

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

- Monatsbericht April 2018 -

1. Wetter- und Klimabetrachtung April 2018

Der Klimazustand der Welt wurde in den bisherigen Monats-Studien kontinuierlich beschrieben, was auch weiterhin so erfolgen soll. Nach drei aufeinanderfolgenden Rekordjahren dürfte es für kurze Zeit, vielleicht zwei, drei Jahre nicht zu einem neuen Rekord kommen. Fakt bleibt, dass das Temperaturniveau auf hohem Level verbleiben wird. Da bereits ein mittlerer globaler Temperaturanstieg von $>1^{\circ}\text{C}$ seit 1880 erreicht ist, wird es für die Weltgemeinschaft immer schwerer, die globale Erwärmung gegenüber vorindustrieller Zeit auf höchstens $1,5^{\circ}\text{C}$ zu begrenzen, und selbst das Nichtüberschreiten der 2°C -Schwelle erscheint problematisch.

Die bisherigen Ankündigungen der Staaten, den Ausstoß von Treibhausgasen (THG) in die Atmosphäre entscheidend zu reduzieren, stehen festgeschrieben auf dem Papier, doch nach wie vor sind keine wesentlichen Verringerungen der globalen CO_2 -Emissionen feststellbar.

Am 16.05./17.05.2018 verkündeten NASA und NOAA ihre jeweiligen April-Daten, die wie in den meisten Monaten etwas differieren. Sowohl nach NASA, als auch nach NOAA, wurde für den April eine positive Temperaturabweichung festgestellt. Bezogen auf den in den USA verwendeten Referenzzeitraum 1951 – 1980, kam die NASA auf $\Delta T_{\text{glob April}} = [0,86\text{K}]$ als Abweichung, während die NOAA auf $\Delta T_{\text{glob April}} = [0,83\text{K}]$ [Abb. 1] kam. Damit avanciert der April 2018 nach NASA und NOAA zum drittwärmsten April seit 1880. Der global kälteste April wurde von NASA für die Jahre 1911/1917 und von NOAA für das Jahr 1909 ermittelt. Diese kühleren April-Monate liegen mehr als 100 Jahre zurück.

Global Temperature Rankings (<i>Land and Ocean</i>)			
Rank (138 a)	Measure	Month	Temperature (above 20th Century average)
3th	Warmest (since 1880)	April 2018	+0,86°C ¹⁾
3th	Warmest (since 1880)	April 2018	+0,83°C ²⁾
1th	Warmest (since 1880)	April 2016	+1,07°C ¹⁾
1th		April 2015	+1,06°C ²⁾
1th		Jan.-April 2016	+1,22°C ¹⁾
1th		Jan.-April 2015	+1,17°C ²⁾
3th		Jan.-April 2018, 2015	+0,83°C ¹⁾
5th		Jan.-April 2018	+0,78°C ²⁾
1th	Coolest (since 1880)	Jan.-April 1911 [1911] ²⁾	-0,59°C ¹⁾ -0,53°C ²⁾

Quelle: NASA/GISS, 16.05.2018 / NOAA 17.05.2018; (Schlegel, bearb.)

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

Abb. 1: Globales Temperaturreanking April 2018 nach NASA und NOAA; (Schlegel bearbeitet)

Die NOAA-Grafik in [Abb. 2] verdeutlicht die Abstände zu den Monaten April in den letzten Jahren differenzierter. Das insgesamt hohe globale Temperaturniveau aus 2016/2017 hat sich leicht abgeschwächt. Nach vier Monaten kann noch nicht über den Jahresausgang prognostiziert werden [Abb. 4]. Nach der NASA-Karte [Abb. 3] deutet vorerst alles auf ein kühleres „La Nina“-Jahr hin, allerdings auf einem relativ hohen Temperaturlevel.

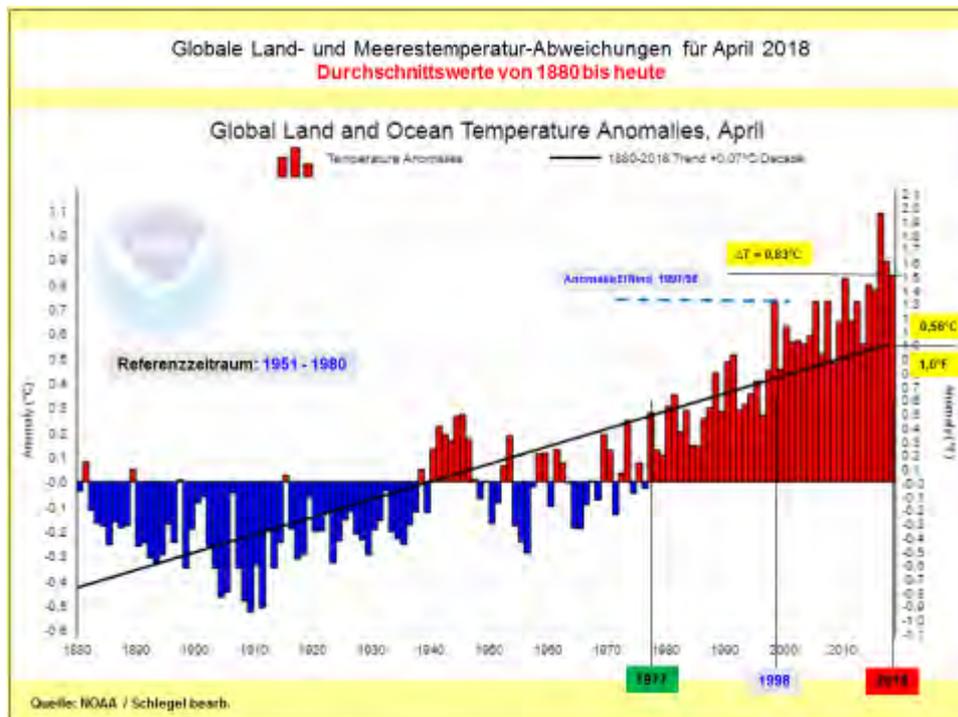


Abb. 2: Globale Temperaturentwicklung im Zeitraum April 2018 nach NOAA

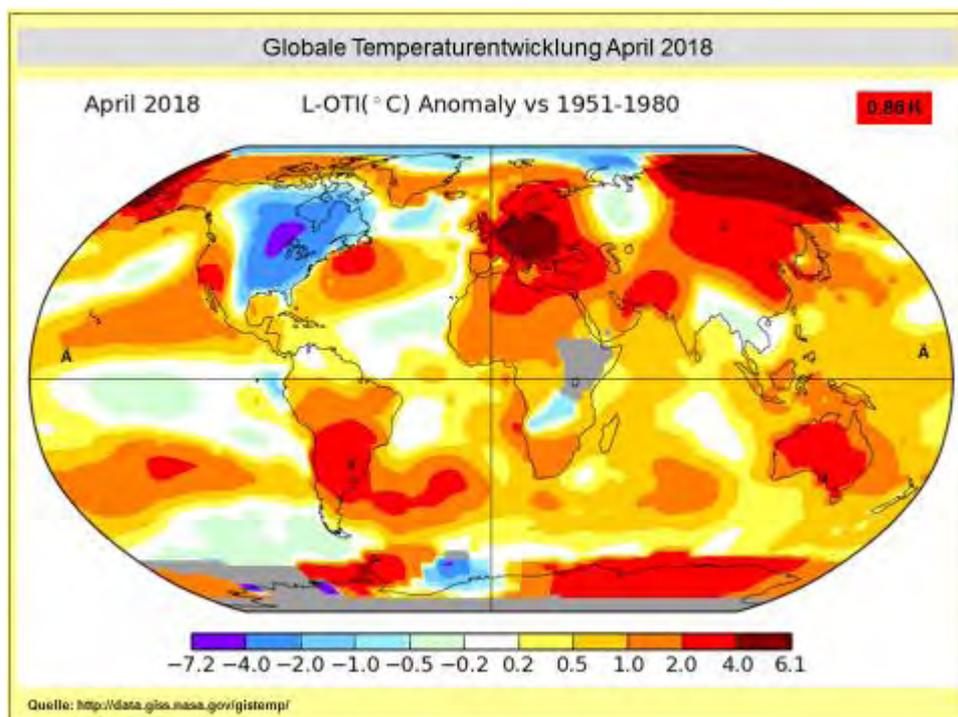


Abb. 3: Globale Temperaturentwicklung im April 2018 nach NASA

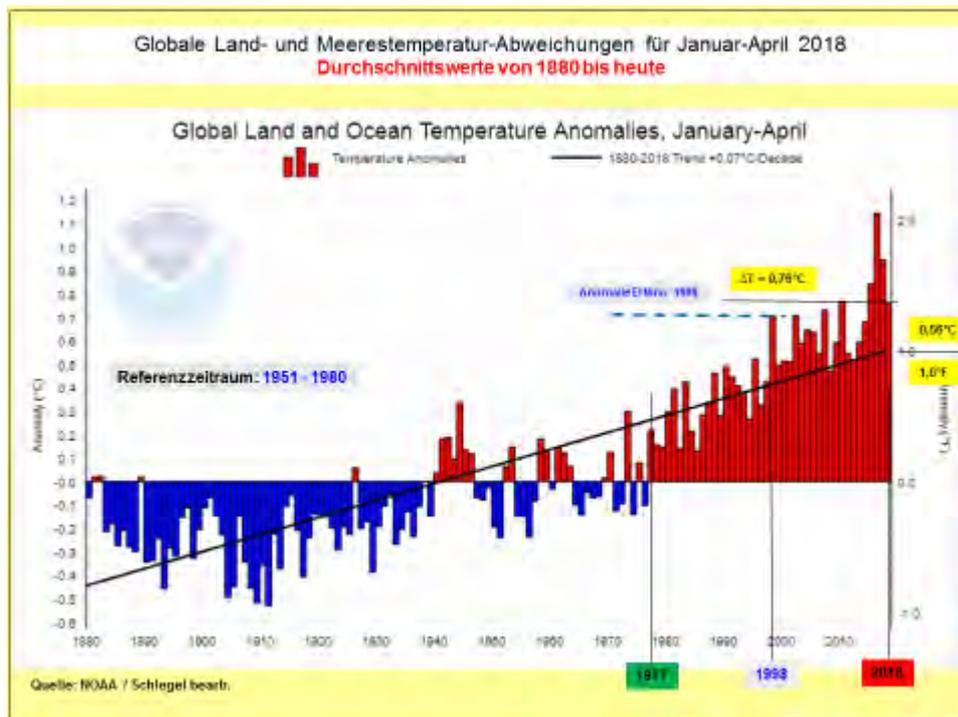


Abb. 4: Globale Temperaturentwicklung Monate Januar-April 2018 nach NOAA

Mit [Abb. 5] werden die bisherigen Aussagen zu den positiven Temperaturabweichungen nochmals in anschaulicher Weise aufgestellt.

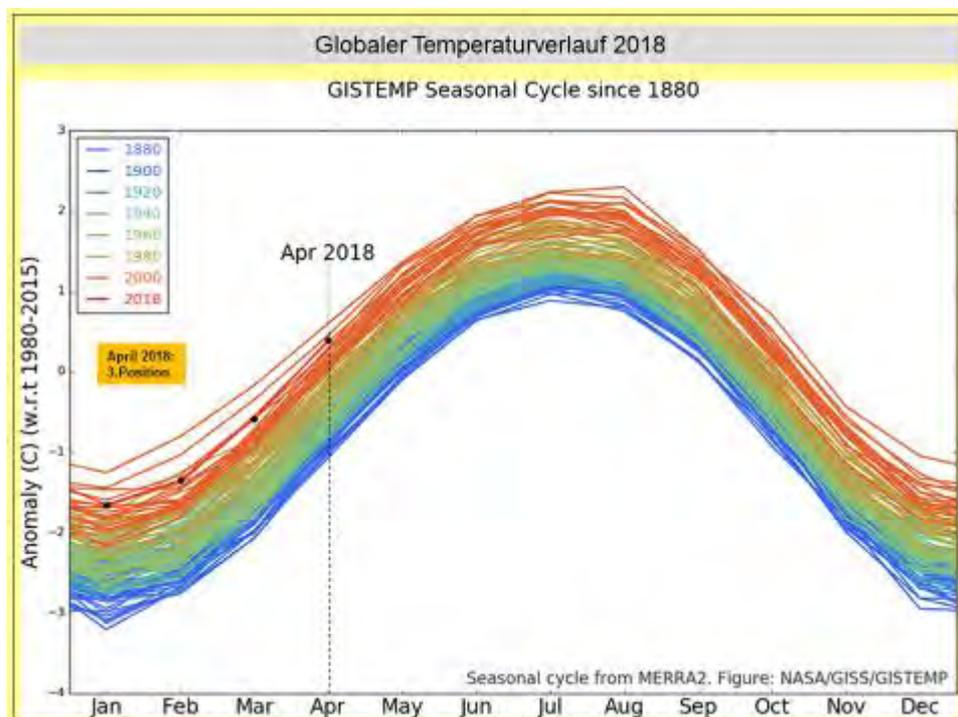


Abb. 5: Globaler Temperaturverlauf 2018 nach NASA

Während in [Abb. 5] in den früheren Jahren die Temperaturlinien stark verdichtet auftreten weisen die letzten Jahre größere Abstände auf, was eindeutig auf Zunahme der Temperaturanomalien schließen lässt.

Es ist erwähnenswert, dass die größten positiven Abweichungen seit längerer Zeit auf der Landmasse der Nordhemisphäre ermittelt wurden. Im Zeitraum April betrug die Abweichungen $\Delta T_{\text{Nord Land April}} = [1,19\text{K}]$, was im Ranking Nr. 12 bedeutet. Für den Viermonatszeitraum betrug die Temperaturabweichung $\Delta T_{\text{Nord Land Jan.-April}} = [1,29\text{K}]$, was im Ranking Nr. 6 bedeutet.

Die schnellere Erwärmung der Nordhemisphäre verdeutlichen auch die Anomaliekarte der NASA [Abb. 3] sowie [Abb. 6]. Große Gebiete der Arktis weisen erhebliche Erwärmungsraten zwischen $\Delta T_{\text{max}} \approx [2 - 6]^\circ\text{C}$ auf. Dazu kommen große Flächenanteile in Ostasien, Mittel-/Ost-/Nordeuropa, Australien, Südamerika und Antarktis. Im April wurden auch große Flächenanteile der USA und Kanada von einer Kälteinsel überdeckt. Die Abkühlung bewegte sich in der Größenordnung von $\Delta T_{\text{min}} \approx [2 - 7]^\circ\text{C}$. Unbestritten überwiegen auf dem Globus die roten Farbtöne, die für Erwärmung stehen. Eine Auffälligkeit bietet der östliche Pazifik in Äquatorhöhe. Das Oberflächenwasser zeigt einen deutlichen Abkühlungsbalken; wahrscheinlicher Hinweis eine „La Nina“-Entwicklung.

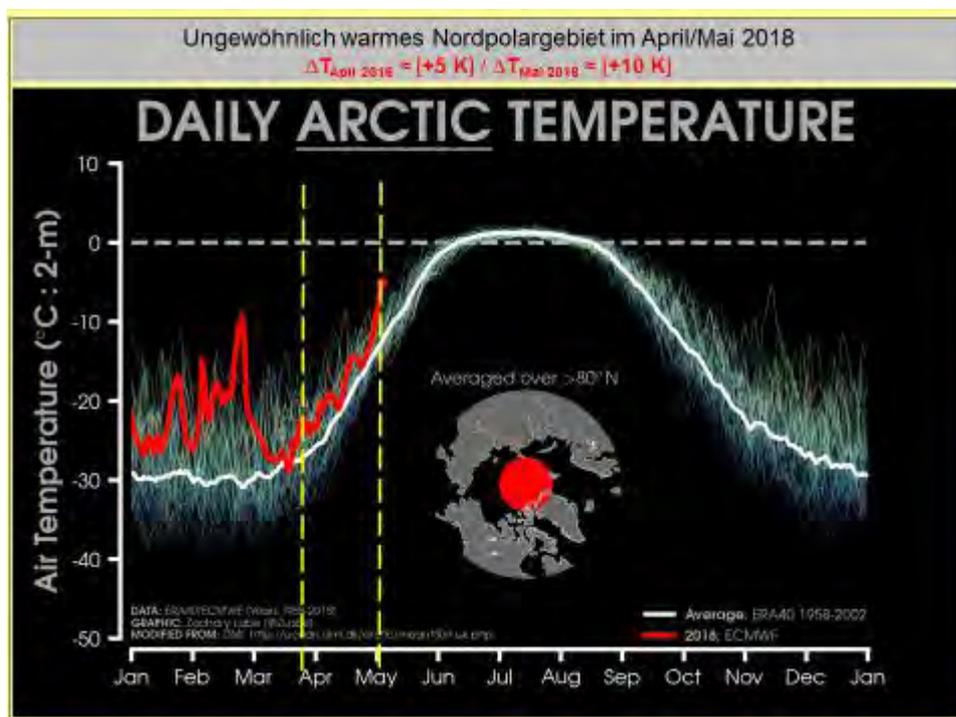


Abb. 6: Oberflächenerwärmung in der Arktis 2018

Das nordpolare Meereis hat sich in den Wintermonaten auf einem niedrigen Stand bewegt [Abb. 7]. Am 30.04.2018 lag die arktische Meereisfläche in ihrer Ausdehnung rund 1,0 Mio. km² unter dem langjährigen Mittelwert der letzten Jahre. Die derzeitige Flächenausdehnung nimmt den zweitniedrigsten Stand zum Zeitpunkt April ein.

Die Vereisungsflächen werden seit Jahren mittels Satelliten erfasst und entsprechend ausgewertet. Mittels neuer Satelliten sind die Klimaforscher jetzt in die Lage versetzt, das viel schwierigere Problem des Meereis-Volumens zu erfassen. Die Entwicklung des Eiskörper-Volumens zeigt [Abb. 8]. Das derzeitige Minimum bewegt sich etwas über dem des Jahres 2017. Im Vergleich zum langjährigen Mittelwert hat sich das Eisvolumen V_{Eis} um rund 5.700km³ verringert. Erstaunlicherweise korrespondieren Meereisausdehnung und Meereisvolumen nicht unmittelbar zusammen.

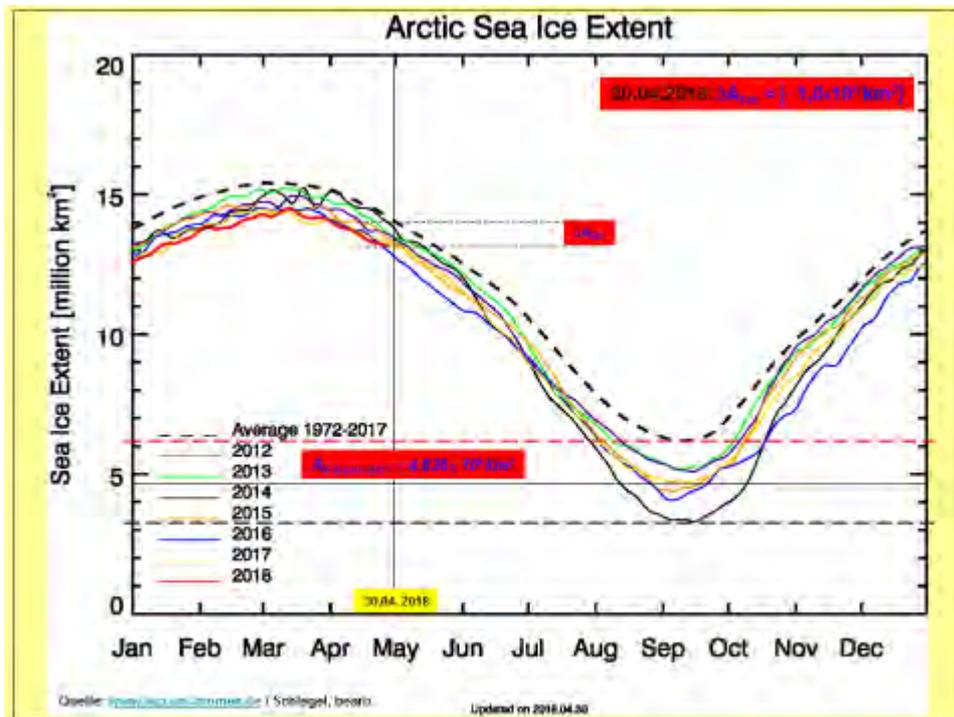


Abb. 7: Minimum der arktischen Meereisausdehnung April 2018

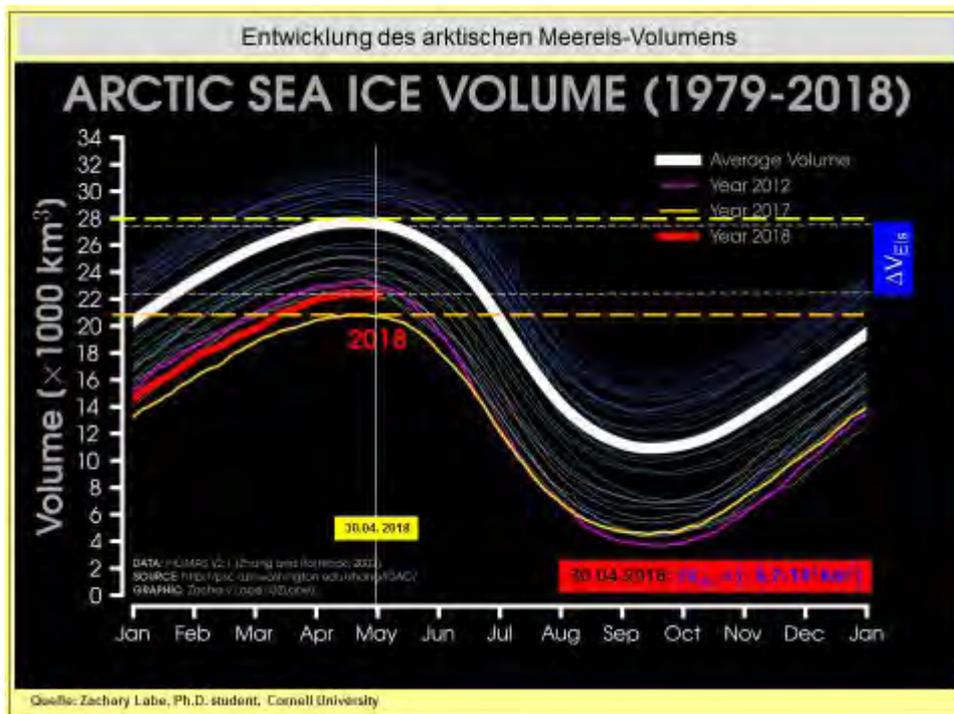


Abb. 8: Minimum des arktischen Meereisvolumens März 2018

Neben den monatlichen Temperaturabweichungen spielt die CO₂-Konzentration auf dem *Mauna Loa* (Hawai) eine gewichtige Rolle, da CO₂ für die Klimaerwärmung als hauptverantwortliches Klimagas gilt. Im April 2018 wurden **K_{CO2} April = 410,31ppmV** als monatlicher Durchschnittswert ermittelt [Abb. 9]. Der Monatsschnitt lag gegenüber dem April 2017 um 1,36ppmV höher. Tages- und Stundenwerte begannen im Bereich bei ≥ 409 ppmV und übertrafen die 412ppmV-Marke. Der Maximalwert dürfte im Mai erreicht werden.

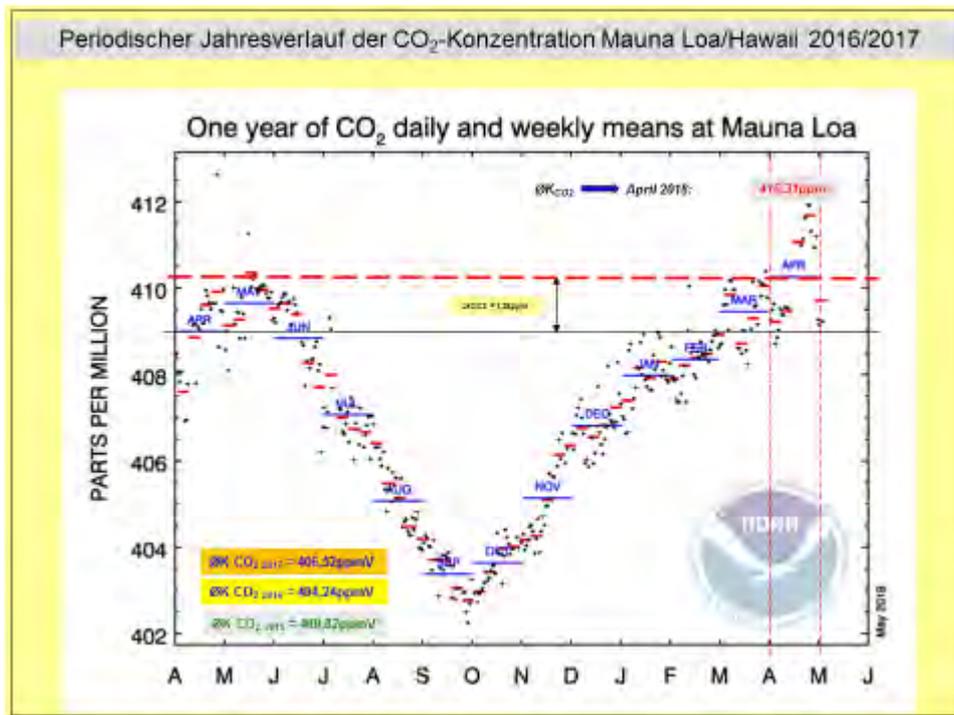


Abb. 9: Periodische Entwicklung der globalen CO₂-Konzentration

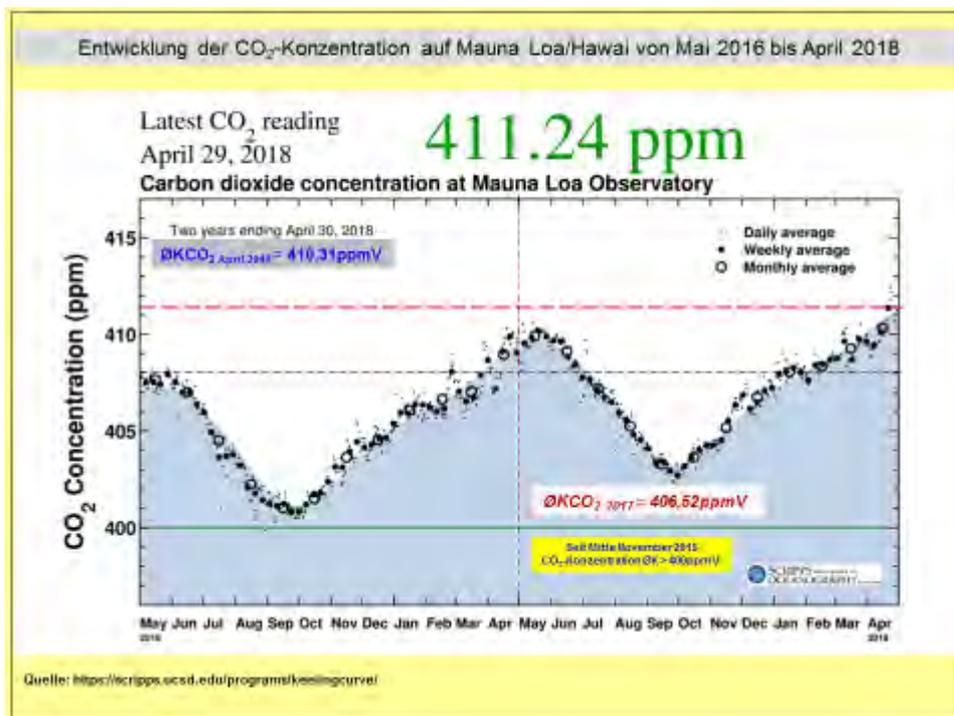


Abb. 10: Flächendiagramm der mittleren CO₂-Konzentration über zwei Jahre – Station Mauna Loa

Die Grafik der [Abb. 10] beinhaltet den zweijährigen Verlauf der CO₂-Entwicklung. Trotz aller nationalen und internationalen Beschlüsse gelang es bisher nicht die Emissionen an Treibhausgasen, vor allem CO₂ zurückzufahren. Im Gegenteil sind diese 2017 erneut angestiegen. Deutschland und die Europäische Union verstanden sich immer wortgewaltig als Vorreiter im Klimaschutz. Leider nur auf dem Papier. Nach wie vor gibt es keine Anstalten, den Kohleausstieg in Deutschland rechtsverbindlich einzuleiten. Im Koalitionsvertrag zwischen den Unions-

parteien und der SPD wurde eine Kohle-Kommission vereinbart. Die Arbeit solcher Kommissionen braucht Zeit, meistens viel Zeit, so dass schnell die ganze Legislaturperiode vergehen könnte, bis die ersten Ergebnisse vorliegen. Interessant dürfte die Besetzung der Kohlekommission sein, denn hier bahnt sich eine Vereinnahmung durch Energiewendegegner an.

In jedem Monat finden sich die Standardausführungen zu den eingetretenen Wetterextremen, ob global oder regional gesehen. Die Extreme bleiben in keinem Monat aus, und der April darf als ausgesprochen extrem gelten. Einige Beispiele zu extremen Wetterereignissen, deren Folgen, aber auch angenehme Wetterseiten in der Welt beinhalten, nachfolgend in [Abb. 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]. Zwei Beispiele seien besonders herausgegriffen, erstens die Hitzewelle in Pakistan und Indien, zweitens die Überschwemmungen in Ostafrika.

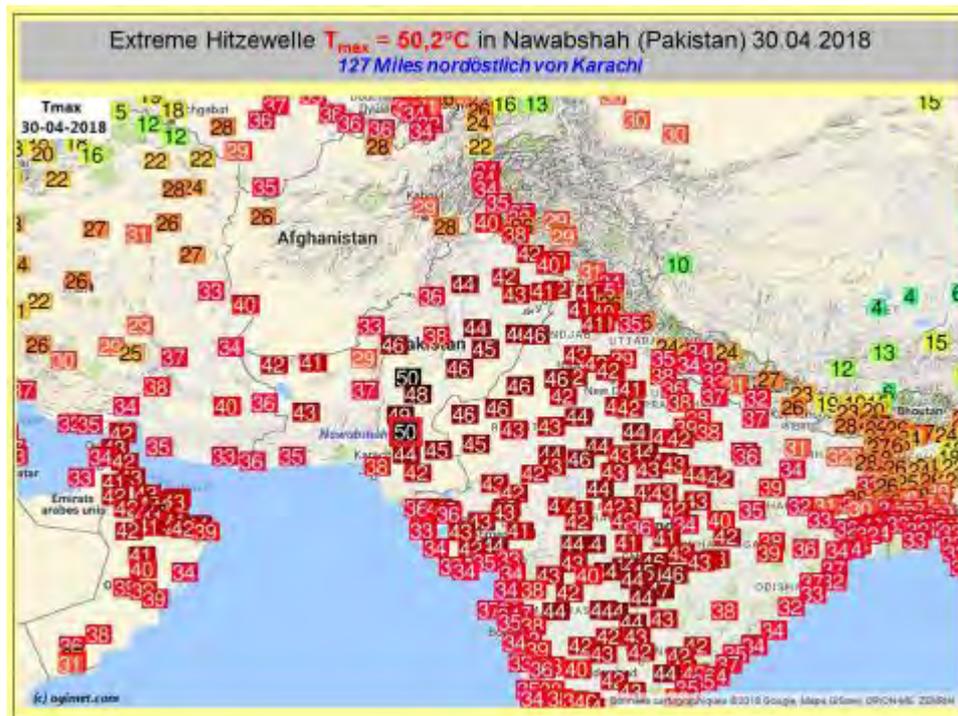


Abb. 11: Hitzefeld vom Mittleren Osten bis Pakistan/Indien

Pakistan, Indien, Naher und Mittlerer Osten sind für hohe Temperaturen ausreichend bekannt, dennoch vollziehen sich in den letzten Jahren hier spürbare Veränderungen. Die Hitzewellen setzen früher im Kalender ein und bringen höhere Temperaturen [Abb. 11]. So wurden in der Stadt *Nawabshah*, etwa 210 km von Karatschi entfernt, am 30.04.2018 eine Maximaltemperatur von $T_{max} = 50,2^{\circ}\text{C}$ gemessen. Da diese Messung vom Meteorologischen Dienst in Pakistan stammt, besteht auch kein Zweifel an der Richtigkeit. Die Hitzewelle soll bis zu 25°C über den Normalwerten liegen. Dass es sich hier nicht um einen Zufallswert handelt, verdeutlicht die Temperaturverteilung in der [Abb. 11]. Im April wurden vielfach neue Hitzerekorde aufgestellt.

Die [Abb. 12] zeigt Bilder vom Bahnhof und vom Flughafen. Während der Flughafen noch einen modernen Eindruck hinterlässt, verkündet der Bahnhof mit dampfbetriebenen Zug eine in Europa nicht mehr bekannte Rückständigkeit. Weder vorhandene Infrastruktur, noch der bauliche Zustand der Gebäude lassen darauf schließen, dass die Menschen dort unbeschadet mit solchen Wetterextremen zurechtkommen.

In Nordindien kam es neben der Hitze zu starken Staubstürmen, denen dutzende von Menschen zum Opfer gefallen sein sollen.



Abb. 12: Globaler Hitzepol im April 2018



Abb. 13: Überschwemmungen in Ostafrika

Afrika ist und bleibt ein schwieriger Kontinent. Nach praktisch jahrelanger Dürre wurden die o.g. Länder von sintflutartigen Niederschlägen heimgesucht [Abb. 13]. Weder Menschen noch Infrastrukturen, sind auf solche Extreme vorbereitet. So bedauerlich die Todesopfer sein mögen, umso schlimmer betrifft es die über 100.000 Obdachlosen, die wahrscheinlich ihr wenigstens an Hab und Gut verloren haben. Es sollte nicht verwundern, wenn Wetter- und Klimaextreme zu neuen Flüchtlingswellen in Richtung Europa führen.

In Deutschland registrierten die Meteorologen den wärmsten April seit 1881. April 2018 als extremes Gegenstück zum April 2017. Damals traten Spätfröste auf, die besonders zu Mindererträgen bis zu Totalausfällen im Obst- und Weinbau führten. Auch 2018 rechnen die Obstbauern nicht mit Rekorderträgen, denn da Bäume und Sträucher [Abb. 14] fast alle zu gleicher Zeit blühten, konnten die Insektenbestäuber nicht alles schaffen.



Abb. 14: Aprilsommer in Deutschland



Abb. 15: Hagelmonat April

Sommerliche Wärme im April induziert in der Atmosphäre sommerliche atmosphärische Verhältnisse, so dass Gewitter nicht ausbleiben, wie die [Abb. 15, 16] zeigen. Sachsen blieb wohl weitestgehend verschont, aber der westliche Teil von Deutschland gehörte zu den stark betroffenen Regionen. Beim Auftreten von Unwetterlagen gehört es fast grundsätzlich dazu, dass mit Hagel zu rechnen ist. Dabei bleibt es nicht beim feinkörnigen Hagel, sondern Hagel mit drei, vier Zentimeter Durchmesser tritt häufig auf.



Abb. 16: Unwettermonat April



Abb. 17: Schneeräumung in den Alpen

Der Winter 2017/2018 [Abb. 17] brachte in großen Teilen der Alpen beachtliche Schneemengen. Teils fielen über 10m Schnee. Nichtsdestotrotz sicherten die Skiessort-Betreiber die Saison zunächst mit reichlich Maschinenschnee ab. Am Ende des Winters erfolgt die Räumung der Passstraßen. Am Timmelsjoch (Tirol) haben die Schneeräumer bis zu sieben Meter hohe Wände gemessen, so dass bis zur Verkehrsfreigabe mehrere Wochen vergehen.

Zunächst nach Deutschland und zum Monat April. Der zweite Frühlingsmonat war richtig frühlingshaft und überdurchschnittlich warm. Der Monat verlief deutlich zu trocken und verwöhnte mit reichlichem Sonnenschein.

Die Durchschnittstemperatur für den Monat April wurde nach Auswertung von rund 2.000 Messstationen vom DWD in Deutschland mit $\overline{\Theta}_{DE\ April} = [12,4^{\circ}C]$ ermittelt. Bezogen auf die gültige Referenzperiode 1961 – 1990 [$\overline{\Theta}_{DE\ April} = (7,4^{\circ}C)$], war der Monat April mit $\Delta T = [5,0K]$ zu warm. Unter Bezugnahme auf den jetzt häufig verwendeten (wärmeren) Zeitraum 1981 – 2010 gab es eine **positive** Abweichung mit $\Delta T = [4,0K]$. Der April 2018 avancierte zum wärmsten Aprilmonat seit 1881!

Die DWD-Station *Ohlsbach*, südöstlich von Offenburg (BW) meldete am 22.04.2018 den bundesweit höchsten Wert mit $T_{max} = 30,4^{\circ}C$. Der deutschlandweit niedrigste Monatswert wurde am 06.04. an der DWD-Station *Fritzlar* (HE) mit $T_{min} = [-4,9^{\circ}C]$ gemessen. Gegenüber dem langjährigen Mittel 1961 – 1990 wurde in Deutschland für die Monate Januar bis April eine positive Abweichung von $\Delta T = 1,5K$ registriert, die besonders dem warmen April geschuldet ist.

In Deutschland wurde eine durchschnittliche Niederschlagsmenge von **RR = 35l/m²** ermittelt. Der monatliche Normalwert von RR = 58/m² wurde mit rund 40% unterboten. Die größte Tagesmenge fiel am 29.04. in *Aachen-Ohlsbach* (NRW) mit **RR = 63,3l/m²**. Die höchsten Niederschlagsmengen fielen im hessischen Odenwald mit **RR = 120l/m²**. In der Hallertau (BY) sowie im Bodenseebereich fielen teils nur 10l/m². Über Gewitter und Unwetter wurde bereits in den Abbildungen berichtet.

Die Sonnenscheinbilanz erreichte im deutschlandweiten Flächendurchschnitt **SO ≈ 225h**, was erheblich über dem langjährigen Mittel von SO = 152h liegt. Im Mittel also rund 48% über Normal. In Süddeutschland schien die Sonne teils bis zu **SO ≈ 270h**. Auch in sonnenscheinärmeren Regionen, wie dem Emsland, Münsterland und Ruhrgebiet wurden noch 165h gemessen.

Wie sah es im Einzelnen in Sachsen aus? In Sachsen kam die Durchschnittstemperatur im April auf $\overline{\Theta}_{SN\ April} = [13,0^{\circ}C]$. Normal wären $\overline{\Theta}_{SN\ April} = 7,3^{\circ}C$ gewesen. Die Abweichung erreichte den positiven Wert von $\Delta T = [5,7K]$. Sachsen zählte zu den wärmsten Bundesländern. Auch in Sachsen stellte der April einen neuen Rekord seit 1881 auf. Gegenüber dem langjährigen Mittel 1961 – 1990 wurde in Sachsen für die Monate Januar bis April eine positive Abweichung von $\Delta T = 1,5K$ registriert.

Beim Niederschlag kam Sachsen auf **RR ≈ 40l/m²**. Bezogen auf das Mittel von RR = 57l/m², lag Sachsen mit 30% deutlich unter dem Soll.

Beim Sonnenschein kam Sachsen auf **SO ≈ 250h**, und lag damit über dem Deutschlandschnitt. Der langjährige Normwert beträgt für den April SO ≈ 150h. Das Sonnenscheinplus betrug rund 66%.

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

Im ersten Teil der Monatsauswertung spielen grundsätzlich Wetter und Klima **eine** bestimmende Rolle. Aussagen zum Wind als Klimaelement und Energieträger werden darin 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. Bisher liegen für 2018 noch keine Betreiberdaten vor. Der April verlief windmäßig nicht ungünstig, stellte aber auch keine rekordverdächtigen Ergebnisse auf. Der Monatsverlauf ist in [Abb. 18] qualitativ dargestellt und in den [Tab. 6, 7] zahlenmäßig abzulesen.

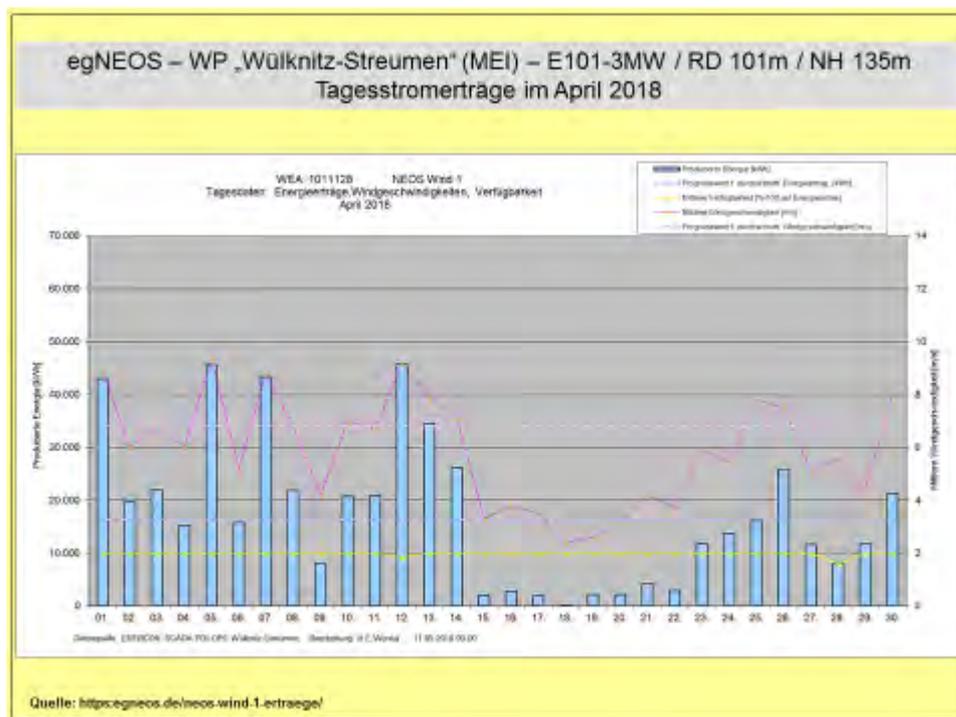


Abb. 18: Monatsübersicht Tages-Stromerträge April 2018

Die besten fünf WEA der 3MW-Klasse kommen im April auf einen kumulativen Durchschnitt im Stromertrag von $\bar{E}_{1-4} = 3.523.538 \text{ kWh/WEA}$. Diese fünf WEA haben nach vier Monaten den Jahresstromertrag der 2MW-Referenz-WEA ($E_{\text{Ref April 2017}} = 1.130.701 \text{ kWh}$) mit **+211,6%** überboten.

Im Vergleich zum April 2018 ($E_{\text{Ref April 2018}} = 1.177.579 \text{ kWh}$) ergibt sich ein Vorsprung im Stromertrag von **+199,2%** für die o.g. WEA der 3MW-Klasse.

Die momentan überragende Position nimmt die WEA Typ „Vestas“ V126-3.3MW/NH137m im WP „Wülknitz-Streumen“ (MEI) mit **3.610.833 kWh** ein. Allerdings beträgt der Vorsprung gegenüber der „Senvion“ 3.4M114/NH143m im WP „Mark-Sahnau“ (Z/TH) nur wenige Kilowattstunden, denn die genannte WEA erreichte kumulativ $E_{1-4} = 3.605.604 \text{ kWh}$.

Nach vier Monaten kann **keine** Prognose über den Windverlauf des Jahres gestellt werden, jedoch zeichnet sich ab, dass die Maschinen der 3MW-Klasse schon einen deutlichen Vorsprung im Stromertrag aufweisen. Leider verlief der Februar, eigentlich zu den windstarken Monaten gehörend, in diesem Jahr ziemlich schwach, was sich bestens an den [Abb. 22, 23] erkennen lässt. Trotzdem lassen die bisherigen Stromerträge erwarten, dass auch 2018 die Schwelle von 10.000.000 kWh/a übertroffen wird.

Im Nachtrag darf hier informiert werden, dass 2017 noch zwei weitere WEA der 3MW-Klasse **>10.000.000kWh** in die Stromnetze eingespeist haben. Diese Maschinen befinden sich nicht im Monitoring dieser Studie.

Ausgewählte Tages- und Monatswerte finden sich in den nachstehenden Auflistungen.

WP „Silberberg“ Mutzschen (L):

01.04.:	e = (25.044 – 38.209) kWh/d	Øe = 33.850 kWh/(WEA*d)
05.04.:	e = (32.256 – 40.542) kWh/d	Øe = 36.998 kWh/(WEA*d)
07.04.:	e = (22.523 – 30.242) kWh/d	Øe = 25.697 kWh/(WEA*d)
18.04.:	e = (65 – 496) kWh/d	Øe = 295 kWh/(WEA*d)
30.04.:	e = (21.231 – 34.881) kWh/d	Øe = 27.713 kWh/(WEA*d)

WP „Naundorf I“ (TDO):

01.04.:	e = (22.422 – 27.291) kWh/d	Øe = 24.775 kWh/(WEA*d)
05.04.:	e = (25.535 – 27.841) kWh/d	Øe = 26.697 kWh/(WEA*d)
15.04.:	e = (58 – 378) kWh/d	Øe = 207 kWh/(WEA*d)
20.04.:	e = (25 – 520) kWh/d	Øe = 206 kWh/(WEA*d)
25.04.:	e = (16.950 – 22.374) kWh/d	Øe = 20.409 kWh/(WEA*d)

Mit dem Prädikat „Ausgeglichenheit“ konnte der April nicht punkten, denn zwischen dem 15.04. und 22.04. waren die Windfelder äußerst schwach. Im WP „Silberberg“ speisten die WEA am 01./05./07. Und 30.04. die jeweils größten Tagesmengen an Strom ein. Im WP „Naundorf I“ waren es die Tage 01./05. und 25.04. mit den jeweils höchsten Stromeinspeisungen. Ausgesprochen windschwach zweigten sich die Tage 15./18./20.04.2018. Diese Tage wurden nicht versorgungswirksam.

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

$$\text{Øe}_{\text{WP „Silberberg“ (1-4)}} = \mathbf{2.013.149 \text{ kWh/WEA}}$$

$$\text{Øe}_{\text{WP „Naundorf I“ (1-4)}} = \mathbf{1.230.916 \text{ kWh/WEA}}$$

Der WP „Silberberg“ speiste, bezogen auf den WP „Naundorf I“, nach vier Monaten die **1,64**fache 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“ höher ausfallen.

Im WP „Silberberg“ Mutzschen (L) mit acht WEA der 2MW-Klasse wäre theoretisch im April die folgende Windstrommenge möglich gewesen:

$$\begin{aligned} E_{\text{theo max}} &= \mathbf{11.520.000 \text{ kWh/mth}} \\ E_{\text{real}} &= \mathbf{3.392.322 \text{ kWh/mth}} \end{aligned}$$

$$E_{\text{theo max 1-4}} = \mathbf{46.080.000 \text{ kWh/4 Monate}}$$

Der Monatsrealertrag fällt geringer aus. Die aus den o.g. Daten berechenbare Monatseffizienz beträgt **$p_{\text{eff}} = 29,45\%$** !

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

$E_{\text{theo max}} = 7.200.000\text{kWh/mth}$
 $E_{\text{real}} = 1.104.882\text{kWh/mth}$

$E_{\text{theo max 1-4}} = 28.800.000\text{kWh/4 Monate}$

Die aus den o.g. Daten berechenbare Monateffizienz beträgt $p_{\text{eff}} = 15,35\%$!

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	49,83	24,69	34,66	29,45									34,95
WP Naundorf I	35,45	11,64	21,91	15,35									21,37

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

Die Referenz-WEA Vestas V80-2MW/NH67m erzeugte im April **225.673 kWh**. Das entspricht einer Effizienz von 15,67% der theoretisch möglichen Strommenge. Die beste WEA im WP „Silberberg“ schaffte bei gleicher Leistung 29,09%, bzw. die **1,86fache** Monatsstrommenge, ein Ergebnis, welches z.B. mit der E82-2MW/NH108m im WP „Saidenberg“ (ERZ) mit 36,61%, bzw. dem **2,34fachen** klar übertroffen wurde.

Auch bei den mittleren Windverhältnissen im April, konnten die WEA der 3MW-Klasse deren Leistungsfähigkeit unter Beweis stellen. Elf von 23 WEA, die ins Monitoring einbezogen sind, erzeugten eine Strommenge, die je 600.000kWh überstieg. Die vier besten WEA markierten in den WP's „Sohland a.R.“ (GR) [920.516/868.757]kWh, „Wülknitz-Streumen“ (MEI) [775.155/751.174]kWh. Gegenüber der Referenz-WEA entsprechen diese Einspeisungen dem **4,08/3,85 bzw. 3,43/3,33fachen**!

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 **2018** keiner Korrektur. Im Gegenteil: Die Forderung nach der ausschließlichen Errichtung von Anlagen der **3MW-Klasse/4MW-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!

Die ursprüngliche Tab. 2 wurde bekanntlich aufgeteilt. Tab. 2 beinhaltet nur noch WEA der 2MW-Klasse. Die 3MW-Klasse findet sich jetzt in Tab. 3. Gleichzeitig enthalten beide Tabellen die Referenz-WEA. So werden die Stromertragsunterschiede übersichtlicher. Bis auf Ausnahmen sind die Maschinen der 3MW-Klasse deutlich ertragreicher, und so gibt es z.B. nach vier Monaten zwischen der besten 3MW-WEA und der Referenz-WEA $\Delta E = 2.433.254 \text{kWh}$ Vorsprung.

Die Stromertragsunterschiede hängen von mehreren Faktoren ab, die nur grob aufgelistet folgen:

- Windverhältnisse am Standort
- WEA-Technologiegeneration
- Rotorblattvereisungen, bzw. Rotorblattheizungen
- Abschaltungsanordnung wegen Fledermäusen, Greifvögeln
- Abschaltungsanordnung wegen Lärm, Schattenwurf
- Technisch bedingte Abschaltungen, etc.
- Windverschattungen am Standort wegen zu geringer WEA-Abstände

Unabhängig von der Art der beeinträchtigenden Faktoren, entwickeln die WEA der 3MW-Klasse eine deutliche Überlegenheit gegenüber den bisherigen WEA-Generationen. Würden die WEA der 3MW-Klasse an den bekannten guten Standorten die Windströmungen in Strom verwandeln, könnten noch deutlich höhere Stromerträge in die Netze eingespeist werden. Neben den Neuerrichtungen von Anlagen sollten verstärkt Repowering-Maßnahmen in die Planung aufgenommen werden.

Hier ein neuer Einschub: Die bewährte 3MW-WEA-Klasse befindet sich in einer beachtenswerten Weiterentwicklung. Damit auch in windschwachen Gebieten die Anlagen wirtschaftlich betrieben werden können, wachsen die Nabenhöhen und vergrößern sich die Rotordurchmesser. Z.B. hat Vestas für Gebiete, die der Windklasse IEC IIIB entsprechen die V150-4.2 MW entwickelt. Die Nennleistung beträgt 4.000kW, kann aber je nach örtlichen Bedingungen auf 4.200kW optimiert werden.

Die bekannten anderen WEA-Hersteller haben ebenfalls für die windschwachen Binnenlandstandorte neue 3MW- und 4MW-Plattformen aufgelegt.

Erstmals wurden in Sachsen im März 2018 drei Genehmigungen für WEA mit einer Nabenhöhe von **NH = 166m** erteilt!

Hier das Monat- April-(Kumulativ)- Ranking 2MW-Klasse in Tab. 2:

WEA Typ/Standort	Monat April E in [kWh]	WEA Typ/Standort	Jahresergebnis E _{kum} in [kWh]
1. E82-2MW/NH108m Saidenberg (ERZ)	527.164	1. E82-2MW/NH138m Bockwitz (L)	2.451.559
2. E82-2MW/NH138m Löbau (GR)	522.043	2. E82-2,3MW/NH138m Sornzig/Ablaß/Jeese.	2.434.586
3. E82-2,3MW/NH138m Sornzig/Ablaß/Jeese.	494.862	3. V90-2MW/NH105m Silberberg (GRM)	2.336.752
4. E82-2MW/NH138m Bockwitz (L)	494.000	4. E82-2MW/NH138m Löbau (GR)	2.332.181
5. V90-2MW/NH105m Sohland a.R. (GR)	470.568	5. E82-2MW/NH108m Saidenberg (ERZ)	2.295.545
6. V90-2MW/NH125m Sitten (FG)	449.310	6. E82-2MW/NH138m Erlau (FG)	2.166.958
7. E82-2,3MW/NH138m SN (unbenannt 4)	442.563	7. E82-2,3MW/NH138m SN (unbenannt 4)	2.155.574
8. V90-2MW/NH105m Silberberg (GRM)	418.965	8. E82-2,3MW/NH138m SN (unbenannt 3)	2.135.076
9. E82-2,3MW/NH138m SN (unbenannt 3)	414.901	9. V90-2MW/NH125m Sitten (FG)	2.122.964
10. E82-2MW/NH138m Erlau (FG)	401.548	10. V90-2MW/NH105m Sohland a.R. (GR)	2.052.417
11. MM92-2MW/NH100m Mißlareuth (V)	398.351	11. MM92-2MW/NH100m Mißlareuth (V)	1.917.872
12. MM92-2MW/NH80m DL-Mochau (FG)	369.434	12. MM92-2MW/NH100m Mark-Sahnau (Z)	1.822.121
13. MM92-2MW/NH100m Mark-Sahnau (Z)	334.867	13. MM92-2MW/NH80m DL-Mochau (FG)	1.673.621
R. V80-2MW/NH67m Naundorf (TDO)	225.673	R. V80-2MW/NH67m Naundorf (TDO)	1.177.579

Tab. 2: Auflistung der April- und Kumulativ-Jahresstromerträge 2018

Anmerkung:

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

Hier das Monat- April-(Kumulativ)-Ranking 3MW-Klasse in Tab. 3:

WEA Typ/Standort	Monat April E in [kWh]	WEA Typ/Standort	Jahresergebnis E _{kum} in [kWh]
1. V126-3.3MW/NH137m Sohland a.R. 3 (GR)	920.516	1. V126-3.3MW/NH137m Streumen 15 (MEI)	3.610.833
2. V126-3.3MW/NH137m Sohland a.R. 2 (GR)	868.757	2. 3.4M114/NH143m Mark-Sahnau (Z/TH)	3.605.604
3. V126-3.3MW/NH137m Streumen 14 (MEI)	775.155	3. V126-3.3MW/NH137m Sohland a.R. 3 (GR)	3.593.966
4. V126-3.3MW/NH137m Streumen 15 (MEI)	751.174	4. V126-3.3MW/NH137m Streumen 14 (MEI)	3.521.510
5. E101-3MW/NH135m Erzgebirge	696.608	5. V126-3.3MW/NH137m Sohland a.R. 2 (GR)	3.285.777
6. V126-3.3MW/NH137m RIE-Mautitz 16 (MEI)	695.025	6. E101-3MW/NH135m Erzgebirge	3.193.225
7. 3.4M114/NH143m Mark-Sahnau (Z/TH)	692.673	7. 3.2M114/NH143m Mark-Sahnau (Z)	3.174.157
8. E101-3MW/NH135m RIE-Mautitz 8 (MEI)	623.386	8. V126-3.3MW/NH149m Streumen (MEI)	3.086.017
9. V112-3MW/NH140m Thierfeld (Z)	619.994	9. E101-3MW/NH135m RIE-Mautitz 7 (MEI)	3.079.697
10. 3.2M114/NH93m SN (unbenannt 6)	619.114	10. 3.2M114/NH93m SN (unbenannt 6)	3.058.914
11. V112-3.3MW/NH140m Lippoldsrh 3 (Z)	605.931	11. E101-3MW/NH135m Erlau (FG)	3.058.085
12. 3.2M114/NH143m Mark-Sahnau (Z)	593.943	12. E101-3MW/NH135m RIE-Mautitz 8 (MEI)	3.057.556
13. V112-3MW/NH140m SN (unbenannt 9)	591.650	13. V112-3.3MW/NH140m Lippoldsrh 3 (Z)	2.977.567
14. E101-3MW/NH135m RIE-Mautitz 7 (MEI)	585.599	14. V112-3.3MW/NH140m Lippoldsrh 1 (Z)	2.931.630
15. 3.2M114/NH93m SN (unbenannt 5)	583.985	15. 3.2M114/NH93m SN (unbenannt 5)	2.926.276
16. V112-3MW/NH140m SN (unbenannt 10)	580.158	16. V112-3MW/NH140m Thierfeld (Z)	2.839.138
17. E101-3MW/NH135m Erlau (FG)	573.706	17. SWT-3.2MW/NH89m SN (unbenannt 11)	2.786.620
18. SWT-3.2MW/NH91m SN (unbenannt 12)	561.119	18. V112-3MW/NH140m SN (unbenannt 9)	2.785.048
19. SWT-3.2MW/NH89m SN (unbenannt 11)	550.608	19. SWT-3MW/NH91m SN (unbenannt 12)	2.770.970
20. V112-3.3MW/NH140m Lippoldsrh 1 (Z)	546.078	20. V112-3MW/140m SN (unbenannt 10)	2.754.086
21. SWT-3.2MW/NH91m SN (unbenannt 13)	541.590	21. SWT-3.2MW/NH91m SN (unbenannt 13)	2.731.714
22. V112-3.3MW/NH140m Lippoldsrh 2 (Z)	539.379	22. V112-3.3MW/NH140m Lippoldsrh 2 (Z)	2.650.607
23. E101-3MW/NH135m Streumen (MEI)	520.755	23. E101-3MW/NH135m Streumen (MEI)	2.436.115
R. V80-2MW/NH67m Naundorf (TDO)	225.673	R. V80-2MW/NH67m Naundorf (TDO)	1.177.579

Tab. 3: Auflistung der April- und Kumulativ-Jahresstromerträge 2018

WP „Silberberg“ 01.01.-30.04.	Strommenge WP in [kWh]	Anteil in [%]	Strommenge beste WEA in [kWh]	Anteil in [%]
2008	21.730.529	100	2.875.507	100
2009	16.438.827	75,65	2.154.387	74,92
2010	14.202.185	65,36	1.897.323	65,98
2011	15.666.072	72,09	2.098.700	72,99
2012	18.559.941	85,41	2.433.862	84,64
2013	13.256.444	61,00	1.802.306	62,68
2014	16.066.159	73,93	2.263.679	78,72
2015	17.050.045	78,46	2.315.470	80,52
2016	15.399.760	70,87	2.174.480	75,62
2017	16.096.415	74,07	2.171.207	75,51
2018	16.105.188	74,11	2.336.752	81,26

Tab. 4: Vergleich der Windstromerträge 01.01. – 30.04.2018 für den WP „Silberberg“ (Grimma/L)

WP „Naundorf I“ 01.01.-30.04.	Strommenge WP in [kWh]	Anteil in [%]	Strommenge Referenz- WEA in [kWh]	Anteil in [%]
2008	9.120.272	100	1.782.091	100
2009	5.560.877	60,97	1.069.445	60,01
2010	5.639.049	61,83	1.058.756	59,41
2011	6.079.547	66,67	1.179.337	66,18
2012	8.105.405	88,87	1.612.316	90,47
2013	5.520.516	60,53	1.063.213	59,66
2014	5.906.469	64,76	1.122.494	62,99
2015	6.952.831	76,23	1.423.947	79,90
2016	6.223.651	68,24	1.262.958	70,87
2017	5.632.845	61,76	1.130.701	63,45
2018	6.154.580	67,48	1.177.579	66,08

Tab. 5: Vergleich der Windstromerträge 01.01. – 30.04.2018 für den WP „Naundorf I“ (TDO)

In den Tabellen (Tab. 4 und 5) 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.

Für den WP „Silberberg“ (Tab. 4) betragen die kumulierten April-Werte rund **74,1** bis **81,3%**. Im WP „Naundorf I“ (Tab. 5) kommen die kumulierten Stromerträge auf rund **66,1** bis **67,5%**. Insbesondere drückt der Februar das kumulative Prozentual-Ergebnis nach unten. Aufgrund der bisherigen Betriebszeiten der WEA häufen sich auch Ausfälle, die zwangsläufig in Ertragsausfällen münden.

Die [Abb. 19] 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 April $\Delta E \triangleq [+98,4\%]$!

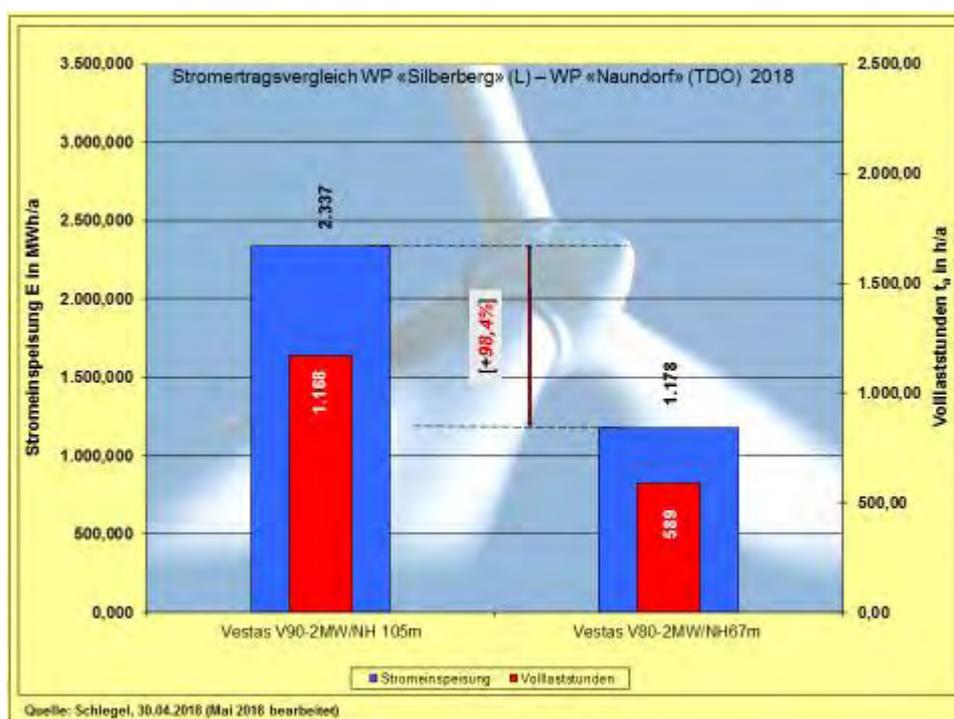


Abb. 19: Stromertragsvergleich V90-2MW/NH105m – V80-2MW/NH67m (Referenz-WEA)

Mit [Abb. 20, 21] findet die Studie insofern eine Erweiterung, da zwei WEA der 3MW-Klasse der Referenz-WEA gegenüber gestellt werden. Die WEA 3,4M114/NH143m im WP „Mark-Sahnau“ (Z/TH) schafft nach dem vierten Jahresmonat einen kumulativen Ertragsvorsprung in Höhe von $\Delta E \triangleq [+206,2\%]$. Die WEA V126-3.3MW/NH137m [WP „Wülknitz-Streumen“ (MEI)] schaffte einen Ertragsvorsprung von $\Delta E \triangleq [+206,6\%]$.

Auch die kumulativ von 1 bis 10 stehenden 3MW-WEA, die im Durchschnitt bei **3.320.970kWh** liegen, kommen auf ein Plus von $\Delta E \triangleq [+182,0\%]$.

Die Fortschritte in den Technologie-Generationen erbringen positive Effekte, die lange Zeit so nicht vorstellbar waren; jetzt durch die sich selbst reproduzierenden Stromergebnisse ihren möglichen Zufallscharakter längst überwunden haben.

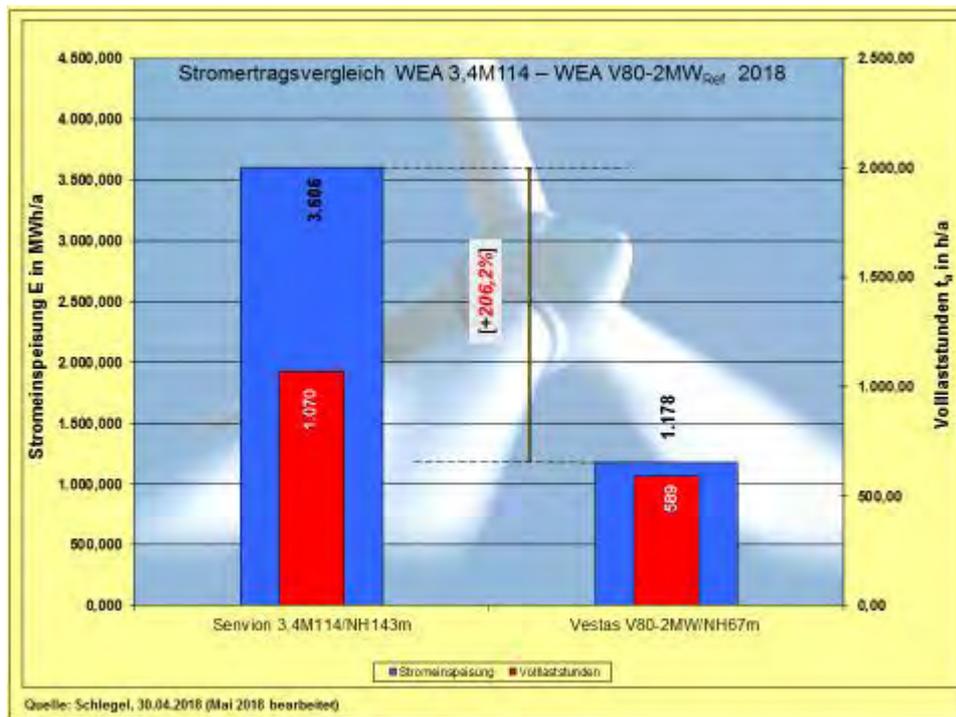


Abb. 20: Stromertragsvergleich WEA-3.4M114/NH143m - V80-2MW/NH67m (Referenz-WEA)

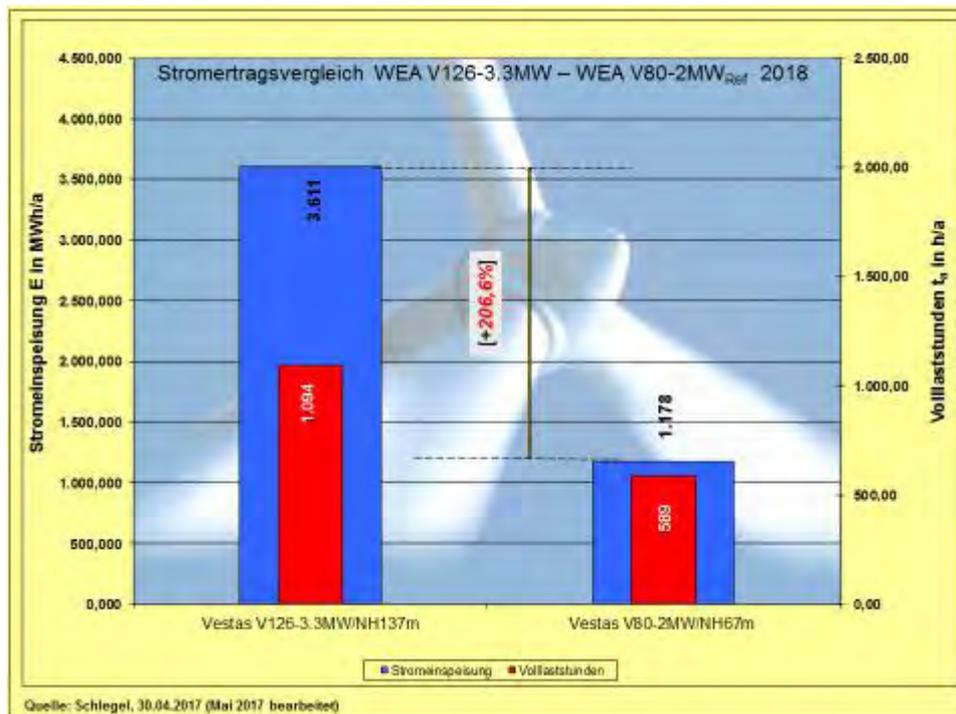


Abb. 21: Stromertragsvergleich WEA-V126-3.3MW/NH137m - V80-2MW/NH67m (Referenz-WEA)

Die [Abb. 22] 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. Aus der Grafik gehen die technisch bedingten Verluste nicht hervor.

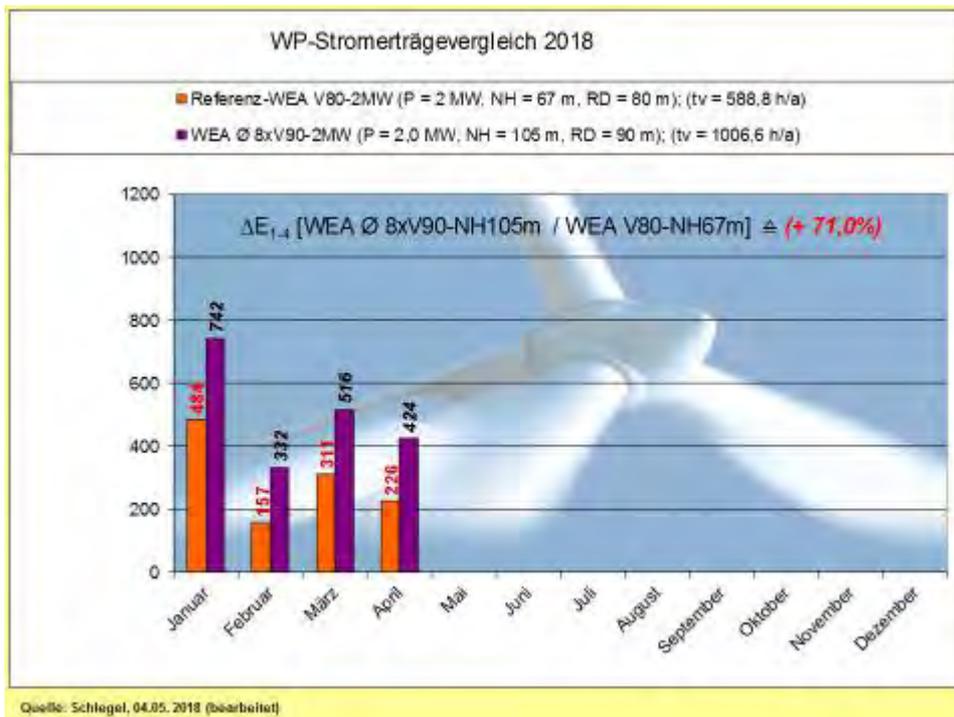


Abb. 22: Monatsstromerträge-Vergleich in MWh, (Volllaststunden pro Jahr als Realertrag) Referenz-WEA V80 mit Durchschnitt des WP „Silberberg“

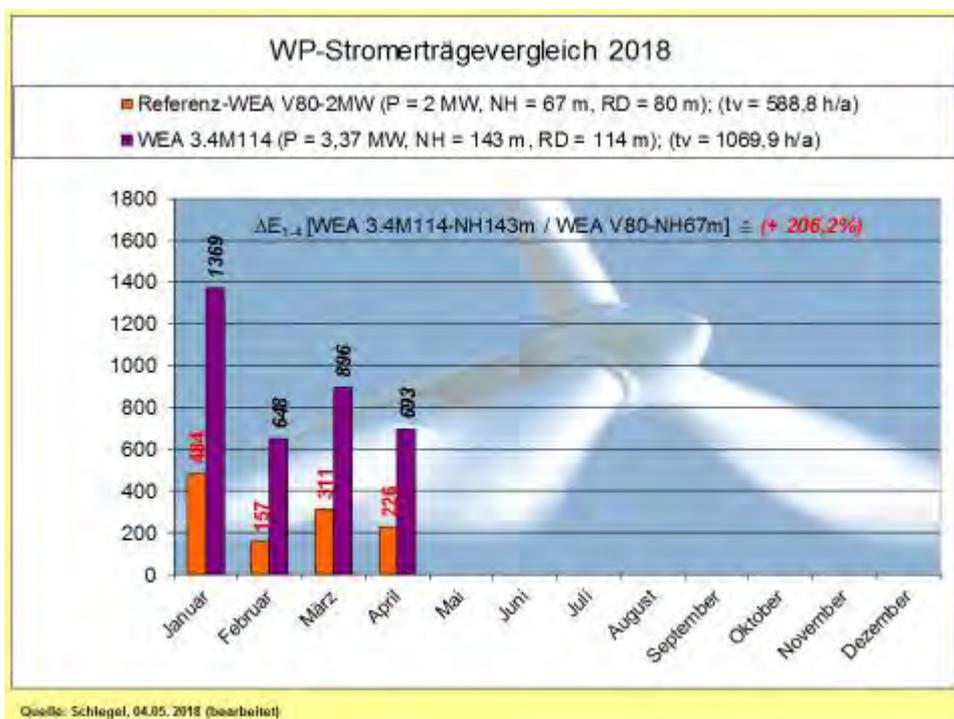


Abb. 23: Monatsstromerträge-Vergleich in MWh, (Volllaststunden pro Jahr als Realertrag) Referenz-WEA V80-2MW mit 3.4M114/NH143m

Das Diagramm [Abb. 23] bietet den direkten monatlichen Vergleich zwischen zwei WEA: 3.4M114/NH143m und V80-2MW/NH67m. Die monatlichen Differenzen sind gut sichtbar und fallen immer größer Faktor 2 zugunsten der 3.4M114 aus. Diese Aussage gilt pauschal für die gesamte 3MW-Klasse.

Nachfolgend die Grafiken der Stromerträge in den [Abb. 24 bis 35] sowie dazugehörige verbale Ausführungen. Die Daten der Referenz-WEA sind nur in den [Abb. 24 und 25] 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.

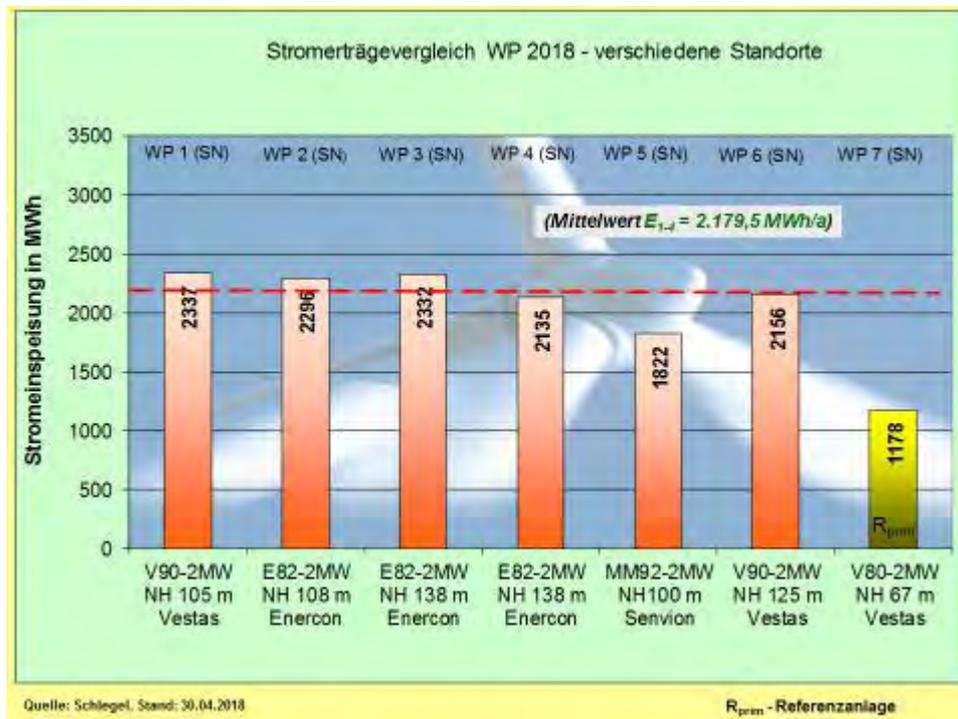


Abb. 24: Stromerträge-Vergleich von WEA im Sachsenquerschnitt (April)

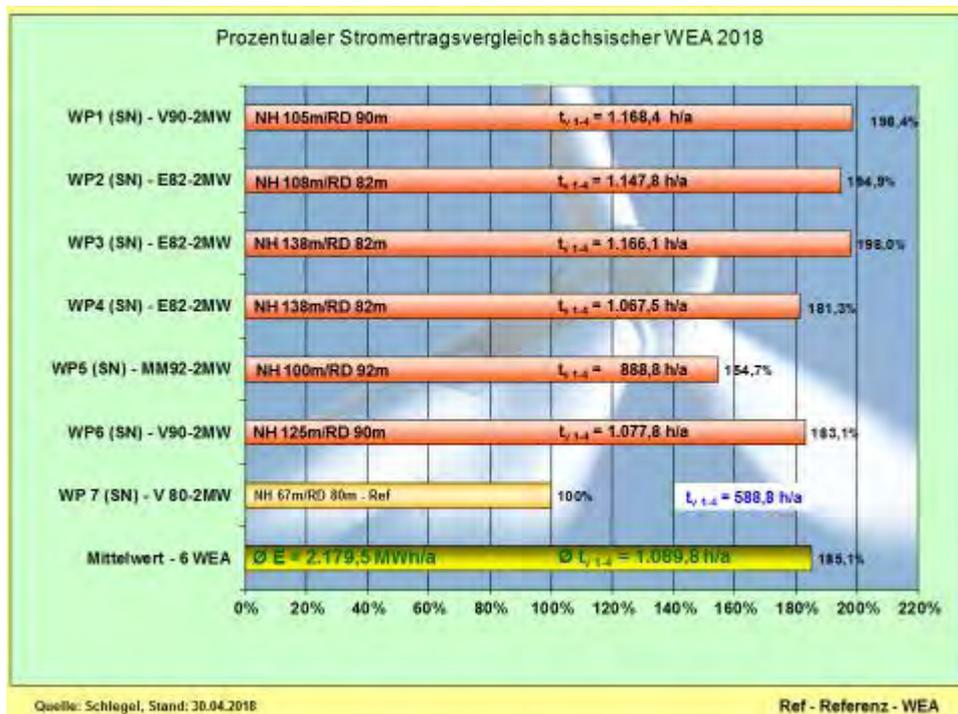


Abb. 25: Stromerträge-Vergleich - prozentual und nach Volllaststunden (April)

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

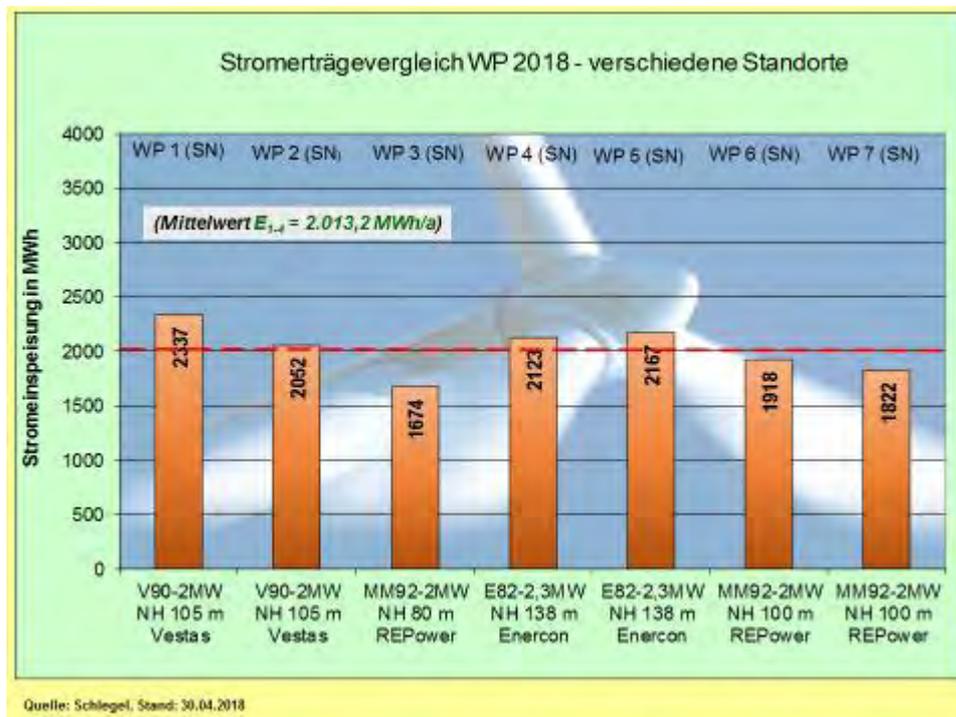


Abb. 26: Stromerträge-Vergleich von WEA im Sachsenquerschnitt (April)

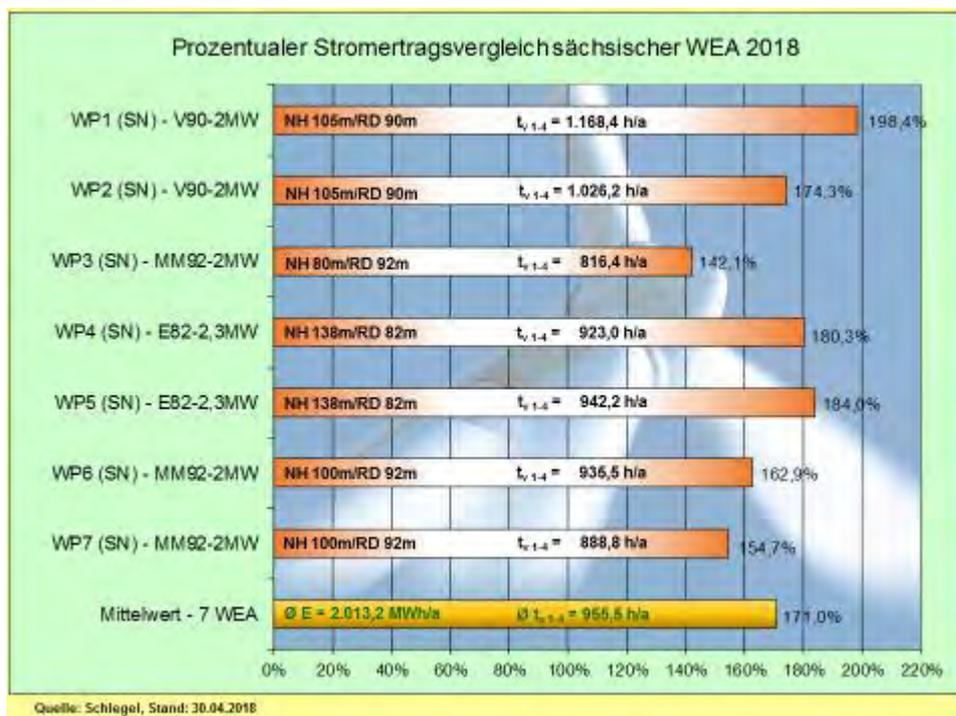


Abb. 27: Stromerträge-Vergleich - prozentual und nach Volllaststunden (April)

Die [Abb. 26 und 27] beinhalten drei WEA an unbenannten Standorten [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 gegenüber der Referenz-WEA resultiert vorwiegend aus dem größeren Rotordurchmesser und zu einem geringeren Teil auch aus der Nabenhöhendifferenz von 13m.

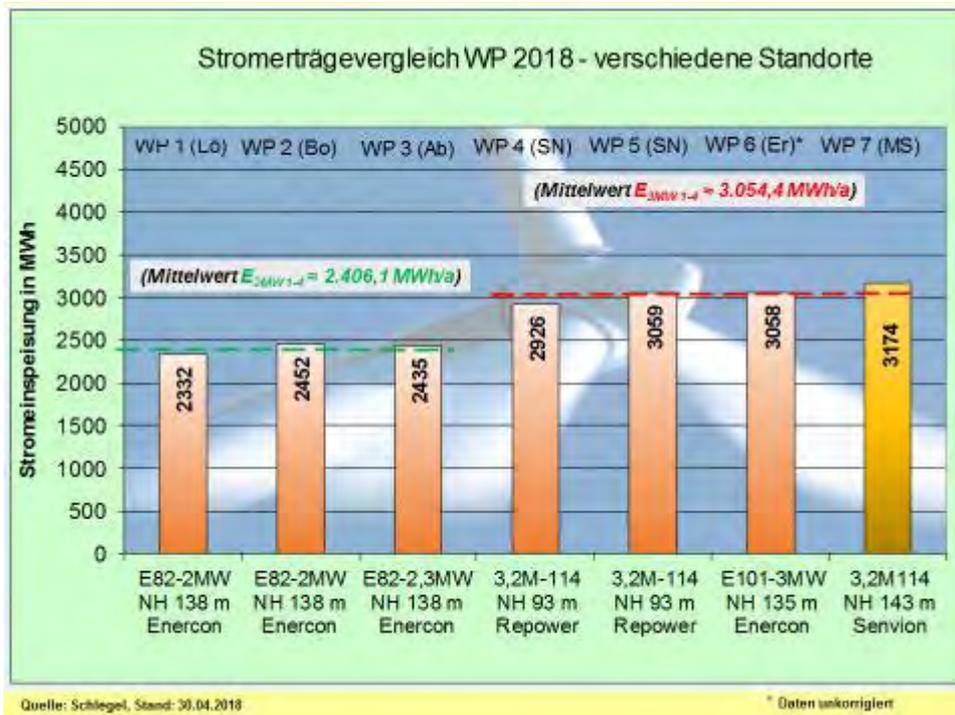


Abb. 28: Stromerträge-Vergleich – 2MW-Klasse mit 3MW-Klasse (April)

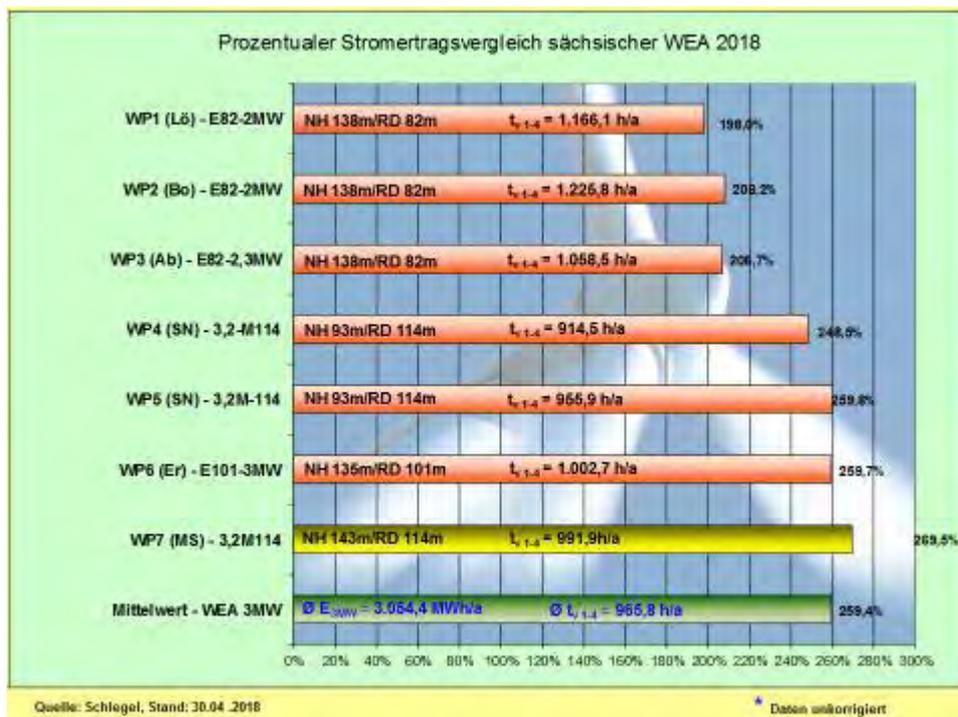


Abb. 29: Stromerträge-Vergleich - prozentual und nach Volllaststunden (April)

Die [Abb. 28 und 29] beinhalten zwei WEA an unbenannten Standorten [WP4], [WP5] in Mittelsachsen. In den Grafiken [Abb. 32 und 33] 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.

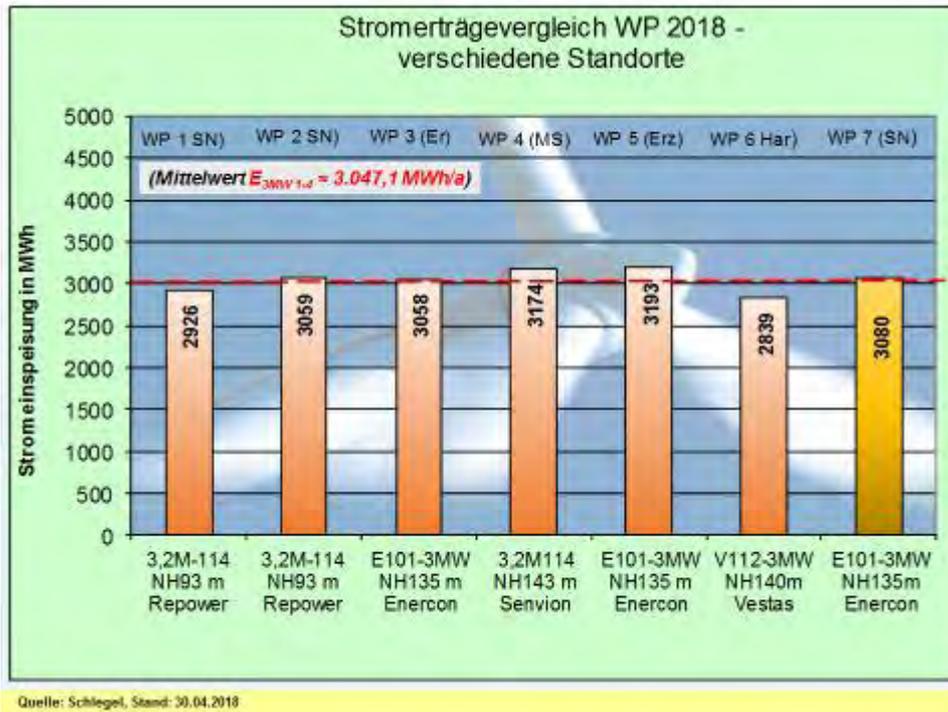


Abb. 30: Stromerträge-Vergleich– 3MW-Klasse (April)



Abb. 31: Stromerträge-Vergleich 3MW-Klasse - prozentual und nach Vollaststunden (April)

Die [Abb. 30 und 31] sowie [Abb. 32 und 33] gehören zur Erweiterung der Studie, da mehrere WEA der 3MW-Klasse verfügbar sind. Die hier beste WEA in *RIE-Mautitz* E101-3MW/NH135m erzeugte 3.079.697kWh. Die beste V112-3.3MW/NH140m speiste 2.977.567kWh ein.

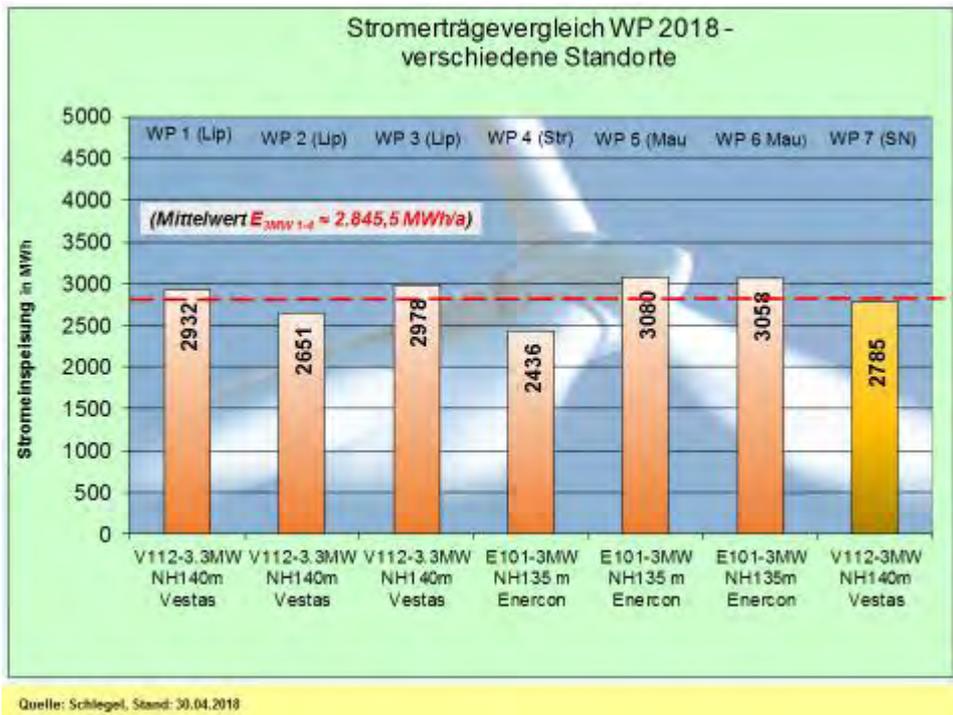


Abb. 32: Stromerträge-Vergleich – 3MW-Klasse (April)

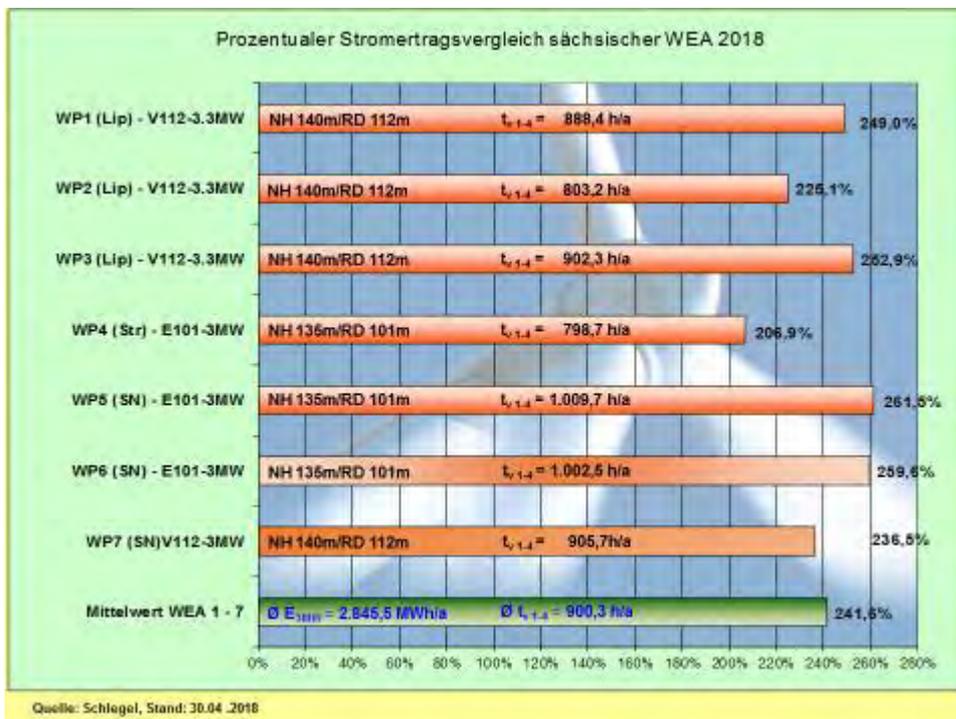


Abb. 33: Stromerträge-Vergleich - prozentual und nach Volllaststunden (April)

Das Balkendiagramm [Abb. 34] wurde ebenfalls ab 2017 neu hinzugefügt. Das Diagramm beinhaltet sieben WEA der 3MW-Klasse, dennoch mit gewissen Unterscheidungen. Neben vor-

wiegend unterschiedlichen Standorten variieren die Nennleistungen von $P = (3.050 - 3.300)$ kW, und die Nabenhöhen variieren von $NH = (93 - 149)$ m. Die Rotordurchmesser finden sich in der Stufung von $RD = (101 - 112 - 114 - 126)$ m.

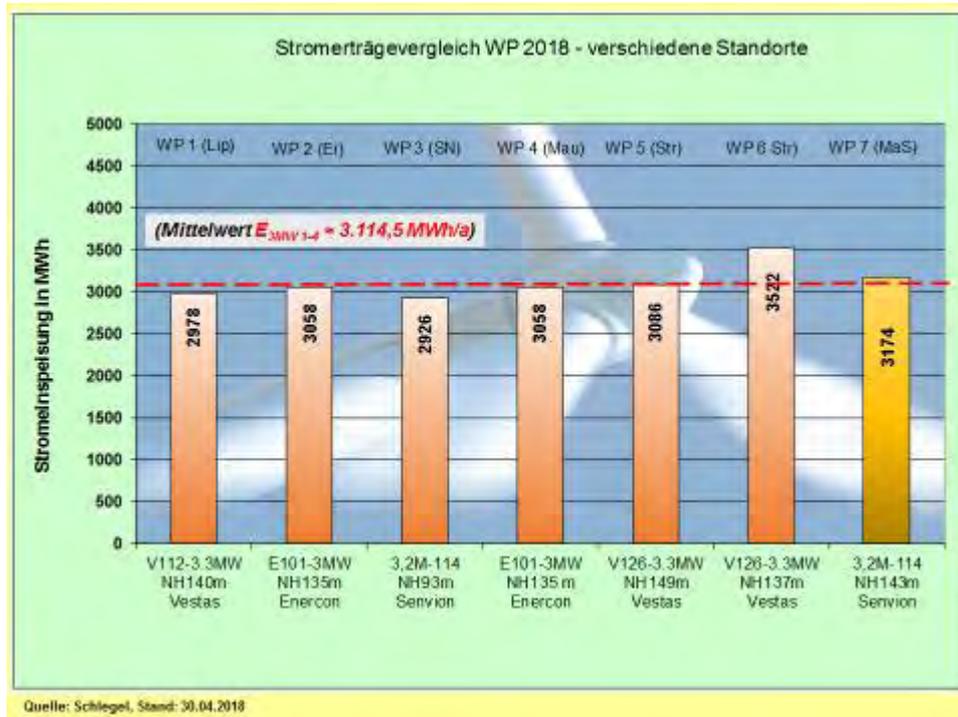


Abb. 34: Stromerträge-Vergleich – 3MW-Klasse (April)

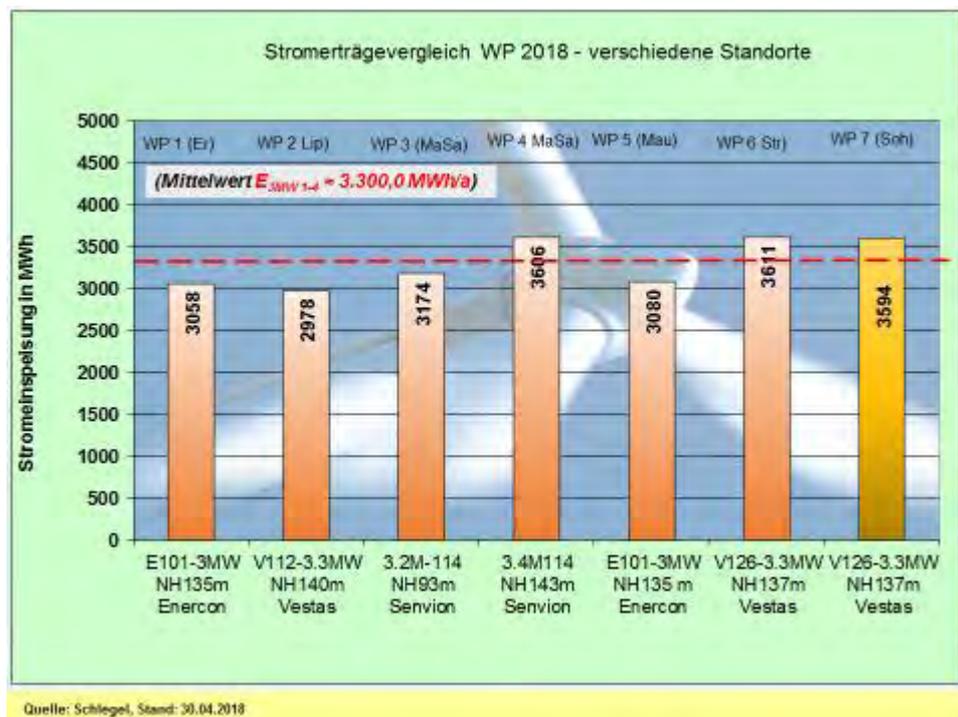


Abb. 35: Stromerträge-Vergleich – 3MW-Klasse (April)

Das Balkendiagramm [Abb. 35] kommt ab 2018 hinzu und beinhaltet sieben WEA mit Nennleistungen von $P = (3.050 - 3.370)$ kW. Die Maschinen [WP4] und [WP6] führen gegenwärtig

das Ranking an, da diese WEA bereits >3.600MWh/WEA eingespeist haben. Diese Anlagen dürfen prognostisch für einen Jahresstromertrag von $E \geq 10.000\text{MWh}$ eingestuft werden.

Für die Windenergiebranche ist es wichtig, und bezogen auf die Energiewende überlebensnotwendig, dass grundsätzlich nur noch WEA der modernsten Technologieklassen errichtet und betrieben werden.

Es muss unbedingt verhindert werden, dass aus **politischer Borniertheit**, einschließlich **mangelnder Fachkenntnisse** heraus, die Regionalplaner*innen zu bestimmten Abstandsvorstellungen zwischen den WEA sowie zu Gesamthöhenbeschränkungen der WEA in den Regionalplänen gezwungen werden.

Die Auseinandersetzung mit der Materie Windenergie in dieser bereits mehrjährig laufenden Studie führt immer wieder zu neuen Überlegungen. In der folgenden [Abb. 36] zeigt das Balkendiagramm die Einspeisedifferenzen von 2012 bis 2017 sowie für 2018 (kumulativ) am Beispiel einer E82-2MW/NH138m. In den recherchierten sechs Betriebsjahren betrug die Ertragsdifferenz maximal **34%**. In keinem der Jahre wurden weniger als 5.000MWh eingespeist, allerdings blieben die Maximalwerte immer unterhalb der 7.000MWh-Grenze.

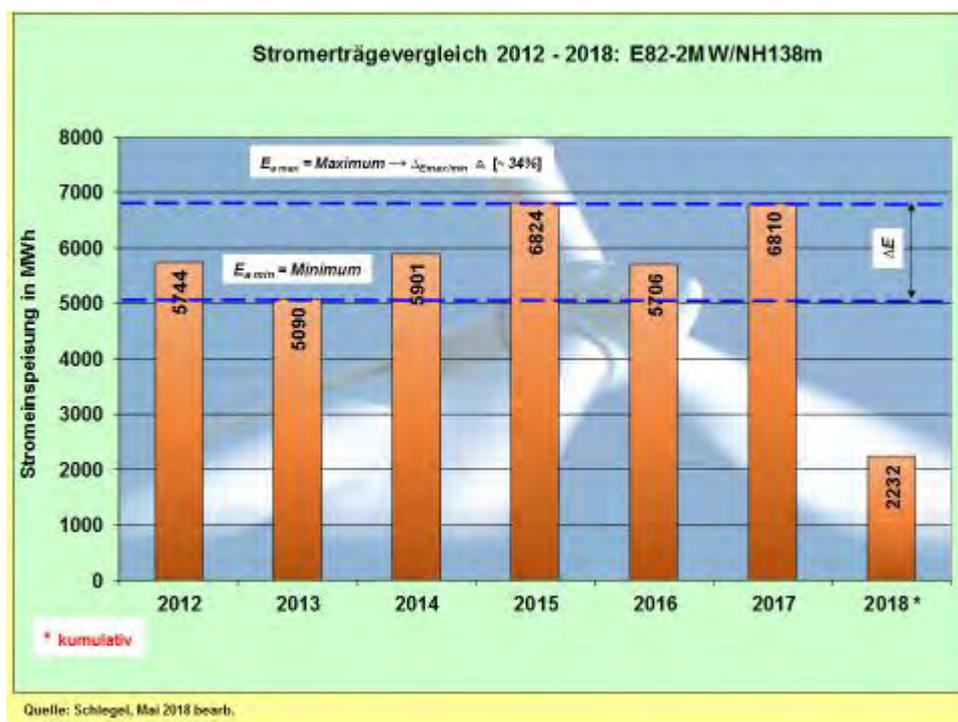


Abb. 36: Stromerträge-Vergleich über 6 Jahre

Das Balkendiagramm [Abb. 37] beinhaltet die Jahresstromerträge für eine E101-3MW/NH135m am Standort WP „Erlau“ (FG). Bei dieser Maschine war ein Rückgriff auf fünf zusammenhängende Jahre möglich. Im ersten Betriebsjahr speiste die WEA erst ab 30.03.2012 ein. Anhand der Vergleichsdaten aus dem WP wäre über alle zwölf Monate ein Stromertrag > 7.000MWh sicher gewesen. Die reale Differenz bei dieser 3MW-WEA beträgt **24%**. Die Schwankungsbreite innerhalb der 3MW-Klasse scheint tendenziell geringer zu sein. Eine Stromerzeugung in Höhe von 9.000MWh blieb am Standort WP „Erlau“ bisher aus, was offensichtlich der Positionierung im Windpark geschuldet ist.

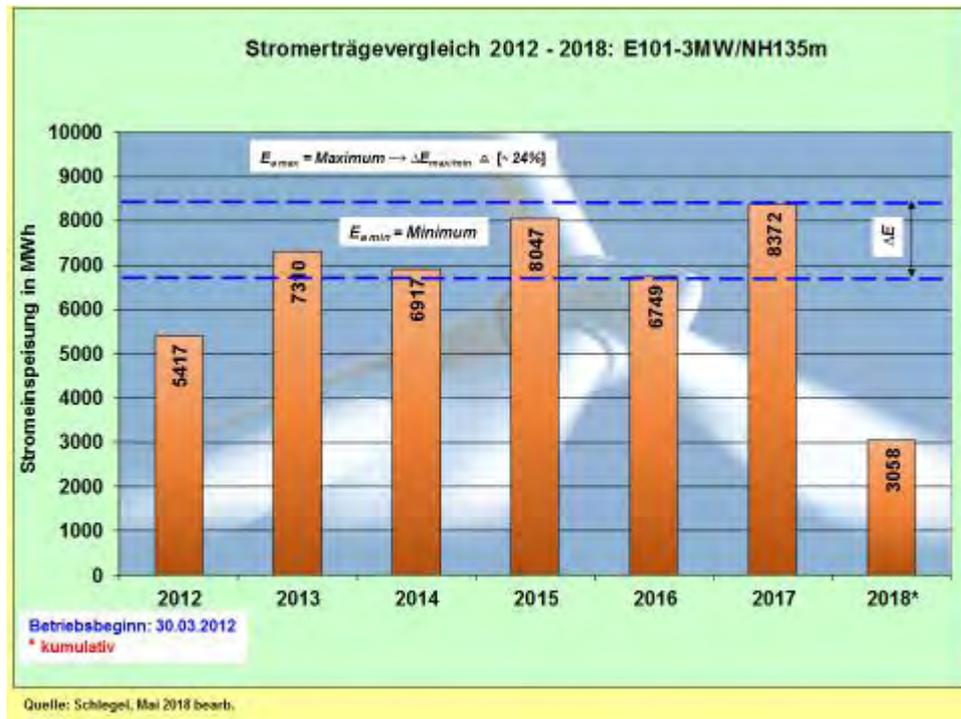


Abb. 37: Stromerträge-Vergleich 3MW-WEA über 6 Jahre

Ein direkter Vergleich von 11/39 in Betrieb befindlichen 3MW-WEA im April in [Tab. 6]:

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	2.196.000	573.706	26,13
WP SN (unbenannt) W1:3,2M114/93m	2.304.000	583.985	25,35
WP SN (unbenannt) W2:3,2M114/93m	2.304.000	619.114	26,87
WP Mark-Sahnau 3,2M114/143m	2.304.000	593.943	25,78
WP Mark-Sahnau 3,4M114/143m	2.426.400	692.673	28,55
WP Thierfeld V112-3MW/140m	2.214.000	619.994	28,00
WP Erzgebirge) E101-3MW/135m	2.196.000	696.608	31,72
WP Lippoldsrüh V112-3.3MW/140m	2.376.000	605.931	25,50
WP RIE-Mautitz E101-3MW/135m	2.196.000	623.386	28,39
WP Streumen V126-3.3MW/137m	2.376.000	775.155	32,62
WP Sohland a.R. V126-3.3MW/137m	2.376.000	920.516	38,74

Tab. 6: Vergleich der Monatseffizienz (April) von 11/39 in Betrieb befindlichen WEA der 3MW-Klasse

In [Tab. 6] wird von ausgewählten Anlagen die Monatseffizienz aufgelistet, die häufig geringer ausfällt, als bei den WEA der 2MW-Klasse. Nach Ansicht des Autors sollte der Vorteil der wesentlich höheren Stromeinspeisungen ausschlaggebend sein.

Unter den gegebenen Bedingungen erreicht im April die monatliche Effizienz der 3MW-Klasse zwischen (25,3 – 38,7) % und bewegt sich in die Größenordnung der besten WEA (36,6%) des WP „Saidenberg“ (ERZ).

Nachfolgend eine weitere Bewertungsmöglichkeit mit der 3MW-/2MW-Klasse in [Tab. 7]:

WEA-Typ	Stromertrag ΣE_{1-4} in [kWh]	WEA-Typ	Stromertrag ΣE_{1-4} in [kWh]	Differenz ΔE in [%]
WP Erlau E101-3MW/135m	3.058.085	WP Erlau E82-2MW/138m	2.135.076	+43,2
WP Erlau E101-3MW/135m	3.058.085	WP Silberberg V90-2MW/105m	2.336.752	+30,87
WP Erlau E101-3MW/135m	3.058.085	WP SN (unbenannt) 3.2M114/93m	3.058.914	±0,0
WP Mark-Sahnau 3.2M114/143m	3.174.157	WP SN (unbenannt) 3.2M114/93m	3.058.914	+3,8
WP Mark-Sahnau 3.2M114/143m	3.174.157	WP Silberberg V90-2MW/105m	2.336.752	+35,8
WP SN (unbenannt) 3.2M114/93m	3.058.085	WP Silberberg V90-2MW/105m	2.336.752	+30,9
WP Streumen V126-3.3MW/137m	3.610.833	WP Silberberg V90-2MW/105m	2.336.752	+54,5
WP Erzgebirge E101-3MW/135m	3.193.225	WP Silberberg V90-2MW/105m	2.336.752	+36,7
WP Mark-Sahnau 3.4M114/143m	3.605.604	WP Mark-Sahnau MM92-2MW/100m	1.822.121	+97,9
WP Mark-Sahnau 3.4M114/143m	3.605.604	WP Streumen V126-3.3MW/137m	3.610.833	-0,1
WP Sohland a.R. V126-3.3MW/137m	3.593.966	WP Sohland a.R. V90-2MW/105m	2.052.417	+75,1

Tab. 7: Prozentualer Vergleich zwischen ausgewählten WEA der 3MW- und 2MW-Klasse (4 Monate)

Der Unterschied im Stromertrag am Standort WP „Erlau“ zwischen der E101-3MW/NH135m und der E82-2MW/NH138m beträgt **43,2%**. Der theoretische Wert von rund 52%, der sich rein rechnerisch aus der RD-Differenz ergibt, wird meistens übertroffen. Nach den ersten vier Monaten ergibt sich eine Verschiebung nach unten. Die mögliche Erklärung kann in der Häufung einer abweichenden Windrichtung vermutet werden. Gegenüber der besten WEA im WP „Silberberg“ beträgt der Vorsprung **30,9%**. Die Größenordnung dieses Vorsprungs wurde wiederholt im Intervall um rund einem Drittel festgestellt, liegt aber etwas unter dem wahrscheinlichen theoretischen Wert von 43%. Die Begründung könnte darin liegen, dass nicht der nominale Nabhöhenunterschied von 30m, sondern nur der relative Nabhöhenunterschied von rund 20m zum Tragen kommt!

Noch beachtlicher stellt sich die Differenz zwischen der WEA 3,4M114/NH143m und der WEA MM92-2MW/NH100m im WP „Mark-Sahnau“ mit **+97,9%** heraus. Sofern es keine wesentlichen Ausfälle gibt, stellen sich die prozentualen Differenzen auch hier innerhalb eines engen Toleranzbandes ein.

Im WP „Sohland a.R.“) baut sich ebenfalls eine positive Differenz zwischen der WEA vom Typ Vestas V126-3.3MW/NH137m und der V90-2MW/NH105m auf. Im April betrug der kumulative Abstand **+75,1%**. Da die WEA V90-2MW/NH105m seit Jahren im Monitoring stehen, war absehbar, dass die neuen WEA V126-3.3MW/NH137m hohe Stromerträge generieren.

Die [Abb. 38] zeigt eine Aufnahme vom WP „Mark-Sahnau“ (Z/TH) mit den beiden WEA Sen-
vion 3.2M-114/NH143m und 3.4M-114/NH143m. Letztere WEA steht topografisch gesehen

rund 21m höher. Theoretisch könnte der Mehrertrag etwa 17,9% betragen. In der Praxis stellen sich momentan rund 13,6% ein.



Abb. 38: Prozentualer Stromerträge-Vergleich – 3MW-Klasse (kumulativ bis April)

Diese Langzeitstudie bietet, sowohl den Regionalen Planungsverbänden, als auch insbesondere der Windenergiebranche, genügend Daten, um positive Entscheidungen für Investitionen in die fortgeschrittenen WEA-Technologien zu fällen.

Mit den „binnenlandoptimierten“ WEA der 2./3. Generation können zwar nicht alle Nachteile des fluktuierenden Energieträgers **Wind** ausgeglichen werden, dennoch ist es aus Autoren-sicht unbedingt notwendig, schnellstens die politischen Weichen für diesen Ausbau zu stellen.

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 – 150)m** hin. Neben größeren Rotordurchmessern sollten unbedingt auch die jeweils typgrößten Nabenhöhen (**in Standortabhängigkeit**) bis **166m** in die Planungen einbezogen werden.

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

3. Neuerrichtungen, Fortschritte und Ausblick in der sächsischen Windenergienutzung

Zur sächsischen Windenergieentwicklung kann der Autor momentan nur einige verbale Ausführungen beisteuern. Derzeit gibt es zwei größere WEA-Baustellen in Sachsen.

Im WP „Silberberg“ GRM-Mutzschen (L) werden zz. die vier genehmigten WEA vom Typ Senvion MM100 (2x), Enercon E92-2,35MW sowie Siemens SWT-3.6-130 errichtet. Der Fundamentbau ist im Gange, bzw. schon abgeschlossen. Wie schon früher berichtet, werden die WEA, aufgrund deren geringer Nabenhöhen NH = (75 - 85)m, die vorhandene Standortqualität nicht in Strommengen umsetzen können. Für die WEA-Neubauten wird eine der betriebenen acht WEA vom Typ Vestas V90-2MW/NH105m abgebaut.

Die zweite WEA-Baustelle befindet sich im vogtländischen WP „Reuth“ (V). Hier geht es mit der Errichtung von drei WEA Senvion 3.4M114/NH143m gut voran. Nach letzten Informationen des Döbelner Investors sind alle Fundamente fertig, so dass nach dem Aushärten des Betons mit der Montage begonnen werden kann. Zu den Erschwernisfaktoren des Projektes gehören rund 15km Kabeltrasse durch die Bundesländer Sachsen, Thüringen, Bayern sowie die Durchörterung der Bundesautobahn A 9 auf bayerischem Gebiet. Sobald Montagebilder vorliegen, erscheinen diese in einem der nächsten Studienberichte.

Eine dritte, sehr kleine Baustelle befindet sich im WP „GRM-Schkortitz“ (L). Hier wurde eine seit 1995 betriebene Enercon E40/5.40/NH50m abgebaut. Für diesen Windpark liegen zwar seit längerer Zeit vier Genehmigungen zur Errichtung von Enercon E53-800kW/NH73m vor, da aber der Windpark durch die Verbände **Grüne Liga/Naturschutzverband Sachsen** (NaSa) mit einer Klage überzogen wurde, bestehen Zweifel, ob sich die Errichtung realisieren lässt.

Anmerkung:

*Beide Verbände verfügen über dieselbe Hausadresse in Oederan (FG) und einen Vorsitzenden namens Tobias Mehnert. Herr Mehnert verfolgt mit seiner **Flächenkaufstrategie** ganz gezielt Möglichkeiten zu schaffen, um die Nutzung der Erneuerbaren Energien zu verhindern. Die gekauften Flächen werden sofort in Naturschutzgebiete verwandelt. Seit Jahren verhindert Herr Mehnert den Bau der B101-Umgehung in Freiberg. Jetzt klagt der Mann gegen ein geplantes Hochwasser-Rückhaltebecken in Oberbobritzsch. Das Rückhaltebecken würde den Raum Oberbobritzsch bei Hochwasser schützen, aber auch positive Auswirkungen flussabwärts an der Freiburger Mulde bis nach Döbeln haben. Wo mag der Mann und seine Unterstützer wohl das Geld für Flächenkäufe und Anwaltskosten her bekommen???*

Die sächsische Windenergie wird nicht nur durch selbsternannte „Naturschützer“, die sich mit Bürgerinitiativen verlinken, erheblich gebremst. Gleichmaßen finden sich politisch in der Verantwortung stehende Landtagsabgeordnete berufen, die sächsische Schlussposition zu einer Siegestrophäe zu stilisieren. So auch der Energiepolitische Sprecher der CDU-Landtagsfraktion: Auf die Kritik, dass Sachsen praktisch das Schlusslicht in Deutschland trägt, konterte der Mann zurück. Der MdL zog den Vergleich Sachsen – Baden-Württemberg und meinte, dass Baden-Württemberg erst einmal nachziehen müsste. So schien die Kritik abgeschmettert.

Der Studienautor hält es für sehr fraglich, ob sich der Energieexperte der CDU-LTF näher mit den realen Zahlen befasst hat. Die [Abb. 39] beinhaltet quantitative Aussagen zur Windenergie Baden-Württemberg – Sachsen. Am Ende 2017 hat das Bundesland BW das Bundesland Sachsen ordentlich überholt. Allein der Zubau in BW im letzten Jahr gestaltete sich beeindruckend. Warum hat es in diesem Bundesland eigentlich solange gedauert mit der Windenergie? Frage leicht beantwortet: Die vorhergehende CDU-Regierung stand auf Kernenergie und nicht auf den Erneuerbaren. Mittlerweile sind auch in BW die politisch-bürokratischen Voraussetzungen für die Windenergie geschaffen.

WEA-Vergleich Baden-Württemberg - Sachsen 2017			
Baden-Württemberg		Sachsen	
Fläche:	$A_{BW} = 35.751,46 \text{ km}^2$	Fläche:	$A_{SN} = 18.420,15 \text{ km}^2$
EW:	$n_{EW} = 10.969.301$ (31.03.2017)	EW:	$n_{SN} = 4.081.783$ (31.12.2016)
WEA:	$n = 700$	WEA:	$n = 881$
WEA-Leistung:	$P = 1.442 \text{ MW}$	WEA-Leistung:	$P = 1.202 \text{ MW}$
Flächenverhältnis:	$A_{BW} / A_{SN} \approx 1,94 / 1$		
Einwohnerverhältnis:	$EW_{BW} / EW_{SN} \approx 2,69 / 1$		
WEA-Verhältnis:	$WEA_{BW} / WEA_{SN} \approx 0,79 / 1$		
Leistungsverhältnis:	$P_{WEA_{BW}} / P_{WEA_{SN}} \approx 1,2 / 1$		
Fazit:			
BW:	$n = 0,64 \cdot 10^{-4} \text{ WEA/EW}$	SN:	$n = 2,16 \cdot 10^{-4} \text{ WEA/EW}$
	$n_{2017} = 128 \text{ WEA} \rightarrow [\Delta n \pm 853\%]$		$n_{2017} = 15 \text{ WEA}$
	$P_{2017} = 401,20 \text{ MW} \rightarrow [\Delta P \pm 861\%]$		$P_{2017} = 46,59 \text{ MW}$
<small>Quelle: BWE/Schlegel: 31.12.2017; Wikipedia BW, SN; (Schlegel, 10.05.2018 bearh.)</small>			

Abb. 39: WEA-Vergleich Baden-Württemberg - Sachsen

Aus Autorensicht sind die Zahlen selbsterklärend, so dass ein weiterer Kommentar entfällt.

In Bonn endete am 10.05.2018 ein Vorbereitungstreffen für die nächste große Weltklimakonferenz im Dezember in Kattowitz (Polen). Mehr als 4000 Delegierte aus fast allen Ländern der Welt haben in Bonn versucht, den Text für das geplante Regelwerk zur Umsetzung des Pariser Klimaabkommens möglichst konkret zu fassen. Inwieweit es möglich sein wird, dass alle Länder ihren CO₂-Ausstoß nach einheitlichen Regeln messen, muss sich auf der Weltklimakonferenz im Dezember beweisen. In den deutschen Braunkohleländern kämpfen die Politiker*innen nicht um eine Verringerung der CO₂-Emissionen, ihnen geht es um den Weiterbetrieb der Kohlekraftwerke bis in die ferne Zukunft.

Autor:



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

Döbeln, 21. Mai 2018