Mai 2013

Johannes Graf
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökonomie
Menzinger Straße 54, 80638 München
Tel.: 089 17800-146, E-Mail: Johannes.Graf@LfL.bayern.de

Windenergie in Bayern

Die Windenergie soll einen wesentlichen Teil zum Gelingen der Energiewende in Bayern beitragen. Durch die stetige technische Weiterentwicklung von Windenergieanlagen über die letzten Jahre, werden auch in Bayern immer mehr Gebiete für profitable Stromerzeugung mit Windkraftanlagen interessant. Sie könnte in Bayern deutlich zulegen, wenn es gelingt, die Bevölkerung mit ins Boot zu holen. Aus volkswirtschaftlicher Sicht bliebe die Wertschöpfung dann in der Region - das wäre gut für die Bürger und die Gemeinden. Aber was sagt die Betriebswirtschaft und gibt es ein Berechnungstool zu einer ersten Standorteinschätzung?

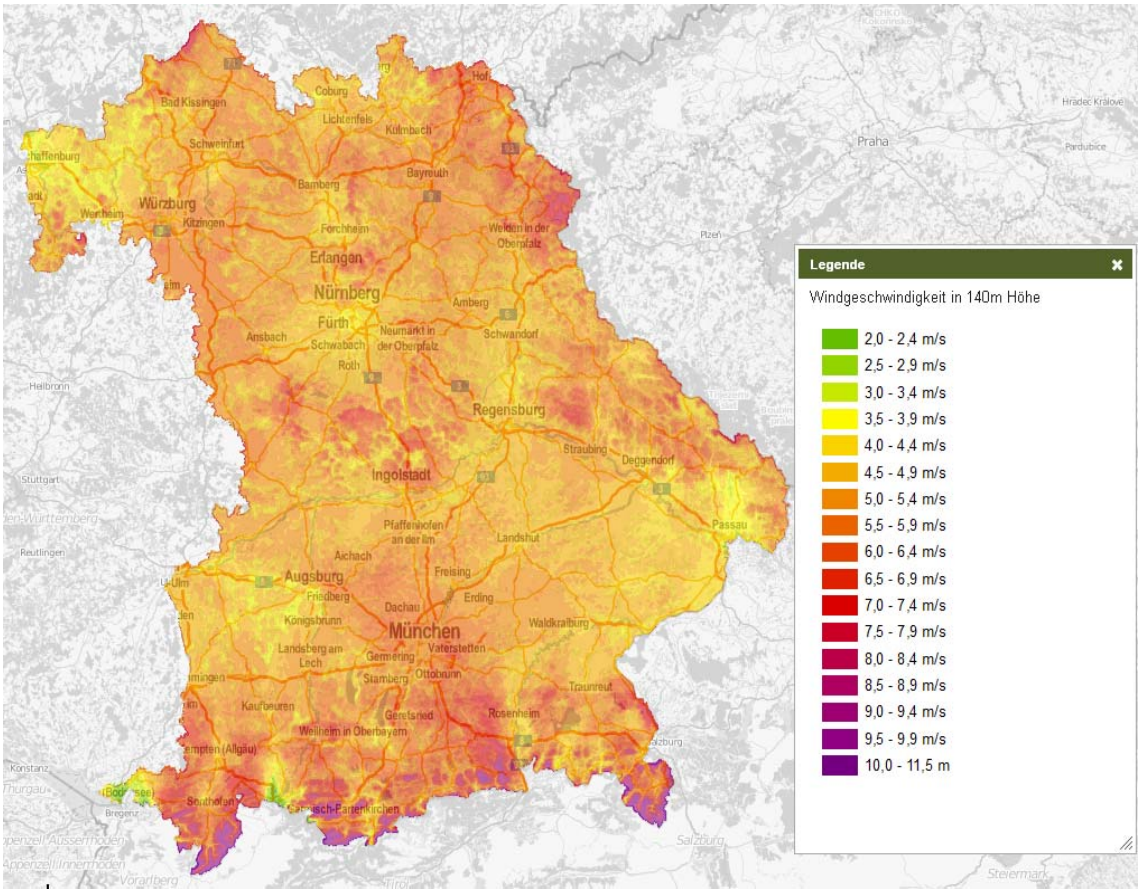
Im Mai 2011 hat die Staatsregierung als Reaktion auf die Atomkatastrophe in Fukushima das bayerische Energiekonzept „Energie innovativ“ [1] beschlossen. Darin ist der endgültige Ausstieg aus der Atomkraft bis zum Jahr 2022 festgelegt. Allerdings stammen noch ca. 50 % der bayerischen Stromproduktion aus Atomenergie [2]. Somit gilt es den Atomstromanteil der derzeitigen Stromproduktion zu ersetzen oder einzusparen. Dieses Ziel soll durch den sogenannten „Energiedreisprung“ gelingen, welcher die Vermeidung von Energieverbrauch, Steigerung der Energieeffizienz und den Ausbau der erneuerbaren Energien beinhaltet.

Derzeit tragen die erneuerbaren Energien ca. 28,5 % zur bayerischen Stromproduktion bei. Dieser Anteil soll bis 2021 auf ca. 50 % steigen [1]. Dem Ausbau der Windkraft soll eine gewichtige Rolle beim Erreichen dieser Vorgabe zukommen. Im Jahr 2011 stellte Windenergie 0,9 % der Nettostromerzeugung in Bayern [2]. Bis zum Jahr 2021 soll der Windkraftanteil 6 % – 10 % des bayerischen Stromverbrauchs decken [1]. Unter anderem müssten dazu ca. 1.000 Windkraftanlagen in Bayern in den nächsten 10 Jahren entstehen.

Der derzeitige Stand der Windenergie in Bayern

Die Windkraft hat in Bayern bisher nur eine relativ geringe Bedeutung. Windhöffige Standorte sind im Vergleich zu norddeutschen Bundesländern eher selten. Allerdings stehen heute Anlagen mit 130 bis 150 m Nabenhöhe zur Verfügung, die auch in tendenziell windschwächeren Regionen eine ausreichende Windernte erwarten lassen. Abbildung 1 zeigt die Windverhältnisse in Bayern in 140 m Höhe [5]. Windstarke Standorte befinden sich vor allem im Fichtelgebirge, im Frankenwald, im Bayerischen Wald sowie im der Staubereich der Alpen. Die Windkraft wäre also in der Lage auch in Bayern einen erheblichen Beitrag zur Stromerzeugung zu leisten. Die Karte berücksichtigt allerdings die Kapazitäten der Stromleitungen nicht, die für den Ausbau in manchen Regionen der begrenzende Faktor sein können.

Abbildung 1: Windgeschwindigkeiten in Bayern in 140 Meter Höhe [5]



Bis Ende des Jahres 2012 waren in Bayern 559 Windenergieanlagen (WEA) mit einer installierten Gesamtleistung von 869 MW in Betrieb. Das ergibt eine durchschnittliche Leistung von 1,58 MW pro Anlage. Beim Zubau lag Bayern 2012 auf dem 6. Platz im bundesweiten Vergleich [3]. Die 81 WEA, die 2012 in Bayern neu errichtet wurden, haben mit durchschnittlich 2,47 MW eine deutlich höhere Leistung als die Bestandsanlagen. Die Ausbauziele im Energiekonzept belaufen sich auf mindestens 1.000 Neuanlagen in den nächsten 10 Jahren. Deshalb soll ein Umfeld geschaffen werden, dass die Investition in Windenergie fördert und erleichtert. WEA können privilegiert im Außenbereich errichtet werden, wenn keine öffentlichen Belange entgegenstehen und die Erschließung ausreichend gesichert ist. Diese Privilegierung kann allerdings durch Flächennutzungspläne auf bestimmte Bereiche des Gemeindegebiets beschränkt werden. Steuerungsmöglichkeiten bestehen auch über die Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten in Rahmen der Regionalplanung. Eine Planung mit dem Ziel, den Bau von Windenergieanlagen zu verhindern, ist unzulässig.

Vergütungsstruktur im Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG)

Das EEG setzt für Windenergie zwei Vergütungskategorien fest. Für Neuanlagen, die 2013 in Betrieb gehen, beträgt die Grundvergütung 4,80 Ct/kWh. Die Anfangsvergütung beträgt 8,80 Ct/kWh. Ab 2013 sinken diese Vergütungen für Neuanlagen um 1,5 % pro Jahr. In den ersten fünf Betriebsjahren erhält die WEA die Anfangsvergütung. Danach ist die Höhe der Vergütung abhängig vom jeweiligen Jahresenergieertrag der WEA. Dieser Ertrag wird mit einem sogenannten Referenzertrag verglichen. Ist der Ertrag der WEA kleiner als 150 Prozent des Referenzertrags, so verlängert sich die Dauer der Anfangsvergütung um jeweils zwei

Monate für jede 0,75 %, die der tatsächliche Ertrag unter dem Referenzwert liegt. Der Referenzertrag wird anhand der Leistungskennlinie der WEA und der Windverhältnisse eines einheitlichen, fiktiven Standortes berechnet. Liegt der tatsächliche Stromertrag z.B. unter 82,5 % des Referenzwerts, erhält die Anlage die erhöhte Anfangsvergütung für die gesamten 20 Jahre. Beträgt der Ertrag 100 % des Referenzertrags, erhält die Anlage für etwas mehr als 16 Jahre die erhöhte Anfangsvergütung. Hinzu kommt für Anlagen, die vor dem 1. Januar 2015 in Betrieb genommen worden sind, ein Systemdienstleistungs-Bonus (SDL) in Höhe von 0,47 Ct/kWh, der zusätzlich zur Anfangsvergütung bezahlt wird. In den Berechnungen ist dieser SDL-Bonus berücksichtigt.

Am Beispiel zweier typischer WEA mit 2,3 MW bzw. 3,0 MW installierter Leistung werden im Folgenden die maximalen Investitionskosten für eine Windkraftanlage bei unterschiedlichen Renditeansprüchen diskutiert.

Die wichtigsten Einflussfaktoren auf den Stromertrag

Der Windertrag ist im Wesentlichen von den Windgeschwindigkeiten am Standort abhängig. Eine Verdopplung der Windgeschwindigkeit führt theoretisch zu einer Verachtfachung des Windertrags. Deshalb können bereits kleine Unterschiede der Windstärke zu großen Unterschieden im Ertrag führen. Des Weiteren hat der Leistungsbeiwert (Erntegrad der Anlage) einen Einfluss auf den Ertrag. Der Leistungsbeiwert kann bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten stark abweichen. Anlagen erreichen einen Leistungsbeiwert von ca. 30 % bei Windgeschwindigkeiten um 3 m/s und ca. 47 % bei einer Windgeschwindigkeit von rund 6 m/s. Die Nennleistung der Anlage ist bei ca. 12 - 13 m/s erreicht, so dass auch bei steigender Geschwindigkeit die Stromproduktion nicht mehr zunimmt. Aus diesem Grund ist die Verteilung der Windgeschwindigkeiten und nicht die Windgeschwindigkeit im Jahresdurchschnitt ausschlaggebend für den Ertrag einer WEA. Zur Berechnung der Verteilung der Windgeschwindigkeiten wurde die sogenannte Weibull-Verteilung mit einem k-Faktor von 2 angenommen.

Mit welchen Betriebskosten ist zu rechnen?

Die Betriebskosten sind anlagenspezifisch. Pachtzahlungen für die Standflächen der Anlage sind häufig vom Ertrag bzw. vom Umsatz abhängig; d. h. an windhöffigen Standorten ist die Pacht in der Regel höher. Oft liegt die Pacht zwischen 2 % und 5 % des Umsatzes. Auch Modelle mit festen und variablen Pachtanteilen kommen vor. Betriebsführungskosten können auch umsatzabhängig sein und liegen häufig bei ca. 4 % des Umsatzes. Darüber hinaus sind Wartungskosten anlagenabhängig. In der Regel bieten Anlagenhersteller Vollwartungsverträge an, die einen festen Betrag pro kWh erzeugten Strom beinhalten. Auf dem Markt werden sowohl getriebelose WEA als auch solche mit Getriebe angeboten. In der Regel sind die Betriebskosten getriebeloser WEA im Vergleich zu Anlagen mit Getriebe etwas niedriger, die Anschaffungskosten dafür aber höher. Weitere Betriebskosten, wie z. B. die Versicherung, Rücklagenbildung, Strombezug und Erstellung des Jahresabschlusses, sind unabhängig von dem erzielten Ertrag der WEA. Tabelle 1 zeigt exemplarisch die Betriebskosten für die zwei gewählten Anlagentypen.

Tabelle 1: Betriebskosten von Windenergieanlagen [6],[7]

Anlagenleistung	2,3 MW	3,0 MW
Pacht v. Umsatz	3 %	3 %
Vollwartung Cent/kWh	1,2	1,2
Betriebsführung der Anlage	4 %	4 %
Für Rückbau (Rücklagen)	5.000 €	6.000 €
Versicherung	5.000 €	6.000 €
Strombezug	3.000 €	3.500 €
Jahresabschluss	4.000 €	5.000 €
Weiteres	4.000 €	5.000 €
Kostensteigerung pro Jahr (Ausnahme Pacht)	2 %	

Wie teuer darf die Windenergieanlage sein?

Zur Berechnung der maximalen Investitionskosten wurde eine Überschussrechnung über 20 Jahre erstellt. Die Beträge wurden mit der gewünschten Rendite abgezinst und der Nettobarwert gleich Null gesetzt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 (2,3 MW WEA) und in Abbildung 3 (3,0 MW WEA) dargestellt. Geht man von spezifischen Anschaffungskosten in Höhe von 1.250 €/kW bis 1.500 €/kW aus, muss die durchschnittliche Windgeschwindigkeit mindestens 5,5 m/s betragen, um eine Kapitalrendite von 6 % zu erreichen. Eine angemessene Gesamtkapitalrendite von 10 % ist unter sonst gleichen Annahmen erst ab einer durchschnittlichen Windgeschwindigkeit von etwas über 6 m/s erzielbar. Wären die spezifischen Anschaffungskosten um rund 350 €/kW niedriger, ist die gleiche Kapitalrendite schon bei einer durchschnittlichen Windgeschwindigkeit von 5,5 m/s möglich. Ab einer Windgeschwindigkeit von ca. 8 m/s (eine für bayerische Verhältnisse eher unrealistische Annahme), müssen bei gleichem Renditeanspruch die Anlagen billiger werden. Dies liegt darin begründet, dass auf Grund des hohen Stromertrags der Zeitraum, in dem die erhöhte Anfangsvergütung gezahlt wird, relativ kurz ist.

In Bayern werden Standorte mit ausreichender Windhöffigkeit eine durchschnittliche Windgeschwindigkeit von ca. 5,5 bis 6,5 m/s haben. Wer mit einer Kapitalrendite von 6 % zufrieden ist, kann ca. 1.250 €/kW bis 1.875 €/kW für eine 2,3 MW Anlage bzw. ca. 1.425 €/kW bis 2.080 €/kW für eine 3,0 MW Anlage investieren. Werden mindestens 10 % Rendite erwartet, reduzieren sich die Werte auf 935 €/kW bis 1.400 €/kW(2,3 MW WEA) und 1.065 €/kW bis 1.570 €/kW (3,0 MW WEA).

Abbildung 2: Spezifische Anschaffungskosten einer 2,3 MW WEA bei unterschiedlichen durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten und Renditeerwartungen

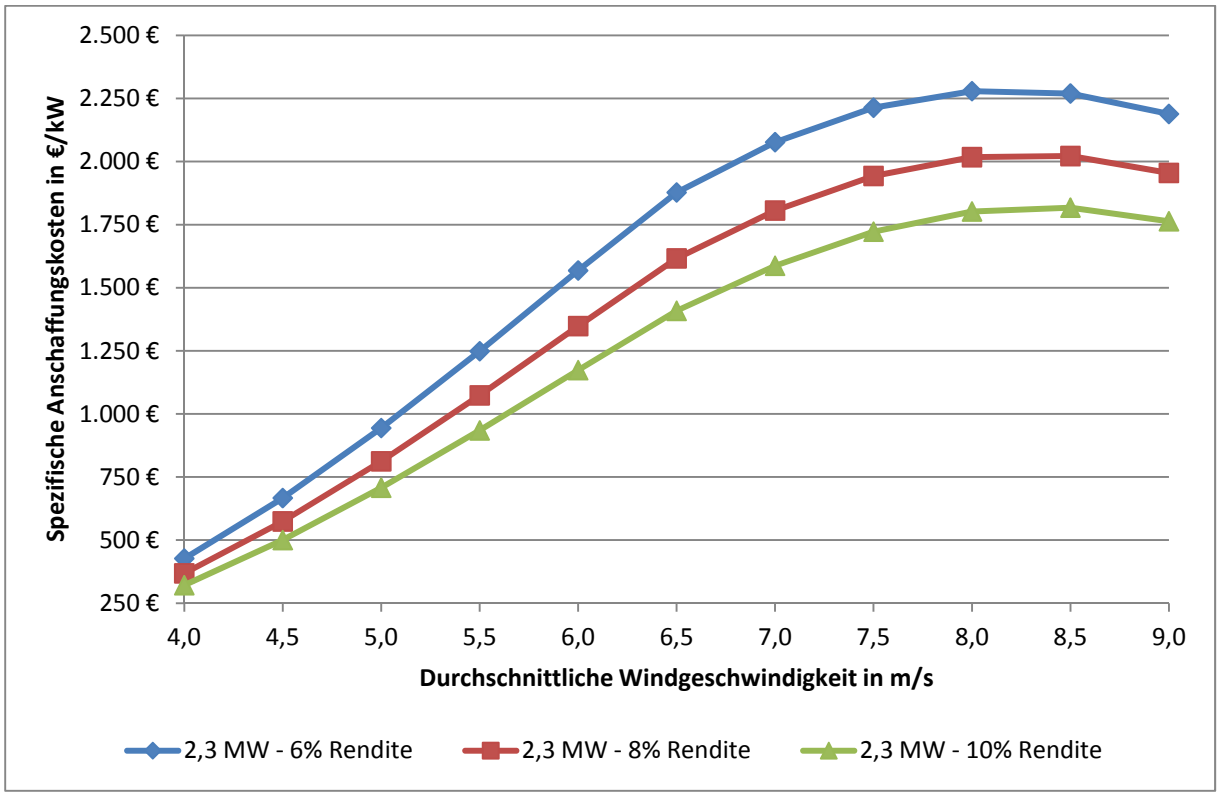
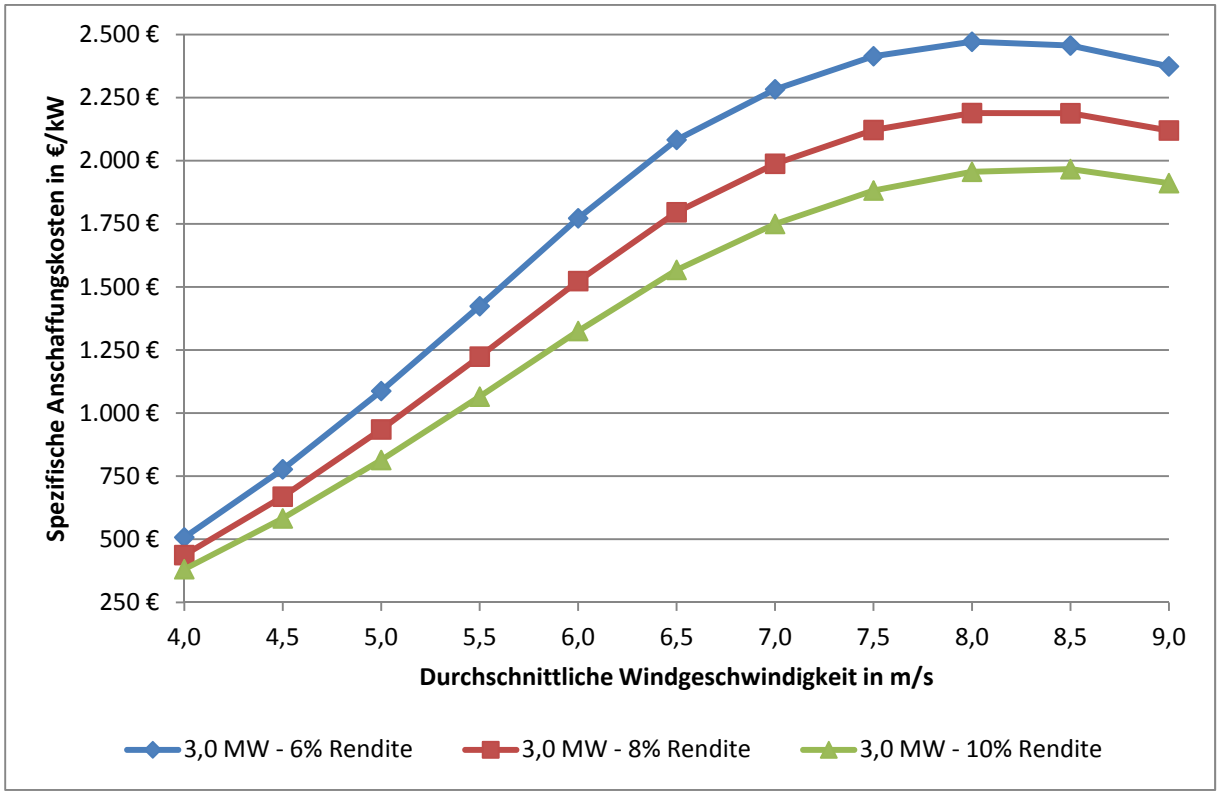


Abbildung 3: Spezifische Anschaffungskosten einer 3,0 MW WEA bei unterschiedlichen durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten und Renditeerwartungen



Der LfL-Windrechner zur Unterstützung bei Investitionsentscheidungen

Gemeinden, Bürger oder Investoren, die an der Errichtung einer Windenergieanlage interessiert sind, können sich an die Energieberater in den Fachzentren der ÄELF wenden, um Unterstützung bei der Realisierung von Windprojekten zu erhalten. Unter anderem steht hier der LfL-Windrechner als Tool zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit eines Projekts zur Verfügung. Unter Berücksichtigung der örtlichen Windverhältnisse, der Nennleistung sowie der Leistungskennlinie des gewählten Anlagentyps, der Investitionskosten sowie prognostizierten Betriebskosten und den Finanzierungskosten kann eine detaillierte 20-jährige wirtschaftliche Betrachtung eines Projekts erstellt werden. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung enthält unter anderem den prognostizierten Stromertrag sowie den daraus resultierenden Einfluss auf die EEG-Vergütung. Unter Berücksichtigung einer wählbaren jährlichen Kostensteigerung kann so eine dynamische Liquiditätsplanung sowie eine Gewinn- und Verlustrechnung erstellt werden. Dies dient zur ersten betriebswirtschaftlichen Standorteinschätzung. Darüber hinaus ermöglicht der LfL-Windrechner bei detaillierter Projektplanung einen ökonomischen Vergleich verschiedener Projektierungsalternativen.

Fazit

Derzeit scheinen die ökonomischen Rahmenbedingungen im Bereich Windenergie durchaus positiv zu sein. Sofern es gelingt die Bevölkerung zu überzeugen und mit ins Boot zu holen, könnte das ambitionierte Ausbauziel, in 10 Jahren 1.000 WEA zu etablieren, durchaus erreicht werden. Derzeit fließen 70 % der Gewerbesteuer an die Gemeinde, in welcher die Windenergieanlage betrieben wird. Dieser Teil der Wertschöpfung in der Region kann durch finanzielle Bürgerbeteiligung (im Rahmen sogenannter „Bürgerwindräder“) noch deutlich erhöht werden. Längst hat sich dieses Vorgehen in Nordfriesland bewährt und könnte – vielleicht auch sollte – noch stärker als Beispiel für Bayern gelten.

Literatur

[1] Bayerisches Energiekonzept „Energie innovativ“; Herausgeber; Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie, München Mai 2011; Download von http://www.bayern.de/Anlage10344945/Bayerisches%20Energiekonzept%20%22Energie%20innovativ%22%20.pdf am 08.04.2013

[2] Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, Stromerzeugung und –verbrauch; Download von https://www.statistik.bayern.de/statistik/energie/ am 08.04.2013

[3] Agentur für Erneuerbare Energien e.V. – Föderal Erneuerbar; http://www.foederal-erneuerbar.de/startseite

[4] Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 25. Oktober 2008 (BGBl. I S. 2074), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes zur Änderung des Rechtsrahmens für Strom aus solarer Strahlungsenergie und zu weiteren Änderungen im Recht der erneuerbaren Energien vom 17. August 2012 (BGBl. I S. 1754).

[5] Energieatlas Bayern; Herausgeber: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit; http://www.energieatlas.bayern.de/ am 08.04.2013

[6] windcomm schleswig-holstein; „Leitfaden Bürgerwindpark – Mehr Wertschöpfung für die Region“ 3. Auflage; Download von http://www.windcomm.de/Downloads/Leitfaeden/Leitfaden-Buergerwindpark.pdf am 21.9.2012

[7] Josef Gold, GSW Gold SolarWind Management GmbH; Vortrag „Wirtschaftliche Aspekte der Windenergie“ bei C.A.R.M.E.N. Fachgesprächsreihe am 12.6.2012 in Straubing