

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

- Monatsbericht Mai 2018 -

1. Wetter- und Klimabetrachtung Mai 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 Temperaturrekord 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 Klimaforscher halten die Pariser Vereinbarungen jedoch noch nicht für gescheitert. Allerdings müsste ab sofort der Ausstoß von Treibhausgasen (THG) in die Atmosphäre entscheidend reduziert werden. Auf dem Papier sind sich die Staaten einig, doch bei der praktischen Umsetzung der CO_2 -Reduzierung bleiben die Fortschritte leider aus.

Am 18.06./18.06.2018 verkündeten NASA und NOAA ihre jeweiligen Mai-Daten, die in diesem Monat nicht differieren. Sowohl nach NASA, als auch nach NOAA, wurde für den Mai eine positive Temperaturabweichung festgestellt. Bezogen auf den in den USA verwendeten Referenzzeitraum 1951 – 1980, kam die NASA auf $\Delta T_{\text{glob Mai}} = [0,80\text{K}]$ als Abweichung, während die NOAA ebenfalls auf $\Delta T_{\text{glob Mai}} = [0,80\text{K}]$ [Abb. 1] kam. Damit avanciert der Mai 2018 nach NASA und NOAA zum viertwärmsten Mai seit 1880. Der global kälteste Mai wurde von NASA für die Jahre 1904/1909 und von NOAA für das Jahr 1911 ermittelt. Diese kühleren Mai-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)
4th	Warmest (since 1880)	Mai 2018	+0,80°C ¹⁾
4th	Warmest (since 1880)	Mai 2018	+0,80°C ²⁾
1th	Warmest (since 1880)	Mai 2018	+0,89°C ¹⁾
1th		Mai 2018	+0,89°C ²⁾
1th		Jan.-Mai 2016	+1,15°C ¹⁾
1th		Jan.-Mai 2016	+1,10°C ²⁾
3th		Jan.-Mai 2018	+0,82°C ¹⁾
4th		Jan.-Mai 2018	+0,77°C ²⁾
1th	Coolest (since 1880)	Jan.-Mai 1904 [1911] ²⁾	-0,58°C ¹⁾ -0,52°C ²⁾

Quelle: NASA/GISS, 18.06.2018 / NOAA 18.06.2018; (Schlegel, bearb.)

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

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

Die NOAA-Grafik in [Abb. 2] verdeutlicht, dass die Abstände der Monate Mai in den letzten Jahren gering blieben. Das insgesamt hohe globale Temperaturniveau aus 2015/2016 hat sich leicht abgeschwächt. Nach fünf 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.

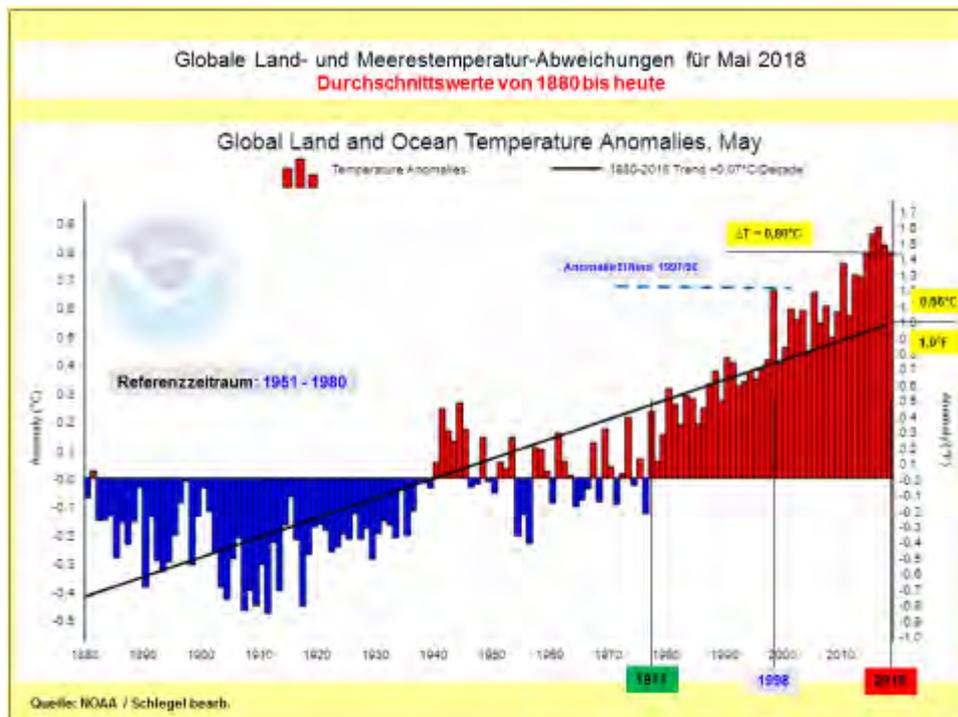


Abb. 2: Globale Temperaturentwicklung im Zeitraum Mai 2018 nach NOAA

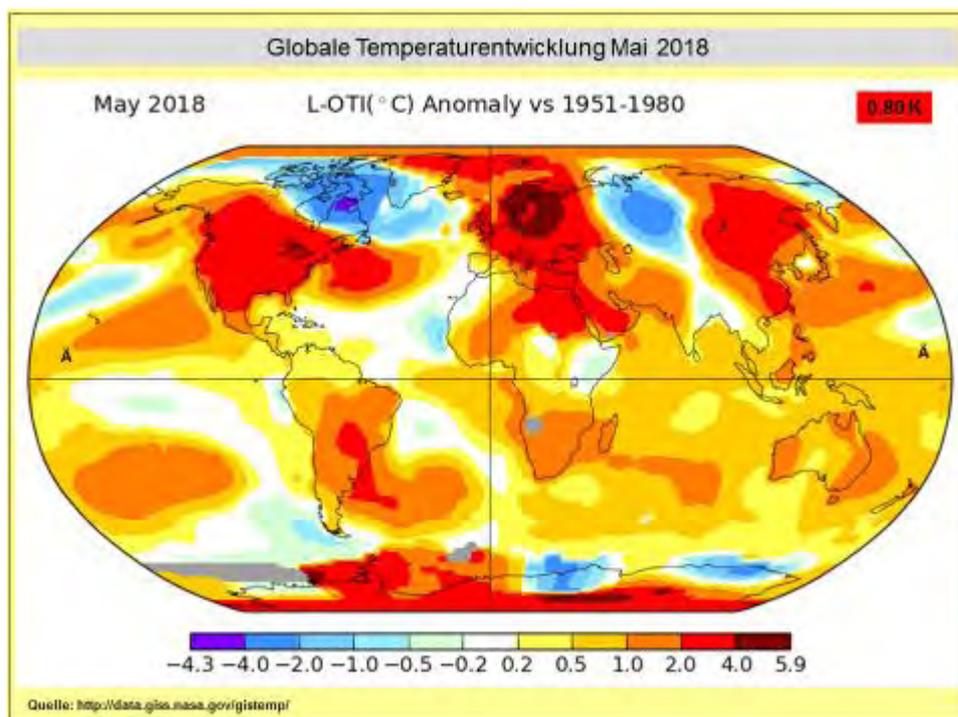


Abb. 3: Globale Temperaturentwicklung im Mai 2018 nach NASA

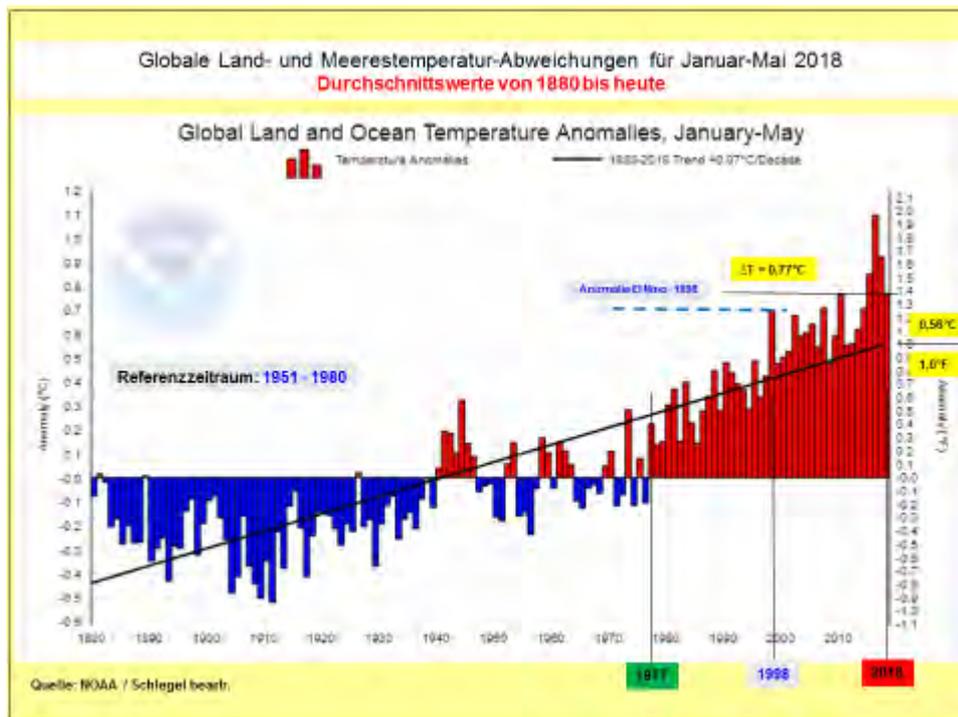


Abb. 4: Globale Temperaturentwicklung Monate Januar-Mai 2018 nach NOAA

Mit [Abb. 5] werden die bisherigen Aussagen zu den positiven Temperaturabweichungen nochmals in anschaulicher Weise aufgestellt. Während in den früheren Jahren die Temperaturlinien stark verdichtet auftreten, weisen die letzten Jahre größere Abstände auf, was eindeutig auf Zunahme der Temperaturanomalien, vor allem in den Anfangs- und Endmonaten des Jahres, schließen lässt.

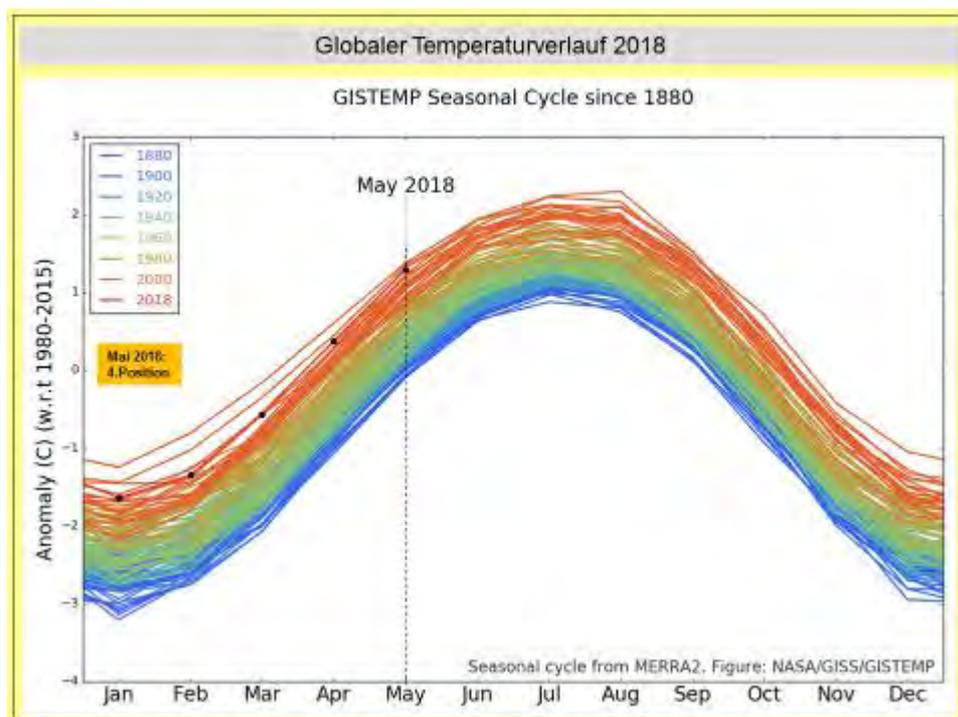


Abb. 5: Globaler Temperaturverlauf 2018 nach NASA

Es ist erwähnenswert, dass die größten positiven Abweichungen seit längerer Zeit auf der Landmasse der Nordhemisphäre ermittelt wurden. Im Zeitraum Mai betrug die Abweichungen $\Delta T_{\text{Nord Land Mai}} = [1,22\text{K}]$, was im Ranking Nr. 4 bedeutet. Für den Fünfmonatszeitraum betrug die Temperaturabweichung $\Delta T_{\text{Nord Land Jan.-Mai}} = [1,27\text{K}]$, 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 USA/Kanada, Mittel-Nordosteuropa, Ostasien, Naher/Mittlerer Osten und Antarktis. Im Mai wurden auch große Flächenanteile von Nordostkanada sowie nordöstlich des Kaspischen Meeres von einer Kälteeinsele überdeckt. Die Abkühlung bewegte sich in der Größenordnung von $\Delta T_{\text{min}} \approx [1 - 4]^\circ\text{C}$. Unbestritten überwiegen auf dem Globus die roten Farbtöne, die für Erwärmung stehen. Eine Auffälligkeit bietet der östliche äquatoriale Pazifik. Das Oberflächenwasser zeigt eine deutliche Abkühlungszone; wahrscheinlicher Hinweis auf eine „La Nina“-Entwicklung, die dann global zu einem geringeren Temperaturanstieg führt.

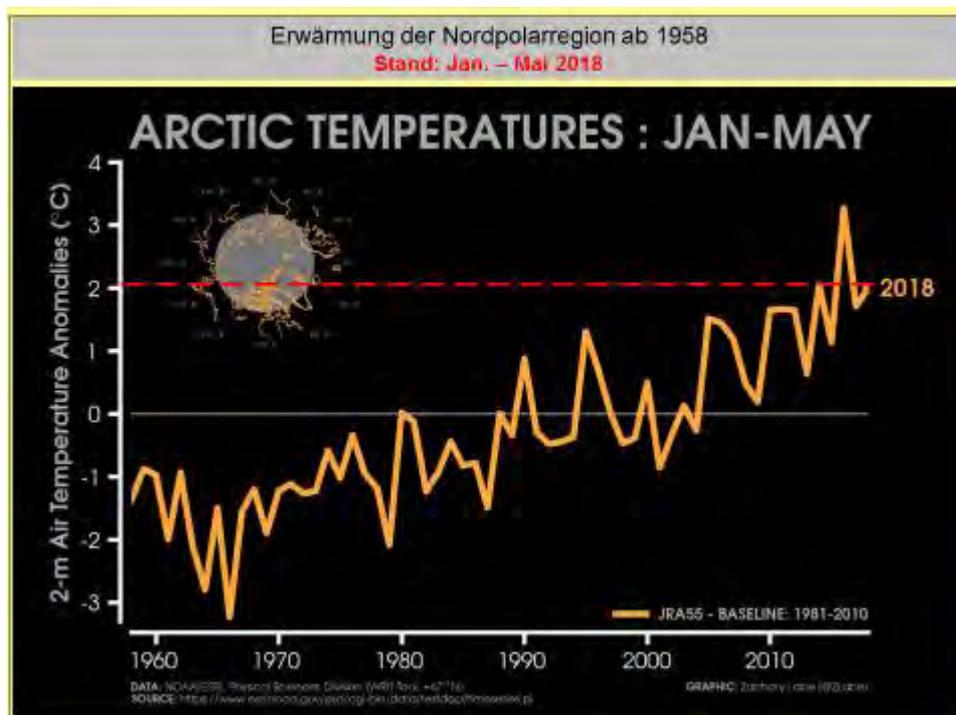


Abb. 6: Oberflächenerwärmung in der Arktis ab 1958

Das nordpolare Meereis hat sich in den Wintermonaten auf einem niedrigen Stand bewegt [Abb. 7]. Am 31.05.2018 lag die arktische Meereisfläche in ihrer Ausdehnung rund 1,1 Mio. km² unter dem langjährigen Mittelwert der letzten Jahre. Die derzeitige Flächenausdehnung nimmt den zweitniedrigsten Stand zum Zeitpunkt Mai 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 5.800km^3 verringert. Erstaunlicherweise korrespondieren Meereisausdehnung und Meereisvolumen nicht unmittelbar zusammen, was sicher auf die Heterogenität des Eises zurückzuführen ist.

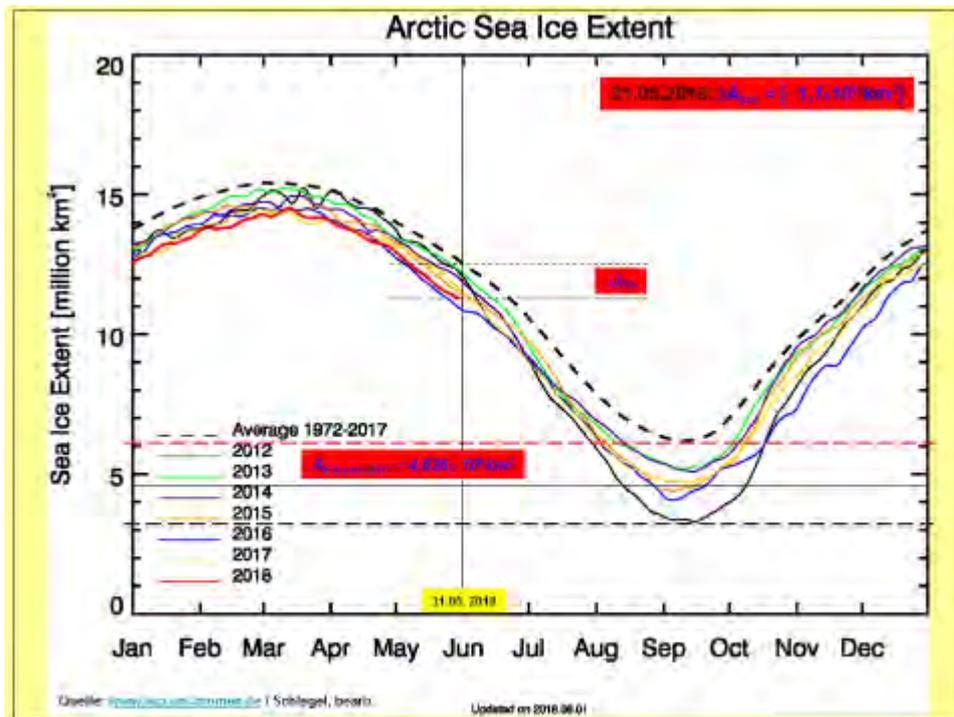


Abb. 7: Minimum der arktischen Meereisausdehnung Mai 2018

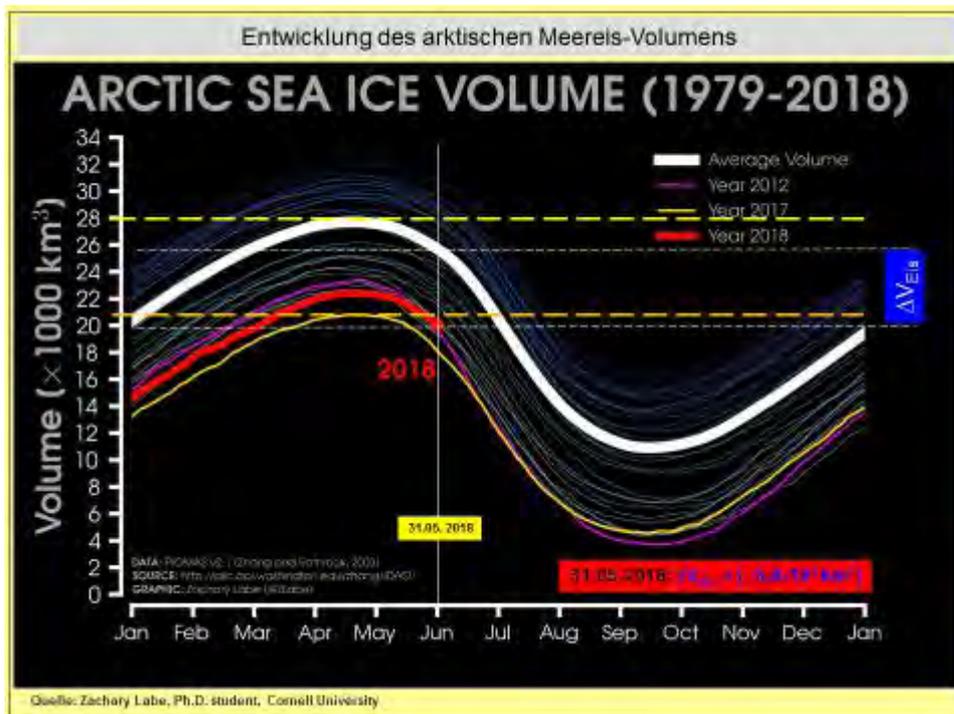


Abb. 8: Minimum des arktischen Meereisvolumens Mai 2018

Neben den monatlichen Temperaturabweichungen spielt die CO_2 -Konzentration, die auf dem *Mauna Loa* (Hawai) gemessen wird, eine gewichtige Rolle, da CO_2 für die Klimaerwärmung als hauptverantwortliches Klimagas gilt. Im Mai 2018 wurden $\text{K}_{\text{CO}_2 \text{ Mai}} = 411,31 \text{ ppmV}$ als monatlicher Durchschnittswert ermittelt [Abb. 9]. Der Monatsschnitt lag gegenüber dem Mai 2017 um 1,4 ppmV höher. Tages- und Stundenwerte begannen im Bereich bei $\geq 409 \text{ ppmV}$ und übertrafen die 416 ppmV-Marke. Der Maximalwert für 2018 dürfte im Mai erreicht worden sein.

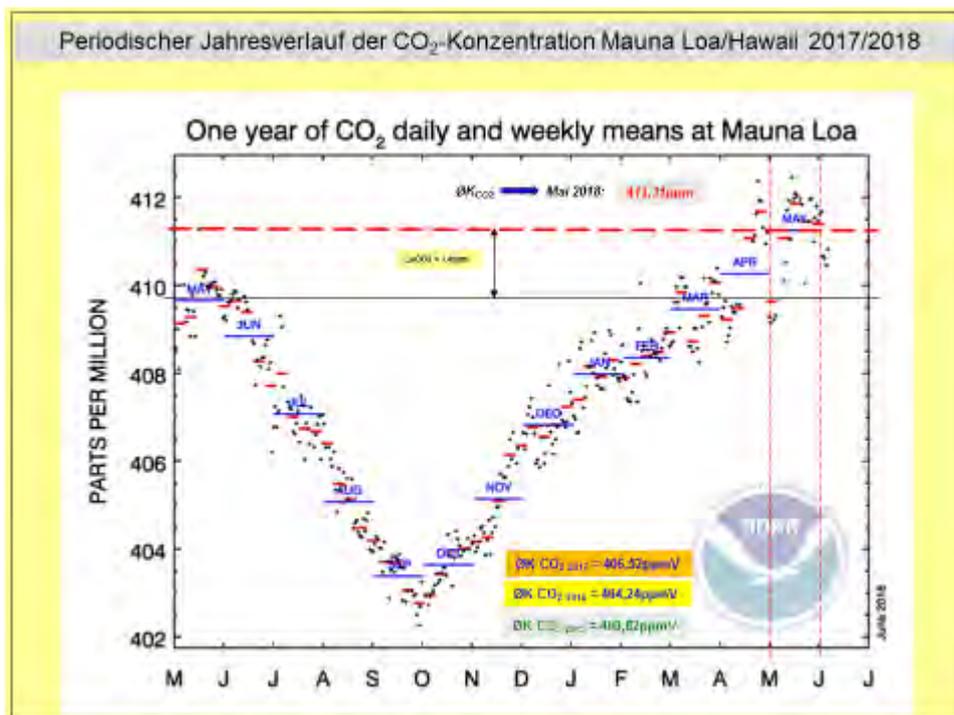


Abb. 9: Periodische Entwicklung der globalen CO₂-Konzentration

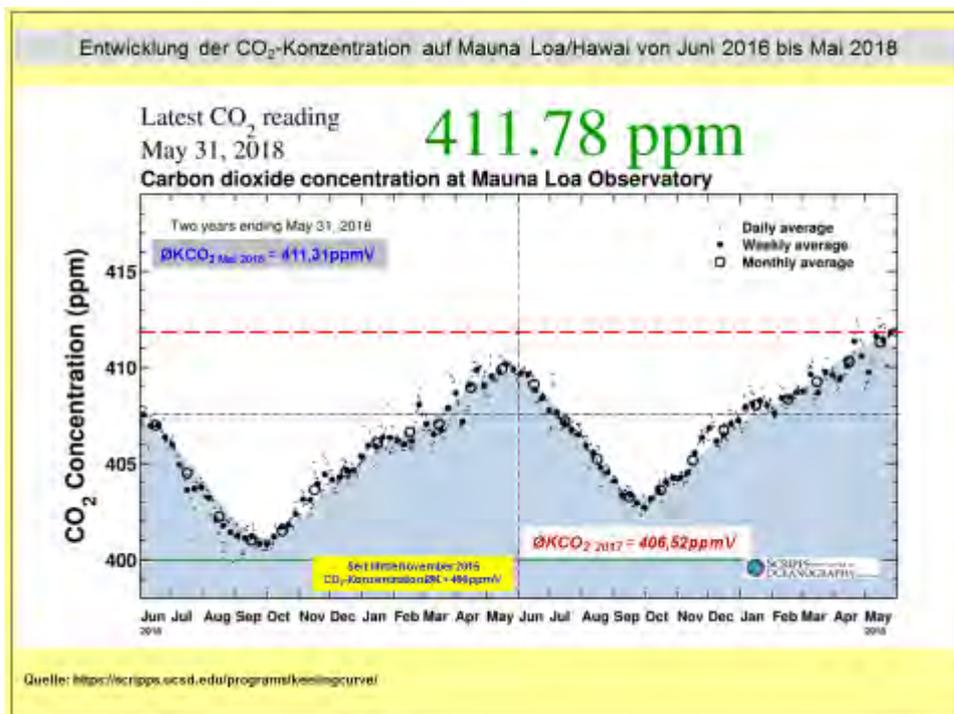


Abb. 10: Flächendiagramm der mittleren CO₂-Konzentration über zwei Jahre – Station Mauna Loa

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. In Deutschland wurde die „Kohlekommission“ berufen, die bis Ende 2018 ein Konzept zum Kohleausstieg vorlegen soll.

Über die Zusammensetzung der „Kohlekommission“ (Leitung und Mitglieder) sowie deren erste Einschätzung wird in der Monats-Studie Juni 2018 berichtet.

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 Mai darf zumindest in Deutschland und Mitteleuropa als ausgesprochen extrem gelten. Allein schon dadurch, dass der Mai der zweite Monat hintereinander mit deutlichem Wärmeüberschuss verlief.

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, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28].

Die ungewöhnliche Abfolge von 18 Abbildungen lässt schon erahnen, dass der Mai ein sehr ereignisreicher Monat gewesen sein muss. Auch bei dieser Vielzahl von Ereignissen handelt es sich nur um einen kleinen Ausschnitt. Z.B. hat sich an der Dürresituation in Verbindung mit größter Wassernot im südlichen Afrika (Kapregion) nichts geändert; bildmäßig in diesem Monat keine Erwähnung.

Der Beginn erfolgt im Ausland mit [Abb. 11]. In der letzten Maiwoche hatte sich ein Zyklon vor der südostarabischen Küste entwickelt, der auf den Oman und den Jemen traf. In diesen beiden Ländern richteten Sturm und Wassermassen schwere Schäden an. Nach offiziellen Angaben waren auch Todesopfer sowie Vermisste zu beklagen.



Abb. 11: Zyklon „Mekunu“ auf Oman und Jemen

Vom Mittleren Osten geht es direkt in die USA hinüber. Die [Abb. 12] zeigt zwei „Weltuntergangsszenen“ aus der Kleinstadt *Ellicott* (Maryland/USA). Stundenlange Gewitter mit riesigen Niederschlagsmengen setzten die Stadt sturzflutartig meterhoch unter Wasser. Bereits 2016 wurde die Stadt von einem solchen Unwetter, damals mit Todesopfern, getroffen. Augenzeugen berichteten, dass die 2018er Flut noch größere Ausmaße hatte. Nach den veröffentlichten Bildern dürften die Schäden in die Millionen Dollar gehen.



Abb. 12: Sturzflut in Ellicott (Maryland/USA)



Abb. 13: Unwetter in Frankreich

Nach dem Kurzabstecher in die USA zurück nach Europa. Am 29.05.2018 wurde Frankreich von Unwettern heimgesucht, bevor diese dann im Anschluss in Deutschland wüten konnten. In [Abb. 13] zeigen sich die Ergebnisse nach dem das Wasser abgeflossen ist. Autos werden mitgerissen, zertrümmert, gefaltet wie Pappkartons, auf jeden Fall total zerstört. Einerseits wirken die Kräfte des Wassers faszinierend, andererseits beängstigt immer wieder die zerstörerische Wirkung, denn **jeder** könnte davon (meist unvorbereitet) betroffen sein.

In Deutschland registrierten die Meteorologen einen der wärmsten Monate Mai seit 1881. Wärmere Luft kann mehr Wasser aufnehmen und damit das energetische Potenzial der Wolken erhöhen. Die [Abb. 14] offeriert ein böses Ergebnis. In den französischen Weinbauregionen zerstörten Hagelunwetter mehrere tausend Hektar Weinfelder. Die Ernte fällt nicht nur 2018, sondern auch die nächsten Jahre aus. Die betroffenen Winzerbetriebe stehen vor dem Ruin.



Abb. 14: Zerstörte Weinfelder durch Hagel



Abb. 15: Timmelsjoch befahrbar

Angenehmer dürfte die Schneeräumung der Alpenpässe verlaufen sein. Nach mehreren Wochen Schwerstarbeit wurde das *Timmelsjoch* [Abb. 15], die Straßenverbindung zwischen Tirol (A) und Südtirol (I) am 24.05.2018 für den Verkehr freigegeben. Nach dem schneereichen Winter maßen die Straßenräumer Schneewände zwischen sieben bis zwölf Meter Höhe.



Abb. 16: Unwettermonat Mai



Abb. 17: Unwetter auf Unwetter

In Deutschland entwickelte sich der Mai zu einem Unwettermonat, der erhebliche materielle und finanzielle Schäden hinterließ. Am Himmelfahrtstag schlug es vielerorts so richtig ein, wie die [Abb. 16, 17, 18] zeigen. Wassermassen in Hamburg, Schlamm-Gerölllawinen im Westharz meist noch in Kombination mit Hagelschlag; schlimmer war es wohl nicht denkbar. Verhagelte Straßen bis zur Unpassierbarkeit, doch die Spitze erlebten die Einwohner der Gemeinde *Ginolfs* (BY), wo sich der Hagel bis zum halben Meter türmte.



Abb. 18: Hagelschlag in Riesenmenge



Abb. 19: Tornado bei Viersen (NRW)

Am 16.05.2018 traf ein Tornado auf einen Ortsteil von *Viersen* (NRW) [Abb. 19]. Wahrscheinlich handelte es sich um einen F2-Tornado (181 -253) km/h. Neben den behebbaren materiellen Schäden gab es leider auch zwei Schwerverletzte.



Abb. 20: Regenmengen ungeahnten Ausmaßes



Abb. 21: Hagel und Überschwemmung

Praktisch blieb kein Bundesland im Mai von Unwettern verschont, was auch für Sachsen gilt [Abb. 20]. Besonders der südliche Teil des sächsischen Vogtlandes musste ungeheure Was-

sermassen verkräften. An der DWD.-Messstelle *Bad Elster-Sohl* (SN) wurden über **150l/m²** innerhalb weniger Stunden registriert. Entlang der Weißen Elster gehen die Schäden in die Millionen Euro. In Ilmenau (TH) [Abb. 21] richteten vor allem große Hagelkörner schwere Schäden an.



Abb. 22: Unwetter in Rheinland-Pfalz und Hessen



Abb. 23: Regenmengen von 100 l/m² und mehr

Und es geht immer weiter. Am Monatsende trifft es Rheinland-Pfalz, Hessen und Nordrhein-

Westfalen. Regenmengen mit Ansage von **100l/m²** und darüber wurden zum Normalmaßstab. Die Wirkungen geben die [Abb. 22, 23, 24] wieder.



Abb. 24: Magdeburg meldet Land unter



Abb. 25: Erneute Überschwemmungen im Vogtland + Lausitz

Innerhalb einer Woche traf es das Vogtland erneut mit starken Überschwemmungen [Abb. 25]. Für die betroffenen Menschen zum Verzweifeln, denn viele sind überhaupt nicht gegen solche Elementarereignisse versichert.



Abb. 26: Dörfer unter Wasser

Am 30.05.2018 entwickelt sich bei Bautzen ein Gewitter und öffnet die Himmelsschleusen mit Folgen, wie in [Abb. 26] ersichtlich.



Abb. 27: Extreme Trockenheit in Teilen der Republik

Während Unwetter lokal riesige Schäden anrichten, fällt anderen Ortes kein einziger Tropfen Regen [Abb. 27], so dass die Ernte in Gefahr kommt. Je nachdem welche Betroffenheit vorliegt, - ob nass oder trocken -, es wird kein gutes Jahr.

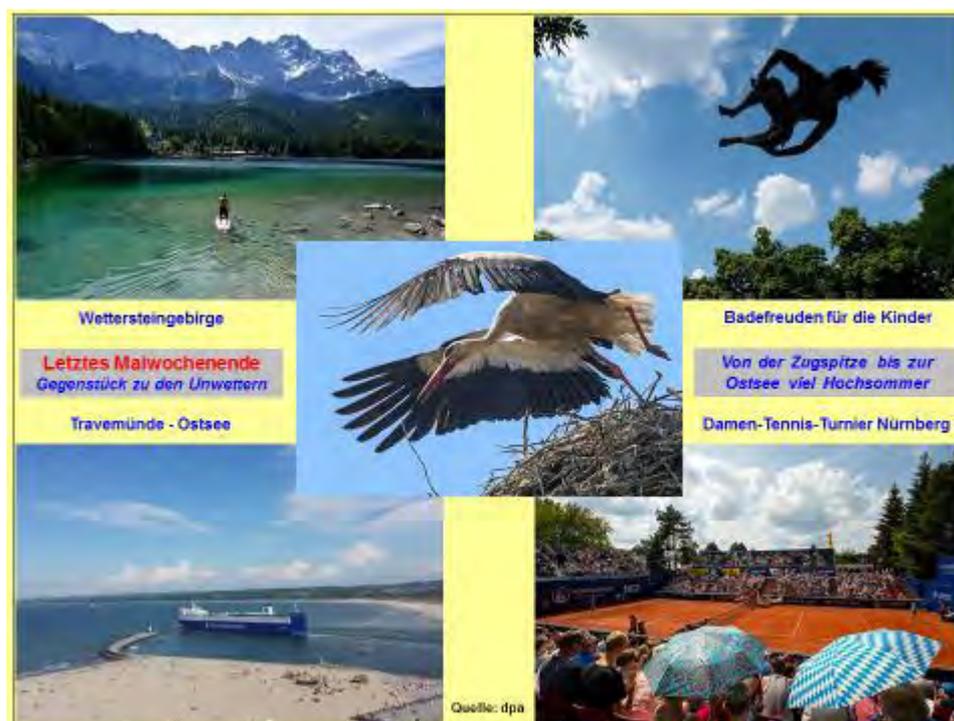


Abb. 28: Wunderschönes Ausflugswetter

Auch das gehört zum Mai 2018: Am letzten Wochenende findet sich das Gegenstück zu den Unwettern. Während die einen Schlamm und Geröll sowie zerstörte Möbel und Hausrat von den Grundstücken räumen, können die anderen ganz entspannt das warme sonnige Wetter genießen [Abb. 28].

Dieser Studien-Bericht enthält besonders viele Bilder von den Extremereignissen, und ganz bewusst vom Autor so gewollt. In Sachen Klimaschutz hat die deutsche Politik bisher fast total versagt. Mit diesen Bildern soll den Lesern (Bürgern) vor Augen geführt werden, wie die Zukunft aussehen wird, wenn nicht durch unverzügliches Handeln die Klima-Umkehr eingeleitet wird.

Zunächst nach Deutschland und zum Monat Mai. Der dritte Frühlingsmonat war richtig früh-sommerlich und überdurchschnittlich warm. Der Monat verlief teilweise zu trocken, verwöhnte mit reichlichem Sonnenschein, brachte aber leider eine Vielzahl schwerer Unwetter mit erheblichen Schäden.

Die Durchschnittstemperatur für den Monat Mai wurde nach Auswertung von rund 2.000 Messstationen vom DWD in Deutschland mit $\overline{\theta}_{\text{DE Mai}} = [16,0^{\circ}\text{C}]$ ermittelt. Bezogen auf die gültige Referenzperiode 1961 – 1990 [$\overline{\theta}_{\text{DE Mai}} = (12,1^{\circ}\text{C})$], war der Monat April mit $\Delta T = [3,9\text{K}]$ zu warm. Unter Bezugnahme auf den jetzt häufig verwendeten (wärmeren) Zeitraum 1981 – 2010 gab es eine **positive** Abweichung mit $\Delta T = [3,0\text{K}]$. Der Mai 2018 avancierte zu einem der wärmsten Maimonate seit 1881!

Die DWD-Station *Lingen/Emsland* (NI) meldete am 29.05.2018 den bundesweit höchsten Wert mit $T_{\text{max}} = 34,2^{\circ}\text{C}$. Der deutschlandweit niedrigste Monatswert wurde am 02.05. an der DWD-Station *Fassberg* (NI) mit $T_{\text{min}} = [-3,8^{\circ}\text{C}]$ gemessen. Gegenüber dem Mittel 1961 – 1990 wurde in Deutschland für die Monate Januar bis Mai eine positive Abweichung von $\Delta T = 2,6\text{K}$ registriert, die besonders den beiden warmen Monaten April und Mai geschuldet ist.

In Deutschland wurde eine durchschnittliche Niederschlagsmenge von **RR = 50l/m²** ermittelt. Der monatliche Normalwert von $RR = 71l/m^2$ wurde mit rund 30% verfehlt. Die größte Tagesmenge fiel am 24.05. in *Bad-Elster-Sohl* (SN) mit **RR = 151,8l/m²**. Im Norden und Osten Deutschlands fielen teils weniger als **RR = 5l/m²** Regen. Über Gewitter und Unwetter wurde bereits in den Abbildungen berichtet.

Die Sonnenscheinbilanz erreichte im deutschlandweiten Flächendurchschnitt **SO ≈ 275h**, was erheblich über dem langjährigen Mittel von $SO ≈ 196h$ liegt. Im Mittel also rund 40% über Normal. An der Ostseeküste wurden teils bis $SO ≈ 370$ gemessen. In Süddeutschland schien die Sonne teils nur **SO ≈ 180h**.

Wie sah es im Einzelnen in Sachsen aus? In Sachsen kam die Durchschnittstemperatur im April auf **$\overline{\Delta T}_{SN\text{ Mai}} = [16,1^\circ\text{C}]$** . Normal wären $\overline{\Delta T}_{SN\text{ Mai}} = 12,3^\circ\text{C}$ gewesen. Die Abweichung erreichte den positiven Wert von **$\Delta T = [3,8\text{K}]$** . Gegenüber dem langjährigen Mittel 1961 – 1990 wurde in Sachsen für die Monate Januar bis Mai eine positive Abweichung von **$\Delta T = 2,0\text{K}$** registriert.

Beim Niederschlag kam Sachsen auf **RR ≈ 45l/m²**. Bezogen auf das Mittel von $RR = 67l/m^2$, lag Sachsen mit 33% deutlich unter dem Soll. Die Niederschlagsverteilung entwickelte sich völlig ungleichmäßig: Einerseits unterspülte Straßen und Bahnstrecken, andererseits höchste Waldbrandgefahr, wie z.B. in Nordsachsen und in der Lausitz. Der erwünschte Landregen blieb auch im Mai aus.

Beim Sonnenschein kam Sachsen auf **SO ≈ 280h**, und lag damit knapp über dem Deutschlandschnitt. Der langjährige Normwert beträgt für den Mai $SO ≈ 201h$. Das Sonnenscheinplus betrug rund 39%.

Hinweis: In Pkt.3. nimmt der Autor nochmals zu einigen Klimaaspekten Stellung!

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 Mai verlief windmäßig in den Erwartungen, stellte aber auch keine rekordverdächtigen Ergebnisse auf. Der Monatsverlauf ist in [Abb. 29] qualitativ dargestellt und in den [Tab. 6, 7] zahlenmäßig abzulesen.

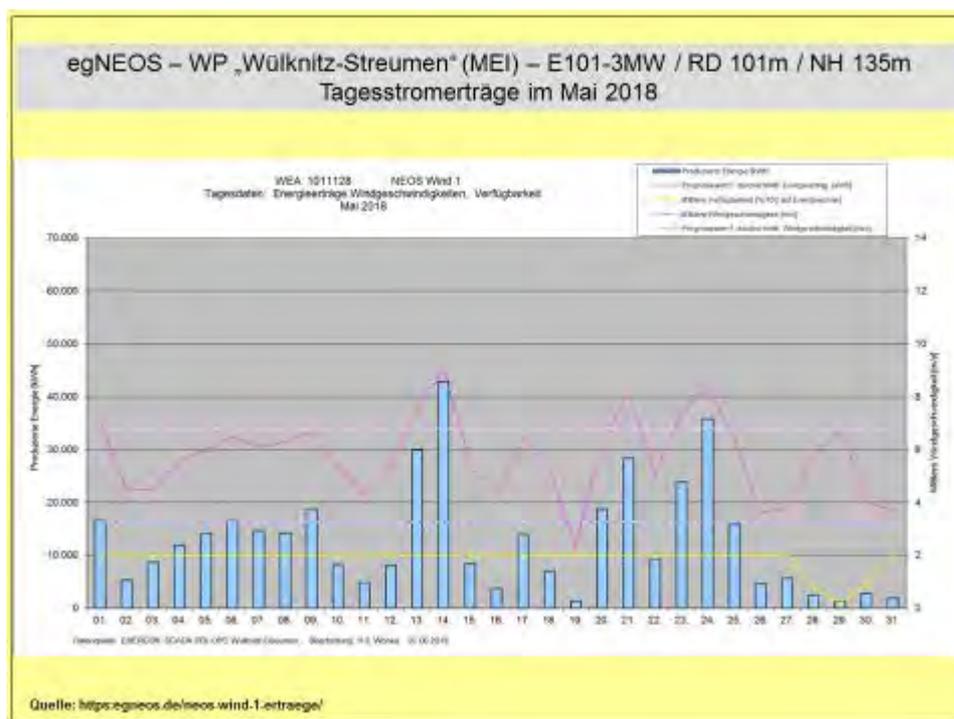


Abb. 29: Monatsübersicht Tages-Stromerträge Mai 2018

Die besten fünf WEA der 3MW-Klasse kommen im Mai auf einen kumulativen Durchschnitt im Stromertrag von $\bar{E}_{1-5} = 4.106.774 \text{ kWh/WEA}$. Diese fünf WEA haben nach fünf Monaten den Jahresstromertrag der 2MW-Referenz-WEA ($E_{\text{Ref Mai 2017}} = 1.254.684 \text{ kWh}$) mit **+227,3%** überboten.

Im Vergleich zum Mai 2018 ($E_{\text{Ref Mai 2018}} = 1.308.905 \text{ kWh}$) ergibt sich ein Vorsprung im Stromertrag von **+213,8%** für die o.g. WEA der 3MW-Klasse.

Die momentan überragende Position nimmt die WEA Typ „Vestas“ V126-3.3MW/NH137m im WP „Sohland a.R.“ (GR) mit **4.280.695 kWh** ein. Allerdings beträgt der Vorsprung gegenüber der „Vestas“ V126-3.3MW/NH137m im WP „Wülknitz-Streumen“ (MEI) nur 23.692 kWh, denn die genannte WEA erreichte kumulativ $E_{1-5} = 4.257.003 \text{ kWh}$.

Nach fünf 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. 33, 34] erkennen lässt. Trotzdem lassen die bisherigen Stromerträge erwarten, dass auch 2018 die Schwelle von 10.000.000 kWh/a erreicht, bzw. übertroffen wird.

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

WP „Silberberg“ GRM-Mutzschen (L):

01.05.:	e = (22.007 – 28.203) kWh/d	Øe = 24.913 kWh/(WEA*d)
13.05.:	e = (19.889 – 26.699) kWh/d	Øe = 24.078 kWh/(WEA*d)
19.05.:	e = (187 – 260) kWh/d	Øe = 235 kWh/(WEA*d)
24.05.:	e = (13.571 – 30.050) kWh/d	Øe = 23.768 kWh/(WEA*d)
26.05.:	e = (1.010 – 1.383) kWh/d	Øe = 1.274 kWh/(WEA*d)

WP „Naundorf I“ (TDO):

01.05.:	e = (12.405 – 15.267) kWh/d	Øe = 13.789 kWh/(WEA*d)
14.05.:	e = (12.452 – 17.328) kWh/d	Øe = 14.817 kWh/(WEA*d)
19.05.:	e = (44 – 197) kWh/d	Øe = 127 kWh/(WEA*d)
24.05.:	e = (9.307 – 13.596) kWh/d	Øe = 11.645 kWh/(WEA*d)

Mit dem Prädikat „Ausgeglichenheit“ konnte der Mai insoweit punkten, dass die meisten Tage bestenfalls mit mäßigen Windfeldern aufwarteten. Im WP „Silberberg“ speisten die WEA am 01./13./24.05. die jeweils größten Tagesmengen an Strom ein. Im WP „Naundorf I“ waren es die Tage 01./14.05. mit den jeweils höchsten Stromeinspeisungen. Ausgesprochen wind-schwach war der 19.05.2018. Dieser Tag wurde nicht versorgungswirksam. Aufgrund der schwächeren Windverhältnisse im Mai, trat der WP „Silberberg“ GRM-Mutzschen erneut positiv in Erscheinung.

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

$$\text{Øe}_{\text{WP „Silberberg“ (1-5)}} = 2.333.770 \text{ kWh/WEA}$$

$$\text{Øe}_{\text{WP „Naundorf I“ (1-5)}} = 1.369.567 \text{ kWh/WEA}$$

Der WP „Silberberg“ speiste, bezogen auf den WP „Naundorf I“, nach vier Monaten die **1,70**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“ GRM-Mutzschen (L) mit acht WEA der 2MW-Klasse wäre theoretisch im Mai die folgende Windstrommenge möglich gewesen:

$$\begin{aligned} E_{\text{theo max}} &= 11.904.000 \text{ kWh/mth} \\ E_{\text{real}} &= 2.564.972 \text{ kWh/mth} \end{aligned}$$

$$E_{\text{theo max 1-5}} = 57.984.000 \text{ kWh/5 Monate}$$

Der Monatsrealertrag fällt geringer aus. Die aus den o.g. Daten berechenbare Monatseffizienz beträgt **$p_{\text{eff}} = 21,55\%$** !

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

$$\begin{aligned} E_{\text{theo max}} &= 7.440.000 \text{ kWh/mth} \\ E_{\text{real}} &= 693.254 \text{ kWh/mth} \end{aligned}$$

$$E_{\text{theo max 1-5}} = 36.240.000 \text{ kWh/5 Monate}$$

Die aus den o.g. Daten berechenbare Monatseffizienz beträgt **$p_{\text{eff}} = 9,32\%$** !

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“, was sich im Mai sehr gut kristallisiert.

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	21,55								32,20
WP Naundorf I	35,45	11,64	21,91	15,35	9,32								18,90

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

Die Referenz-WEA Vestas V80-2MW/NH67m erzeugte im Mai **131.326 kWh**. Das entspricht einer Effizienz von 8,83% der theoretisch möglichen Strommenge. Die beste WEA im WP „Silberberg“ schaffte bei gleicher Leistung 25,65%, bzw. die **2,91fache** Monatsstrommenge, ein Ergebnis, welches z.B. mit der E82-2MW/NH138m im WP „Bockwitz“ (L) mit 30,79%, bzw. dem **3,49fachen** klar übertroffen wurde.

Auch bei den schwächeren Windverhältnissen im Mai, konnten die WEA der 3MW-Klasse deren Leistungsfähigkeit unter Beweis stellen. Acht von 23 WEA, die ins Monitoring einbezogen sind, erzeugten eine Strommenge, die je 500.000kWh überstieg. Die drei besten WEA markierten in den WP's „Sohland a.R.“ (GR) [686.729/575.630]kWh, „Wülknitz-Streumen“ (MEI) [646.170]kWh. Gegenüber der Referenz-WEA entsprechen diese Einspeisungen dem **5,23/4,38 bzw. 4,92fachen!**

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 fünf Monaten zwischen der besten 3MW-WEA und der Referenz-WEA $\Delta E = 2.971.790 \text{ kWh}$ 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.

Leider behindern die Regionalen Planungsverbände (RPV) immer wieder die Umsetzung technologischer Entwicklungen. Ein Paradebeispiel dieser Art realisiert sich derzeit in der Errichtung einer WEA vom Typ **SWT-3.6-130**. Für diese Maschine mit einem Rotordurchmesser von **RD = 130m** wurde lediglich eine Nabhöhe **NH = 85m** genehmigt.

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 Nabhöhen 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.

Erstmalig wurden in Sachsen im März 2018 drei Genehmigungen für WEA mit einer Nabhöhe von **NH = 166m** erteilt! Es besteht die berechnete Erwartung, dass diese Maschinen bis zum Jahresende 2018 in Betrieb gehen.

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

WEA Typ/Standort	Monat Mai E in [kWh]	WEA Typ/Standort	Jahresergebnis E _{kum} in [kWh]
1. E82-2MW/NH138m Bockwitz (L)	458.189	1. E82-2MW/NH138m Bockwitz (L)	2.909.748
2. E82-2.3MW/NH138m Sornzig/Ablaß/Jeese.	413.909	2. E82-2,3MW/NH138m Sornzig/Ablaß/Jeese.	2.848.495
3. V90-2MW/NH125m Sitten (FG)	408.875	3. E81-2MW/NH108m Saidenberg (ERZ)	2.680.241
4. E82-2MW/NH108m Saidenberg (ERZ)	384.696	4. E82-2MW/NH138m Löbau (GR)	2.657.762
5. V90-2MW/NH105m Sohland a.R. (GR)	357.317	5. V90-2MW/NH105m Silberberg (GRM)	2.641.690
6. E82-2MW/NH138m Erlau (FG)	351.140	6. V90-2MW/NH125m Sitten (FG)	2.564.449
7. E82-2,3MW/NH138m SN (unbenannt 4)	343.305	7. E82-2,3MW/NH138m SN (unbenannt 4)	2.510.263
8. MM92-2MW/NH100m Mißlareuth (V)	331.027	8. E82-2MW/NH138m Erlau (FG)	2.486.216
9. E82-2MW/NH138m Löbau (GR)	325.581	9. E82-2,3MW/NH138m SN (unbenannt 3)	2.444.801
10. E82-2.3MW/NH138m SN (unbenannt 3)	321.837	10. V90-2MW/NH105m Sohland a.R. (GR)	2.409.734
11. V90-2MW/NH105m Silberberg (GRM)	304.938	11. MM92-2MW/NH100m Mißlareuth (V)	2.248.899
12. MM92-2MW/NH80m DL-Mochau (FG)	278.847	12. MM92-2MW/NH100m Mark-Sahnau (Z)	2.070.550
13. MM92-2MW/NH100m Mark-Sahnau (Z)	248.429	13. MM92-2MW/NH80m DL-Mochau (FG)	1.952.468
R. V80-2MW/NH67m Naundorf (TDO)	131.326	R. V80-2MW/NH67m Naundorf (TDO)	1.308.905,

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

Anmerkung:

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

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

WEA Typ/Standort	Monat Mai E in [kWh]	WEA Typ/Standort	Jahresergebnis E _{kum} in [kWh]
1. V126-3.3MW/NH137m Sohland a.R. 3 (GR)	686.729	1. V126-3.3MW/NH137m Sohland a.R. (GR)	4.280.695
2. V126-3.3MW/NH137m Sohland a.R. 2 (GR)	646.170	2. V126-3.3MW/NH137m Streumen 15 (MEI)	4.257.003
3. V126-3.3MW/NH137m Streumen 14 (MEI)	575.630	3. 3.4M114/NH143m Mark-Sahnau (Z/TH)	4.131.285
4. V126-3.3MW/NH137m Streumen 15 (MEI)	539.471	4. V126-3.3MW/NH137m Streumen 14 (MEI)	4.003.478
5. E101-3MW/NH135m Erzgebirge	526.786	5. V126-3.3MW/NH137m Sohland a.R. 2 (GR)	3.861.407
6. V126-3.3MW/NH137m RIE-Mautitz 16 (MEI)	525.681	6. E101-3MW/NH135m Erzgebirge	3.720.011
7. 3.4M114/NH143m Mark-Sahnau (Z/TH)	517.358	7. 3.2M114/NH143m Mark-Sahnau (Z)	3.683.639
8. E101-3MW/NH135m RIE-Mautitz 8 (MEI)	509.482	8. V126-3.3MW/NH149m Streumen 16 (MEI)	3.603.375
9. V112-3MW/NH140m Thierfeld (Z)	492.862	9. E101-3MW/NH135m Erlau (FG)	3.597.556
10. 3.2M114/NH93m SN (unbenannt 6)	491.764	10. 3.2M114/NH93m SN (unbenannt 6)	3.548.145
11. V112-3.3MW/NH140m Lippoldsrh 3 (Z)	489.231	11. E101-3MW/NH135m RIE-Mautitz 7 (MEI)	3.530.575
12. 3.2M114/NH143m Mark-Sahnau (Z)	481.968	12. E101-3MW/NH135m RIE-Mautitz 8 (MEI)	3.499.064
13. V112-3MW/NH140m SN (unbenannt 9)	471.734	13. V112-3.3MW/NH140m Lippoldsrh 3 (Z)	3.441.068
14. E101-3MW/NH135m RIE-Mautitz 7 (MEI)	463.501	14. 3.2M114/NH93m SN (unbenannt 1)	3.419.138
15. 3.2M114/NH93m SN (unbenannt 5)	450.878	15. V112-3.3MW/NH140m Lippoldsrh 1 (Z)	3.403.364
16. V112-3MW/NH140m SN (unbenannt 10)	441.508	16. V112-3MW/NH140m SN (unbenannt 9)	3.276.812
17. E101-3MW/NH135m Erlau (FG)	413.909	17. V112-3MW/NH140m Thierfeld (Z)	3.228.888
18. SWT-3.2MW/NH91m SN (unbenannt 12)	404.578	18. V112-3MW/NH140m SN (unbenannt 10)	3.158.664
19. SWT-3.2MW/NH89m SN (unbenannt 11)	389.750	19. SWT-3.2MW/NH89m SN (unbenannt 11)	3.094.178
20. V112-3.3MW/NH140m Lippoldsrh 1 (Z)	384.277	20. SWT-3.2MW/91m SN (unbenannt 12)	3.058.329
21. SWT-3.2MW/NH91m SN (unbenannt 13)	307.558	21. V112-3.3MW/NH140m Lippoldsrh 2 (Z)	3.034.884
22. SWT-3.2MW/NH91m SN (unbenannt 12)	287.359	22. SWT-3.2MW/NH91m SN (unbenannt 13)	2.998.253
23. SWT-3.2MW/NH91m SN (unbenannt 13)	266.539	23. E101-3MW/NH135m Streumen (MEI)	2.850.024
R. V80-2MW/NH67m Naundorf (TDO)	131.326	R. V80-2MW/NH67m Naundorf (TDO)	1.308.905

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

WP „Silberberg“ 01.01.-31.05.	Strommenge WP in [kWh]	Anteil in [%]	Strommenge beste WEA in [kWh]	Anteil in [%]
2008	23.736.092	100	3.147.486	100
2009	19.445.837	81,93	2.549.111	80,99
2010	17.051.292	71,84	2.251.227	71,52
2011	18.421.405	77,61	2.098.700	78,51
2012	21.296.137	89,72	2.471.203	87,94
2013	16.079.566	67,74	2.183.711	69,38
2014	18.992.348	80,01	2.659.821	84,51
2015	19.704.038	83,01	2.651.278	84,23
2016	18.394.936	77,50	2.554.009	81,14
2017	18.374.338	77,41	2.465.381	78,33
2018	18.670.160	78,66	2.641.690	83,93

Tab. 4: Vergleich der Windstromerträge 01.01. – 31.05.2018 für den WP „Silberberg“ (Grimma/L)

WP „Naundorf I“ 01.01.-31.05.	Strommenge WP in [kWh]	Anteil in [%]	Strommenge Referenz- WEA in [kWh]	Anteil in [%]
2008	9.607.645	100	1.874.836	100
2009	6.555.360	68,23	1.253.294	66,85
2010	6.616.720	67,83	1.227.250	65,46
2011	6.915.451	71,98	1.334.357	71,17
2012	8.983.926	93,51	1.770.248	94,42
2013	6.546.446	68,14	1.246.984	66,51
2014	6.966.684	72,51	1.327.279	70,79
2015	7.736.831	80,53	1.578.748	84,21
2016	7.046.416	73,34	1.412.414	75,34
2017	6.215.925	64,70	1.254.684	66,92
2018	6.847.834	71,27	1.308.905	69,81

Tab. 5: Vergleich der Windstromerträge 01.01. – 31.05.2018 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 Mai-Werte rund **78,7** bis **83,9%**. Im WP „Naundorf I“ (Tab. 5) kommen die kumulierten Stromerträge auf rund **71,3** bis **69,8%**. Insbesondere drückt der Februar das kumulative Prozentual-Ergebnis nach unten. Gegenüber dem April konnte ein leichter Anstieg registriert werden. Zusätzlich häufen sich auch Maschinen-Ausfälle, die leider öfters nicht in sehr kurzer Zeit behoben werden, da entweder Krankkapazitäten oder Ersatzteile nicht verfügbar sind.

Die [Abb. 30] 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 Mai **$\Delta E \triangleq [+101,8\%]$** !

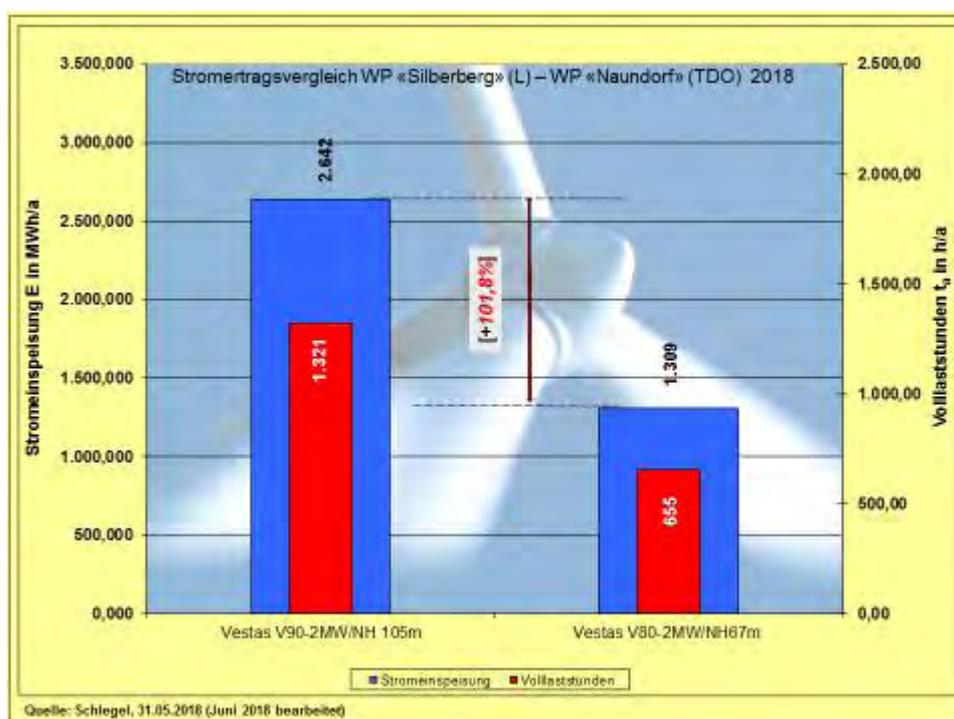


Abb. 30: Stromertragsvergleich V90-2MW/NH105m – V80-2MW/NH67m (Referenz-WEA)

Mit [Abb. 31, 32] 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 fünften Jahresmonat einen kumulativen Ertragsvorsprung in Höhe von **$\Delta E \triangleq [+215,6\%]$** . Die WEA V126-3.3MW/NH137m [WP „Wülknitz-Streumen“ (MEI)] schaffte einen Ertragsvorsprung von **$\Delta E \triangleq [+225,2\%]$** .

Auch die kumulativ von 1 bis 10 stehenden 3MW-WEA, die im Durchschnitt bei **3.868.659kWh** liegen, kommen auf ein Plus von **$\Delta E \triangleq [+195,6\%]$** .

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.

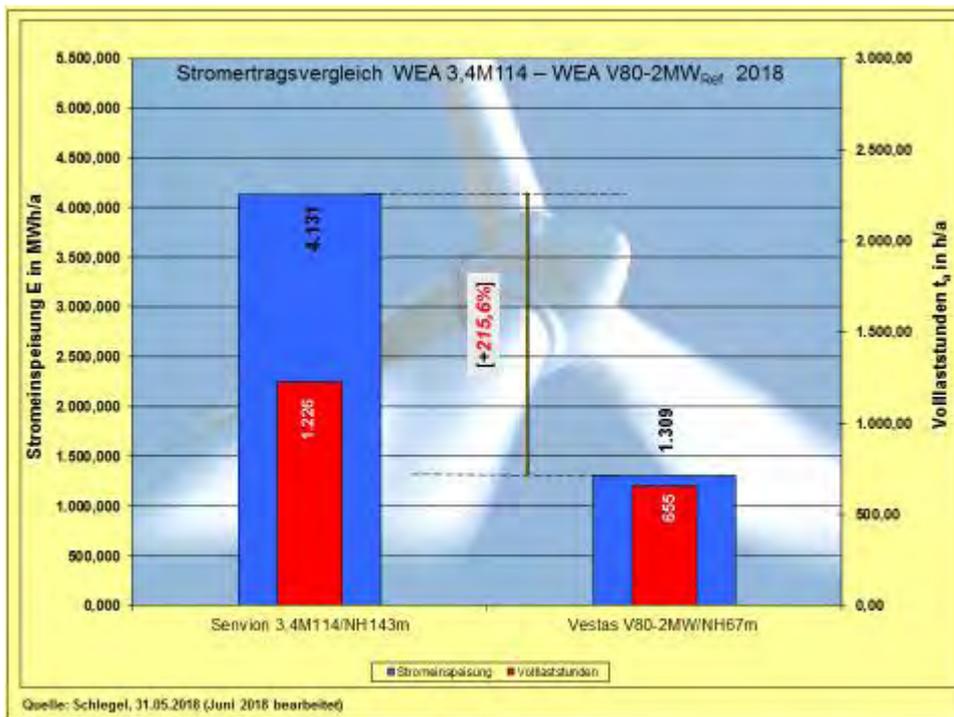


Abb. 31: Stromertragsvergleich WEA-3.4M114/NH143m - V80-2MW/NH67m (Referenz-WEA)

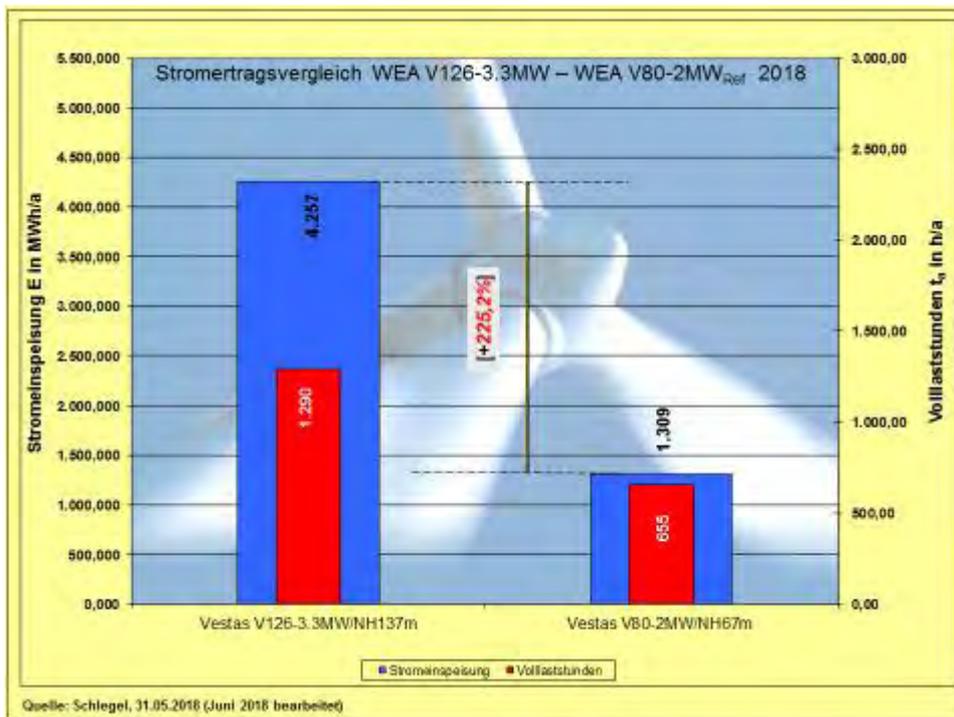


Abb. 32: Stromertragsvergleich WEA-V126-3.3MW/NH137m - V80-2MW/NH67m (Referenz-WEA)

Die [Abb. 33] 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.

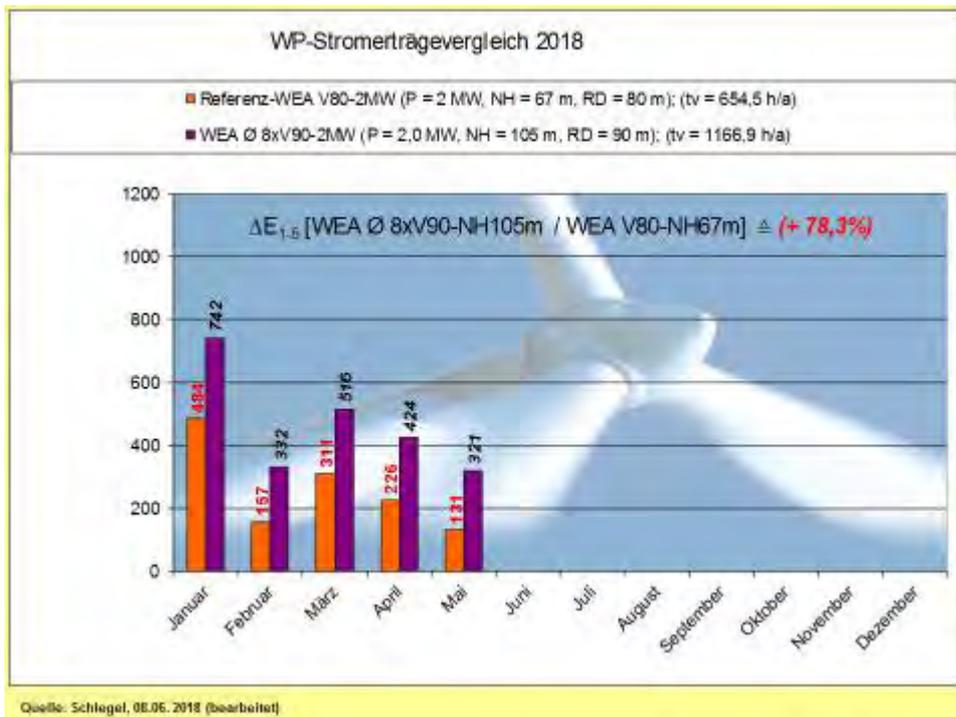


Abb. 33: Monatsstromertre-Vergleich in MWh, (Volllaststunden pro Jahr als Realertrag) Referenz-WEA V80 mit Durchschnitt des WP „Silberberg“

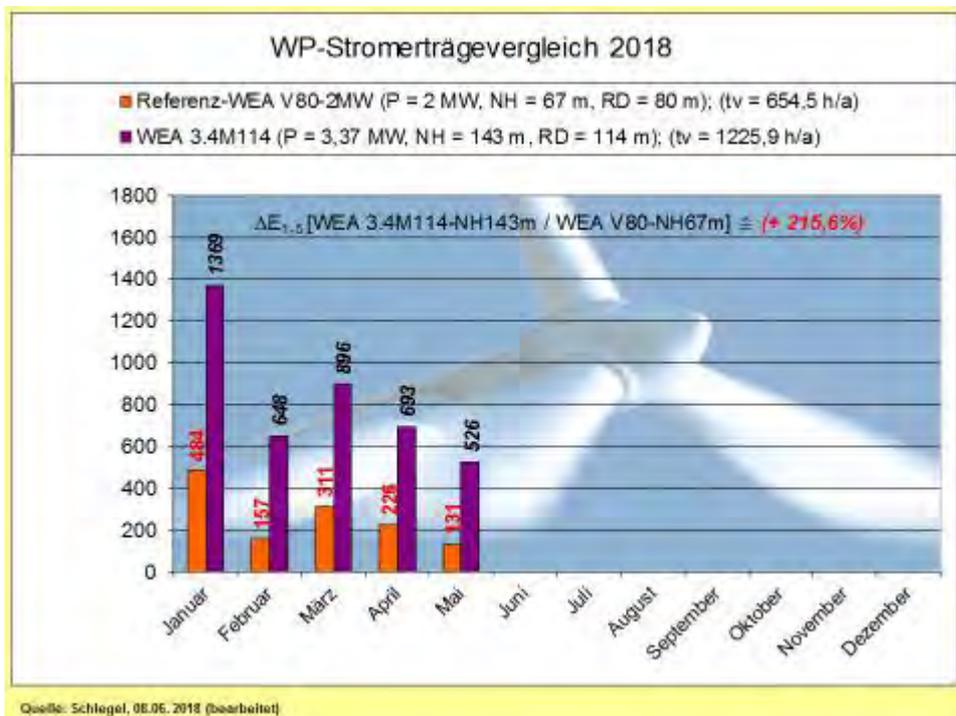


Abb. 34: Monatsstromertre-Vergleich in MWh, (Volllaststunden pro Jahr als Realertrag) Referenz-WEA V80-2MW mit 3.4M114/NH143m

Das Diagramm [Abb. 34] bietet den direkten monatlichen Vergleich zwischen zwei WEA: 3.4M114/NH143m und V80-2MW/NH67m. Die monatlichen Differenzen sind gut sichtbar und fallen immer groer Faktor 2 zugunsten der 3.4M114 aus. Diese Aussage gilt pauschal fur die gesamte 3MW-Klasse.

Nachfolgend die Grafiken der Stromerträge in den [Abb. 35 bis 46] sowie dazugehörige verbale Ausführungen. Die Daten der Referenz-WEA sind nur in den [Abb. 35 und 36] 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.

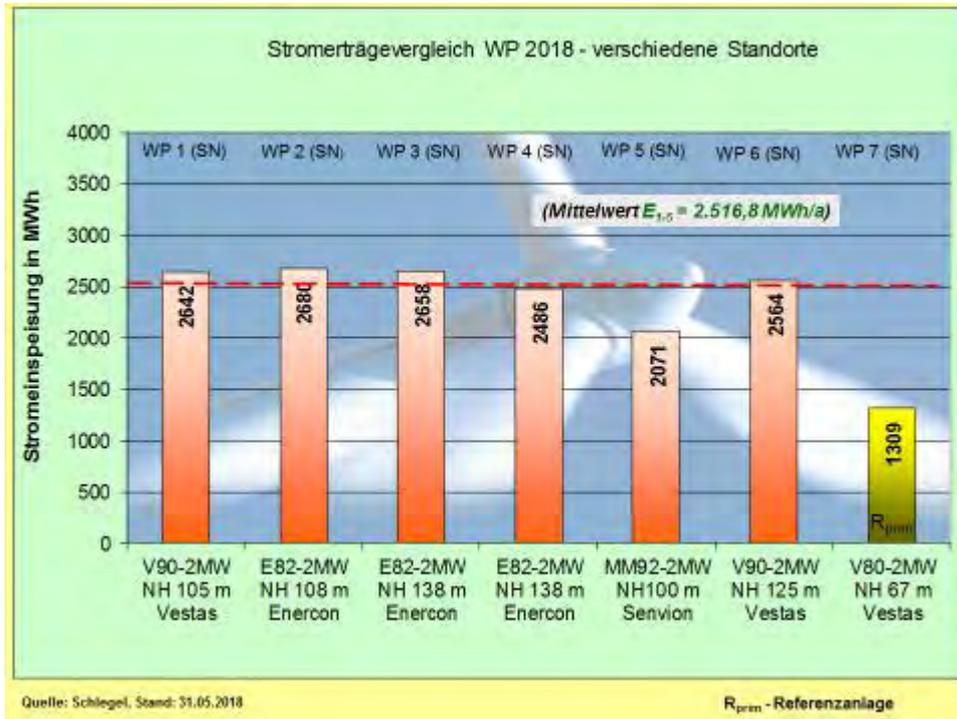


Abb. 35: Stromerträge-Vergleich von WEA im Sachsenquerschnitt (Mai)

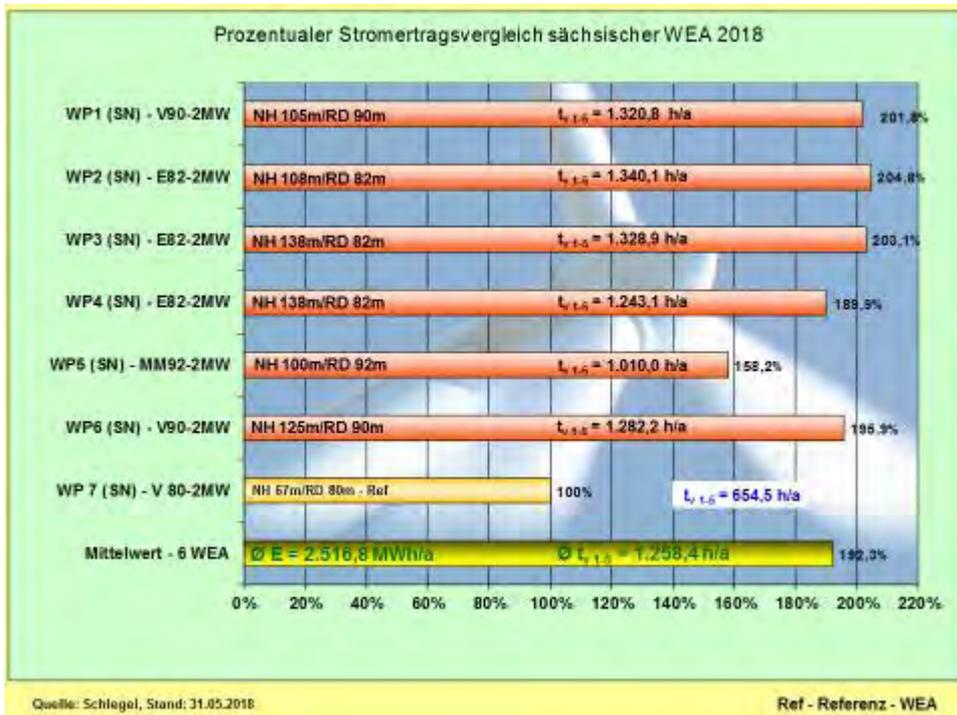


Abb. 36: Stromerträge-Vergleich - prozentual und nach Volllaststunden (Mai)

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.

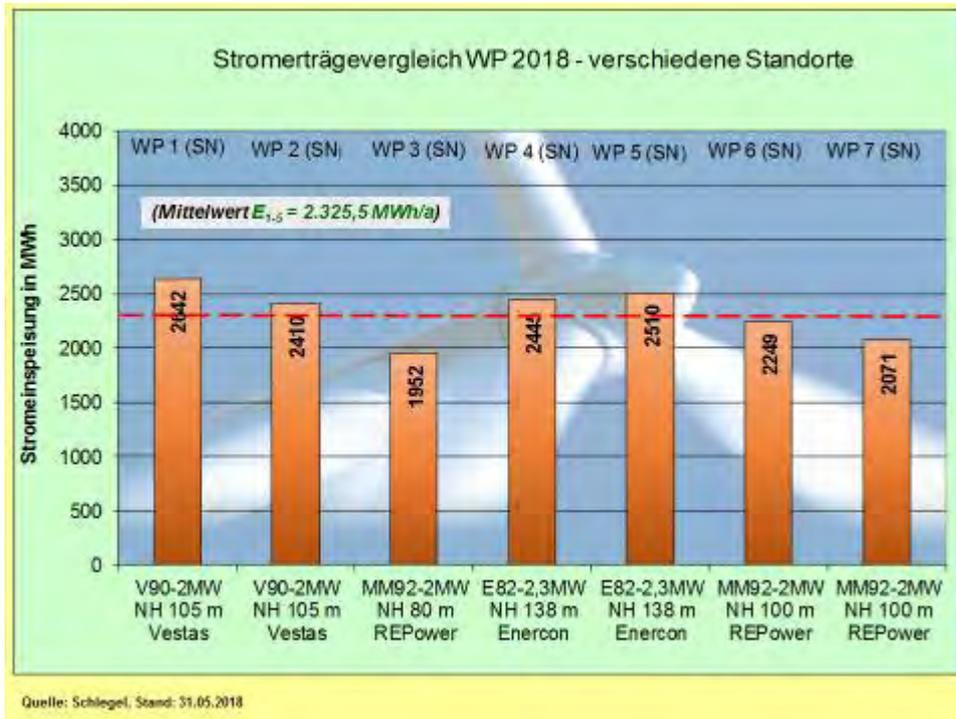


Abb. 37: Stromerträge-Vergleich von WEA im Sachsenquerschnitt (Mai)

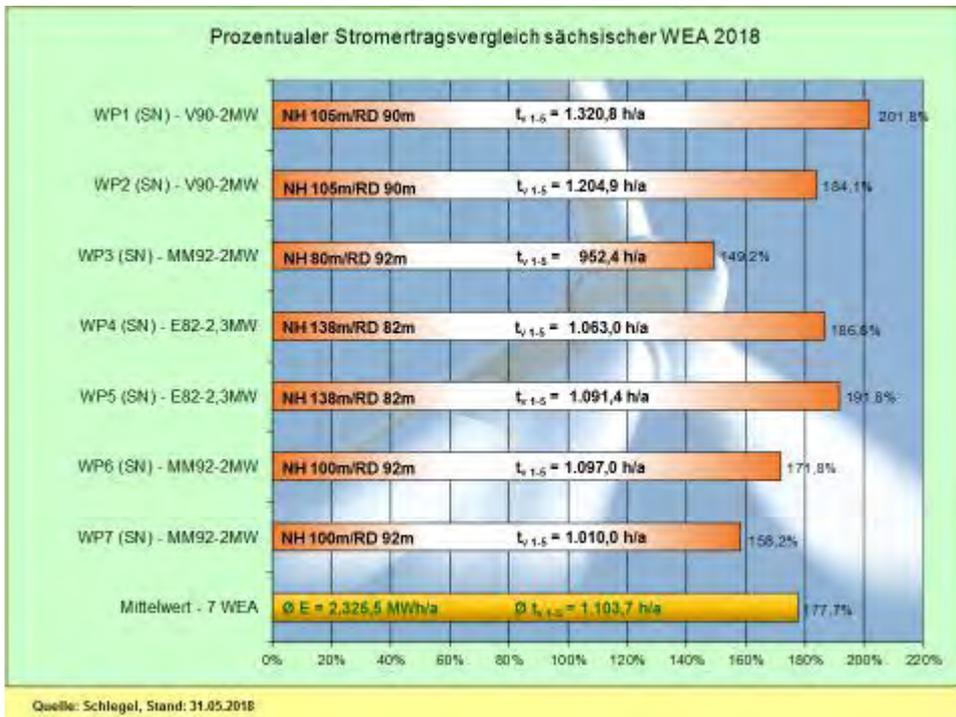


Abb. 38: Stromerträge-Vergleich - prozentual und nach Volllaststunden (Mai)

Die [Abb. 37 und 38] 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.

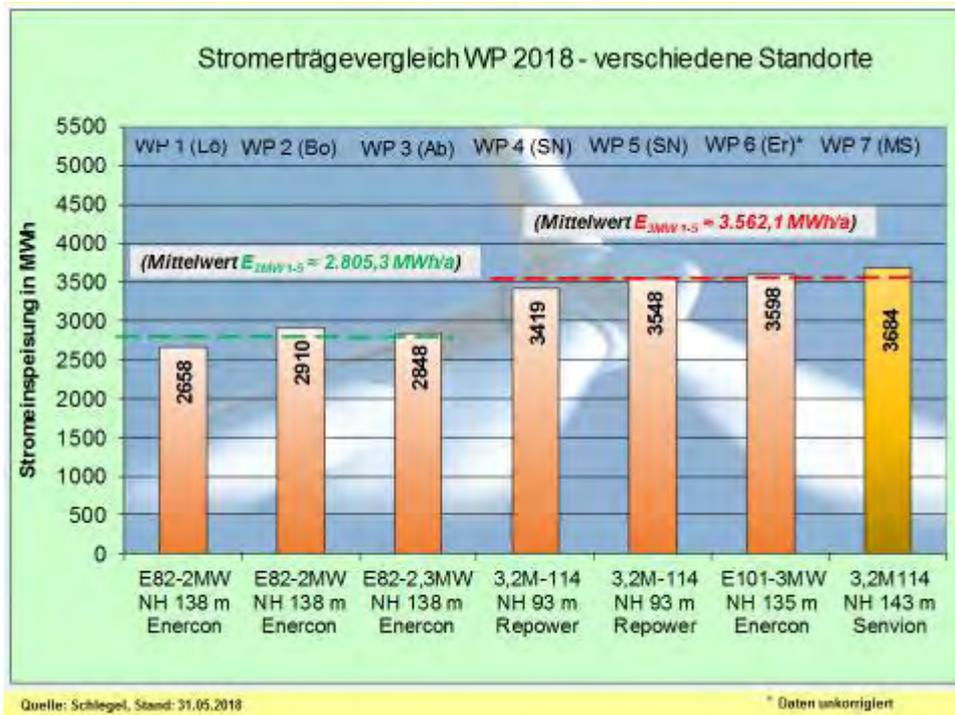


Abb. 39: Stromerträge-Vergleich – 2MW-Klasse mit 3MW-Klasse (Mai)

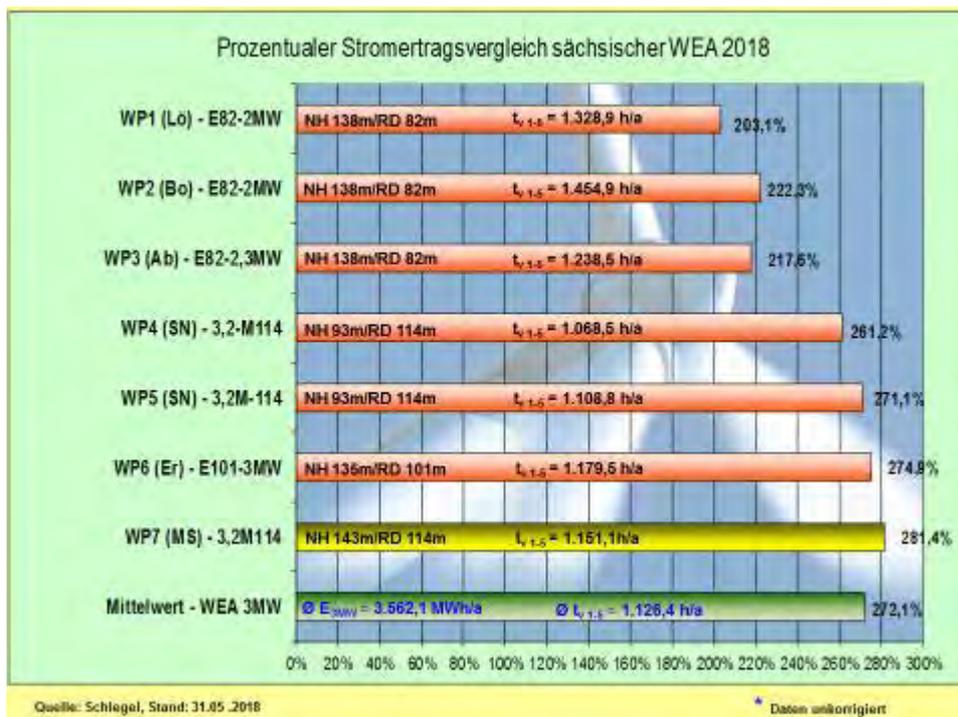


Abb. 40: Stromerträge-Vergleich - prozentual und nach Volllaststunden (Mai)

Die [Abb. 39 und 40] beinhalten zwei WEA an unbenannten Standorten [WP4], [WP5] in Mittelsachsen. In den Grafiken [Abb. 39 und 40] 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.

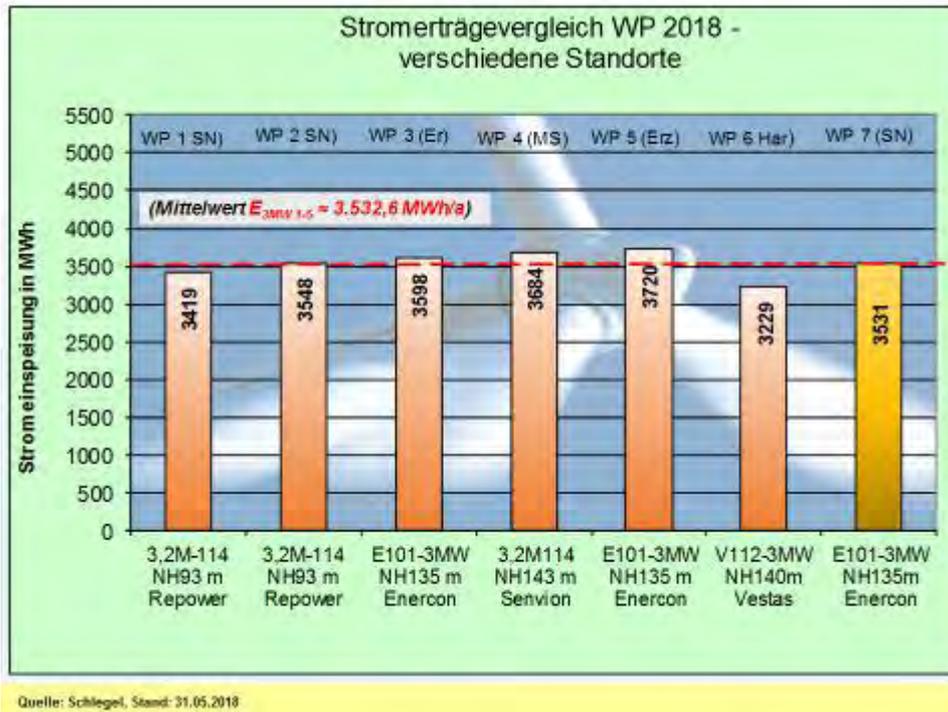


Abb. 41: Stromerträge-Vergleich– 3MW-Klasse (Mai)

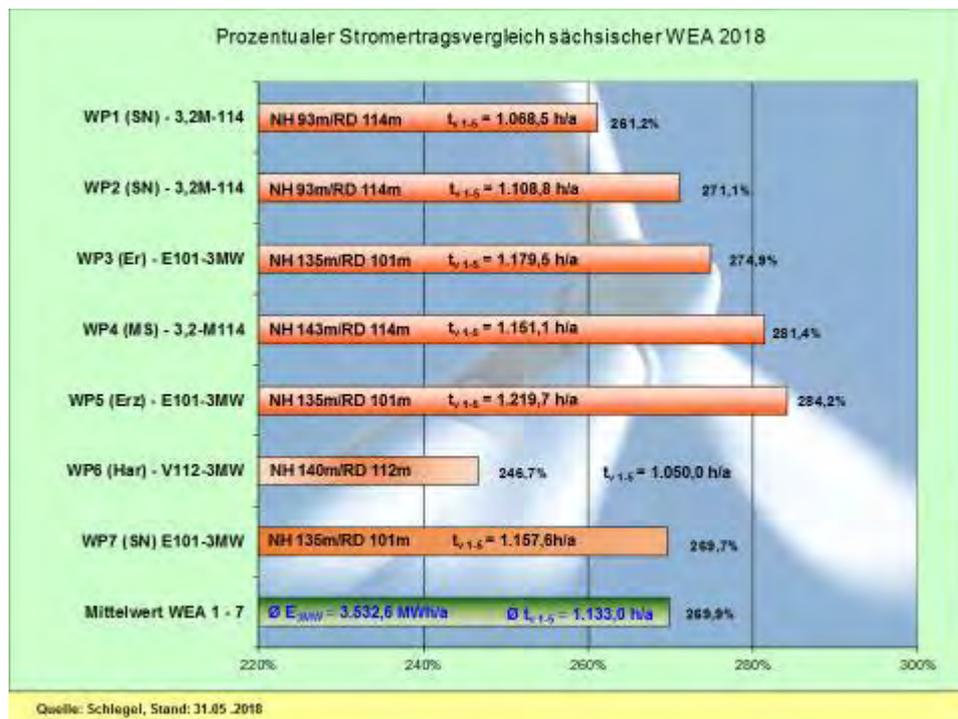


Abb. 42: Stromerträge-Vergleich 3MW-Klasse - prozentual und nach Volllaststunden (Mai)

Die [Abb. 41 und 42] sowie [Abb. 43 und 44] gehören zur Erweiterung der Studie, da mehrere WEA der 3MW-Klasse verfügbar sind. Die beste WEA in ERZ E101-3MW/NH135m [Abb. 41] erzeugte 3.720.011kWh.

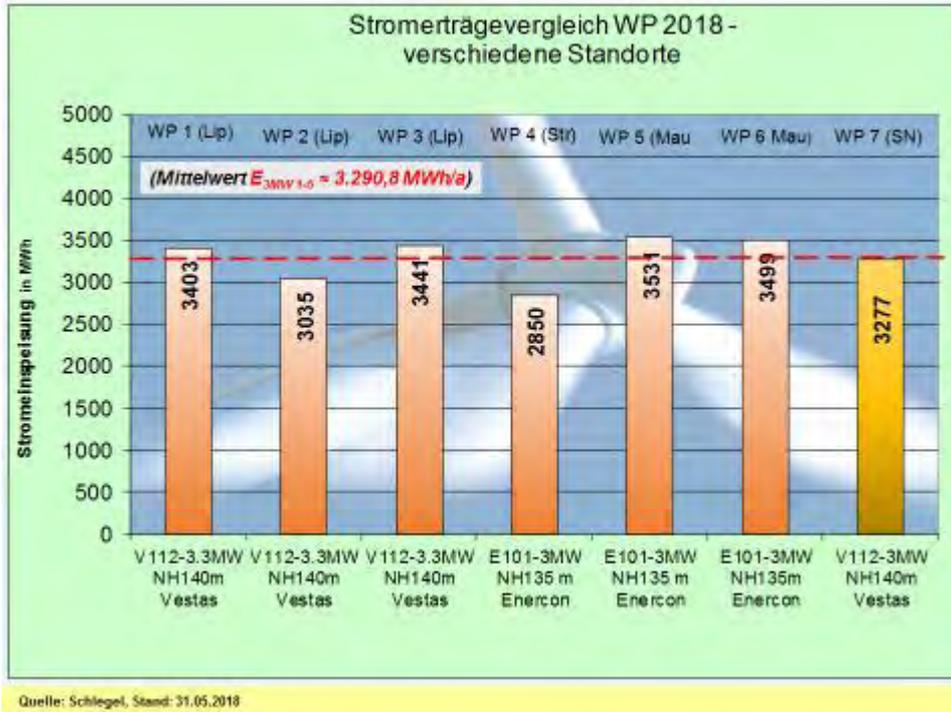


Abb. 43: Stromerträge-Vergleich – 3MW-Klasse (Mai)

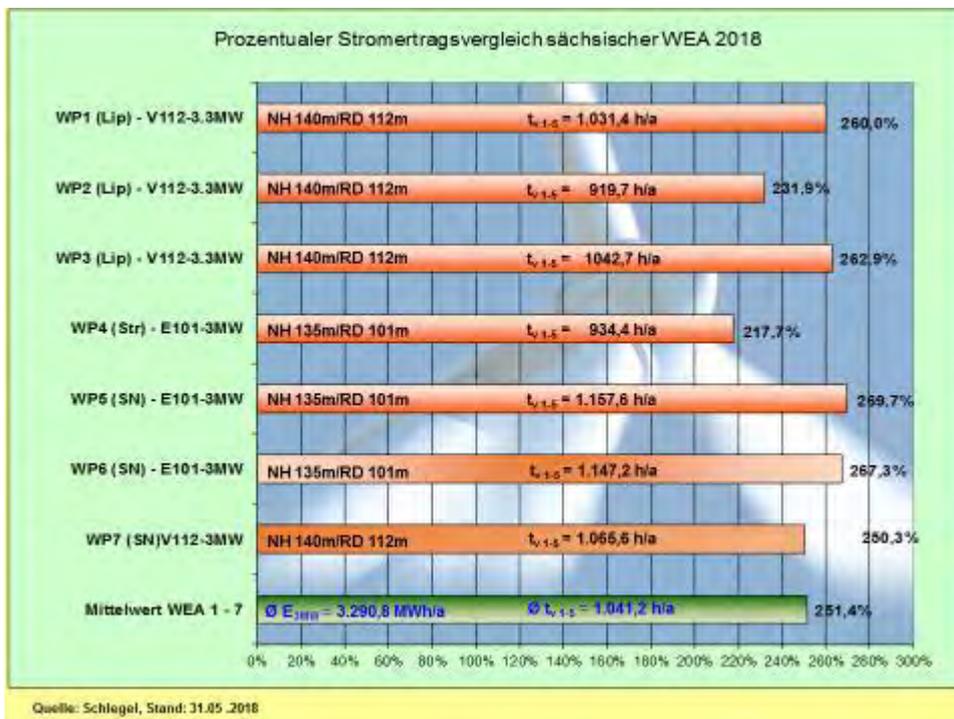


Abb. 44: Stromerträge-Vergleich - prozentual und nach Volllaststunden (Mai)

Das Balkendiagramm [Abb. 45] 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.

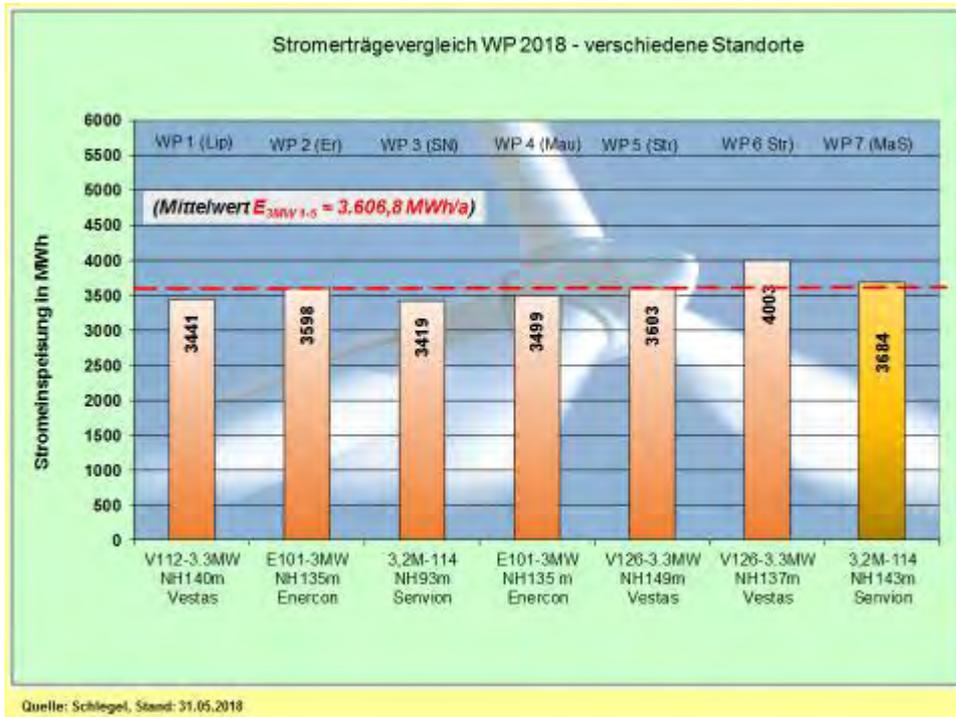


Abb. 45: Stromerträge-Vergleich – 3MW-Klasse (Mai)

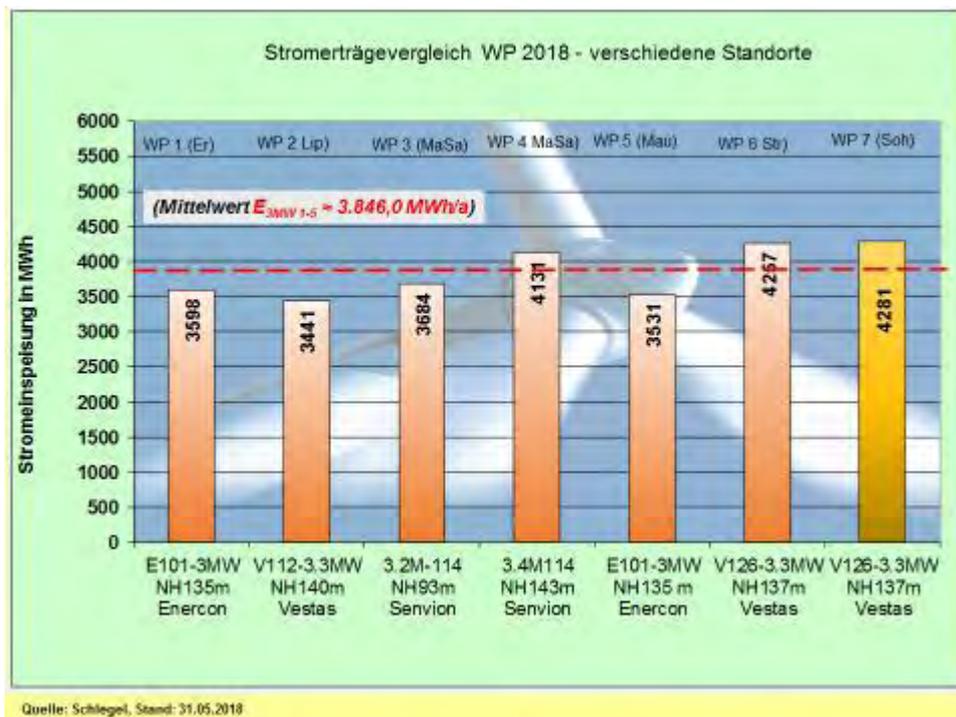


Abb. 46: Stromerträge-Vergleich – 3MW-Klasse (Mai)

Das Balkendiagramm [Abb. 46] kommt ab 2018 hinzu und beinhaltet sieben WEA mit Nennleistungen von $P = (3.050 - 3.370)$ kW. Die Maschinen [WP7], [WP6], [WP4] führen gegenwärtig

tig das Ranking an, da diese WEA bereits >4.100MWh/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. 47] 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.

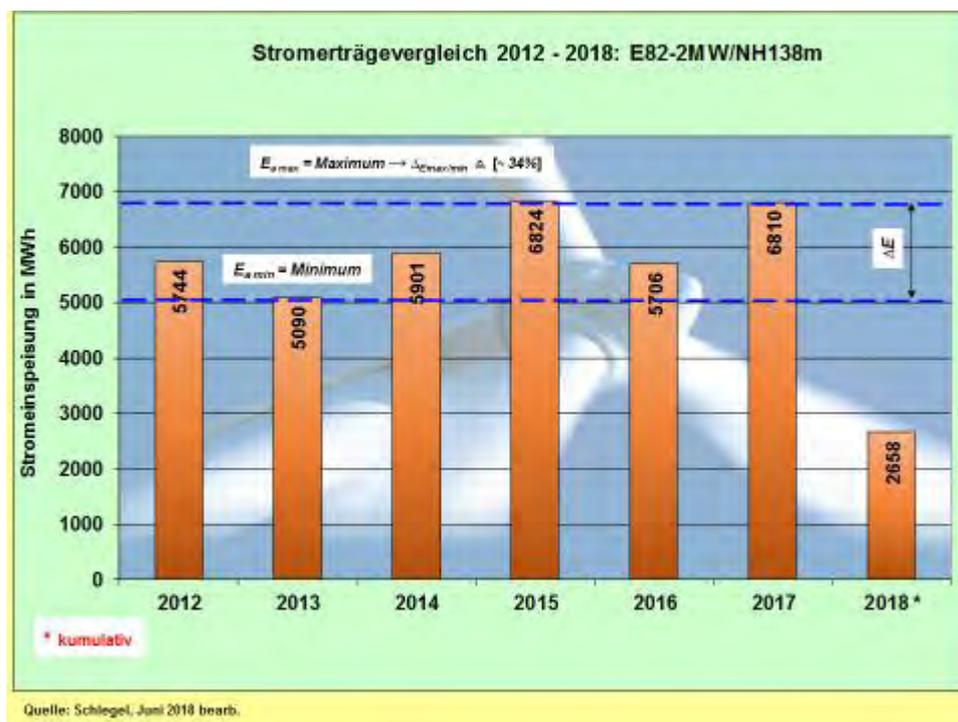


Abb. 47: Stromerträge-Vergleich über 6 Jahre

Das Balkendiagramm [Abb. 48] 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, einschließlich der fehlenden Nabenhöhe von NH = 149m geschuldet ist.

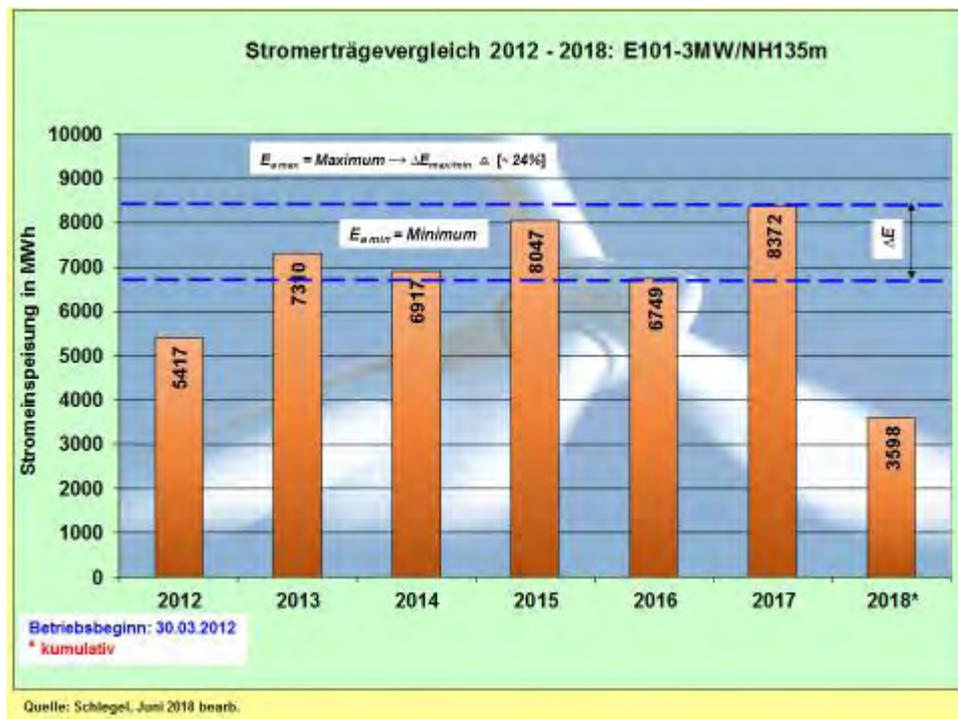


Abb. 48: Stromerträge-Vergleich 3MW-WEA über 6 Jahre

Ein direkter Vergleich von 11/39 in Betrieb befindlichen 3MW-WEA im Mai 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	2.269.200	539.471	23,77
WP SN (unbenannt) W1:3,2M114/93m	2.380.800	492.862	20,70
WP SN (unbenannt) W2:3,2M114/93m	2.380.800	489.231	20,55
WP Mark-Sahnau 3,2M114/143m	2.380.800	509.482	21,40
WP Mark-Sahnau 3,4M114/143m	2.507.280	525.681	20,97
WP Thierfeld V112-3MW/140m	2.287.800	389.750	17,04
WP Erzgebirge) E101-3MW/135m	2.269.200	526.786	23,21
WP Lippoldsrüh V112-3.3MW/140m	2.455.200	471.734	19,21
WP RIE-Mautitz E101-3MW/135m	2.269.200	450.878	19,87
WP Streumen V126-3.3MW/137m	2.455.200	646.170	26,32
WP Sohland a.R. V126-3.3MW/137m	2.455.200	686.729	27,97

Tab. 6: Vergleich der Monatseffizienz (Mai) 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 Mai die monatliche Effizienz der 3MW-Klasse zwischen (17,0 – 28,0) % und bewegt sich unterhalb der Größenordnung der besten WEA (30,8%) im WP „Bockwitz“ (L). Grundsätzlich ist zu beachten, dass zwischen den WP-Standorten die Standortqualität so verschieden ist, dass auch die WEA der 3MW-Klasse die Nachteile nicht ausgleichen können.

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

WEA-Typ	Stromertrag ΣE_{1-5} in [kWh]	WEA-Typ	Stromertrag ΣE_{1-5} in [kWh]	Differenz ΔE in [%]
WP Erlau E101-3MW/135m	3.597.556	WP Erlau E82-2MW/138m	2.486.216	+44,7
WP Erlau E101-3MW/135m	3.597.556	WP Silberberg V90-2MW/105m	2.641.690	+36,2
WP Erlau E101-3MW/135m	3.597.556	WP SN (unbenannt) 3.2M114/93m	3.548.145	+1,4
WP Mark-Sahnau 3.2M114/143m	3.683.639	WP SN (unbenannt) 3.2M114/93m	3.548.145	+3,8
WP Mark-Sahnau 3.2M114/143m	3.683.639	WP Silberberg V90-2MW/105m	2.641.690	+39,4
WP SN (unbenannt) 3.2M114/93m	3.548.145	WP Silberberg V90-2MW/105m	2.641.690	+34,3
WP Streumen V126-3.3MW/137m	4.257.003	WP Silberberg V90-2MW/105m	2.641.690	+61,1
WP Erzgebirge E101-3MW/135m	3.720.011	WP Silberberg V90-2MW/105m	2.641.690	+40,8
WP Mark-Sahnau 3.4M114/143m	4.131.285	WP Mark-Sahnau MM92-2MW/100m	2.070.550	+99,5
WP Mark-Sahnau 3.4M114/143m	4.131.285	WP Streumen V126-3.3MW/137m	4.257.003	-2,95
WP Sohland a.R. V126-3.3MW/137m	4.280.695	WP Sohland a.R. V90-2MW/105m	2.409.734	+77,7

Tab. 7: Prozentualer Vergleich zwischen ausgewählten WEA der 3MW- und 2MW-Klasse (5 Monate)

Der Unterschied im Stromertrag am Standort WP „Erlau“ zwischen der E101-3MW/NH135m und der E82-2MW/NH138m beträgt **44,7%**. Der theoretische Wert von rund 52%, der sich rein rechnerisch aus der RD-Differenz ergibt, wurde in der Vergangenheit meist übertroffen. Nach den ersten fünf Monaten ergibt sich eine Verschiebung nach unten. Die mögliche Erklärung kann in der Häufung einer abweichenden Windrichtung (östlich) vermutet werden. Gegenüber der besten WEA im WP „Silberberg“ beträgt der Vorsprung **36,2%**. 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 Nabenhöhenunterschied von 30m, sondern nur der relative Nabenhöhenunterschied 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 **+99,5%** 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 Mai betrug der kumulative Abstand **+77,7%**. 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. 49] 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% (Höhenunterschied, Generatorleistung) betragen. In der Praxis stellen sich momentan kumulativ rund **12,15%** ein.



Abb. 49: Prozentualer Stromerträge-Vergleich – 3MW-Klasse (kumulativ bis Mai)

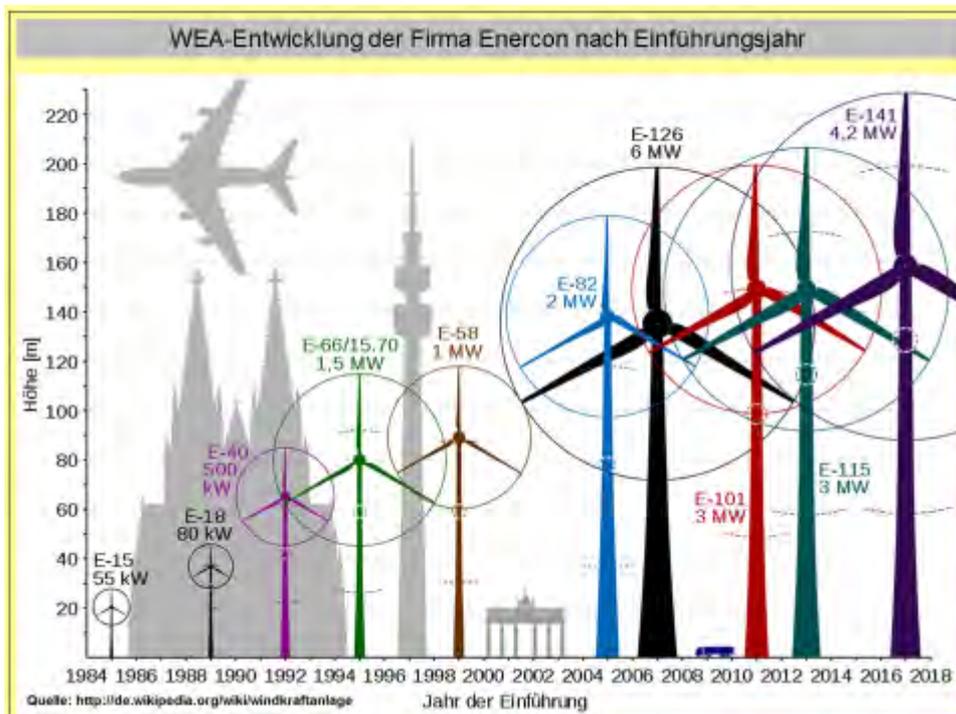


Abb. 50: WEA-Entwicklung nach ENERCON

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.

Am Beispiel der Firma Enercon zeigt [Abb. 50] die WEA-Entwicklung der letzten 30 Jahre. So taugten die WEA von 1988 mit 80kW Nennleistung bestenfalls zur Eigenversorgung von Bauernhöfen und Gärtnereien in Norddeutschland. Die heutigen WEA der „binnenlandoptimierten“ Generation steigern die Nennleistung bis über das 50fache hinaus und tragen zu einem merklichen Anteil an der Stromversorgung bei.

Mit den „binnenlandoptimierten“ WEA der 2./3. Generation können zwar nicht alle Nachteile des fluktuierenden Energieträgers **Wind** ausgeglichen werden, dennoch ist es aus Autorensicht unbedingt notwendig, schnellstens die politischen Weichen für einen erweiterten Ausbau zu stellen. In diesem Zusammenhang sei vermerkt, dass Deutschland in der WEA-Technologie zu den Technologieführern in der Welt gehört!

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 Stützpfeiler** 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 nur wenig Neues berichten. Derzeit gibt es zwei größere WEA-Baustellen in Sachsen.



Abb. 51: WEA-Baustelle SWT-3.6-130/NH85m



Abb. 52: WEA-Baustelle Senvion MM100/NH80m

Am weitesten ist momentan die Baustelle im WP „Silberberg“ GRM-Mutzschen (L) vorangeschritten [Abb. 51, 52]. Der Fundamentbau ist abgeschlossen, sodass die Montage der Türme bereits begonnen hat. Leider wird durch die geringen Nabenhöhen $NH = (75 - 85)m$, die vorhandene Standortqualität nicht in Strommengen umgesetzt. Aus den bisherigen Studien ist ja bekannt, dass der WP-Standort „GRM-Mutzschen“ zu den besten in Sachsen gehört.

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 Baustelle am WP-Standort „Vielau“ (Z) steht offensichtlich kurz vor Baubeginn. An der geplanten WP-Erweiterung am Standort Riesa-Mautitz hat sich bisher noch nichts getan. Vielleicht kann in der Juni-Studie berichtet werden.

Nach einem knappen halben Jahr 2018 lässt sich absehen, dass es auch in diesem Jahr keinen Durchbruch in der sächsischen Windenergie geben wird. Unabhängig vom politisch motivierten sächsischen Bremsverhalten kann die Energiewende auf Dauer nicht aufgehalten werden. In Norddeutschland wird z.B. an einem sektorenübergreifenden Ansatz [Abb. 53] gearbeitet. Das ist gut so, denn ohne Speichertechnologien kann die Energiewende nicht funktionieren.



Abb. 53: Multi-Hybrid-Speicherung

Auch aus Spanien kommen erfreuliche Meldungen, wie die [Abb. 54] zeigt. Siemens Gamesa testet einen Energie-Hybrid-Park, bestehend aus PV-Anlage sowie zunächst einer WEA. Der von den Anlagen erzeugte Strom wird vollständig, bzw. teilweise in einer Redox-Flow-Anlage gespeichert und kann kurzzeitig bei Bedarf in das Stromnetz eingespeist werden.

Anmerkung:

Die Redox-Flow-Batterie (RFB) oder (Redox-)Flussbatterie – allgemeiner auch Flüssigbatterie oder Nasszelle genannt – ist eine Ausführungsform eines Akkumulators. Sie speichert elektrische Energie in chemischen Verbindungen, wobei die Reaktionspartner in einem Lösungsmittel in gelöster Form vorliegen.



Abb. 54: Redox-Flow-Speicherung Standort Spanien

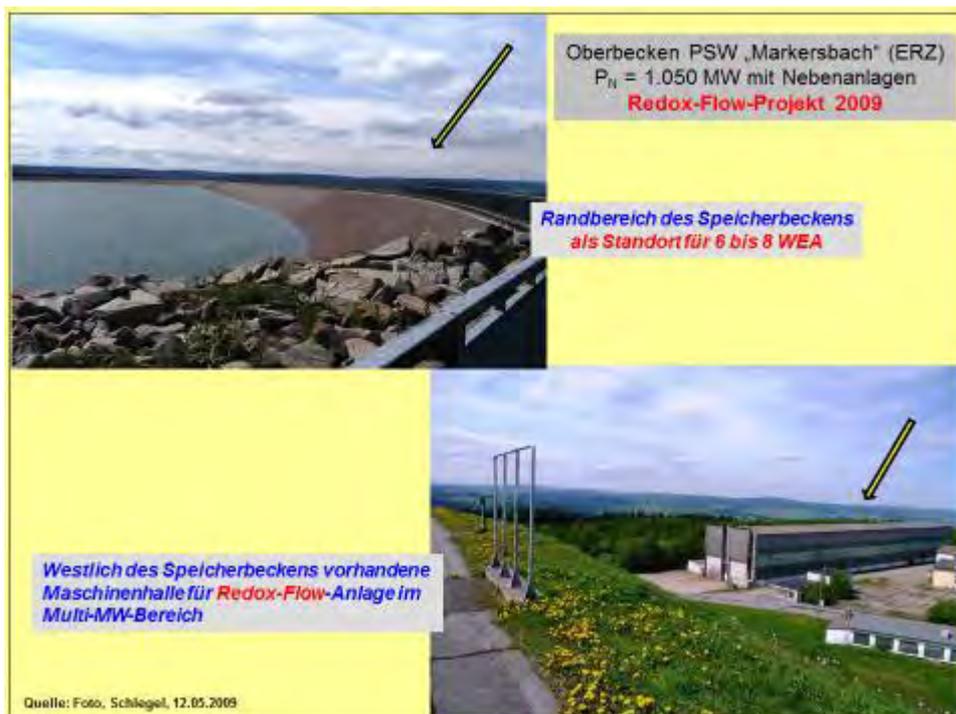


Abb. 55: 2009 geplantes Redox-Flow-Projekt am Standort PSW „Markersbach“ (ERZ)

Das Beispiel [Abb. 54] wurde deshalb ausgewählt, weil die Stromspeicherung mittels eines Redox-Flow-Projektes von einem Unternehmen aus Schwarzenberg (ERZ) zusammen mit dem Autor bereits 2009 in Sachsen am Standort PSW „Markersbach“ (ERZ) entwickelt wurde [Abb. 55].

Im Umkreis des Markersbacher Oberbeckens sollten mehrere WEA errichtet werden, deren Strom in der naheliegenden ehemaligen Industriehalle mit der Redox-Flow-Anlage gespeichert werden sollte. Die Vattenfall AG als damaliger Eigentümer des Pumpspeicherkraftwerkes fand die Projektidee als realisierbar, insofern dafür Fördermittel bereitgestellt würden. Aufgrund der unsicheren Fördermittelbereitstellung verschwand die anfängliche Euphorie, und das Projekt musste begraben werden.

Zwischenzeitlich wurde die „Kohlekommission“ von der Bundesregierung personell zusammengestellt und berufen. Nach allem was Politiker*innen so von sich geben, wollen diese einen Kohleausstieg um 2030 herum am besten bis ins „Nirwana“ verschieben. Proteste hin oder her: Der *Immenrather Dom* in Erkelenz (NRW) musste für die Erweiterung der Braunkohletagebaue weichen [Abb. 56]. In Sachsen und Brandenburg laufen die Kohlebefürworter regelrecht Sturm gegen den notwendigen Kohleausstieg.



Abb. 56: Abbruch des Immenrather Doms in Erkelenz (NRW)

Den Ernst der Lage in der globalen und regionalen Klimaentwicklung wollen und können die Politiker*innen nicht wahrnehmen oder wollen es auch nicht. Mit dem April und dem Mai verabschiedeten sich zwei besonders intensive Extrem- und Unwettermonate, die in diesen Studienberichten ihren Niederschlag fanden.

Am 14.06.2018 hatte Prof. STEFAN RAHMSTORF, PIK dem Journalisten Fabian Scheidler ein Interview unter der Überschrift „**Der unterschätzte Klimawandel: Jetstreams, versinkende Städte, Todeszonen im Meer**“ gegeben, welches auf Kontext TV ausgestrahlt wurde. Stefan Rahmstorf führte im Interview aus, dass solche Rekorde, wie diese in den genannten Monaten auftraten, heute rund **fünfmal öfters** registriert würden, als in einem stationären Klima.

Die bisherige globale Erwärmung führt u.a. zu einem instabileren Jetstream, sodass dieser stärkere Schwingungen aufweist, die dann zu Kälte- und Wärmeanomalien führen. Im Interview wird die deutsche Klimapolitik sehr kritisch betrachtet, weil vor allem der politische Willen zur Durchsetzung von Klimaschutzmaßnahmen einfach nicht vorhanden ist. Weltweit werden pro Jahr rund **500 Mrd. US-Dollar** für die Subventionierung fossiler Energieträger ausgegeben. Die Bundesrepublik Deutschland bildet in diesem Verhalten keine Ausnahme.

Die Pariser Weltklimavereinbarung wird von Stefan Rahmstorf mit größter historischer Bedeutung bewertet, da einerseits der Anstieg der globalen Temperatur auf möglichst unter 2K begrenzt und andererseits die vollständige Dekarbonisierung von den Staaten beschlossen wurde. Leider kommt die Pariser Weltklimavereinbarung 20 Jahre zu spät.

Das Interview mit Stefan Rahmstorf fand in sachlicher und freundlicher Atmosphäre statt. Keine der getroffenen Aussagen war auch nur ansatzweise übertrieben. Dennoch ließen die böartigen Kommentare nicht lange auf sich warten. Mit vier dieser Kommentare soll gezeigt werden, welche Abartigkeit in den sozialen Medien herrscht, und wie weit der Werteverfall in der Gesellschaft vorangeschritten ist.

Deepskies

„Ihr abartigen Drecksäue! Diese scheiß gemäßtete dressierte bourgeoise Pseudo-Linke. Rahmstorf und PIK. Das ist ja, als ob Karl Marx sich bei der Waffen-SS Tipps für die Weltrevolution holen würde. Pathologisch obrigkeitshörige Nullen seid ihr. Oder in eurer Sprache: Ihr seid die Megamaschine, wie sie leibt und lebt.“

Klima Manifest Heiligenroth

„Sogar in aktuellen deutschen Schulbüchern ist nachzulesen, dass Stefan Rahmstorf ein Scharlatan und Schwindler ist. Rahmstorf kennt seine eigene Wissenschaft nicht, wie wir bereits im Februar 2018 nachgewiesen haben. Rahmstorf musste im Februar 2018 zugeben, dass unsere Recherchen KORREKT sind.“

FMD's TV-Channel

„@KontextTV - Laden Sie besser mal Dipl.-Ing. Michael Limburg oder Prof. Dr. Werner Kirstein zum Thema Klimawandel ein; die haben wenigstens Ahnung von der Thematik und werden nicht fürs Märchen erzählen bezahlt.“

MrUnstoppable1964

„Herr Scheidler, beachten Sie bitte, dass "Klima(folgen)forscher" wie Stefan Rahmstorf definitiv KEINE PROGNOSEN erstellen. Diese "Experten" erstellen szenarienbedingte Projektionen. Das sind nix anderes wie ComputerSpiele, die diesen oder jenen Ausgang haben können. . . .“

Bei den aufgeführten Kommentatoren handelt es sich um Klimaleugner der böartigsten Sorte, die dann das Recht auf Meinungsfreiheit nach Art. 5 GG genüsslich auskosten. Als glaubwürdig darf keiner der Kommentatoren gerechnet werden, dennoch verfehlen diese nicht die negative Wirkung in der Öffentlichkeit. Kaum einer der Anständigen stellt sich entgegen.

In den nächsten Monaten wird sich zeigen, welche Positionen die „Kohlekommission“ einnimmt, die Vorschläge zum Braunkohleausstieg erarbeiten muss. Von der Führungsspitze darf kein positives Signal erwartet werden.

4. Quellenangaben

Data.GISS: GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP) - Nasa

NOAA Global Climate Report – May 2018

<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/weekly.html>

<https://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/> . . .

www.iup.uni-bremen.de

Zachary Labe, Ph.D. student, Cornell University

<https://www.wetteronline.de>

Deutschlandwetter im Mai 2018, Ausgabejahr 2018, Datum 30.05.2018

<https://egneos.de/portfoli/projekt-neos-wind-1/>

<http://de.wikipedia.org/wiki/windkraftanlage>

<http://www.kontext-tv.de/de/node/2894>

Eigene Recherchen, eigenes Bildmaterial

Autor:



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

Döbeln, 26. Juni 2018