



**Das realisierbare Windkraftpotenzial in Österreich  
bis 2020**

**Mag. Stefan Hantsch, Mag. Stefan Moidl**

**St.Pölten, Juli 2007**

**Kurzstudie**

## **Inhalt:**

- I. Zusammenfassung**
- II. Ausgangspunkt**
- III. Windkraftentwicklung in Österreich**
- IV. Potenzialstudien zur Windkraft in Österreich –  
Zusammenfassung der Ergebnisse**
- V. Diskussion der Potenzialstudien**
- VI. Abschätzung des künftigen Potenzials**
- VII. Anhang: Kurzfassungen der für Österreich vorliegenden  
Potenzialstudien zur Windkraftnutzung**

# I. Zusammenfassung

1994 wurde in Österreich die erste größere Windkraftanlage an das öffentliche Netz geschlossen. Ab 2003 erfolgte durch das Ökostromgesetz ein rasanter Ausbau mit zuletzt 350 MW in den 12 Monaten von Juli 2005 bis Juni 2006. In den 12 Monaten nach dem Inkrafttreten einer Novelle des Ökostromgesetzes, am 1. Juli 2006, wurde in den 12 darauf folgenden Monaten keine einzige Anlage gebaut.

Der Schwerpunkt des Windkraftausbaus befindet sich nördlich von Wien im Weinviertel, im östlichen Niederösterreich und im angrenzenden Nordburgenland. In diesen Regionen werden sehr hohe Volllaststunden von bis zu 2.600 erreicht.

Die zahlreichen Abschätzungen des möglichen Windkraftpotenzials in Österreich, reichen von 3.000 GWh bis zu knapp 20.000 GWh. Bei den meisten dieser Abschätzungen ist zu beobachten, dass der momentane Stand der Technik für die Abschätzungen herangezogen wurde. Technische Weiterentwicklungen, wie sie gerade bei der Windkraft in extremen Maße zu beobachten sind, wurden praktisch nie antizipiert.

Österreich rangiert bei der durchschnittlichen Leistung der neuinstallierten Anlagen mit knapp 2MW im weltweiten Spitzenfeld. Daher wird angenommen, dass sich auch in Zukunft die Betreiber tendenziell für die größten einsetzbaren Maschinen entscheiden werden.

Die Anlagentechnik hat nach einem rasanten Größenwachstum in den letzten zwei bis drei Jahren eine leichte Konsolidierungsphase bei zwei MW erlebt. Die nächste Generation von 2,7 bis 3,6 MW wird aber gerade am Markt eingeführt. 5 bis 6 MW Anlagen sind im Stadium der Nullserie.

Bei der Abschätzung des bis 2020 realisierbaren Potenzials wird davon ausgegangen, dass etwa ein Drittel der derzeit bestehenden 607 Anlagen mit einer Leistung von rund 200 MW abgebaut werden. Auf diesen, teilweise für neue Anlagen verwendbaren Standorten, und auf bisher noch nicht verbauten Plätzen, kann man nach unserer Einschätzung zusätzlich rund 700 Windkraftanlagen bauen. Dabei kommen in den Jahren bis 2012 die schon derzeit verfügbare 3,5 MW Klasse zum Einsatz. Nach 2012 bis 2015 dürfte dann auch die 5MW+ Klasse Einzug in Österreich halten. Geeignete Standorte für diese sehr großen Anlagen sind in den klassischen Windregionen in Niederösterreich und im Burgenland zu finden.

Insgesamt erscheinen bis zum Jahr 2020 etwa 1.100 Anlagen mit 3.500 MW realisierbar. Bei 2.100 Volllaststunden haben diese Anlagen ein Regelarbeitsvermögen von 7.3 TWh. Bezogen auf die Leistung bedeutet dies eine gute Verdreifachung. Von der Anlagenstückzahl aber nur eine Steigerung von 80%.

Ein Vergleich mit anderen Staaten zeigt, dass die dann prognostizierte Windkraftdichte schon derzeit von einigen Ländern deutlich überschritten wird.

## II. Ausgangspunkt

Mitte 2007 waren in Österreich 607 Anlagen mit einer Leistung von 965 MW am Netz. Nach einem zügigen Ausbau unter dem ersten Ökostromgesetz kam es nach der Novelle 2006 zu einem abrupten Ausbaustopp. Im Rahmen der Diskussion um eine Novelle, aber auch im Zuge der EU Beschlüsse zu einer Steigerung der Energieerzeugung aus Erneuerbarer Energie auf 20%, kommt es immer wieder zur Diskussion, ob - und in welchem Ausmaß - überhaupt noch Erneuerbare Energie - Potenziale in Österreich erschließbar sind. Diese aufkeimende Diskussion haben wir zum Anlass genommen, um eine Abschätzung des tatsächlich nutzbaren Potenzials bis 2020 durchzuführen.

Dazu evaluierten wir die bestehenden Studien und Abschätzungen. Wir analysierten den bisherigen Ausbau in Österreich und die weltweite Entwicklung der Technik. Aufgrund der bestehenden Anlagen schätzten wir das Repowering - Potenzial ab und machten aufgrund von bestehendem Kartenmaterial eine grobe Abschätzung noch möglicher Standorte. Aus der groben Abschätzung ergibt sich auch ein weiterer Forschungsbedarf, wo dann eine genaue Analyse der geeigneten Flächen - auch mit Sensitivitätsbetrachtungen zu Windgeschwindigkeit und raumplanerischen Rahmenbedingungen – enthalten sein sollte. Voraussichtlich noch im Sommer 2007 wird eine solche Studie unter Koordination der IG Windkraft in Auftrag gegeben werden.

## III. Windkraftentwicklung in Österreich

1994 wurden die ersten beiden größeren Windkraftanlagen ans Netz geschlossen. Danach folgte ein gemächliches Wachstum. In den Jahren 2003 bis 2006 kam es durch das Ökostromgesetz 2002 zu einem raschen Ausbau der Windkraft. In den ersten drei Jahren des Ökostromgesetzes konnten im Schnitt 230 MW jährlich und im 1. Halbjahr 2006 146 MW errichtet werden.

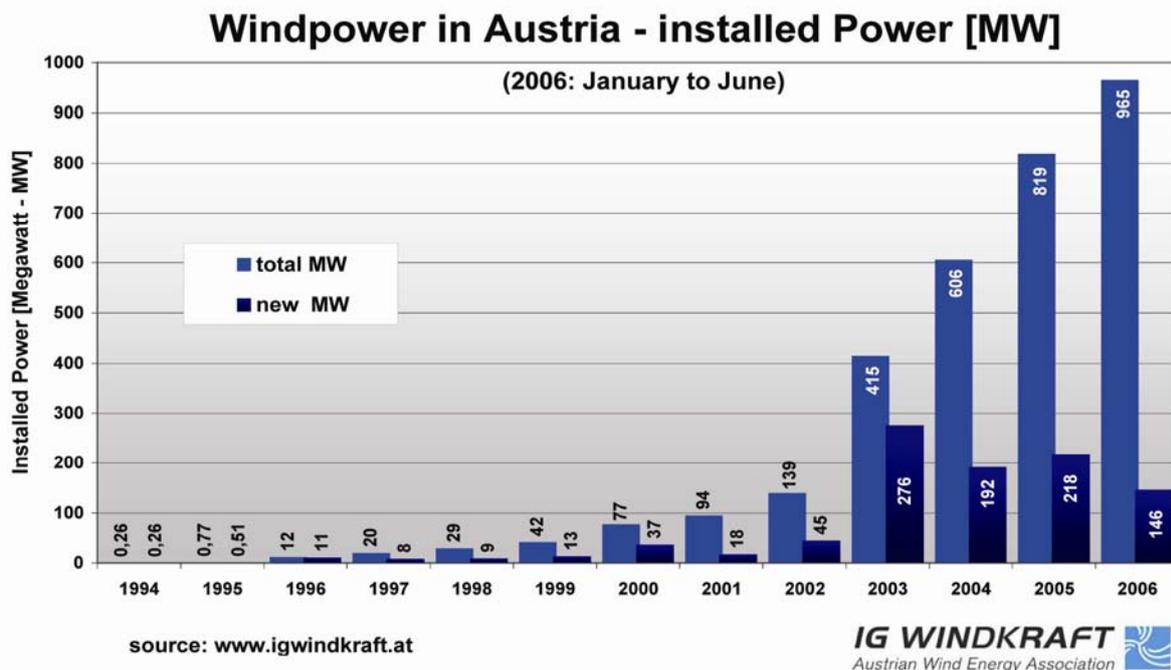
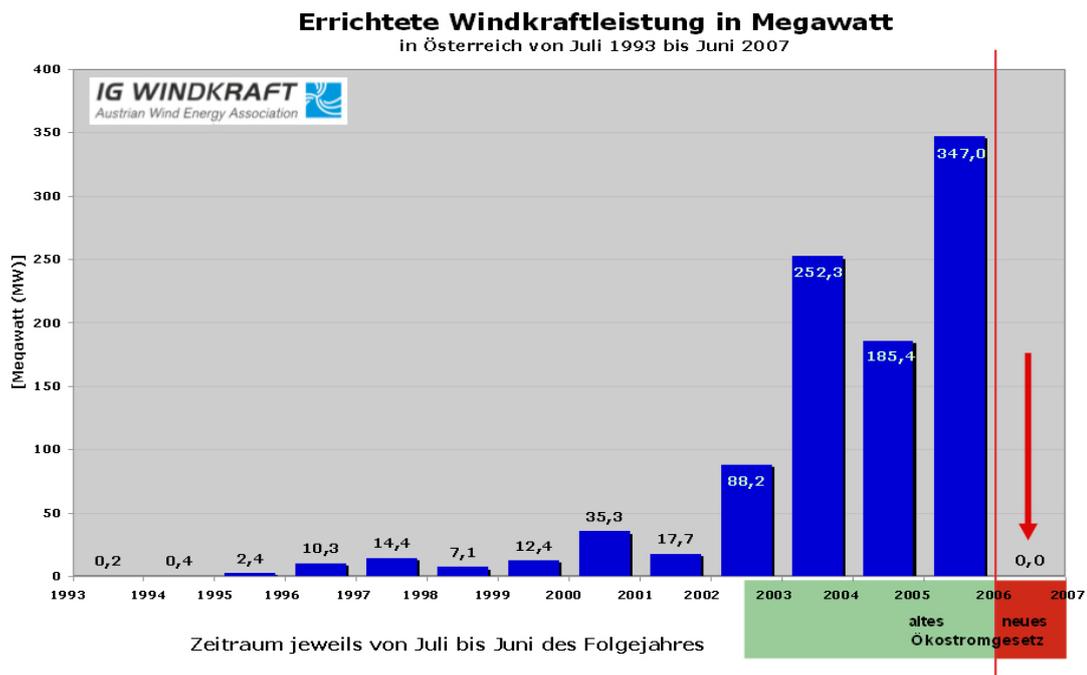


Abb.1: Entwicklung Windkraft in Österreich



**Abb.2: Entwicklung Windkraftausbau (Betrachtungszeitraum jeweils Juli bis Juni)**

Betrachtet man nicht die Kalenderjahre, sondern den Ausbau von Juli bis Juni, erkennt man besonders gut das Inkrafttreten des neuen Ökostromgesetzes: Seit 1994 stieg die jährliche Ausbaukapazität und wurde dann abrupt mit Juli 2006 gestoppt. Bemerkenswert ist, dass in den zwölf Monaten von Juli 2005 bis Juni 2006 347 MW errichtet werden konnten.

Die räumliche Verteilung der Windkraftanlagen macht die begünstigten Gebiete ersichtlich. Besonders im Weinviertel und im Nordburgenland waren die Windverhältnisse ausreichend gut, um Investoren unter den gegebenen Einspeisetarifen von 7,8 ct/kWh mit einer Tariflaufzeit von 13 Jahren zu motivieren. Mittlerweile ist der Tarif im Jahr 2007 auf 7,55 ct/kWh abgesenkt mit einer Tariflaufzeit von lediglich 10 Jahren in voller Höhe (danach ein Jahr abgesenkt auf 75 % und ein weiteres Jahr gesenkt auf 50 %). Das neue Ökostromgesetz sieht vor, dass dieser Tarif für neue Anlagen jedes Jahr abgesenkt werden muss und nicht mehr angehoben werden kann.

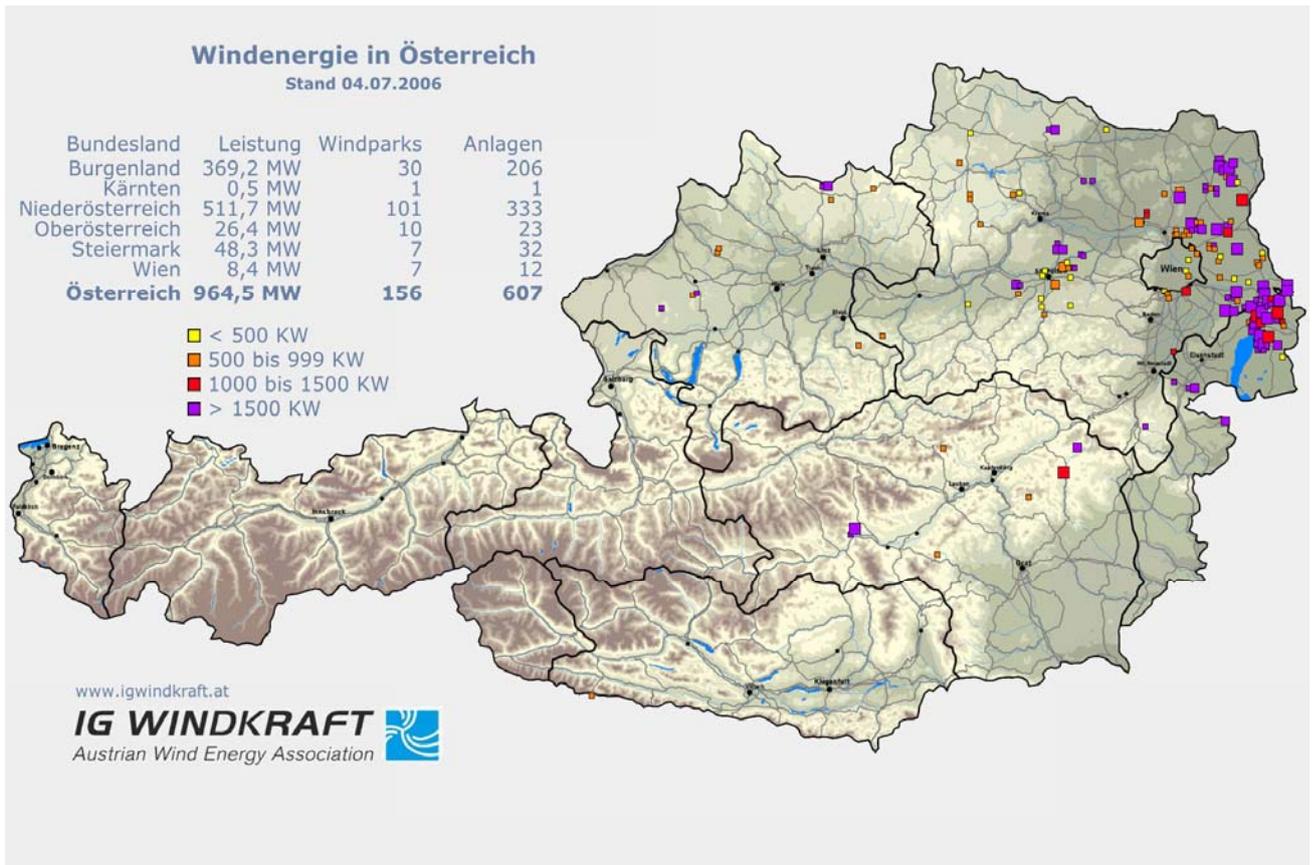
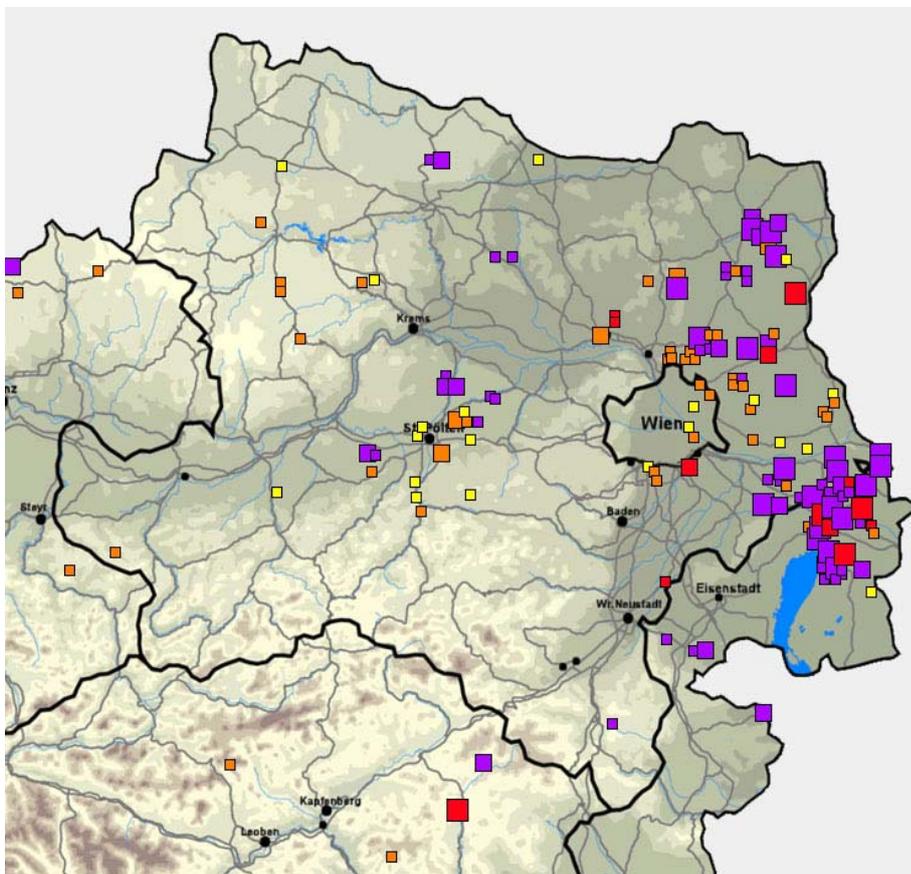


Abb. 3: Windenergie in Österreich Stand 1. Juli 2007



Vergrößerter Ausschnitt von Abb. 3

Die Aufstellung der e-control und der Energieagentur (siehe unten) zeigt die Volllaststunden der Windkraftanlagen 2005:

Auffallend sind die hervorragenden Werte im Burgenland und in Niederösterreich: Laut Aufstellung wurde im Burgenland über 50% der Energie von Anlagen geliefert, die zwischen 2.200 und 2.400 Volllaststunden erreichten. In Niederösterreich waren es in diesem Bereich 21%, knapp 20% lagen sogar zwischen 2400 und 2600 Volllaststunden.

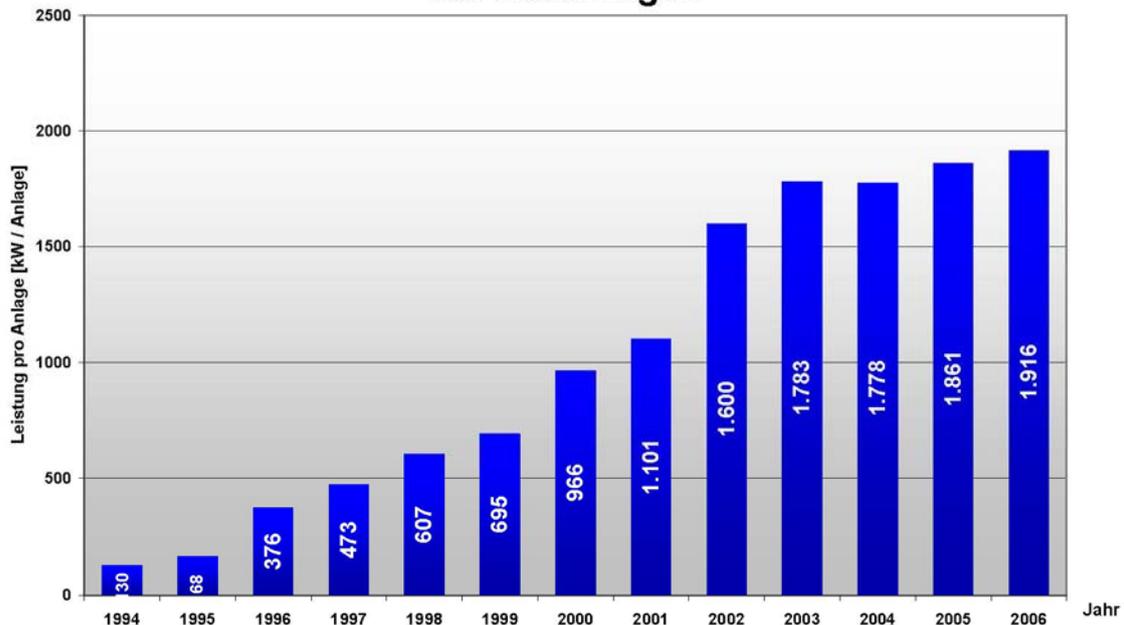
Bundesland	Volllaststunden		Energie 2005 insgesamt in GWh	
	von	bis	Absolut	in %
Burgenland	0	1.000	0,10	0,02%
	1.000	1.800	14,43	3,35%
	1.800	2.000	111,01	25,74%
	2.000	2.200	61,12	14,17%
	2.200	2.400	219,51	50,89%
	2.400	2.600	25,13	5,83%
	2.600	2.800	-	0,00%
<b>Summe Burgenland</b>			<b>431,30</b>	<b>100,00%</b>
Niederösterreich	0	1.000	0,75	0,23%
	1.000	1.800	62,37	19,18%
	1.800	2.000	69,73	21,45%
	2.000	2.200	52,19	16,05%
	2.200	2.400	67,50	20,76%
	2.400	2.600	64,27	19,77%
<b>Summe Niederösterreich</b>			<b>325,14</b>	<b>100,00%</b>
Übriges Österreich	0	1.000	0,50	0,71%
	1.000	1.800	12,37	17,50%
	1.800	2.000	52,36	74,09%
	2.000	2.200	4,05	5,73%
	2.200	2.400	1,40	1,98%
	2.400	2.600	-	0,00%
	2.600	2.800	-	0,00%
<b>Summe übriges Österreich</b>			<b>70,67</b>	<b>100,00%</b>
<b>Gesamtsumme ausgewertet</b>			<b>827,11</b>	
<b>Windkraft-Einspeisemenge gesamt 2005</b>			<b>1.320,00</b>	

Quelle: Öko-BGV, Energie-Control GmbH

**Tab.1: Volllaststunden 2005: Quelle: Expertise zur Neubestimmung der Preise: Energieagentur und E-Control 2006 ; S. 36**

Ein Grund für die guten Ergebnisse sind die immer effizienteren Anlagen. Die untenstehende Grafik zeigt, den raschen Anstieg bei der installierten Anlagengröße. Mit knapp 2 MW pro Anlage liegt Österreich im weltweiten Spitzenfeld. Die Risikobereitschaft der österreichischen Betreiber und die im Verhältnis zu anderen Ländern knappen Tarife waren offensichtlich ein Anreiz, stets auf die größte und effizienteste Technik zu greifen.

## Durchschnittliche Größe der Neuanlagen



quelle: [www.igwindkraft.at](http://www.igwindkraft.at)

**IG WINDKRAFT**  
Austrian Wind Energy Association 

**Abb. 4: Durchschnittliche Größe der Neuanlagen**

## IV. Potenzialstudien zur Windkraft in Österreich – Zusammenfassung der Ergebnisse

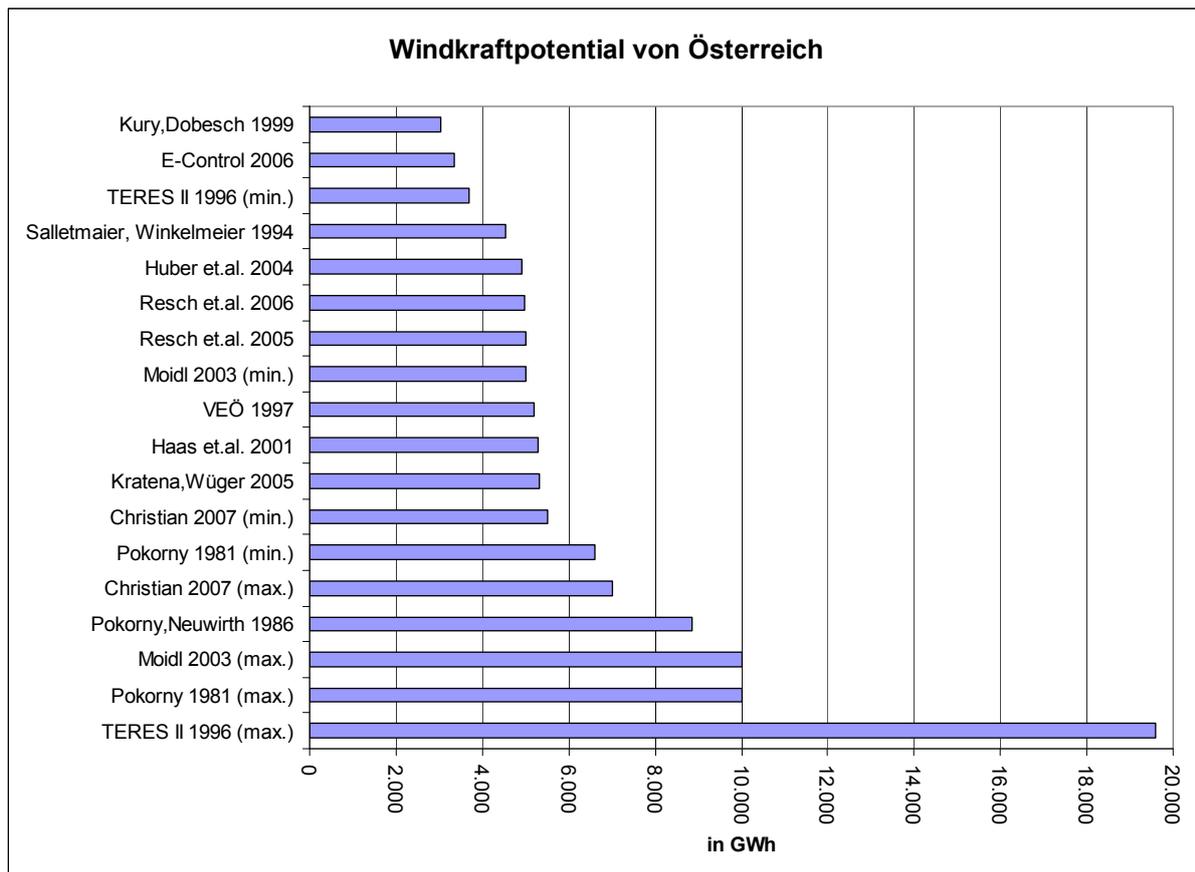
Die existierenden Potenzialabschätzungen liegen in einem sehr breit gestreuten Bereich. Der Focus der einzelnen Studien ist auch unterschiedlich. Einige Studien stellen ein (theoretisches) technisches Potenzial dar, während andere die tatsächlich umsetzbare Windkraftproduktion bis zu einem gewissen Stichtag abschätzen.

Die ausführlich in „Salletmaier, Winkelmeier 1994“ diskutierte Studie „Das österreichische Windenergiepotential“ „Pokorny 1981“ ergibt ein technisches Windenergiepotential von 6.600 bis 10.000 GWh pro Jahr. Ausgehend von Daten der Windmessungen und von damals am Markt verfügbaren Anlagen (Nabenhöhe 20m, Rotordurchmesser 15 m, 50 kW Leistung) wurde eine Windenergiekarte für Österreich erstellt. Es wurden Gebiete mit guten Windverhältnissen, welche sich besonders zur Nutzung der Windenergie eignen kartographisch ausgewiesen. Bei gleichmäßiger Verteilung der Anlagen über das gesamte Bundesgebiet wurde ein Potenzial von 6.600 GWh/a und bei Konzentration auf die Gebiete mit guten Windverhältnissen kommt die Studie auf 10.000 GWh/a. Dafür werden unter damaligen technischen Gegebenheiten 150.000 Anlagen angegeben.

Eine detaillierte Abschätzung für einzelne Bundesländer erfolgte erstmals in „Pokorny, Neuwirth 1986“. Die Berechnung der Potenziale erfolgt nach derselben Methodik wie bei „Pokorny 1981“ und ergibt ein gesamt Potenzial (exklusive Wien und Kärnten) von 8.860 GWh/a für Österreich.

In „Salletmaier, Winkelmeier 1994“ wurde gezeigt, dass in Österreich ausreichend Standorte für Windkraftanlagen mit hoher Qualität und Wirtschaftlichkeit bestehen. In der Studie wurde

für zwölf exemplarische Standorte auf Basis der damals verfügbaren Technologie (50, 150, 225 und 500 kW) der durchschnittliche Ertrag pro gewählter Technologie und Standort berechnet. Die Ertragsdaten wurden mit jenen aus deutschen Anlagen verglichen und die Varianten der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden mit internationalen Beispielen verglichen. Bei der Diskussion über die Einbindung der Windleistung ins österreichische Stromnetz und bei einem Ausblick in die Zukunft formuliert die Studie bei einer Anlagengröße von 1 MW Leistung und 1.300 Vollstunden eine installierte Leistung von 3.500 MW für die Zukunft. Dies wären 4.550 GWh/Jahr.



**Abb. 5: Potenzialabschätzungen für die Windkraftnutzung in Österreich**

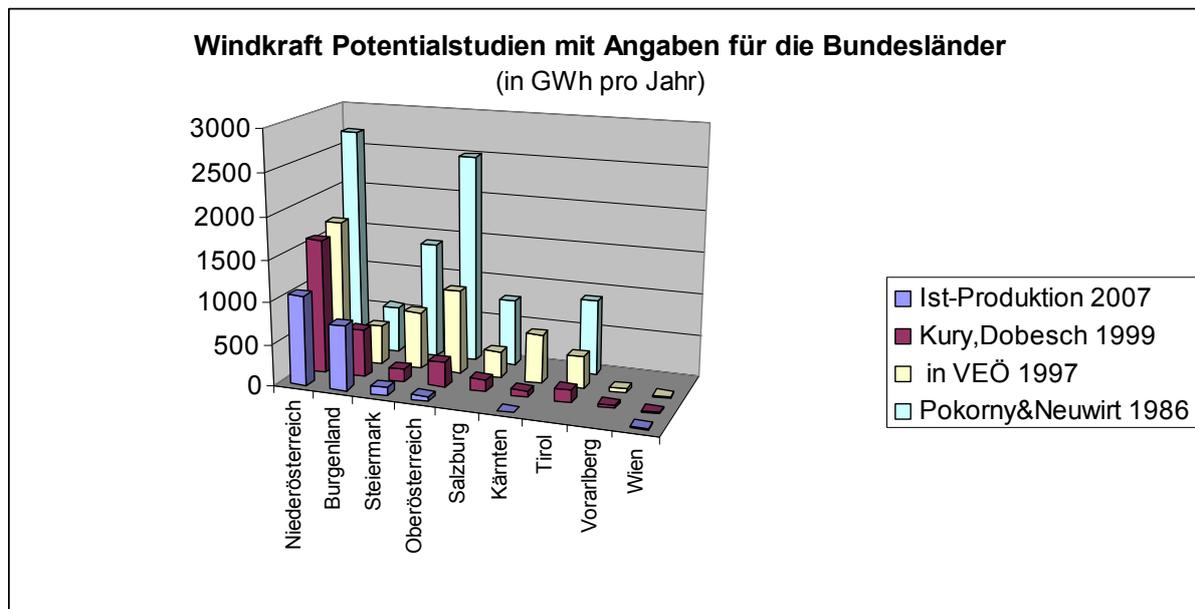
In einer von „VEÖ 1997“ zitierten Studie der TU Wien wird aufgrund der theoretisch nutzbaren Fläche für Österreich (Siedlungsräume, Wald-, Naturschutz- und Hochgebirgsgebiete sowie Gebiete, für die technische oder rechtliche Rahmenbedingungen eine einschränkende Wirkung gelten, werden nicht genutzt) und einem mittleren Energieertrag pro km<sup>2</sup> das gesamte Windenergiepotential auf 5.208 GWh pro Jahr geschätzt. Eine Aufteilung der Potenziale auf Bundesländer erfolgte ebenfalls.

In „Kury, Dobesch 1999“ wird das technische Potenzial der Windenergie mit 3040 GWh/a abgeschätzt. Ausgehend von den Ertragsdaten von 56 Niederösterreichischen Windkraftanlagen und abgeschätzten, regional differenzierten Volllaststunden (z.B. Niederösterreich: durchschnittlich 1690 Volllaststunden pro Jahr) wurden Erträge prognostiziert. Ausgehend von den mittleren Geschwindigkeiten auf Höhe der Nabe einer Windkraftanlage, den prognostizierten Volllaststunden, der geographischen Umgebung und der Siedlungsstruktur wurde der zu erwartende Energieertrag für die unterschiedlichen Gebiete berechnet. In der Studie wurde davon ausgegangen, dass die durchschnittlich installierte Turbine 1 MW Leistung bei einem Rotordurchmesser von 55 Metern hat und somit ein Flächenbedarf pro Turbine von 0,1 km<sup>2</sup> besteht. Weiters wurde bei der Potenzialabschätzung davon ausgegangen, dass verschiedene Gebiete für die Errichtung von Windparks, wie z.B. Nationalparks, Naturschutzgebiete, Wohngebiete mit

Distanzabstand, Sicherheitszonen für Flughäfen, Militärische Anlagen, Gewässer ausgenommen bleiben. Für Österreich wurde ein Windpotential von 1850 MW Leistung mit einem Ertrag von 3.040 GWh/a auf einer Fläche von 185 km<sup>2</sup> abgeschätzt. Eine detaillierte regionale Aufteilung (Bundesländer) dieser Potenziale ist ebenfalls enthalten.

<b>Windkraft Potentialstudien mit Angaben für die Bundesländer</b>				
	<b>Pokorny&amp;Neuwirt</b>	<b>in VEÖ</b>	<b>Kury,Dobesch</b>	<b>Ist-Produktion</b>
	1986	1997	1999	2007
	GWh	GWh	GWh	GWh
Niederösterreich	2700	1.700	1605	1075
Burgenland	560	470	568	775
Steiermark	1400	690	150	101
Oberösterreich	2500	1.000	295	55
Salzburg	800	320	150	
Kärnten		580	75	1
Tirol	900	380	150	
Vorarlberg		50	30	
Wien		18	17	18
<b>Gesamt Österreich</b>	<b>8.860</b>	<b>5.208</b>	<b>3040</b>	<b>2025</b>

**Tab. 2: Windkraftpotenzialstudien mit Angaben für die Bundesländer**



**Abb. 6: Potenzialstudien mit Angaben für die Bundesländer**

In einem „best practice scenario“ der Studie „TERES II – the European Renewable Energy Study“ (1996) wurde das technische Potenzial von Windstrom in Österreich auf 19.600 GWh/a geschätzt. Der minimale Wert der unterschiedlichen Szenarios in dieser Studie beträgt 3.700 GWh/a.

In „Haas et. al. 2001“ werden die wichtigsten damals vorliegenden Potenzialstudien diskutiert (Kury, Dobesch 1999, VEÖ 1997, Salletmaier et al. 1994, Pokorny 1981, Pokorny, Neuwirth 1986, TERES II 1996). Die Autoren gehen dann im Weiteren ohne detaillierte Erläuterungen davon aus, dass das technische Windpotential mindestens 5.300 GWh/a beträgt. Bei einem Ist-Stand der Windenergienutzung von 120 GWh/a zum Zeitpunkt der Studie wurde in einem „BAU Szenario“ ein zusätzliches realisierbares Potenzial von 1.600 GWh/a bis 2010 und in

einem „ambitioniertem Forcierungsszenario“ ein zusätzlich realisierbares Potenzial von 2.700 GWh formuliert.

In „Moidl 2003“ wird das Potenzial mit Hilfe bis dahin vorliegender Studien und einer Übertragung bestehender Erfahrungen im Burgenland auf ganz Österreich mit 5.000 bis 10.000 GWh abgeschätzt.

In „Huber et. al. 2004“ wird dargelegt, dass bei einer Ausnutzung von Standorten mit mehr als 5 m/s Windgeschwindigkeit oder rund 1.400 Volllaststunden ein mittel- bis langfristiges Potenzial von 5.000 GWh/a in Österreich besteht. In der Computersimulation des „Dynamic RES-E“ Modells ergab sich ein realisierbares Potenzial von 4.929 GWh/a im Jahr 2020.

In „Resch 2005“ wird ein realisierbares Potenzial an Windenergienutzung bis 2020 von rund 5.000 GWh/a angegeben.

In „Resch et. al. 2006“ wird ein zusätzliches realisierbares Potenzial an Windenergienutzung bis 2020 von 3.700 GWh/a zusätzlich zum bestehenden (2004) Potenzial von 1.270 GWh/a, also ein Gesamtpotenzial von 4.970 GWh/a angegeben.

Für die Studien „Huber et. al. 2004“, „Resch 2005“, „Resch et. al. 2006“ wurde für die direkte Potenzialabschätzung die selbe Methode angewendet (Gespräche mit Experten, Vergleich mit anderen Ländern, Verwendung von Daten der Landnutzung, Verwendung der Windkarte RISOE 1998, und Annahme einer Anlagengröße von 2 MW). In den Studien wird das Konzept der „dynamischen Kosten-Ressourcen-Kurven“ verfolgt. Die Studien gehen von unterschiedlichen Annahmen bezüglich der Investitionskosten und der laufenden Kosten, der Lernkurven etc. aus. Trotz unterschiedlichen Eingangsannahmen ergeben sich in etwa dieselben Potenziale. Es ist damit eine Dominanz der Methode der Potenzialabschätzung erkennbar, wohingegen die unterschiedlichen Kostenannahmen in den Hintergrund treten. Die Annahmen zur Lernkurve haben im Modell offensichtlich lediglich Einfluss auf die Kosten nicht aber auf die Anlagengröße bzw. den Energieertrag.

In „Kratena, Wüger 2005“ wird von einer vollen Ausschöpfung des maximalen Windkraftpotentials von 5.330 GWh/a im Jahr 2020 ausgegangen. Es werden weder nähere Begründungen noch Literaturverweise für das angenommene maximale Potenzial von 5.330 GWh/a angegeben.

Der Jahresbericht 2006 der Energie-Control GmbH „ECG 2006“ enthält auch eine Abschätzung eines zukünftigen Windpotenzials. Es wurde angenommen es bestehe ein Potenzial für 500 weiteren Windräder je 2,2 MW (=1100 MW) nach dem Jahr 2004. Es wird ausgeführt, dass auch „die ökonomische Machbarkeit und die Umweltverträglichkeit“ bei einer Potenzialsabschätzung zu bewerten seien und „die Größenordnungen an zusätzlichen Potenzialen des Beitrages erneuerbarer Energieträger“ „aus verschiedenen Quellen abgeleitet“ wurde. Doch fehlen detaillierte Angaben über Annahmen oder Methodik sowie verwendete Literatur für die Größen- und Potenzialabschätzung vollständig.

Bis zur Fertigstellung des Jahresberichtes 2006 wurden in den Jahren 2005 und 2006 bereits 364 MW neu errichtet und weitere 20 MW hatten einen Fördervertrag nach dem Ökostromgesetz 2006. Somit wären etwa 35 % des von der Energie-Control GmbH veranschlagten, noch möglichen Potenzials bereits zum Zeitpunkt des Jahresberichtes errichtet bzw. genehmigt. Nach dieser Sichtweise verblieben lediglich rund 700 MW oder 318 Anlagen (bei den angenommen 2,2 MW pro Anlage) für die zukünftige Errichtung. Somit ergebe sich nach diesem Jahresbericht ein Gesamtpotenzial an rund 1.700 MW Windkraftleistung mit einer jährlichen Stromproduktion von 3.344 GWh/a.

In „Christian et. al. 2007“ erfolgte im Rahmen des Projekts „Energiezukunft Niederösterreich“, welches eine Initiative des Energie- und Umweltlandesrates von Niederösterreich Josef Plank und dem Niederösterreichischen Landesenergieversorger EVN war, auch eine langfristige Potenzialabschätzung für die Nutzung der Windenergie. Es wurde eine „überblicksmäßige Abschätzung der technischen, ökologisch verträgliche

mobilisierbaren Potenziale erneuerbarer Energie für Österreich und Niederösterreich vorgenommen“. Für gesamt Österreich wurde ein Potenzial von rund 5.500 bis knapp 7.000 GWh/a (20 – 25 PJ), und für Niederösterreich ein Potenzial von knapp 2.000 bis 2.800 GWh/a (7 – 10 PJ) abgeschätzt.

Darüber hinaus gibt es einige Potenzialstudien auf rein regionaler Ebene (Bericht Windkataster Wienstrom, Dobesch, Kury 1998; Rahmenbedingungen für eine Nutzung in der Steiermark etc.) und eine Reihe nicht veröffentlichter Studien und Kartenwerke.

## V. Diskussion der Potenzialstudien

Die bisher vorliegenden Studien zum Potenzial der Windkraftnutzung in Österreich zeigten eine große Bandbreite (3 bis 19 TWh/a). In den mehr als 25 Jahren seit den ersten Studien zum Windpotential in Österreich haben sich die Gegebenheiten und insbesondere die technische Möglichkeiten bedeutend verändert.

Doch gerade die praktische Erfahrung mit den errichteten Windkraftanlagen und deren im internationalen Vergleich hohe Leistungsfähigkeit zeigen die grundsätzlich günstigen naturräumlichen Gegebenheiten in weiten Teilen Österreichs für die Nutzung der Windkraft.

In den meisten Studien wurde auf die jeweils verfügbare Technik der Windenergienutzung Bezug genommen. Die Technologie der Nutzung der Windenergie hat aber eine rasante Entwicklung durchgemacht. Die technische Weiterentwicklung der Windenergienutzung bzw. eine Antizipation der künftigen Entwicklung wurde aber von den meisten Autoren gar nicht berücksichtigt.

Gut ersichtlich wird die Effizienzsteigerung beim Vergleich aktueller Daten mit älteren Bewertungen. Zum Beispiel schätzen „Kury/Dobesch 1999“ aufgrund der Erfahrungen mit den damals bestehenden Anlagen die Volllaststundenzahl bei einem Vollausbau mit 1800 h/a für Niederösterreich Ost und das Nordburgenland und 1500 h/a für Oberösterreich ab. Kaltschmitt (2001) nennt die Werte von durchschnittlich 1.600 Volllaststunden, die er von Fanning er zitiert. Wie die oben erwähnte Tabelle 2 zeigt, lag 2005 aber mehr als die Hälfte der Produktion im Burgenland und 40% in Niederösterreich über 2200 Stunden. Selbst im restlichen Bundesgebiet liegen 80% über 1.800 Volllaststunden. Die als rein „technisches“ Potenzial, also nur theoretisch erreichbaren, 3040 GWh stehen einer schon tatsächlicher Produktion von rund 2000 GWh gegenüber.

In einigen Studien ist die Methodik der Potenzialabschätzung nicht ausreichend, für eine Bewertung und Diskussion der darin angenommenen begrenzenden Faktoren, dargelegt (z.B. „Haas et. al. 2001“, „Huber et.al. 2004“, „Resch 2005“, „Kratena, Wüger 2005“, „Resch et. al. 2006“). Es sind dort offensichtlich begrenzende Faktoren angenommen, welche zu einer Potenzialgrenze von rund 5000 GWh/a führen, auch wenn diese Studien von deutlich unterschiedlichen ökonomischen Faktoren (Investitionskosten, Lernkurven, Unterstützungssystem etc.) ausgehen. Die Annahmen zu Lernkurven, in den Studien die solche verwendeten, haben offensichtlich lediglich Einfluss auf die Kosten nicht aber auf die Anlagengröße bzw. den Energieertrag und auch nicht auf das Gesamtpotenzial.

Doch nicht nur in der längeren Vergangenheit sondern auch in der in jüngster Zeit liegen die Abschätzungen in einer hohen Bandbreite. So wurde in „ECG 2006“ das zukünftige Potenzial bis 2020 lediglich mit rund 3.300 GWh abgeschätzt bei „Christian 2007“ das langfristige technischen, ökologisch verträgliche mobilisierbare Potenziale mit rund 5.500 bis knapp 7.000 GWh/a angegeben.

Es zeigt sich deutlich, wie bedeutend die Technologieentwicklung bei der Abschätzung von Windkraftpotentialen ist. Daher wurde im folgenden Kapitel mit einem neuen Ansatz, der sowohl Überlegungen zur technische Entwicklung wie auch Standortüberlegungen integriert, eine realistische Abschätzung des Potenzials der Windkraftnutzung in Österreich bis zum Jahr 2020 vorgenommen.

## **VI. Abschätzung des künftigen Potenzials**

### **1. Technische Überlegungen**

Die Windenergietechnik hat sich seit ihrem Wiederaufleben in den 1970er Jahren rasch entwickelt. Waren vor gut zehn Jahren international, aber auch in Österreich noch 600kW Anlagen mit 44m Rotordurchmesser (1500 m<sup>2</sup> Rotorfläche) die typische Größe, so sind es heute 2 MW Anlagen mit 71 bis 90m Durchmesser (4.000 bis 6.400 m<sup>2</sup> Rotorfläche). In dieser Zeit haben sich die Nabenhöhen von typisch 60m auf 98 bis 105 m gesteigert (die höchste in Österreich verwendete Nabenhöhe beträgt 113m).

In Abb. 3 ist ersichtlich, dass in Österreich bis 2003 die durchschnittliche Größe sehr rasch, dann aber nur mehr relativ langsam gestiegen ist.

Die international zu beobachtende Anlagenentwicklung zeigte in den letzten Jahren einerseits eine gewisse Konsolidierung im Bereich von 2MW bei gleichzeitiger Weiterentwicklung von sehr großen Prototypen. Der Weltmarktführer Vestas hat beispielsweise 2004 für die schon einige Jahre alte V80 Plattform einen 90m Rotor entwickelt. Bei gleicher Nennleistung hat diese Anlage um 26% mehr Erntefläche und erreicht damit wesentlich höhere Vollaststunden. Andererseits bietet Vestas seine 2004 eingeführte 3MW Anlage bis heute ebenfalls nur mit 90m Durchmesser an, obwohl die Auslieferung der V100 schon vor zwei Jahren angekündigt wurde.

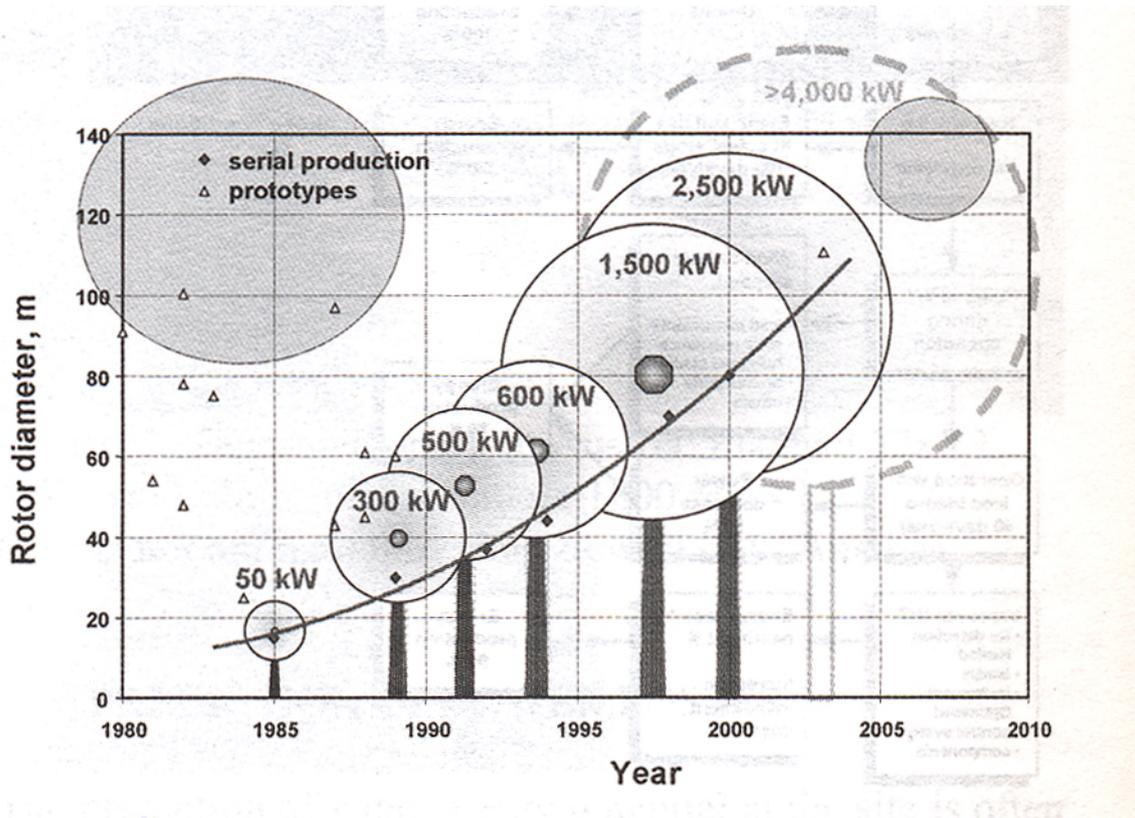
Mittlerweile dürfte aber der Schritt zur breiten Markteinführung der 3MW Klasse unmittelbar bevorstehen: Siemens hat seinen Prototyp der 3,6MW Anlage mit 104 m Durchmesser schon 2004 errichtet und von dieser Anlage etliche Stück verkauft.

Auf der anderen Seite hat Repower schon mehrere seiner 2005 erstmals errichteten 5MW Anlage mit 126m Durchmesser errichtet.

Enercon hat zuletzt seine E112 mit 4,5 MW (erster Prototyp 2001) auf 132m Rotor und 6MW vergrößert.

Einige Hersteller beschäftigen sich auch schon mit der Konstruktion von 8MW Anlagen.

Etliche der Projekte, die derzeit in Österreich im Genehmigungsprozess sind, werden schon für 3 MW Anlagen geplant und genehmigt. Im Burgenland werden einzelne Standorte auch schon für 6MW Maschinen genehmigt. Neben der noch nicht vollständig ausgereiften Technik, sind die noch relativ hohen Kosten für diese ganz großen Anlagen eine Hürde.



**Abb. 7: Größenentwicklung der Windkraftanlagen**

Aus unserer Sicht wird der Großteil der kommenden Projekte mit Anlagen zwischen 3 und 6MW gebaut werden. Die derzeitigen Projektplanungen zeigen dies. Die Betrachtung der vergangenen Entwicklung legt nahe, dass so wie sich in den letzten acht Jahren die Anlagenleistung verdreifacht hat, auch die Leistungsklasse von 5MW innerhalb den nächsten fünf Jahre und die 6MW (bis 8MW) Maschinen bis 2015 ausreichend ausgereift und auch wirtschaftlich sein werden. Bei den 3 bis 3,6MW Anlagen wird dies zwischen 2008 und 2010 sein. Aber auch kleinere Anlagen der heutigen Leistungsklasse, werden nach wie vor dort zum Zug kommen, wo Transport oder die Nähe zu Siedlungen sehr große Anlagen nicht zulassen.

## 2. Erträge

Die Anlagen haben in den vergangenen Jahren sehr große Sprünge bei der Effizienz gemacht. Drehzahlvariable, pitch - gesteuerte Anlagen sind heute Standard. Der nächste Entwicklungsschritt zeichnet sich im Triebstrangbereich ab. Hier streben mehrere Hersteller mit Hilfe von variablen Getrieben den Einsatz von Synchrongeneratoren an, um eine noch bessere Netzverträglichkeit zu gewährleisten. Bei den Turmhöhen gibt es in Deutschland schon Entwicklungen von bis zu 160 m. 125 m werden auch schon bei 2MW Anlagen serienmäßig angeboten. Dadurch werden auch die spezifischen Winderträge (gleich gute Windverhältnisse vorausgesetzt) weiter steigen.

Gut ersichtlich wird die Effizienzsteigerung beim Vergleich aktueller Daten mit älteren Bewertungen. „Kury/Dobesch 1999“ (e&i, Heft 7/8, S.415-420) schätzen aufgrund der Erfahrungen mit den damals bestehenden Anlagen die Volllaststundenzahl bei einem Vollausbau mit 1800 h/a für Niederösterreich Ost und das Nordburgenland und 1500 h/a für Oberösterreich ab. Kaltschmitt (2001) nennt die Werte von durchschnittlich 1.600 Volllaststunden, die er von Fanning er zitiert.

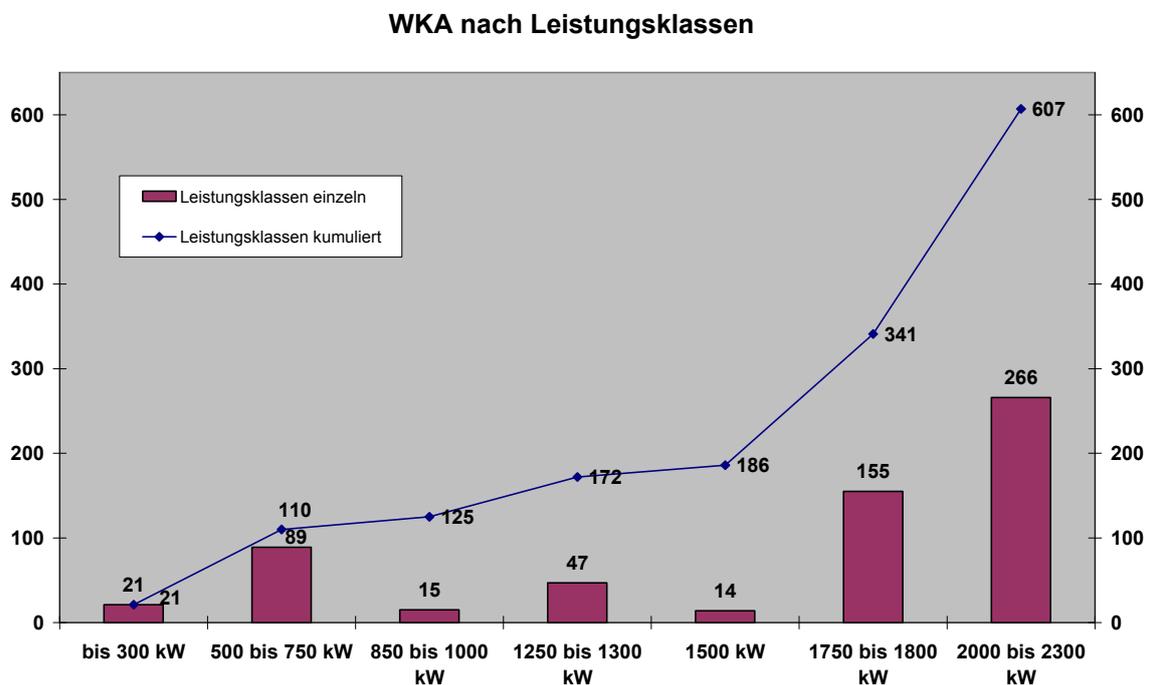
Wie die oben erwähnte Tabelle 2 zeigt, lag 2005 aber mehr als die Hälfte der Produktion im Burgenland und 40% in Niederösterreich über 2200 Stunden. Selbst im restlichen Bundesgebiet liegen 80% über 1800Volllaststunden.

Die Bewertung der möglichen Erträge pro installierter Leistung müssen daher im Vergleich zu früheren Studien stark angehoben werden.

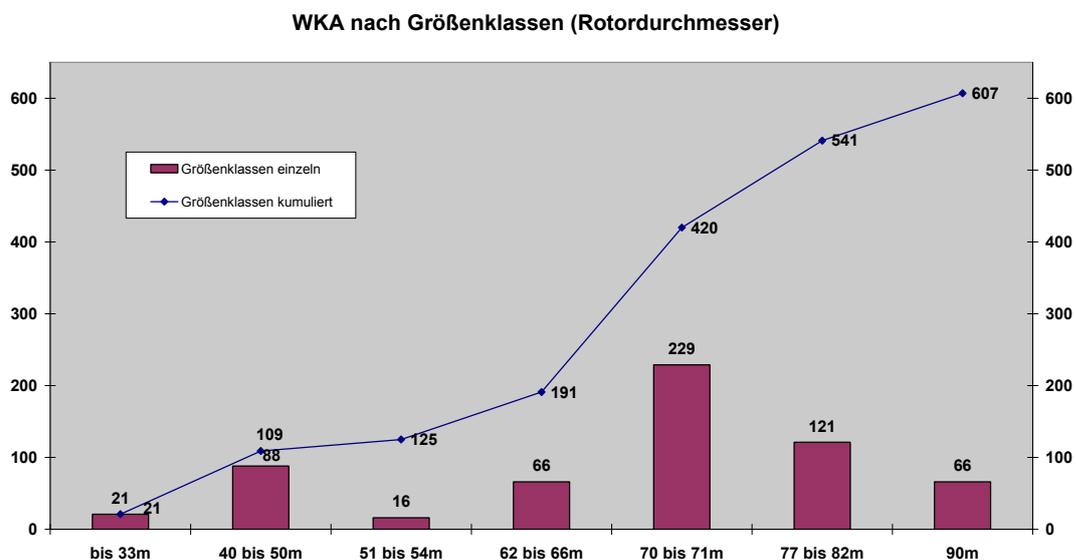
Uns scheint ein Schnitt von 2.100 Volllaststunden angemessen. 2.100 entspricht in etwa dem derzeitigen Schnitt. Neue Anlagen sind einerseits effizienter, andererseits werden aber auch Standorte erschlossen werden, die nicht mehr die allerbesten Windbedingungen aufweisen.

### 3. Standorte

Eine der wesentlichen Fragen ist die der nutzbaren Standorte:



**Abb. 8: Bestehende WKA nach Leistungsklassen**



**Abb. 9: Bestehende WKA nach Größenklassen**

In Niederösterreich stehen derzeit 333 Windkraftanlagen, im Burgenland sind es 206. Betrachtet man die bestehenden Anlagen, so sieht man, dass etwa ein Drittel der 607 Anlagen in Österreich kleiner oder gleich 1,5 MW sind. Geht man davon aus, dass viele von diesen (meist auch älteren Anlagen) bis 2020 abgebaut werden und zusätzlich auch 15 % der Anlagen von 2 MW, dann kommt man auf etwa 210 Anlagen, mit etwa 200MW, die bis 2020 wegfallen.

Auf diesen zum Teil für neue Anlagen verwendbaren Standorten und bei Betrachtung neuer, bisher noch nicht verbauter Plätzen, kann man nach unserer Einschätzung zusätzlich rund 700 Windkraftanlagen in Österreich bauen. Dabei gehen wir davon aus, dass, so wie in der Vergangenheit auch, die größten am Markt verfügbaren Anlagenklassen gekauft werden. Dabei kommen in den Jahren bis 2012 die schon derzeit verfügbare 3,5 MW Klasse zum Einsatz. Nach 2012 bis 2015 dürfte dann auch die 5MW+ Klasse errichtet werden. Als Standorte scheinen das Nordburgenland und das angrenzende Niederösterreich und das Weinviertel möglich, wobei dort auch etliche Repowering - Standorte verwendet werden dürften. Diese Regionen sind auch mit diesen großen Anlagen erreichbar, da eine Anlieferung über die Donau bis nach Wien möglich ist.

#### 4. Ergebnis

Insgesamt erscheint so eine Gesamtzahl von etwa 1.100 Anlagen mit 3.500 MW bis zum Jahr 2020 realisierbar. Bei 2.100 Volllaststunden haben diese Anlagen ein Regelarbeitsvermögen von 7.3 TWh.

Bezogen auf die Leistung bedeutet dies eine gute Verdreifachung. Von der Anlagenstückzahl aber nur eine Steigerung von 80%.

	Ist	Neu				Abgebaut	Gesamt	
Anlagengröße		2 MW	3,5 MW	6 MW	Summe			
Anlagen	607	180	290	220	690	210	1.087	Anlagen
Megawatt	965	360	1015	1320	2.695	204	3.456	MW
GWh	2.030						7.257	GWh

Tab.: 3 Abgeschätztes Windkraftpotenzial für Österreich 2020

## 5. Vergleich mit anderen EU-Staaten

Vergleicht man die Windkraftintensität mit anderen Europäischen Staaten, sieht man, dass schon jetzt Dänemark und Deutschland fünf Mal so viel Windkraftleistung pro km<sup>2</sup> haben wie Österreich und die Niederlande drei Mal soviel. Auch Spanien und Portugal dürften bei ihrer Ausbaugeschwindigkeit bald auf das prognostizierte Niveau für Österreich im Jahr 2020 (42kW/m<sup>2</sup>) kommen.

Land	Fläche	Population	Bev.dichte	Windausbau	Wind/Fläche	Vergleich zu A	Wind/Kopf	Vergleich zu A
	(km <sup>2</sup> )	(1 July, 2002 est.)	(1.000 EW / km <sup>2</sup> )	(MW) ende 2006	kW/km <sup>2</sup>	%	kW/1.000 EW	%
 Österreich	83.858	8.169.929	97,4	965	11,51	100%	118,1	100%
 Belgien	30.510	10.274.595	336,8	193	6,33	55%	18,8	16%
 Dänemark (onshore)	43.094	5.368.854	124,6	2.785	64,64	562%	518,8	439%
 Finnland	338.593	5.157.537	15,3	86	0,26	2%	16,7	14%
 Frankreich	547.030	59.765.983	109,3	1.567	2,86	25%	26,2	22%
 Deutschland	357.021	83.251.851	233,2	20.622	57,76	502%	247,7	210%
 Griechenland	131.940	10.706.290	81,1	746	5,65	49%	69,7	59%
 Irland	70.280	4.234.925	60,3	745	10,60	92%	175,9	149%
 Italien	301.230	58.147.733	193,0	2.123	7,05	61%	36,5	31%
 Luxemburg	2.586	448.569	173,5	35	13,53	118%	78,0	66%
 Niederlande	41.526	16.318.199	393,0	1.560	37,57	326%	95,6	81%
 Norwegen	324.220	4.525.116	14,0	314	0,97	8%	69,4	59%
 Portugal	91.568	10.084.245	110,1	1.716	18,74	163%	170,2	144%
 Spanien	498.506	40.077.100	80,4	11.615	23,30	202%	289,8	245%
 Schweden	449.964	9.090.113	20,2	572	1,27	11%	62,9	53%
 Schweiz	41.290	7.301.994	176,8	12	0,29	3%	1,6	1%
 Großbritannien	244.820	59.201.000	241,8	1.963	8,02	70%	33,2	28%

Quelle: Wikipedia; EWEA

Tab. 4: Windkraft pro Kopf und km<sup>2</sup> in europäischen Ländern

## VII. Anhang: Kurzfassungen der für Österreich vorliegenden Potenzialstudien zur Windkraftnutzung

### Das österreichische Windenergiepotential – Windenergiekarte von Österreich

Walter Pokorny

Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Forschung  
(unveröffentlichter Bericht)

1981

Ende der siebziger Jahre beauftragte das BMWF eine Studie mit dem Ziel der Ermittlung des in Österreich nutzbaren Windenergiepotenzials. Dieses Potenzial wurde anhand vorliegender Windmessdaten der meteorologischen Stationen errechnet und 1981 fertig gestellt.

Die Methode bestand nicht darin, für Österreich flächendeckend das Energieangebot aus Wind in einer standardisierten Höhe über Grund festzustellen, sondern den Energiegewinn aus dem Einsatz bestimmter Turbinentypen zu errechnen. Diese Vorgangswiese wird damit begründet, dass sich aus dem unterschiedlichen Leistungsverhalten von Turbinen und Generatoren und aus unterschiedlichen Anwendungsfällen ganz spezifische Einsatzgebiete für bestimmte Windkraftanlagen ergeben.

Die Berechnungen wurden in eine Windkarte für das gesamte Bundesgebiet umgesetzt. Es wurden auch für jene Gebiete, für die keine oder keine gesicherten Messergebnisse vorlagen, aus den bekannten Messdaten Ergebnisse extrapoliert. Bei der überwiegenden Zahl der Messwerte schwankte der Mittelwert der Windgeschwindigkeiten zwischen 3,5 und 4 m/s. Es wurde ein großer Aufwand in das Sammeln möglichst vieler Windmessdaten, in die Auswertung und die Ermittlung des möglichen jährlichen Energiegewinnes für alle österreichischen Regionen betrieben.

Die Windgeschwindigkeiten wurden für die Berechnung auf eine angenommene Nabenhöhe von 20 m gerechnet und in Klassen von 0,5 m/s eingeteilt.

Die Ertragsermittlung erfolgte für eine theoretische (mit maximalen Wirkungsgrad) und vier tatsächlich ausführbare Anlagenbauarten. Sie sollten unterschiedliche Aufgaben erfüllen und unterschiedliche technische Konzepte repräsentierten.

1. Turbinen mit variabler, zur Windgeschwindigkeit proportionaler Drehzahl, direkte Wärmeerzeugung durch Wirbelbremsen.
2. Turbinen mit variabler, zur Windgeschwindigkeit proportionaler Drehzahl, Erzeugung von Wechselstrom mit variabler Frequenz oder von Gleichstrom. Nachträgliche Umformung im Allgemeinen nötig.
3. Turbinen mit konstantem Drehmoment für direkten mechanischen Kolbenpumpenbetrieb.
4. Turbinen mit konstanter Drehzahl, Erzeugung von Wechselstrom mit konstanter Frequenz. Umformung nötig für Speicherung in Batterien. Keine Umformung nötig bei Verbundbetrieb mit Netz.

Die Unterschiede der Anlagentechnologie wird mit dem Auftrag für die Studie („Vorschläge für die von den Windverhältnissen der einzelnen Regionen abhängige sinnvolle Nutzung der Windenergie“) begründet – d.h. Inselbetrieb, Wasserwirbelbremsen, mechanischer

Pumpbetrieb u.a. Die Berechnungen wurden auf Basis von Anlagen, welche dem damaligen Stand der Technik entsprachen durchgeführt. Der Rotordurchmesser wurde mit 15 m (177 m<sup>2</sup> Rotorkreisfläche) und ungefähr 50 kW angenommen.

Für die Berechnung wurden aus den Häufigkeiten der Stundenmittelwerte die Energieerträge für ein Jahr errechnet. Als leicht vergleichbarer Wert wird die Leistung pro Quadratmeter überstrichener Fläche angegeben. Die auf gemessenen Daten beruhenden Ergebnisse wurden daraufhin nach regionalen topographischen Kriterien extrapoliert und die Windenergiepotentialkarte erstellt.

Das technisch realisierbare Windenergiepotential wird in dieser Studie auf 6.600 bis 10.000 GWh/a geschätzt. Es wird eine Anzahl von 150.000 Windkraftanlagen vorgeschlagen. In der Abschätzung geht die Studie auf die Anlagenbauart, die technisch und wirtschaftlich mögliche und die zumutbare Anzahl und Größe ein.

Pokorny rechnete bei konzentrierter Aufstellung in Windparks (Abstand 10 Durchmesser) bei einem Energieertrag von 250 kWh/m<sup>2</sup> mit einem Jahresertrag von 2 GWh/km<sup>2</sup>.

Errechneter durchschnittlicher jährlicher Energiegewinn je m <sup>2</sup> Rotorkreisfläche	250 kWh/m <sup>2</sup> *a
Anlagengröße	15m Rotordurchmesser 20m Nabhöhe
Anzahl der Anlagen	150.000 Anlagen
Energieertrag bei gleichmäßiger Verteilung der Anlagen der Windkraftanlagen	6.600 GWh/a
Energieertrag bei Konzentration auf Gebiete mit guten Windverhältnissen	10.000 GWh/a

## Das Windenergiepotential des Bundeslandes ...

Walter Pokorny, Fritz. Neuwirth

Im Auftrag mehrerer Bundesländer  
(unveröffentlichter Bericht)

1986

In einer Folgeuntersuchung nach der Studie von 1981 erstellte Pokorny gemeinsam mit dem Meteorologen F. Neuwirth eine Abschätzung des Windenergiepotenzials der österreichischen Bundesländer. Es wurde aufbauend auf der Methodik der Studie aus dem Jahr 1981 mit detaillierten Messungen und dem erprobten Instrumentarium technisch realisierbare Potenziale abgeschätzt. Das abgeschätzte Gesamtpotential für die 7 angegebenen Bundesländer beträgt 8.860 GWh/a.

Burgenland	560 GWh
Niederösterreich	2.700 GWh
Oberösterreich	2.500 GWh
Steiermark	1.400 GWh
Salzburg	800 GWh
Tirol/Vorarlberg	900 GWh

## WINDENERGIE IN ÖSTERREICH

Vorraussetzungen, Situation, Bewertung, Perspektiven

Christian Salletmaier, Hans Winkelmeier

Energiewerkstatt Verein zur Förderung erneuerbarer Energie

Im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung und des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie

August 1994

Zum Zeitpunkt der Studie waren in Österreich 18 Windräder mit einer Gesamtleistung von etwa 450 kW installiert. Die Leistung der Anlagen bewegte sich zwischen 1,0 bis 150 kW. Der Jahresertrag dieser Anlagen lag bei rund 0,4 GWh und der durchschnittliche jährliche Energieertrag je Quadratmeter Rotorkreisfläche lag bei 250 kWh/m<sup>2</sup> (S. 121)

Um Möglichkeiten und Chancen der Windenergienutzung exakt analysieren zu können, wurden in dieser Studie die Messdaten von 12 exemplarischen Standorten in Österreich im Jahresmittelwerten der Windgeschwindigkeit (in 30 m Höhe) zwischen 4,6 und 6,7 m/s herangezogen.

Nr.	Standort	V <sub>med</sub> (30m) (m/s)	Leistung s- Dichte (30 m) (W/m <sup>2</sup> )	Energie- Dichte (30 m) (kWh/m <sup>2</sup> )	Ertrag 50 kW- Anlage (kWh/m <sup>2</sup> )	Ertrag 150 kW- Anlage (kWh/m <sup>2</sup> )	Ertrag 225 kW- Anlage (kWh/m <sup>2</sup> )	Ertrag 500 kW- Anlage (kWh/m <sup>2</sup> )	Durch- schnittl. Ertrag (kWh/m <sup>2</sup> )
A/01	Bisamberg, W	6,7	321	2.815	134.049	353.725	530.698	1.215.383	858
A/02	Eberschwang, OÖ	5,7	255	2.236	93.201	256.442	387.272	885.911	619
A/03	Feuerkogel, OÖ	5,8	344	3.009	91.796	237.776	372.373	888.850	600
A/04	Golling, Sbg	6,2	476	4.167	122.170	33.514	504.388	1.236.226	823
A/05	Guntersdorf, NÖ	4,7	141	1.234	65.246	166.243	250.584	609.140	414
A/06	Lassee, NÖ	5,6	212	1.857	95.704	249.434	374.757	893.021	614
A/07	Michelbach, NÖ	5,7	176	2.417	97.779	258.982	388.664	855.203	621
A/08	Neusiedl/Zoll, Bgl.	5,7	274	2.402	103.408	274.438	409.913	956.491	667
A/09	Regelsbrunn, NÖ	5,8	241	2.111	102.120	267.365	400.045	941.170	654
A/10	Straßwalchen, Sbg	4,6	130	1.141	59.665	150.743	225.269	525.505	421
A/11	Wagram, NÖ	5,2	215	1.881	87.094	228.900	341.228	802.243	558
A/12	Wiesmath, NÖ	6,1	291	2.549	109.597	287.392	435.806	993.464	702

Auf Basis der Messdaten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, des Amtes der NÖ. Landesregierung und der Energiewerkstatt wurden für eine ausgewählte Referenztechnik (vier Windkraftanlagentypen) die zu erwartenden Jahresenergieerträge rechnerisch ermittelt. Der Wahl der vier Referenzanlagen ging eine ausführliche Analyse des damaligen internationalen Windkraftmarktes voraus (S 130).

Anlagentyp	Leistung (kW)	Nabenhöhe (m)	Rotor- durchmesser (m)	Rotorfläche (m)	Kosten/m <sup>2</sup> ATS
Lagerwey 15/50	50	31	15,6	191	8.450
AN Bonus 150	150	30	23	415	8.241
Vestas V 27	225	31,5	27	573	8.412
Enercon E 40	500	41	40	1.275	7.229

Die Produktionskosten je Kilowattstunde Elektrizität wurden für einen Abschreibungszeitraum von 15 Jahren auf Basis von drei unterschiedlichen Zinssätzen (5 %, 8,5 % und 12 %) ermittelt. Sie lagen, je nach Standort, Referenztechnik und erwartbaren Ertrag, zwischen 35 ct/kWh und 6,9 ct/kWh. Auch der Vergleich mit internationalen Kostenanalysen zeigte, dass sich die errechneten Kosten für die Erzeugung von Elektrizität aus Windenergie in Österreich auf damaligem europäischem Niveau bewegten.

Bei der Diskussion über die Einbindung der Windleistung ins Stromnetz und bei einem Ausblick in die Zukunft formuliert die Studie bei einer Anlagengröße von 1 MW Leistung und 1.300 Vollstunden eine installierte Leistung von 3500 MW für die Zukunft (S 244). Das wären bei den angenommenen 1300 Volllaststunden 4550 GWh/Jahr.

Die Studie stellte einen Vergleich der Förderprogramme mehrerer europäischer Länder zusammen und formulierte ein 50 MW-Breitentestprogramm für Österreich.

## **Stromerzeugung mit Wind**

Verband der Elektrizitätswerke Österreichs

Februar 1997

In einer hier zitierten Studie der TU Wien wird aufgrund der theoretisch nutzbaren Fläche für Österreich (Siedlungsräume, Wald-, Naturschutz- und Hochgebirgsgebiete sowie Gebiete, für die technische oder rechtliche Rahmenbedingungen eine einschränkende Wirkung haben, werden nicht genutzt) und einem mittleren Energieertrag pro km<sup>2</sup> das gesamte Windenergiepotential auf 5.208 GWh pro Jahr geschätzt. Eine Aufteilung der Potenziale auf Bundesländer erfolgte ebenfalls.

<b>Bundesland</b>	<b>Ertrag in GWh/a</b>
Burgenland	470
Kärnten	580
Niederösterreich	1.700
Oberösterreich	1.000
Salzburg	320
Steiermark	690
Tirol	380
Vorarlberg	50
Wien	18
<b>SUMME</b>	<b>5.208</b>

## **Das Windenergiepotential in Österreich – seine Erfassung und regionale Verteilung**

Georg Kury, Hartwig Dobesch  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

1999

Quelle: e&i, 116. Jahrgang (1999), H 7/8, S. 415ff

Ausgehend von einer Darstellung des damaligen Standes der Windenergienutzung in Österreich wird das Windpotenzial absolut und relativ zum österreichischen Gesamtstromverbrauch abgeschätzt. Die Methodik zur Erstellung von Ertragsprognosen wird diskutiert und die technischen und rechtlichen Beschränkungen für den Windenergieausbau werden angeführt.

Es wird die Ertragssituation von Windkraftanlagen in Niederösterreich aus meteorologischer Sicht dargestellt. Die Datenbasis umfasste 56 Standorte.

Bei einer durchschnittlichen Nabenhöhe von 65 m werden folgende mittlere Zahlen an jährlichen Volllaststunden beim damaligen Ausbaustand angegeben:

Niederösterreich Ost:	1940 h/a
Niederösterreich Südwest:	1760 h/a
Waldviertel:	1620 h/a

Für einen so genannten maximalen Ausbau wurden folgende Werte grob geschätzt:

Niederösterreich Ost	1800 h/a
Niederösterreich Südwest	1760 h/a
Waldviertel:	1500 h/a

Bei einer regionalen Verteilung der Anlagen von etwa 15 % im Waldviertel, 30 % im Südwesten und 55 % im Osten wurde für gesamt Niederösterreich ein durchschnittlicher Wert von 1690 h/a Volllaststunden angegeben.

Zum Zeitpunkt dieser Studie waren lediglich 19 Windkraftanlagen in Österreich außerhalb des Bundeslandes Niederösterreich errichtet und auch die Datenlage war für andere Bundesländer deutlich geringer.

Ausgehend von den mittleren Geschwindigkeiten auf Höhe der Nabe einer Windkraftanlage, den prognostizierten Volllaststunden, der geographischen Umgebung und der Siedlungsstruktur wurde der zu erwartende Energieertrag für die unterschiedlichen Gebiete berechnet.

Für andere Regionen wurden für einen so genannten Maximalausbau folgende mittlere Zahlen an jährliche Volllaststunden angegeben:

Burgenland Nord:	1800 h/a
Burgenland Mitte:	1400 h/a
Burgenland Süd:	900 h/a
Oberösterreich (Hügelkuppen)	1500 h/a
Oberösterreich (sonstige)	1400 h/a
Übrige Bundesländer:	
(alpine Kammlagen)	1500/a
(Tallagen)	800 h/a

In der Studie wurde davon ausgegangen, dass die durchschnittlich installierte Turbine 1 MW Leistung bei einem Rotordurchmesser von 55 Metern trägt. Unter der Voraussetzung, dass in einem Windpark eine Abstand von 4 Rotordurchmessern quer zur und von 8

Rotordurchmessern in Hauptwindrichtung gegeben sein sollte, ergab sich ein Flächenbedarf von 0,1 km<sup>2</sup> pro Turbine. Als wirtschaftlich sinnvolle untere Grenze wurden 1.400 Volllaststunden pro Jahr angesehen.

Weiters wurde bei der Potenzialabschätzung davon ausgegangen, dass verschiedene Gebiete für die Errichtung von Windparks, wie z.B. Nationalparks, Naturschutzgebiete, Wohngebiete (800 m Mindestabstand), Sicherheitszonen für Flughäfen, Militärische Anlagen, Gewässer ausgenommen bleiben. Für die Bundesländer Steiermark, Kärnten, Salzburg, Tirol und Vorarlberg wurden lediglich Kammlagen beurteilt.

Für Österreich wurde ein Windpotential von 1.850 MW Leistung mit einem Ertrag von 3.040 GWh/a auf einer Fläche von 185 km<sup>2</sup> abgeschätzt.

Es wurde folgende regionale Verteilung angegeben:

Tab. 1: Geschätztes Windpotential in Österreich inklusive Anteil der Windenergie am Verbrauch (¹ Summe NÖ, ² Summe B, ³ Summe OÖ, ⁴ Summe Österreich inkl. Verluste und ÖBB)

Bundesland	Region	Volllast (h/a)	Fläche (km <sup>2</sup> )	Leistung (MW)	Ertrag (GWh/a)	Verbrauch (GWh/a)	Anteil (%)
W	Stadtrand	1700	1	10	17	10668	0,1
NÖ	Ost	1800	50	500	900		
NÖ	Südwest	1600	30	300	480		
NÖ	Waldviertel	1500	15	150	225	6980 <sup>1</sup>	23,0
B	Nord	1800	30	300	540		
B	Mitte	1400	2	20	28	1145 <sup>2</sup>	49,6
OÖ	Hügelkuppen	1500	15	150	225		
OÖ	Sonstige	1400	5	50	70	10291 <sup>3</sup>	2,9
ST	Kammlagen	1500	10	100	150	8225	1,8
K	Kammlagen	1500	5	50	75	4283	1,8
S	Kammlagen	1500	10	100	150	3457	4,3
T	Kammlagen	1500	10	100	150	5681	2,6
V	Kammlagen	1500	2	20	30	2659	1,1
Summe			185	1850	3040	55578 <sup>4</sup>	5,5

**TERES II – the European Renewable Energy Study**  
ESD/DG XVII, ALTERNER report

1996

In dieser Studie wurde in einem „best practice scenario“ das technische Potenzial von Windstrom auf etwa 19,6 TWh/a geschätzt. (zitiert aus Haas et. al. 2001). Der minimale Wert der unterschiedlichen Szenarios in dieser Studie beträgt 3,7 Twh/a. (zitiert aus Huber et. al. 2004).

**Strategien zur weiteren Forcierung erneuerbarer Energieträger in Österreich unter besonderer Berücksichtigung des EU-Weißbuches für erneuerbare Energie und der Campaign for Take-off; Arbeitstitel Erneuerbare Strategie**

Reinhard Haas, Martin Berger, Lukas Kranzl

Energy Economic Group am Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft der TU Wien

Im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten und des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

Juni 2001

Die zentrale Fragestellung dieser Studie war „In welchem Ausmaß und wie kann bis zum Jahr 2010 eine ambitionierte Markteinführung erneuerbarer Energieträger (NEET) in Österreich realisiert werden?“.

Hierfür wurden vier unterschiedliche Anwendungskategorien untersucht: Reine Stromproduktion (PV, Wind, Kleinwasserkraft); Reine Wärmeproduktion (Biomasse-Einzelanlagen, Biomasse-Nahwärmanlagen, solar-thermische Kollektoren, Wärmepumpen); Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (feste und gasförmige Biomasse sowie Geothermie); Mobilität (Flüssige Biomasse).

Auf Basis der Erhebung technischer Potenziale und ihrer entsprechenden Kosten wurden drei verschiedene Szenarien erstellt:

- Ein *Business-as usual (BAU) – Szenario mit aktueller Forcierungsstrategie EIWOG 2000* (abgestimmt mit Parallelprojekt des WIFO „Energieprognose und –szenarien Österreich bis 2020“, 2001);  
In diesem Szenario wird eine Entwicklung angenommen, die dem Trend, also den durchschnittlichen Wachstumsraten der letzten Jahre entspricht. Energiepolitische Maßnahmen werden entsprechend der Gesetzeslage berücksichtigt, was entsprechend dem damaligen EIWOG bis 2007 4 % Ökostromanteil bedeutete.
- Ein *moderates Forcierungsszenario* für NEET bis 2010;  
Dieses Szenario geht von der Realisierung gewisser definierter Maßnahmen aus. Beim Ökostrom, und damit auch der Windenergienutzung entspricht das moderate Szenario dem BAU-Szenario, da keine zusätzlichen Maßnahmen definiert wurde (da die Zielsetzung des EIWOG bereits als „anspruchsvoll“ beurteilt wurde)
- Ein *ambitioniertes Forcierungsszenario* für NEET bis 2010.  
Bei diesem Szenario wird zusätzlich zum moderaten Szenario volle Wettbewerbsfähigkeit der NEET durch entsprechende finanzielle Fördermechanismen vorausgesetzt.

Ergebnisse der Szenarien für die Nutzung der Windenergie (aus Tabelle9-1, S.152)

Strom in GWh	Maximales technisches EE - Potenzial	Ist	Maximales zusätzl. Potenzial	BAU bis 2010 zusätzl.	Zusätzl. Potenzial 2010 moderat	Zusätzl. Potenzial 2010 ambitioniert
Wind	>5.200	120	>5.100	1.600	1.600	2.700

Bei der Diskussion der Potenziale werden die Ergebnisse folgender Studien erwähnt bzw. diskutiert: Kury, Dobesch 1999 (3 TWh), VEÖ 1997 (5,3 TWh) , Salletmaier et al. 1994, Pokorny 1981 (6,6 – 10 TWh), Pokorny, Neuwirth 1986 (8,8 TWh), TERES II 1996 (19,6 TWh).

Die Autoren gehen dann im Weiteren davon aus, dass das technische Windpotenzial mindestens 5,3 TWh/a (5.300 GWh) beträgt.

Die Investitionskosten für Windkraft in Österreich im Jahr 2001 werden mit rund 1.090 € (inkl. MwSt) pro  $kW_{el}$  angegeben. Wobei die Abhängigkeit der Entstehungskosten von der Volllaststundenzahl dargestellt wird. Entsprechend der Studie von Kury, Dobesch 1999 wird die Bandbreite von 1.400 bis 1.800 Volllaststunden betrachtet.

Es werden Stromgestehungskosten (inkl. MwSt) – je nach Standort, gewählter Anlage und Finanzierungsbedingungen – zu etwa 8 bis 14,5 ct/kWh angeben.

Bei der Beurteilung der Gesamtpriorität und Relevanz der NEET für Österreich (Seite 161) erhält die Technologie zur Nutzung der Windenergie bei der Gesamtpriorität die Bewertung Hoch; bei der Relevanz/Quantitativ die Bewertung Hoch und bei Österreichischer Stärke die Bewertung Mittel.

## **Ökologische Leitlinien für den Ausbau von Ökostromanlagen in Österreich**

Stefan Moidl, Dieter Hornbachner, Dieter Moor, Ulrich Eichelmann, Herbert Schaupp, Jutta Jahrl, Fiona Schweitzer  
WWF Österreich

Im Auftrag der E-Control GmbH

März 2003

In dieser Studie wurden die unterschiedlichen ökologischen Aspekte der erneuerbaren Energieträger Kleinwasserkraft, Windkraft, feste Biomasse und Biogas bei der Stromerzeugung betrachtet. Im Vordergrund stand die Beurteilung der Auswirkungen von Ökostromanlagen auf Klima, Luft, Natur, Boden und Wasser. Es wurden für die betrachteten Energieträger ökologische Leitlinien formuliert, konkrete energiepolitische Maßnahmen und Instrumente empfohlen, um diese Leitlinien umzusetzen. Es wurde des Weiteren der Ausbaubedarf von Ökostromanlagen zur Erreichung der EU-Zielsetzungen auf Basis unterschiedlicher Stromverbrauchsszenarien ermittelt und Empfehlungen für eine positive Entwicklung des Ökostrommarktes formuliert.

Bei der Quantifizierung der verfügbaren Ausbaupotenziale der betrachteten Energieträger wurde auf Daten zurückgegriffen, die das wirtschaftlich nutzbare Ausbaupotenzial aufweisen. Es wird darauf verwiesen, dass das wirtschaftlich nutzbare Ausbaupotenzial von der jeweiligen Marktsituation (Strompreisniveau, Höhe der Einspeisetarife, etc.) abhängt.

In den zusammenfassenden Empfehlungen (S. 47) wird festgestellt, dass die Windkraft in Österreich ein erhebliches Ausbaupotenzial besitzt. Mittelfristig wird eine Jahreserzeugung von 5.000 bis 10.000 GWh als durchaus realistisch angesehen. Es wird dabei angegeben, dass die dafür notwendige Kraftwerksleistung von etwa 2.500 bis 5.000 MW die Errichtung von 1.500 bis 3.000 Anlagen auf einer Gesamtfläche von etwa 150 bis 300 km<sup>2</sup> notwendig machen würde. Es wird festgestellt, dass diese Fläche im Osten Österreichs in Form landwirtschaftlicher Nutzfläche zur Verfügung steht.

Im Detail wurde dargestellt, wie im Auftrag des Amtes der Burgenländischen Landesregierung Eignungs- und Ausschlusszonen im Raum Parndorfer Platte erhoben wurden. Als Eignungszonen wurde eine Fläche von insgesamt etwa 30 km<sup>2</sup> ausgewiesen; das sind etwa 8 Prozent der Fläche des untersuchten Gebiets.

Die Potenzialabschätzung erfolgte auf Grund damals üblicher Anlagen mit 1,5 bis 1,8 MW Leistung. Der durchschnittliche Flächenbedarf solcher Anlage wurde mit etwa 0,1 km<sup>2</sup> angegeben.

In einer Abschätzung wird für eine optimale Nutzung der Eignungszonen alleine im Bereich Parndorfer Platte mit rund 300 Anlagen mit einer Leistung von insgesamt etwa 500 MW gerechnet. Mit 1.900 Volllaststunden kommt die Studie auf eine Stromerzeugung auf 950 GWh/a alleine auf dem Gebiet der Parndorfer Platte.

Die Parndorfer Platte wird aufgrund des Vogelbestandes (insbesondere Trappe) als ökologisch besonders sensibles Gebiet bezeichnet. Es wurde auf laufende Studien in Niederösterreich zur Abgrenzung von Eignungs- und Ausschlusszonen verwiesen und das Marchfeld näher erläutert.

In der Studie wurde davon ausgegangen, dass der Anteil der Eignungszonen etwa gleich hoch wie im Bereich der Parndorfer Platte ausfallen wird, nämlich 8 Prozent. Damit würde eine zusätzliche Fläche von etwa 75 km<sup>2</sup> für Windparks zur Verfügung stehen. Es wird angegeben, dass auf dieser Fläche Anlagen mit einer Leistung von rund 1.300 MW mit einer Jahreserzeugung von 2.500 GWh errichtet werden könnten.

Die Studie verweist auch noch auf andere zur Verfügung stehende Flächen in Osten Österreich und schätzt das realisierbare Windkraftpotential im Osten Österreichs auf zumindest 5.000 bis 10.000 GWh/a (S. 41).

Weitere attraktive Windkraftgebiete in Österreich werden im Bereich des Südwesten Niederösterreichs, das Waldviertel und die Steiermark (insb. Kammlagen) angesehen. Das ausbaufähige Potenzial in diesen Gebieten wurde in Summe auf zumindest weitere 600 MW bzw. 1.000 GWh/a abgeschätzt. Für Salzburg und Kärnten wurden „sehr mäßige Potenziale“ von etwa 100 bzw. 50 MW angegeben. Für Oberösterreich werden zwar gute Windverhältnisse attestiert, doch aufgrund der Siedlungsstruktur wird nicht mit der Realisierung einer nennenswerten Anzahl von Anlagen gerechnet. Ebenso wird in den Bundesländern Tirol und Vorarlberg nicht mit hohen realisierbaren Potenzialen gerechnet (S.42).

In der Studie wurden zur Nutzung der Ausbaupotenziale zur Vermeidung von Interessenskonflikten mit dem Naturschutz und für eine Gesamtoptimierung der Elektrizitätsversorgung folgende Leitlinien, Maßnahmen und Instrumente empfohlen (S. 47):

„Allgemeine Leitlinien:

- 1) Konflikte mit dem Naturschutz sollten durch eine vorausschauende Planung und die Ausweisung von Eignungszonen (Beispiel Parndorfer Platte) vermieden werden.
- 2) Die Optimierung der Anlagenstandorte sollte nicht nur hinsichtlich der Windverhältnisse sondern auch hinsichtlich Netzzugang und regionalem Strombedarf erfolgen.

Maßnahmen und Instrumente:

- 1) Einspeisetarife:
  - Basistarif mit tages- und jahreszeitlicher Differenzierung
  - Zuschlag in Netzzvorranggebieten
- 2) Ausweisung von Ausschließungs- und Eignungszonen unter Berücksichtigung von Lärm, Sicherheit, Landschaftsästhetik und Naturschutz.
- 3) Ausweisung von Netzzvorranggebieten durch energiewirtschaftliche Raumplanung“

## **A DYNAMIC MODEL TO REALISE THE SOCIAL OPTIMAL PENETRATION OF ELECTRICITY FROM RENEWABLE ENERGY SOURCES (DYNAMIC RES-E)**

Claus Huber, Gustav Resch, Thomas Faber, Assun Lobez-Polo  
Energy Economics Group am Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft der TU  
Wien

Finanziert vom Jubiläumsfond der Österreichischen Nationalbank

Juli 2004

In der Studie wurde das Computer Modell „Dynamic RES-E“, ein Simulationsinstrument mit dem Schwerpunkt auf Erneuerbare Energien im Elektrizitätssektor, erstellt.

Der Ansatz des Modells basiert auf zwei Teilen:

- Es werden „statistische Kosten-Ressourcen-Kurven“, welche den Zusammenhang zwischen technisch erreichbarem Potenzial und den korrespondierenden (Voll) Kosten der Nutzung des Potenzials an erneuerbarer Energie darstellen, entwickelt.
- Es wird eine „dynamische Bewertung“ durchgeführt, bei welcher eine dynamische Festsetzung der Kosten und der Potenzial Restriktionen erfolgt, womit jährlich unterschiedliche Kosten-Ressourcen-Kurven erstellt werden.

Die Ergebnisse zeigen, die größten zukünftigen Potenziale im Sektor der Windenergie und der Kleinwasserkraft gefolgt von den verschiedenen Fraktionen der festen Biomasse.

Für die Windenergie werden die bis dahin vorliegenden Potenzialstudien mit einer Bandbreite der technischen Potenziale von 3 bis 19,6 TWh/a zitiert (S. 126).

Es wird dargelegt, dass bei einer Ausnutzung von Standorten mit mehr als 5 m/s Windgeschwindigkeit oder rund 1.400 Volllaststunden ein mittel- bis langfristiges Potenzial von 5.000 GWh/a in Österreich besteht.

Es wird für die Erhebung der realisierbaren Potenziale folgende Methode angegeben (S. 126): Die realisierbaren Potenziale werden „step-by-step“ festgesetzt - nach Betrachtung mehrerer Forschungsprojekte und Diskussionen mit anderen Experten und unter Anwendung so genannter „constrain indicators“ wie z.B. Prozentsatz an Windenergie am gesamten Elektrizitätsverbrauch, Windkraftpotenzial (Leistung) pro Einwohner, Windkraftpotenzial (Leistung) pro Landfläche. Mit Hilfe von Daten über die Landnutzung werden Landpotenziale (overall area-potentials) für die einzelnen Staaten festgelegt. Danach werden diese Gebiete mit Hilfe von Windkarten (RISOE, 1998) in Gebiete mit unterschiedlicher Windcharakteristik eingeteilt (i.e. mean wind speed, roughness class). Nachfolgend werden die elektrischen Potenziale abgeleitet. Diese Berechnungen gehen von einer aktuellen und für die nahe Zukunft angenommene durchschnittliche Anlagengröße von 2 MW Leistung aus (S. 126).

Die Berechnungen des „Dynamic RES-E“ Modells ergeben:

Mittelfristig realisierbares Potenzial (2020) 4.929 GWh. Dies ergab bei einem im Jahr 2004 bereits genutzten Potenzial von 1.187 GWh ein zusätzlich realisierbares Potenzial von 3.741 GWh/a bis 2020.

Es werden für das Startjahr der Simulationsberechnung (2002) totale Investitionskosten für moderne Windkraftanlagen von 800 bis 1200 €/kW, je nach Land, Nebenkosten (Anschlusskosten, Planungskosten etc.) und verwendeter Technologie angegeben (zitiert werden Nelj 2003, Resch 2002, EREC 2004). Für Österreich werden durchschnittliche spezifische Investitionskosten von 1050 €/kW angegeben. Jährliche O&M Kosten werden mit durchschnittlich 40 €/kW\*a (35 – 50 €/kW\*a) angegeben. (S 127)

Bei der Verbindung der Kosten-Daten mit den Potenzial Erhebungen (es wird angegeben, dass die Potenzial Erhebung je Volllaststunden Kategorie erfolge) ergibt sich eine Kosten-Ressourcen-Kurve. Leider wird nicht genau angegeben aus welchem Jahr die Kosten für die Kosten-Ressourcen-Kurve stammen. (S. 128)

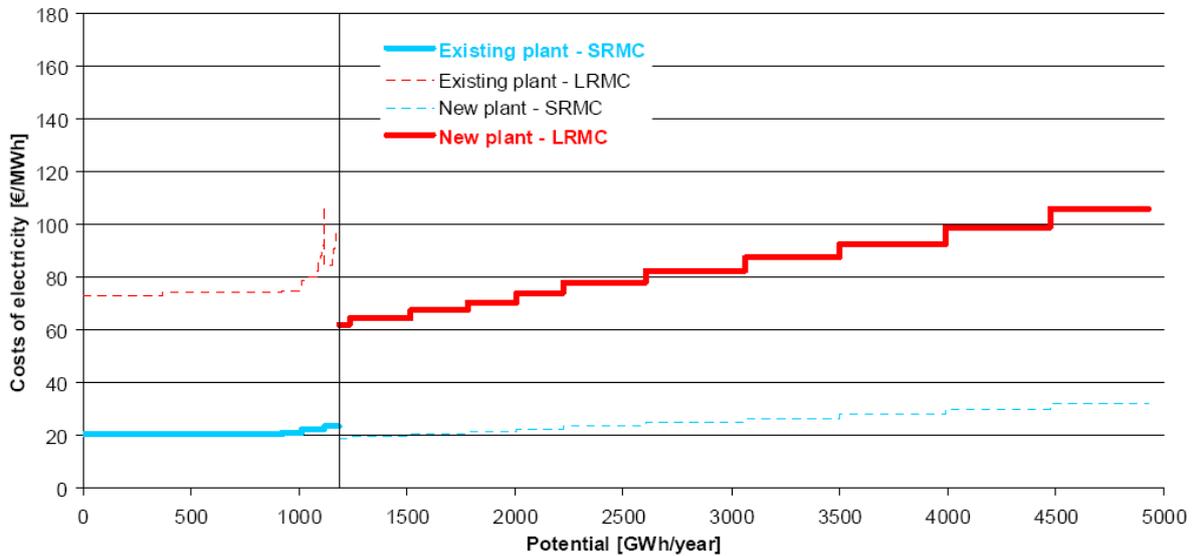


Figure 6.39 Static cost-resource curve for **wind onshore** in Austria – representing the achieved potential (i.e. existing plant) up to 2004 and the additional mid-term potential (i.e. new plant)

In Zehn unterschiedlichen Szenarien wird der Zuwachs an Erneuerbaren Energien bei der Stromerzeugung modelliert. Die vier BAU Szenarien liegen bei 4,4 bis 4,9 TWh zusätzlich erzeugte Strommenge aus erneuerbaren Energien. Die BEST-Szenarien zwischen 8,5 und 8,9 TWh zusätzlicher Stromproduktion aus erneuerbaren Energien. Die, in zusätzliche Windkraftanlagen (nach 2004 installiert), erzeugte Elektrizität liegt bei den BAU Szenarien bei rund 1.500 GWh und bei den BEST Szenarien bei rund 3.000 GWh (Figure 7.22, Seite 150)

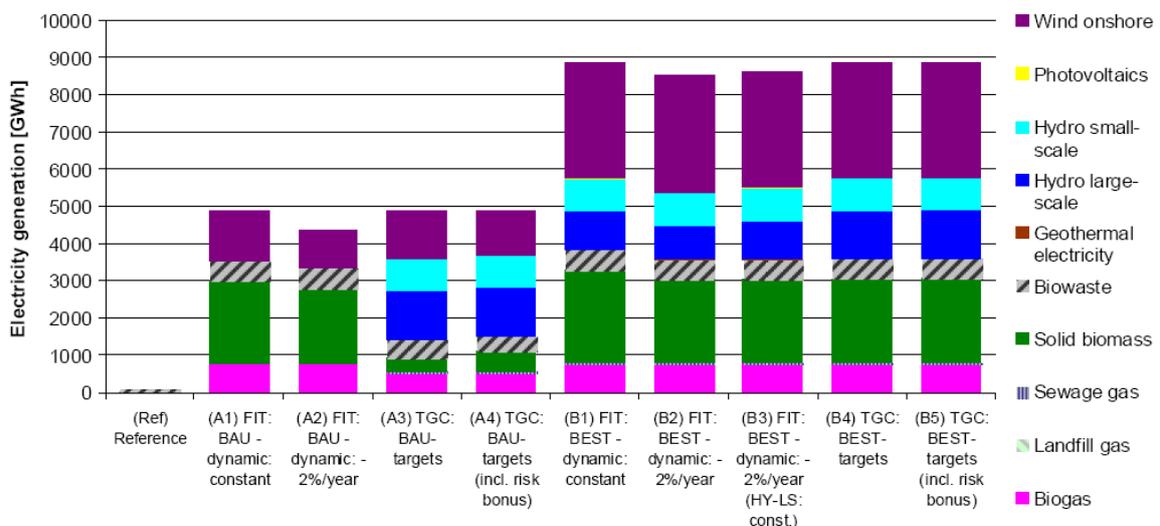


Figure 7.22 Electricity generation from new RES-E plant (installed after 2004) in 2010 – all scenarios

## **Dynamic cost-resource curves for electricity from renewable energy sources and their application in energy policy assessment.**

Dissertation von G. Resch unter der Leitung von R. Haas und N. Nakicenovic, TU Wien

Gustav Resch

April 2005

Der Schwerpunkt dieser Dissertation am Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft der TU Wien ist ein neuer Ansatz im Bereich der Modellierung energiepolitischer Instrumente – die Entwicklung dynamischer Kosten Potenzialkurven.

Es wird beschrieben, dass der Ansatz der dynamischen Kosten Potenzialkurven drei Aspekte beinhaltet:

- eine formale Beschreibung von Kosten und Potenziale Erneuerbarer Energien mittels statischer Kosten-Potenzialkurven
- die Modellierung technologischen Wandels, d.h. der dynamischen Kosten- und Effizienzentwicklung, wie beispielsweise mittels Lernkurven
- Aspekte der Technologiediffusion durch Berücksichtigung nicht-ökonomischer dynamischer Barrieren

Bei der Berechnung werden für Windkraftanlagen (onshore) Investitionskosten von 945 – 1050 €/KWel und O&M Kosten von 36-40 €/kWel\*a verwendet (Tabelle 5.2, S. 94).

Es wird für die Erhebung der realisierbaren Potenziale folgende Methode angegeben (S. 91): Die realisierbaren Potenziale werden „step-by-step“ festgesetzt - nach Betrachtung mehrerer Forschungsprojekte und Diskussionen mit anderen Experten und unter Anwendung so genannter „constrain indicators“ wie z.B. Prozentsatz an Windenergie am gesamten Elektrizitätsverbrauch, Windkraftpotenzial (Leistung) pro Einwohner, Windkraftpotenzial (Leistung) pro Landfläche. In Verwendung von Daten über die Landnutzung werden Landpotenziale (overall area-potentials) für die einzelnen Staaten festgelegt. Danach werden diese Gebiete mit Hilfe von Windkarten (RISOE, 1998) in Gebiete mit unterschiedlicher Windcharakteristik eingeteilt (i.e. mean wind speed, roughness class). Nachfolgend werden die elektrischen Potenziale abgeleitet. Diese Berechnungen gehen von einer aktuellen und für die nahe Zukunft angenommene durchschnittliche Anlagengröße von 2 MW Leistung aus (S. 92).

Bei den Daten für die „Lernkurven“ bei der Windenergienutzung wurde auf Neij et al., 2003 zurückgegriffen. Es wurde eine Lernrate von 9,0 % für Wind on & offshore angenommen (S. 102)

Bei der zukünftigen Entwicklung des Preises für fossile Energieträger wird mit gleich bleibenden Preisen bis 2010, mit 0,5 % Preissteigerung von 2010 bis 2015 und 1 % Steigerung der Preise für fossile Energieträger nach 2015 gerechnet (S. 102)

Für Österreich wird ein realisierbares Potenzial an Windenergienutzung bis 2020 von rund 5.000 GWh/a angegeben.

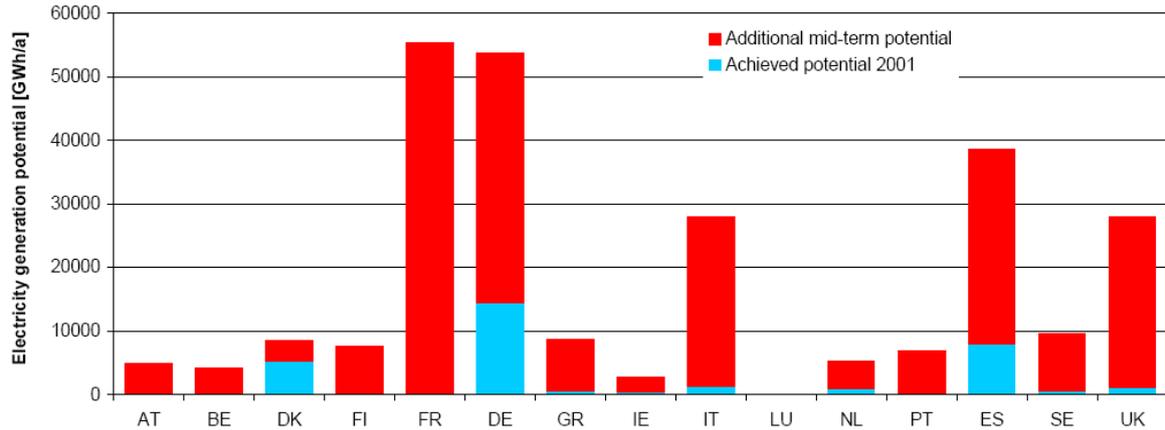


Figure 5.10 Achieved potential (2001) & additional mid-term potential (up to 2020) for electricity from wind on-shore in EU-15 countries

Ebenso ist ein Vergleich der Kosten-Ressourcen-Kurve Österreichs und Irlands dargestellt (S. 99). Die Daten für diese Kosten-Ressourcen Beziehung stammen aus dem Jahr 2001 (S.98)

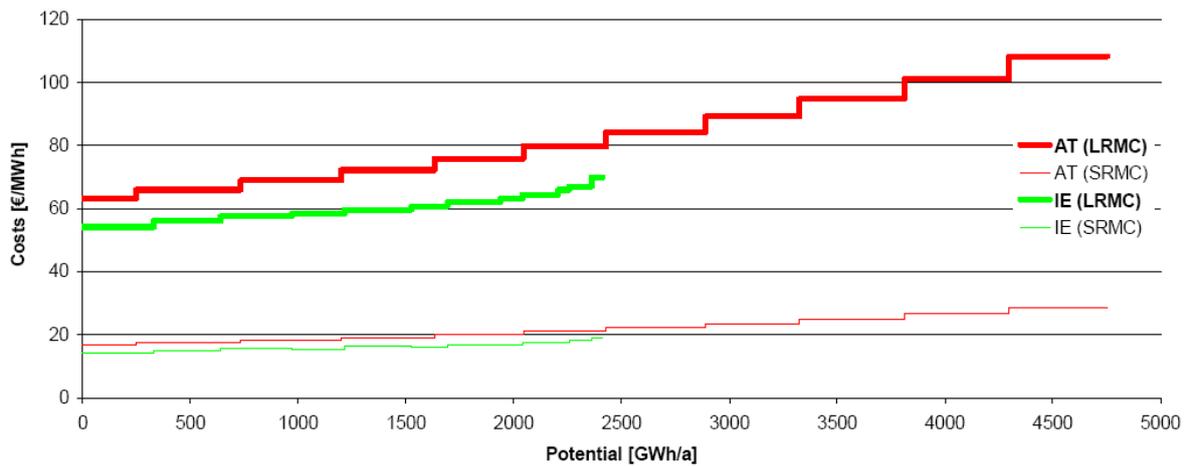


Figure 5.13 Static cost-resource curve for the additional mid-term potential of electricity from wind onshore in Austria and Ireland

## WIFO Energieszenarien für Österreich bis 2020

Kurt Kratena, Michael Wüger  
WIFO - Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

Im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit

Juni 2005

Die Energieprognose wurde mit dem WIFO Energiemodell erstellt, welches aufbauend auf das DAEDALUS-Modell (Energieprognose bis 2020, Kratena&Schleicher 2001) erweitert und umgestellt wurde.

In dieser ökonomischen Modellrechnung wird mit einer starken Zunahme des Ökostromes bis 2010 und danach nur noch mit geringen Zunahmen bis 2020 gerechnet. Für den „sonstigen Ökostrom“ wird davon ausgegangen, dass die Menge von Ökostrom im Wesentlichen vom Fördersystem und damit von den Zuschlägen bestimmt wird.

Es wurde angenommen dass der Zuschlag für Ökostrom bis 2007 im Durchschnitt der Netzebenen auf 0,45 Cent/KWh und bis 2010 auf 0,48 Cent/KWh steigt. Es wird Begründet dass auf Grund des Wegfalls der KWK Förderung nach 2010 und des Verbrauchszuwachses bestünde auch noch ein weiterer Spielraum (Anmerkung: Durch die Novelle 2006 des Ökostromgesetzes wurde eine neue KWK Förderung eingeführt). Das WIFO gibt an, es gehe von der Annahme eines konstanten Zuschlags (konstanten Kostenbelastung) zum Strompreis für die Förderung von Ökostrom, KWK und Kleinwasserkraft aus.

Auf Grund dieser Annahmen werden im „Baseline“ Szenario Einspeisetarife errechnet z.B. für die Windenergie von 6,20 Cent/KWh im Jahr 2005 und 3,6 Cent/KWh im Jahr 2010 und 2020. Insgesamt wird ein Anstieg der Ökostromförderung von ca. 270 Mio. € im Jahr 2007 auf ca. 500 Mio. € im Jahr 2020 prognostiziert, während der Zuschlag zum Strompreis für die für die Industrie maßgebliche Netzebene konstant bei 0,57 Cent je kWh bleibt (Anmerkung: Angaben beziehen sich noch auf die Aufbringung wie sie zwischen 2003 und 2006 gegolten hat). Der überwiegende Anteil des Ökostroms in der Modellrechnung ist Windenergie. Vom Ausgangsjahr 2003 mit 366 GWh wird für das Jahr 2005 (das erste Prognosejahr) ein Wert von 1.320 GWh prognostiziert. Von 2005 bis 2010 kommt es in diesem Modell zu einem rapiden Ausbau der Windenergie auf 4.683 GWh. Danach wird nur noch eine geringe Steigerung auf 5.005 GWh 2015 und 5.330 GWh 2020 prognostiziert.

In allen anderen Szenarien (Sensitivitätsanalysen mit geändertem Ölpreis, wie auch im „Energie-Effizienz-Szenario“) wird von demselben Ausbau der Windenergie ausgegangen. Es ist bei der Windenergie wie auch bei der Photovoltaik von einer „weitgehenden Ausschöpfung des Potenzials dieser Energieträger bei weiterhin aufrechter Einspeisetarifen“ bereits im „Baseline“ Szenario die Rede. Es werden weder nähere Begründungen noch Literaturverweise für das angenommenen maximalen Potenzials von 5.330 GWh angegeben.

**OPRES: Assessment and optimisation of renewable support schemes in the European electricity market**  
**Potentials and costs for renewable electricity in Europe**  
**- The Green-X database on dynamic cost-resource curves**

Gustav Resch, Thomas Faber, Reinhard Haas  
Energy Economics Group am Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft der TU Wien

Mario Ragwitz, Anne Held - Fraunhofer Institute Systems and Innovation Research  
Inga Konstantinovičiute – LEI, Lithuanian Energy Institute  
Ecofys BV, Risoe – Risoe National Laboratory

Im Auftrag der Europäischen Kommission, DG TREN

Februar 2006

Im Rahmen dieses Projektes wurden die Effektivität und die ökonomische Effizienz von derzeit bestehenden Unterstützungsregimen für Erneuerbare Energien bei der Elektrizitätserzeugung untersucht.

Verwendet wurde das Konzept der „dynamischen Kosten-Ressourcen-Kurven“ welches, mit Hilfe von „statischen Kosten-Ressourcen-Kurven“ unter Verwendung von „Lernkurven“ und unter Berücksichtigung von dynamischen Restriktionen und „technologischer Diffusion“, zur Anwendung kam.

Bei der Berechnung werden für Windkraftanlagen (onshore) Investitionskosten von 890 – 1100 €/kW und O&M Kosten von 33-40 €/kW\*a verwendet (Tabelle 2, S. 35). Die Lebensdauer der Anlagen wird mit 25 Jahren angesetzt.

Es wird für die Erhebung der realisierbaren Potenziale folgende Methode angegeben (S. 32): Die realisierbaren Potenziale werden „step-by-step“ festgesetzt - nach Betrachtung mehrerer Forschungsprojekte und Diskussionen mit anderen Experten und unter Anwendung so genannter „constrain indicators“ wie z.B. Prozentsatz an Windenergie am gesamten Elektrizitätsverbrauch, Windkraftpotential (Leistung) pro Einwohner, Windkraftpotential (Leistung) pro Landfläche. In Verwendung von Daten über die Landnutzung werden Landpotenziale (overall area-potentials) für die einzelnen Staaten festgelegt. Danach werden diese Gebiete mit Hilfe von Windkarten (RISOE, 1998) in Gebiete mit unterschiedlicher Windcharakteristik eingeteilt (i.e. mean wind speed, roughness class). Nachfolgend werden die elektrischen Potenziale abgeleitet. Diese Berechnungen gehen von einer aktuellen und für die nahe Zukunft angenommene durchschnittliche Anlagengröße von 2 MW Leistung aus (S. 32).

Bei den Daten für die „Lernkurven“ bei der Windenergienutzung wurde auf Neij et al., 2003 zurückgegriffen. Es wurde eine Lernrate von 9,5 % für Wind on & offshore angenommen (S. 40)

Bei der zukünftigen Entwicklung des Preises für fossile Energieträger wird mit gleich bleibenden Preisen bis 2010, mit 0,5 % Preissteigerung von 2010 bis 2015 und 1 % Steigerung der Preise für fossile Energieträger nach 2015 gerechnet (S.41)

Als Ergebnis der Berechnungen wird das zusätzlich in Österreich realisierbare Windkraftpotential mit 3.700 GWh pro Jahr bis zum Jahr 2020 angegeben (S. 46). Mit dem für das Jahr 2004 angegebenen bereits genutzten Potenzial von 1.270 GWh ergibt dies ein Gesamtpotential von 4.970 GWh pro Jahr.

In der Studie wurden folgende Kosten für neue Erzeugungsanlagen von Elektrizität aus Erneuerbare Energien angegeben:

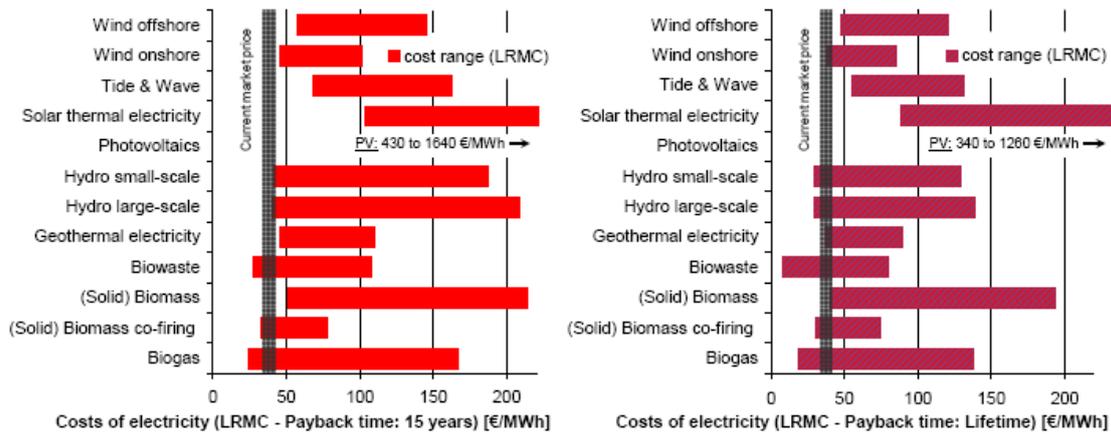


Figure 24 Long-run marginal generation costs (for the year 2005) for various RES-E options in EU countries – based on a default payback time of 15 years (left) and by setting payback time equal to lifetime (right).

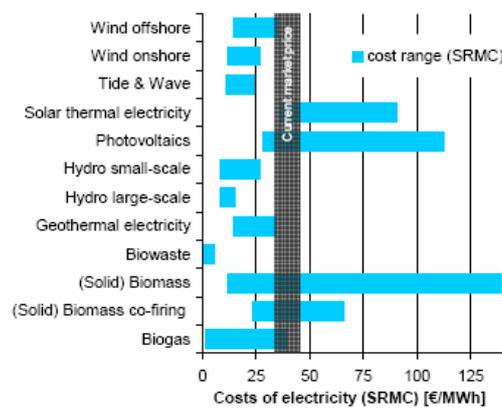


Figure 25 Short-run marginal generation costs (for the year 2005) for various RES-E options in EU countries

Für den Windenergieausbau in Österreich wird folgende Kosten-Ressourcen-Kurve angegeben – aber leider ohne detaillierte Angaben aus welchem Jahr die Kostendaten stammen (S. 39).

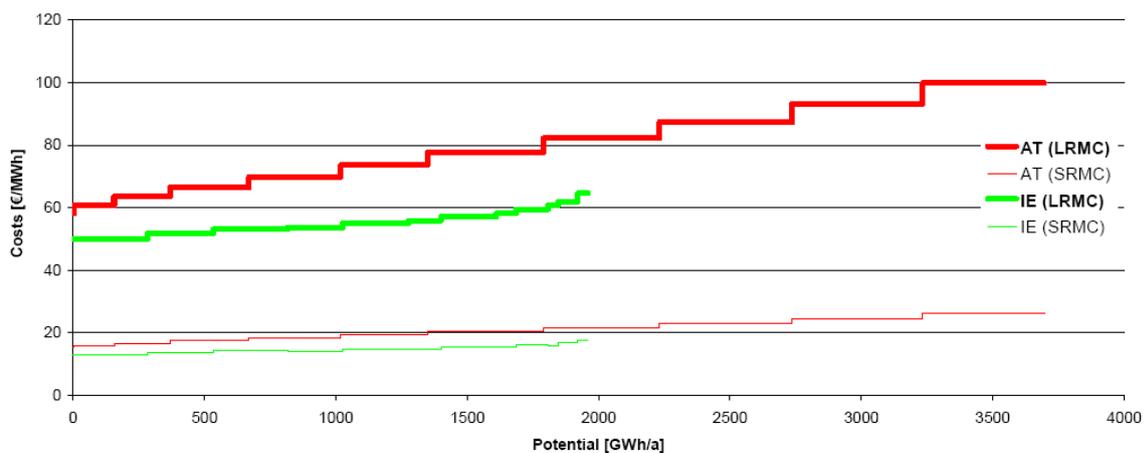


Figure 26 Static cost-resource curve for the additional mid-term potential of electricity from wind onshore in Austria and Ireland

## EUROPEAN ENERGY AND TRANSPORT Trends to 2030 – update 2005

L. Mantzos, P. Capros

Institute of Communication and Computer Systems of National Technical University of Athens

Im Auftrag der EU Kommission DG TREN

Mai 2006

Mit Hilfe des PRIMES Modells der Technischen Universität Athen, unterstützt von zusätzlichen Modellen, wurde jeweils ein Baseline Szenario für jeden Mitgliedstaat der EU erstellt. Das Baseline Szenario simuliert bestehende Trends und berücksichtigt Politiken und Maßnahmen der einzelnen Mitgliedstaaten soweit sie bis Ende 2004 eingeleitet wurden. Die numerischen Ergebnisse sind nicht Ausdruck von festgelegten Zielsetzungen (z.B. Erneuerbaren Anteil laut Richtlinie) sondern Ergebnisse der berechneten Wirkungen der implementierten Maßnahmen. Die Zahlen für das Jahr 2005 wurden mit den vorhandenen Statistiken „kalibriert“.

Für jene Sektoren, welche dem EU Emissionshandel unterliegen wurde ein CO<sub>2</sub> Preis von 5 €/t CO<sub>2</sub> von 2010 bis in das Jahr 2030 angenommen. Für das Jahr 2005 wurde ein Ölpreis von 55 \$/bbl und für das Jahr 2030 ein Ölpreis von 58 \$/bbl angenommen.

Für die gesamte EU wird ein Anstieg des Gesamtenergieverbrauches bezogen auf 1990 bis zum Jahr 2010 um 16,5 % und bis in das Jahr 2030 um 21,8 % prognostiziert. Für die CO<sub>2</sub> Emission der EU wird ein Anstieg gegenüber 1990 um 2,8 % bis 2010 und bis 2030 um 4,7 % prognostiziert. Es zeigt sich eine deutliche Diskrepanz einerseits zwischen der in dieser Studie errechneten zukünftigen Entwicklung des Energiesystems der EU und der vorhergesagten CO<sub>2</sub> Emission und andererseits den aktuellen klima- und energiepolitischen Zielsetzungen der Europäischen Union.

Für die gesamte EU wird ein Anstieg des Stromverbrauches um 58 % bis in das Jahr 2030 prognostiziert. Der Anteil an Erneuerbarer Energie wird für das Jahr 2010 mit 18 % (knapp unter dem 20 % Ziel der Richtlinie für Erneuerbare Elektrizität), im Jahr 2020 mit 23 % und im Jahr 2030 mit 28 % prognostiziert.

Im Baseline Szenario für Österreich (S. 86, 87) ist ein Anstieg der CO<sub>2</sub> Emission bezogen auf 1990 bis 2010 um 28 % und bis ins Jahr 2020 um 30 % prognostiziert.

Es ist auch eine Prognose über die zukünftige Entwicklung der Elektrizitätserzeugung aus Windkraftanlagen enthalten. Demnach wird die Windkraftproduktion im Jahr 2030 4.303 GWh/a betragen.

	1990	2005	2010	2015	2020	2025	2030		
<b>Primärproduktion</b>									
in ktoe	0	0	6	131	228	245	268	358	370
in GWh			70	1.524	2.652	2.849	3.117	4.164	4.303
<b>Instalierte Leistung</b>									
in MW			77	745	1.372	1.465	1.622	2.323	2.385

Detaillierte Erläuterungen, Ausführungen oder Begründungen für die dargelegten Zahlen sind nicht enthalten.

## Jahresbericht 2006 der Energie-Control GmbH

Walter Bolz

2006

Der Jahresbericht 2006 der Energie-Control GmbH enthält im Kapitel „Energiebedarfsprognosen und erneuerbare Energien“ (S. 34) auch Aussagen über die zukünftigen Potenziale von Ökostromanlagen. Es wird festgestellt, dass für eine realistische Einschätzung der zukünftigen Bedeutung erneuerbarer Energieträger es nicht genügt technisch theoretische Maximalpotentiale darzustellen, sondern es ist auch die ökonomische Machbarkeit und die Umweltverträglichkeit zu bewerten. Detaillierte Angaben über Annahmen oder Methodik und die verwendete Literatur der Größen- und Potenzialabschätzung fehlen im Jahresbericht vollständig. Es wird lediglich angegeben, es seien „die Größenordnungen an zusätzlichen Potenzialen des Beitrages erneuerbarer Energieträger“ „aus verschiedenen Quellen abgeleitet“, worden. Es werden die in der Tabelle 5 auf S. 35 dargestellten Potenziale als „in etwa realistisch“ bezeichnet. Es wird vermerkt, dass die Tabelle keinen Anspruch auf Vollständigkeit habe und die Werte „geben aber Richtwerte für eine mögliche Entwicklung wieder“.

→ Richtwert für zusätzlichen  
Einsatz erneuerbarer Energieträger  
(Tabelle 5, Seite 35 des ECG - Jahresberichtes 2006)

	In Petajoule
Feste Biomasse inkl. Pellets <sup>1</sup>	22
Treibstoffzumischung zu Biodiesel <sup>2</sup>	16
Zusätzliche Wasserkraft <sup>3</sup>	5
Zusätzliche Windkraft <sup>4</sup>	9
Solare Wärmenutzung <sup>5</sup>	4
Biogas <sup>6</sup>	12
Summe	68

- 1 3 Mio. Festmeter Biomasse mal 2 MWh pro Festmeter mal 3,6 PJ pro TWh
- 2 5,75 % Bio-Fuel Zumischung zu 280 PJ Diesel
- 3 300 MW neue Wasserkraft mal 5000 h/Jahr mal 3,6 PJ/TWh
- 4 Nach 2004 500 weitere Windräder je 2,2 MW (Durchschnitt bis 2020)  
mal 2.200 Volllaststunden
- 5 200.000 Haushalte mal 5.000 kWh pro Jahr Solarnutzung mal 3,6 PJ pro TWh
- 6 1 % von Erdgas (300 PJ) plus 1 % von Stromverbrauch (300 PJ) dividiert durch  
Wirkungsgrad 0,33

Quelle: E-Control

Wie in Fußnote 4 der Tabelle angefügt ist, wurde angenommen, dass ein Potenzial für 500 weiteren Windrädern je 2,2 MW (=1100 MW) nach dem Jahr 2004 besteht. Bis zur Fertigstellung des Jahresberichtes 2006 wurden bereits 364 MW neu errichtet (218 MW im Jahr 2005 und 146 MW im ersten Halbjahr 2006). Danach wurde die Ökostromnovelle 2006 wirksam und es wurden bis dato (Juni 2007) keine Windkraftanlagen mehr errichtet. Anlagen mit rund 20 MW haben einen Fördervertrag nach dem neuen Ökostromgesetz. Somit wären die bereits errichteten und genehmigten Anlagen mit rund 385 MW etwa 35 % des von der Energie-Control GmbH veranschlagten noch möglichen Potenzials. Nach dieser Sichtweise verblieben lediglich rund 700 MW oder 318 Anlagen (bei den angenommenen 2,2 MW pro Anlage) für die zukünftige Errichtung. Laut Jahresbericht ergebe sich ein Gesamtpotenzial von rund 1.700 MW Windkraftleistung (595 MW errichtet bis Ende 2004 + 1.100 MW zusätzliches Potenzial) mit einer jährlichen Stromproduktion von 3.344 GWh (924 GWh im Jahr 2004 + 2.420 GWh). Im Jahresbericht wird für das Jahr 2007 ein Wert von 2.100 GWh Windkraft (63 % des prognostizierten Gesamtpotentials) angegeben.

## Energiezukunft Niederösterreich

Reinhold Christian, Rene Bolz,  
Umwelt Management Austria

Gerhard Bonelli, Raphaela Böswarth, Oliver Brantner  
NÖ Landesakademie

Juni 2007

Kernziel der gegenständlichen Arbeit war es, Wege vorzuschlagen, wie die künftig notwendige Energie für Niederösterreich nachhaltig (ökonomisch, ökologisch und sozial verträglich) gesichert werden kann. Das Projekt „Energiezukunft Niederösterreich“ ist eine Initiative des Umweltlandesrates von Niederösterreich DI Josef Plank und dem Niederösterreichischen Landesenergieversorger EVN. Im Sinne der Zielsetzung des Projektes wurde neben dem Einsatz eigener Expertisen und umfassender Recherchen ein hochkarätiges internationales Netzwerk von Experten aus Wissenschaft, Verwaltung und NGO's aufgebaut.

Zu den Potenzialen wurde ausgeführt (S. 27), dass eine überblicksmäßige Abschätzung der technischen, ökologisch verträglich mobilisierbaren Potenziale Erneuerbarer Energien für Österreich und Niederösterreich, im Rahmen des gegenständlichen Projektes vorgenommen wurde. In Tabelle 1 (S. 27) sind Angaben auch für die Windenergie in PJ enthalten (hier nachfolgend auch umgerechnet in GWh).

Sektor	IST-Stand		Zukunft (langfristig)	
	Österreich	Niederösterreich	Österreich	Niederösterreich
Wind (in PJ)	7	3,5	20-25	7-10
Wind (in GWh)	1.944	833	5.555 – 6.944	1.944 – 2.778

Damit wurde im Projekt „Energiezukunft Niederösterreich“ das Potenzial der Windenergie für Österreich zwischen rund 5.500 und knapp 7.000 GWh abgeschätzt.

Zur Nutzung der vorhandenen Potenziale werden ordnungsrechtliche Instrumente (EEEE Gesetz – Energieeffizienz und erneuerbaren Energien Gesetz) vorgeschlagen welches für den Bereich Ökostrom folgende Punkte vorschlägt:

- Abnahmegarantie ohne Deckelung
- Garantierte Mindestvergütung über einen Zeitraum von mindestens 15 Jahren
- Stetiger Abgleich der Vergütung mit Marktpreisen von Technologien
- Vergütung berücksichtigt Energiewertigkeit
- Langfristige Rahmenbedingungen