

Tatsächliche Leistung von Windkraftanlagen – nur 5% der Nennleistung in Baden-Württemberg?!

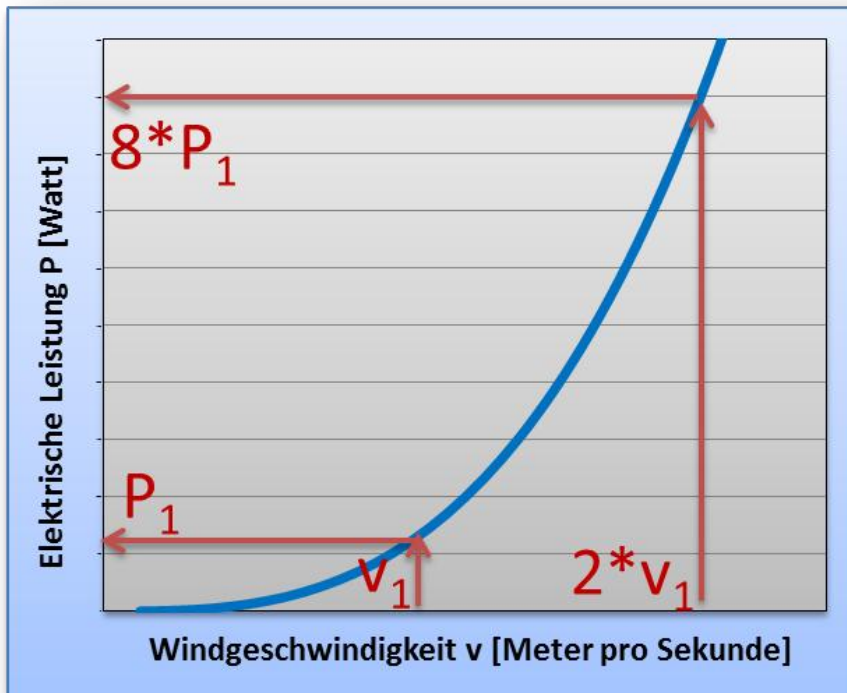
Nachdem ich mich jetzt eine gewisse Zeit mit dem zugegebenermaßen komplexen und politisch aufgeladenen Thema Windkraft auseinandergesetzt habe, möchte ich an dieser Stelle gerne ein paar Informationen zur tatsächlichen Leistung von Windkraftanlagen zusammentragen. So zum Beispiel eine Analyse der Daten der Strombörse in Leipzig, aus denen hervorgeht, dass im Zeitraum von Juli 2012-Juni 2013 die tatsächliche mittlere Leistung von Windkraftanlagen in Deutschland nur 16% der installierten Nennleistung entspricht; in Baden-Württemberg sogar nur 5%.

Folgende Dinge haben mich zu diesem Artikel bewogen:

- die Konfrontation mit sehr undifferenzierten Sichtweisen in Diskussionen und Foren, bei der eine differenzierte Betrachtung der Windkraftnutzung häufig reflexartig mit dem Befürworten von Atomenergie gekontert wird,
- die ungenaue Angabe von (Leistungs-)Zahlen von Windkraftanlagen, bei der fast immer die Nennleistung als Maßzahl für Windkraftanlagen angegeben, wobei diese erst einmal überhaupt nichts über die tatsächliche Stromproduktion aussagt.

Windenergie

Damit eine Windkraftanlage Strom erzeugen kann benötigt sie natürlich zuerst einmal Wind, dem sie Energie entziehen kann. Das Interessante und im Grunde das Wichtigste bei der gesamten Diskussion um Windkraft und die Effektivität des Standortes ist die Tatsache, dass die Windgeschwindigkeit in der dritten Potenz in die Berechnung der elektrischen Leistung eingeht. Die Formeln kann man bei wikipedia nachlesen. Dritte Potenz bedeutet, dass sich bei einer *Verdopplung* der Geschwindigkeit die elektrische Leistung *verachtfacht* ($2^3 = 2 \cdot 2 \cdot 2 = 8$)! Diesen Fakt müssen wir bei allen Überlegungen im Hinterkopf behalten! Die blaue Linie in der folgenden Grafik verdeutlicht dieses Verhalten: bei einer Windgeschwindigkeit v_1 wird eine Leistung P_1 erzielt; bei einer Verdopplung der Windgeschwindigkeit $2 \cdot v_1$ ergibt sich dann eine Leistung von $8 \cdot P_1$!

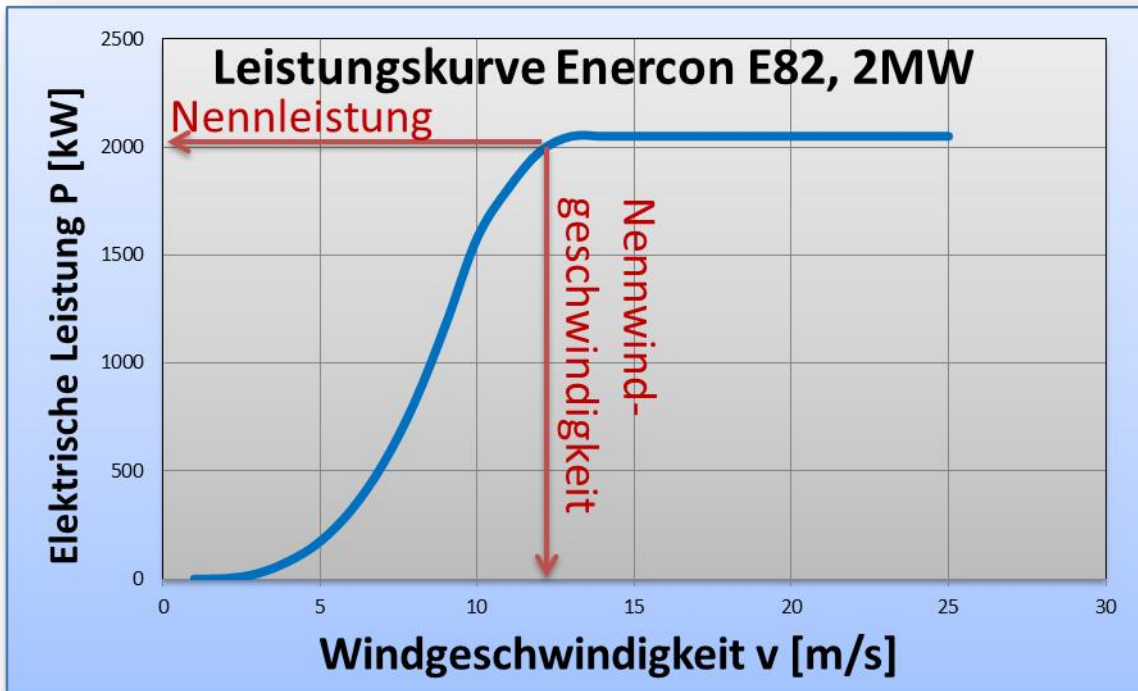


Wie gesagt: dieses Verhalten ist ganz wichtig zu wissen und es illustriert eben auch ganz deutlich, wie wichtig die Suche nach einem windreichen Standort ist.

FAZIT: Die Windgeschwindigkeit beeinflusst überproportional (in der dritten Potenz) die elektrische Leistung!

Nennleistung von Windkraftanlagen

Die Leistung, die eine Windkraftanlage erzeugen kann, folgt im Grunde diesem physikalischen Gesetz. Bei *etwas* mehr Wind erzielt die Anlage *viel* mehr Leistung. Allerdings sind nach oben technische Grenzen gesetzt, da bei zu großen Windgeschwindigkeiten die Anlagen beschädigt werden könnten. Wie das bei fehlender Begrenzung aussehen kann, [sieht man hier recht anschaulich](#). Den oben gezeigten Zusammenhang zwischen Windgeschwindigkeit und Leistung für eine Windkraftanlage nennt man Leistungskurve oder Kennlinie. Diese ist für jeden Typ unterschiedlich. Auf der Webseite www.windenergie-im-binnenland.de findet man eine ganze Menge an Kennlinien für Windkraftanlagen, wie zum Beispiel die Enercon E82 mit einer Nennleistung von 2MW.



In der Grafik sieht man sehr gut, dass die Nennleistung, oder installierte Leistung, nie überschritten wird, egal wie stark der Wind weht. Die Nennleistung ist also die maximale Leistung der Anlage! Siehe dazu auch [wikipedia](https://de.wikipedia.org/wiki/Nennleistung).

Für die Enercon E82 zum Beispiel beträgt die Nennwindgeschwindigkeit ca. 12 Meter pro Sekunde (43 km/h, Beaufortskala 6: starker Wind). Ab dieser Windgeschwindigkeit bringt die Anlage die Nennleistung von 2MW, aber auch niemals mehr. Diese Tatsache wird leider oft in Diskussionen angefochten.

Da die Nennleistung im Gegensatz zur tatsächlichen Leistung eine konstante Größe ist, wird diese fast immer als Maßzahl für Windkraftanlagen verwendet. Beispielhaft sei hier die [Seite des Landesverbandes Baden-Württemberg im Bundesverband WindEnergie](#) genannt: für 2011 wird eine Gesamtleistung der Windenergie in Baden-Württemberg von 486MW genannt. Dies ist die Nennleistung aller im Land installierten Anlagen. Die tatsächliche Leistung wird mit „1% der Elektrizitätsversorgung“ verschleiert. Eine Zahl in Watt wird (aus gutem Grund) nicht genannt. Dieses Vorgehen ist natürlich zulässig, auch wenn es für viele Bürger sicher irreführend ist. Eine Hochrechnung ohne die genauen Kenntnisse der Windgeschwindigkeiten und eine schlussfolgernde Aussage wie „damit können xx Haushalte versorgt werden“ grenzt an arglistige Täuschung.

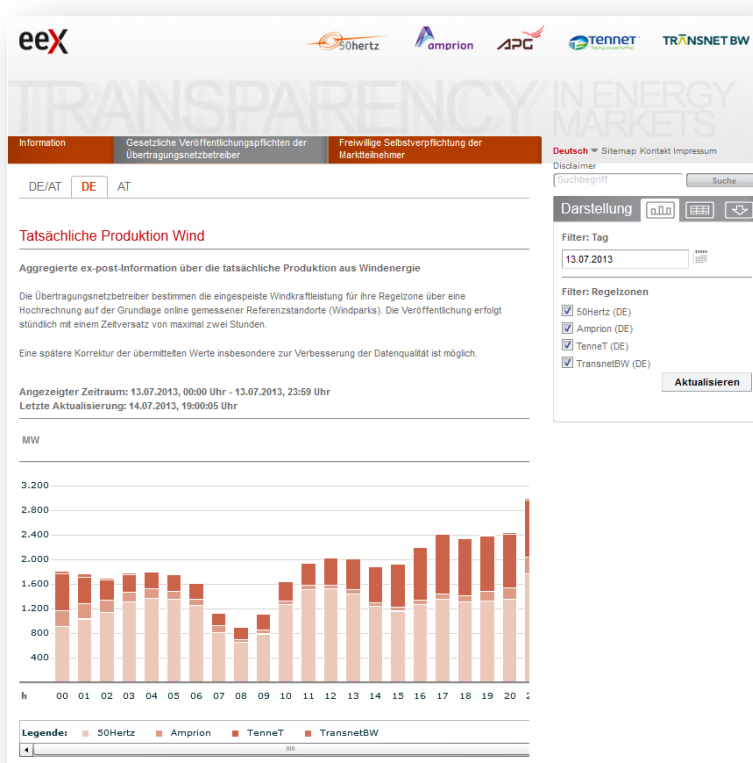
Mit unserem Wissen aus dem ersten Teil wird anhand der Kennlinie auch klar, dass bei halber Nennwindgeschwindigkeit auch nur ein Achtel ($\frac{1}{2}^3 = \frac{1}{2} * \frac{1}{2} * \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$) oder 12,5% der Nennleistung erbracht werden kann!

Mehr Informationen zur Leistungskurve einer Windkraftanlage findet man auf der Seite www.windenergie-im-binnenland.de.

FAZIT: Eine Windkraftanlage liefert nie mehr Leistung als die Nennleistung. Bei halber Nennwindgeschwindigkeit jedoch nur noch ein Achtel der Nennleistung.

Tatsächliche Leistung von Windkraftanlagen

Die tatsächliche Leistung einer Windkraftanlage kann im Voraus nicht bestimmt werden. Da sie direkt von tatsächlichen Windgeschwindigkeiten abhängt, können vor dem Bau einer Anlage nur Schätzungen angestellt werden. Was sich allerdings bestimmen lässt ist die erbrachte Leistung einer Anlage, die im Betrieb ist. Wenn man diese Leistung über ein oder mehrere Jahre betrachtet und mit der Nennleistung vergleicht, kann man die Effektivität der Windkraftanlage an diesem Standort bestimmen.



Um eine deutschlandweite Abschätzung der Effektivität, also des Vergleichs von tatsächlicher mittlerer Leistung gegenüber der Nennleistung, vorzunehmen, kann man sich der öffentlich zugänglichen Daten der [Strombörse in Leipzig](#) bedienen.

Hier werden stündlich in [15-minütiger Auflösung die tatsächlich ins Stromnetz eingespeisten Leistungen](#) der in Deutschland tätigen [Übertragungsnetzbetreiber](#) veröffentlicht. Die Daten kann man sich auch im Excelformat für jeden Tag seit 2010 herunterladen. Für Baden-Württemberg wird eine gesonderte Betrachtung dadurch vereinfacht, dass der Übertragungsnetzbetreiber [TransnetBW](#) ausschließlich für Baden-Württemberg zuständig ist, während die anderen drei Betreiber größere, bundeslandübergreifende Gebiete in Deutschland abdecken. Außerdem kann an der Strombörse auch [die installierte Leistung der Windanlagen](#) im Gebiet der jeweiligen Betreiber jahresweise angerufen werden.

Wer sich also die Mühe macht und für alle Tage eines Jahres die Daten herunterlädt und zusammenfasst, kann sich den Mittelwert der tatsächlichen Leistung über ein Jahr errechnen. Das Ergebnis kann man hier sehen:

Zeilenbeschriftungen	Tatsächliche Durchschnittsleistung [MW]			
	Durchschnittsproduktion 50Hertz	Durchschnittsproduktion Amprion	Durchschnittsproduktion TenneT	Durchschnittsproduktion TransnetBW
2012				
Qtr3				
Jul	1.322,8	630,6	1.577,2	17,9
Aug	1.054,2	510,1	1.318,3	17,8
Sep	1.623,2	652,4	1.896,5	25,3
Qtr4				
Oct	1.971,0	860,5	2.147,9	34,7
Nov	2.116,3	906,3	2.377,1	21,8
Dec	2.699,9	1.501,2	3.250,1	45,1
2013				
Qtr1				
Jan	2.591,8	1.056,5	3.058,0	28,5
Feb	1.745,3	822,6	2.187,2	24,0
Mar	2.230,8	934,4	3.091,3	18,9
Qtr2				
Apr	1.683,9	817,4	2.089,3	33,5
May	1.499,9	650,5	1.605,0	42,1
Jun	1.851,1	712,6	2.130,3	37,9
Gesamtergebnis	1.867,3	838,8	2.228,7	29,0

Im Gesamtergebnis lieferten die deutschen Windkraftanlagen vom 1.7.2012 bis zum 30.6.2013 im Schnitt eine Leistung von 4963,8 MW. Das ist eine beachtliche Zahl!

Interessant wird diese Zahl, wenn man sie der installierten Leistung gegenüberstellt. Diese beträgt die unglaubliche Zahl von über 31 Gigawatt. Die folgende Tabelle zeigt die tatsächlichen und installierten Leistungen der unterschiedlichen deutschen Betreiber, sowie die Summen für Deutschland.

	50Hertz	Amprion	TenneT	TransnetBW	Gesamt
Tatsächliche Durchschnittsleistung [MW]	1.867,33	838,76	2.228,73	29,00	4.963,82
Installierte Leistung [MW]	12.456,31	5.431,85	12.179,76	586,00	30.653,91
Effizienz	15,0%	15,4%	18,3%	4,9%	16,2%

Mit diesen Werten lässt sich leicht eine Effektivität errechnen, indem man die tatsächliche durch die installierte Leistung teilt. Damit erkennt man, wie viel Prozent der installierten Leistung auch tatsächlich eingespeist wurde. Für Gesamtdeutschland liegt dieser Wert bei 16,2%. Mit anderen Worten: wenn von einem beliebigen Windpark in Deutschland ohne Kenntnis der Windverhältnisse die Rede ist und die installierte Leistung vermarktet wird ist es in erster Näherung nicht falsch, 16% dieses Wertes als tatsächliche Leistung anzunehmen.

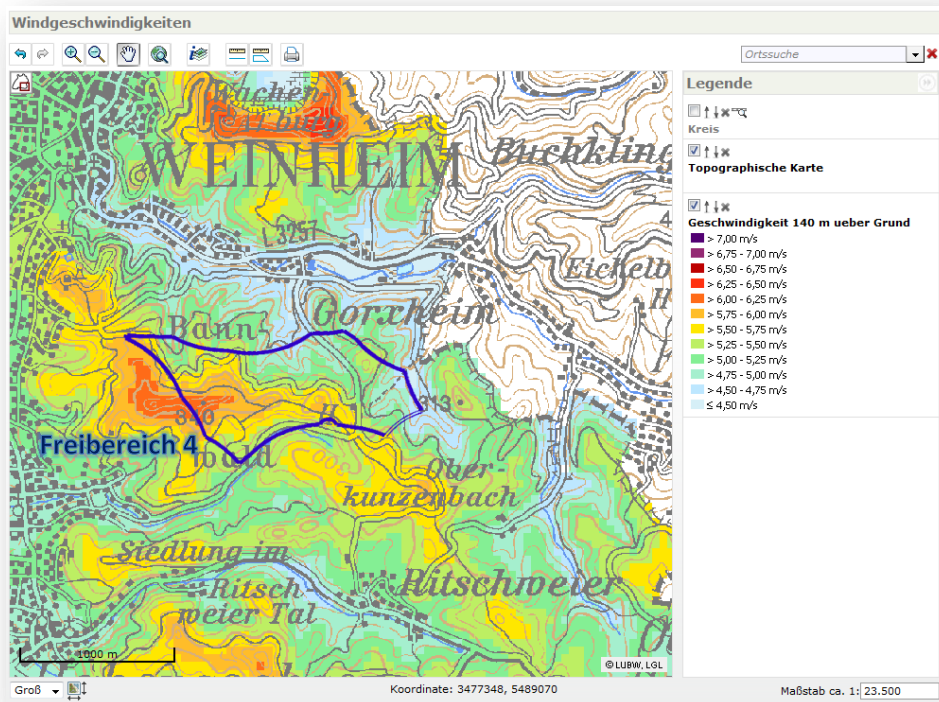
Ein Wert sticht allerdings aus der Tabelle heraus: In Baden-Württemberg werden nur 4,9% der installierten Leistung auch tatsächlich eingespeist. Da die Effektivität einen Verhältniswert angibt, hat diese niedrige Zahl nichts mit der Anzahl an Windkraftanlagen zu tun, die ja in Baden-Württemberg geringer ist als in anderen Bundesländern. Wie kommt es also zu dieser niedrigen Zahl? Warum ist eine Windkraftanlage in Baden-Württemberg nur zu 5% ausgelastet? Wenn wir uns den Zusammenhang von Leistung und Windgeschwindigkeit aus dem ersten Abschnitt wieder vor Augen führen, dann ist dieser Wert recht einfach zu erklären: wenn in Baden-Württemberg die Windgeschwindigkeit etwa 70% der Geschwindigkeiten im Rest Deutschlands betragen würden – was auf den ersten Blick nicht viel weniger erscheint – dann wird die Leistung bei $0,7^3 = 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,7 = 0,343$, also einem Drittel des Wertes für Deutschland liegen. Das sagt der Unterschied zwischen 15% für Deutschland und 5% für Baden-Württemberg vereinfacht dargestellt aus.

Wird nun von einer Windkraftanlage in Baden-Württemberg gesprochen und die Nennleistung als Maßzahl genommen, dann kann man in erster Näherung eine tatsächliche Leistung von 5% dieses Wertes erwarten. Bei einer Enercon E82 mit 2MW Nennleistung wären das also 100KW. (Im Automobilbereich würde man von 136 PS sprechen).

FAZIT: Die durchschnittlich tatsächlich ins Stromnetz eingespeiste Leistung des letzten Jahres (Juli 2012 – Juni 2013) aus Windkraftanlagen entsprach deutschlandweit 15% der installierten Leistung. In Baden-Württemberg waren es nur 5%.

Wind, Wind, Wind

Die bisherigen Abschnitte haben deutlich gemacht, wie stark die Windgeschwindigkeit eines Standortes die Effektivität einer Windkraftanlage beeinflusst. Umso erschreckender ist es, dass auf die Messung der Windgeschwindigkeit vor Ort vor dem Bau häufig nicht genug Wert gelegt wird. Es existieren so genannte Windatlanten, die die Durchschnittswindgeschwindigkeiten in verschiedenen Höhen über Grund dokumentieren (je weiter weg vom Boden, desto stärker weht der Wind). Für Baden-Württemberg gibt es den [Windatlas Baden-Württemberg](#). Dieser zeigt z.B. für den von der Stadt Weinheim definierten Freibereich 4 für eine potenzielle Ausweisung von Windkraftanlagen die folgenden Jahresdurchschnittswindgeschwindigkeiten.



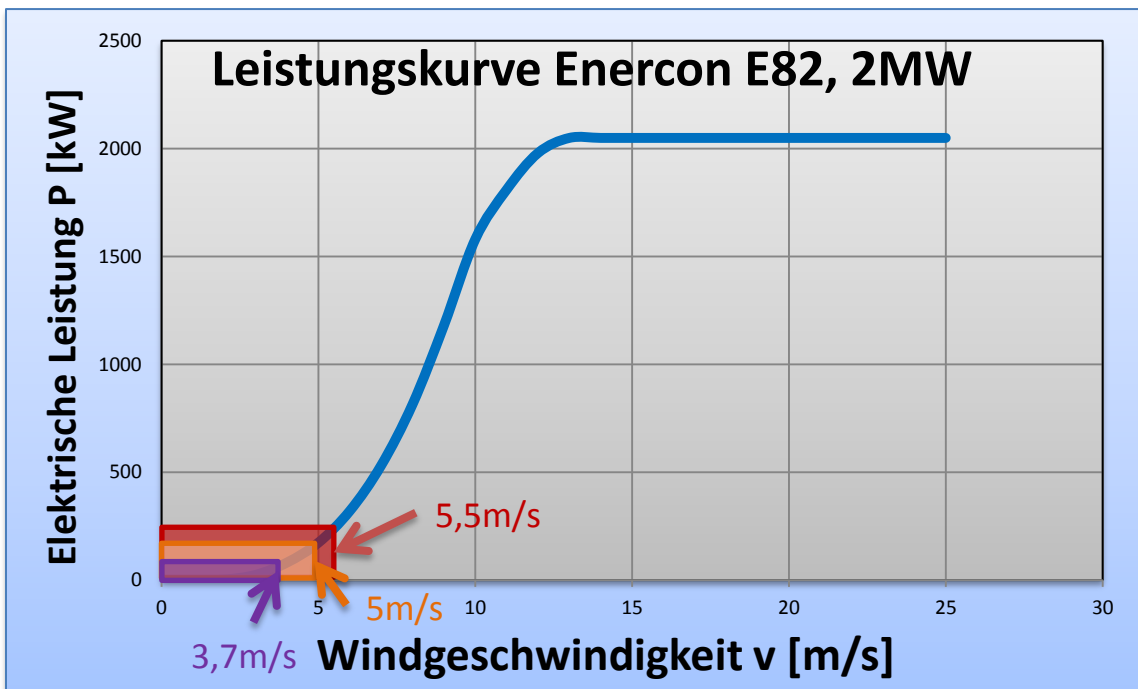
Man erkennt, dass ein kleiner Teil des Gebietes Windgeschwindigkeiten von 6 Meter pro Sekunde aufweist, ein größerer Teil im Bereich von 5,5 – 6 Meter pro Sekunde und ein Großteil 5 Meter pro Sekunde und weniger. Diese Werte entsprechen aber in keiner Weise Messungen; sie beruhen auf Hochrechnungen und Modellrechnungen. [Analysen des Bundesverbandes WindEnergie e.V.](#) von 127 Windparks haben beispielsweise ergeben, dass der Windindex beim Bau zumeist erheblich überschätzt wurde und dringend Windmessungen vor jeglicher Planung angeraten werden.

In der Nachbargemeinde Birkenau in Hessen hat die dortige Initiative gegen den Bau von Windkraftanlagen – weniger als 5km entfernt von Weinheims Freibereich 4 - [professionelle Windmessungen in Auftrag](#) gegeben. Laut hessischer Windpotentialkarte in 140m Höhe wird dort eine Durchschnittsgeschwindigkeit von ca. 6 Meter pro Sekunde angenommen. [Die Zwischenergebnisse der professionellen Messungen vor Ort](#) zeigen nach dem windreichen Winterhalbjahr eine Durchschnittsgeschwindigkeit in 110m Höhe von 3,7 Meter pro Sekunde; an 55% der Tage eines Jahres würde die Anlage stillstehen!

Wenn man nur die Geschwindigkeiten der windreichen Teile des Freibereichs 4 betrachtet und die Messungen des weniger als 5 Kilometer entfernten Gebietes in Birkenau in Betracht zieht scheint eine angenommene Windgeschwindigkeit von ca. 5,5 Meter pro Sekunde zwar immer noch als recht hoch, sie soll aber (neben 5 m/s und 3,7 m/s - wie in Birkenau gemessen) für ein letztes Rechenbeispiel dienen:

Die Nennwindgeschwindigkeit einer Enercon E82 beträgt 12 Meter pro Sekunde. 5,5 Meter pro Sekunde entsprechen also $5,5/12 = 0,46$ oder 46% (41,6% bei 5 m/s und 30,8% bei 3,7 m/s). Unter Berücksichtigung des Windeinflusses bei der Berechnung der tatsächlichen Leistung könnte man optimistisch mit $0,46^3 = 0,46 \cdot 0,46 \cdot 0,46 = 0,097$ also mit 9,7% (7,2% bei 5 m/s; 2,9% bei 3,7 m/s) der

Nennleistung rechnen. Das wären unter 200KW (144KW bei 5 m/s; 58KW bei 3,7 m/s), wie man im folgenden Diagramm sehen kann...



Diesem Nutzen müssen die Kosten finanzieller Art (im Umwelt-Bericht für die Stadt wird von 5,2 Millionen € je Windrad gesprochen), der Einschnitte in den Naturpark und die Tierwelt, die Auswirkungen auf den Denkmal- und Landschaftsschutz und zu guter Letzt (leider kommen diese Belange tatsächlich immer zuletzt) die Lebensqualität der Einwohner vor Ort gegengerechnet werden.

FAZIT:

- *Die Windgeschwindigkeit beeinflusst die tatsächlich erbrachte Leistung einer Windkraftanlage überproportional: bei halber Windgeschwindigkeit werden nur noch 12,5% der Leistung erbracht.*
 - *Fast immer wird die installierte Leistung oder Nennleistung als Maßzahl für Windkraftanlagen benutzt.*
 - *In Baden-Württemberg wurden von allen Windkraftanlagen zwischen Juli 2012 bis Juni 2012 nur 5% der installierten Leistung oder Nennleistung erbracht.*
 - *Die Windmessungen in Birkenau über das windreiche Halbjahr legen nahe, dass dort nur 3% der installierten Leistung erbracht werden würde, was bei der anvisierten Anlage um die 60KW tatsächliche Leistung wären.*
-