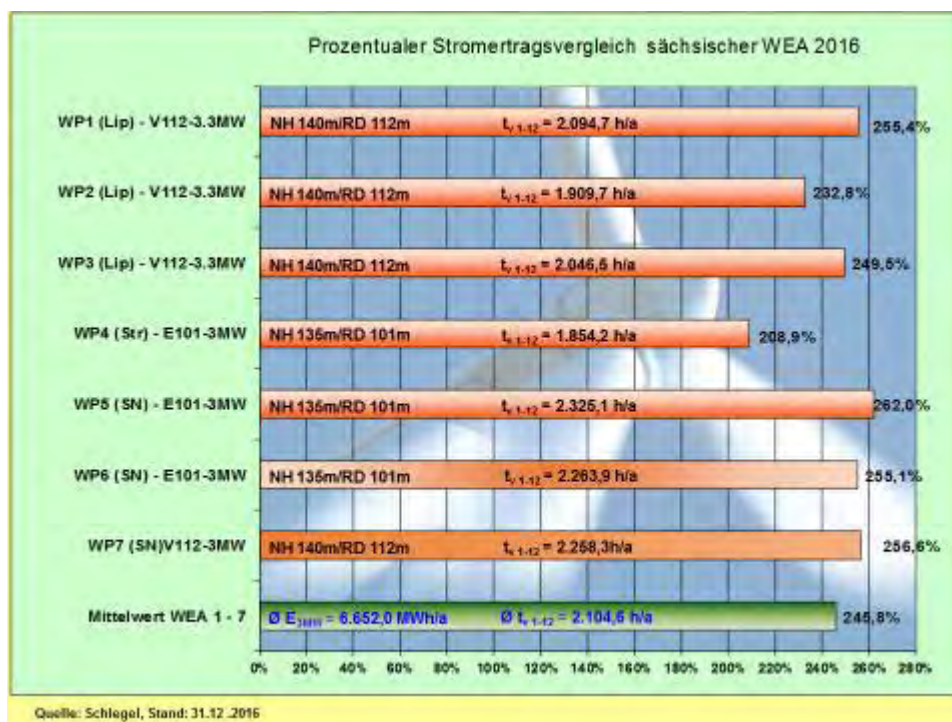


Abb. 35: Stromerträge-Vergleich - prozentual und nach Volllaststunden (Dezember)

Ein direkter Vergleich von 9/26 in Betrieb befindlichen 3MW-WEA im Dezember in [Tab. 5]:

WEA-Typ/ Standort	Stromertrag $E_{\text{theo max}}$ in [kWh/mth]	Stromertrag E_{real} in [kWh/mth]	Monatseffizienz p_{eff} in [%]
WP Erlau E101-3MW/135m	2.269.200	970.527	42,77
WP SN (unbenannt) W1:3,2M114/93m	2.380.800	1.014.603	42,62
WP SN (unbenannt) W2:3,2M114/93m	2.380.800	989.823	41,58
WP Mark-Sahnau 3,2M114/143m	2.380.800	1.053.383	44,24
WP Thierfeld V112-3MW/140m	2.287.800	758.786	33,17
WP Erzgebirge) E101-3MW/135m	2.269.200	932.122	41,08
WP Lippoldsrh V112-3.3MW/140m	2.455.200	943.998	38,45
WP RIE-Mautitz E101-3MW/135m	2.269.200	1.085.212	47,82
WP SN (unbenannt) V112-3MW/140m	2.287.800	987.228	43,15

Tab. 5: Vergleich der Monatseffizienz (Dezember) von 9/26 in Betrieb befindlichen WEA der 3MW-Klasse

Nachfolgend eine weitere Bewertungsmöglichkeit mit der 2MW-Klasse in [Tab. 6]:

WEA-Typ	Stromertrag E_{1-12} in kWh	WEA-Typ	Stromertrag E_{1-12} in kWh	Differenz ΔE in %
WP Erlau E101-3MW/135m	6.748.798	WP Erlau E82-2MW/138m	4.568.423	+47,7
WP Erlau E101-3MW/135m	6.748.798	WP Silberberg V90-2MW/105m	5.135.038	+30,6
WP Erlau E101-3MW/135m	6.748.798	WP SN (unbenannt) 3,2M114/93m	6.864.226	-1,7
WP Mark-Sahnau 3,2M114/143m	8.152.895	WP SN (unbenannt) 3,2M114/93m	6.864.226	+18,8
WP Mark-Sahnau 3,2M114/143m	8.152.895	WP Silberberg V90-2MW/105m	5.135.038	+60,4
WP SN (unbenannt) 3,2M114/93m	6.864.226	WP Silberberg V90-2MW/105m	5.135.038	+33,7
WP Thierfeld V112-3MW/140m	6.397.542	WP Silberberg V90-2MW/105m	5.135.038	+24,6
WP Erzgebirge E101-3MW/135m	7.351.257	WP Silberberg V90-2MW/105m	5.135.038	+43,2

Tab. 6: Prozentualer Vergleich zwischen ausgewählten WEA der 3MW- und 2MW-Klasse (12 Monate)

Unter den gegebenen Bedingungen erreicht im Dezember die monatliche Effizienz der 3MW-Klasse zwischen (33,2 - 47,8) % und liegt im Mittel etwas unterhalb der besten WEA (48,7%) des WP „Silberberg“ Mutzschen (L). Von den WEA der 3MW-Klasse schneidet die WEA V112-3MW am WP-Standort „Thierfeld“ (Z) etwas schlechter. Schwerwiegende Gründe sind nicht bekannt.

Zwischen der WEA 3,2M114/NH143m und der WEA V90-2MW/NH105m im WP „Silberberg“ stellt sich mit **+60,4%** eine beachtliche Differenz heraus. Sofern es keine wesentlichen Ausfälle gibt, stellen sich die prozentualen Differenzen auch hier innerhalb eines engen Toleranzbandes ein.

Die WEA der 3MW-Klasse sind den bisher bekannten Anlagen mit geringerer Nennleistung sowie niedrigerem technologischen Niveau deutlich überlegen. Allerdings benötigt der wirtschaftliche Betrieb dieser Anlagen ebenfalls große Nabenhöhen.

Eine Sonderstellung unter den Anlagen der 2MW-Klasse nimmt im WP „Löbau“ die WEA E82-2MW/NH138m ein. Diese Maschine profitiert vom Zweifach-Windsystem in diesem Gebiet sowie von der exponierten Standortposition auf einer Bergkuppe. Der „Böhmische Wind“ sorgt immer dann für hohe Stromerträge, wenn in anderen Gebieten Schwachwind oder gar Flaute zu verzeichnen ist.

Seit Mitte September 2016 befinden sich im WP „Wülknitz-Streumen“ (MEI) die derzeit größten WEA Sachsen's in Betrieb: **Vestas V126-3.3MW / NH137m / RD 126m!** Diese beiden Anlagen werden ab Januar 2017 in das Monitoring-Programm aufgenommen. In [Abb. 36] beinhaltet das Balkendiagramm nur die Dezember-Stromerträge. Obwohl dieser WP-Standort nicht zu den besten in Sachsen gehört, schneiden die WEA im Dezember mit den höchsten Einzelerträgen ab.

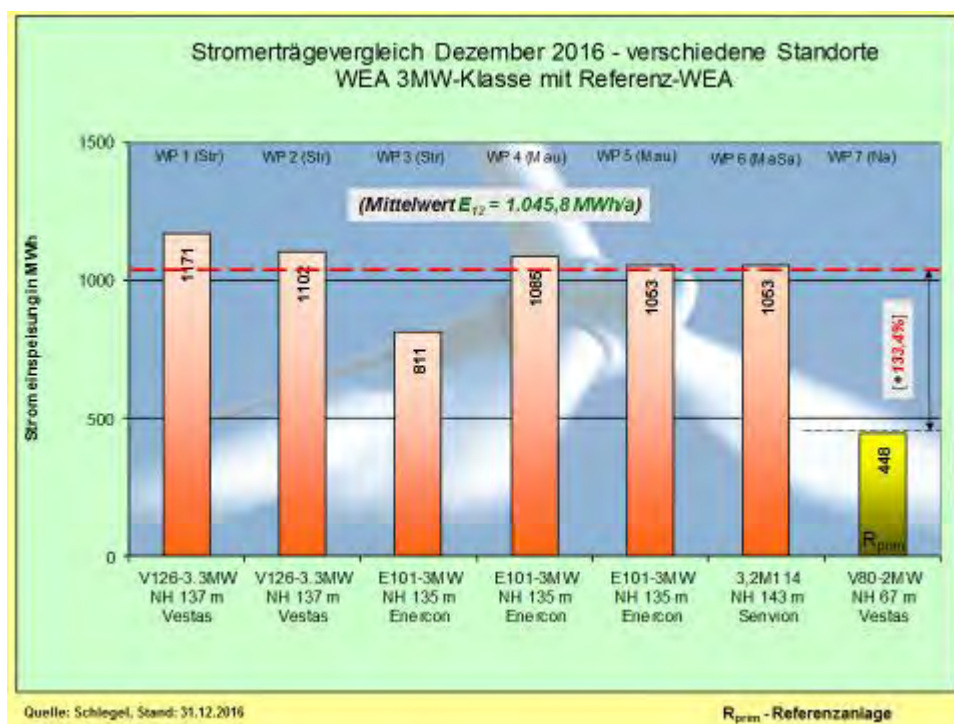


Abb. 36: Stromerträge-Vergleich – ausgewählte 3MW-WEA (Dezember)

Zum Vergleich in [Abb. 37] die Monatserträge der Referenz-WEA V80-2MW/NH67m mit der V126-3.3MW/NH137m.

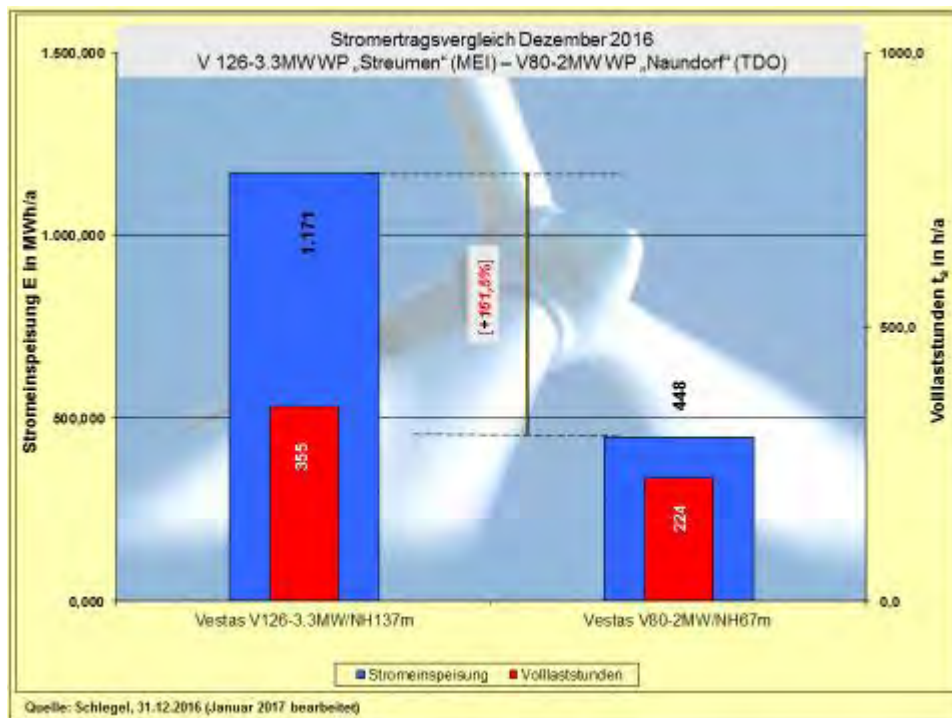


Abb. 37: Direkter Monatsvergleich – V126-3.3MW mit V80-2MW (Dezember)

Die bisher vom Autor vertretene These, dass die 3MW-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-Technologieklasse die Überzeugung gewinnen, dass genau mit solchen Windenergieanlagen der **wichtigste Stützpfiler** zum Gelingen der Energiewende zur Verfügung steht. In diesem Zusammenhang ergeht der Hinweis, dass nicht alle Anlagen der 3MW-Klasse für die verschiedenen Standorte gleich gut geeignet sind. Die bisher vorliegenden Erfahrungen zeigen, dass vor allem die WEA mit den größten Rotordurchmessern punkten. Die Entwicklung für Schwachwindgebiete im Binnenland geht eindeutig zu größeren Rotordurchmessern in der Größenordnung $RD = (126 - 141)m$ hin. Neben größeren Rotordurchmessern sollten unbedingt auch die jeweils typgrößten Nabenhöhen in die Planungen einbezogen werden.

Die ständige monatliche Wiederholung der vorstehenden These wird vom Autor ganz bewusst vorgenommen.

Anmerkung:

In der WEA-Stromertrags-Studie 2015 hatte der Autor eine Grafik zur Stromerträge-Kombination von Wind- und PV-Strom eingefügt. Für das Jahr 2016 war eine Erweiterung der Energieträger in Richtung Wasser und Biogas vorgesehen. Leider gelang die Datenbeschaffung bisher nicht erfolgreich. Sobald die Daten verfügbar sind, werden die Aussagen in einen der kommenden Monatsberichte eingebaut.

3. Neuerrichtungen, Fortschritte und Ausblick in der sächsischen Windenergienutzung

Nach dem derzeitigen Kenntnisstand konnten bis Ende Dezember 2016 nicht mehr als neun WEA in Betrieb genommen werden [Abb. 38].

Tabellarische Übersicht WEA-Neuerrichtungen Sachsen 2012 – 2013 – 2014 – 2015 – 2016								
	LDB Chemnitz		LDB Dresden		LDB Leipzig		LD-Gesamt	
Neuerrichtungen ¹⁾	Anzahl n [-]	Leistung P [MW]	Anzahl n [-]	Leistung P [MW]	Anzahl n [-]	Leistung P [MW]	Anzahl n [-]	Leistung P [MW]
2012	12	27,40	0	0,0	2	3,10	14	30,500
2013	9	21,55	2	4,0	4	10,0	15	35,550
2014	6	14,425	8	21,55	0	0,0	14	35,975
2015	7	17,30	14	31,25	9	20,50	30	69,050
2016	1	2,4	8	22,90	0	0,0	9	25,300

¹⁾ jeweils bis 31.12. des Jahres

Quelle: Schlegel, Januar 2017

Abb. 38: WEA-Neuerrichtungen 2012 - 2016

Die [Abb. 39] zeigt den Stand vom 31.12.2016, geordnet nach Landesdirektionsbereichen.

Windenergienutzung in den Landesdirektionsbereichen (LDB)	
Arbeitsstand: 31.12.2016	
- LDB Chemnitz:	337 WEA / $P_N = 410.410 \text{ kW}$
- LDB Dresden:	337 WEA / $P_N = 506.275 \text{ kW}$
- LDB Leipzig:	197 WEA / $P_N = 244.520 \text{ kW}$
Σ:	871 WEA / $P_N = 1.161.205 \text{ kW}$
Quelle: Schlegel, 31.12.2016	

Abb. 39: Arbeitsstand Windenergienutzung Sachsen 31.12.2016

Im Dezember sind im WP „Wülknitz-Streumen“ (MEI) weitere zwei WEA V126-3.3MW an das Netz gegangen [Abb. 40]. Nach zeitlicher Verzögerung ging gleichfalls im WP „An der B101“ Nossen [Abb. 41] die erste Repowering-WEA ans Netz.



Abb. 40: Repowering im WP „Wülknitz-Streumen“ (MEI)



Abb. 41: Repowering WP „An der B 101“ - Nossen (MEI)

Erfreulicherweise wurden in den WP's „Wülknitz-Streumen“ und „An der B101“ in Nossen (alle Lkr. Meißen) Anlagen mit großer Nabenhöhe genehmigt.

Im Gegensatz dazu wurden im WP „Naundorf“ (TDO) WEA der 3MW-Klasse nur mit einer Nabenhöhe von 89m und 91m genehmigt [Abb. 42]. Beim Durchgang des Rotorblattes in der Zeigerstellung „6“ verbleiben Abstände von 32,5m und 34,5m bis zum Boden. Unabhängig von den enormen Stromverlusten, bedingt durch die geringe Nabenhöhe, wird die Maschinendynamik sehr ungünstig beeinflusst.



Abb. 42: Erweiterung WP „Naundorf“ (TDO)

In solchen Fällen ist die Fachkompetenz in der Genehmigungsbehörde LRA Nordsachsen sowie in der Regionalplanung Leipzig mit aller Ernsthaftigkeit zu hinterfragen. Es kann auch sein, dass die jeweiligen an Planung und Genehmigung beteiligten Behörden **unselbständig** handelten, was nicht anders zu deuten wäre, als dass entsprechende Anweisungen erteilt würden. Der Nachweis ist dem Autor nicht möglich, aber die Plausibilität spricht sehr dafür. Letztlich bleibt die Politik gefordert: **„Klimaschutz muss endlich sichtbar werden!“**

Autor:



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

Döbeln, 30. Januar 2017