

Tauernwindpark Oberzeiring

Hans Winkelmeier, Energiewerkstatt



Abb. 1: Panoramabild Tauernwindpark

Aktueller Stand der Windkraftnutzung in Österreich

Österreichs Windenergiebranche konnte im Jahr 2003 ein Rekordwachstum verzeichnen und die installierte Windkraftleistung von 139 auf 415 Megawatt verdreifachen. Somit hält die Alpenrepublik mit 154 neu errichteten Anlagen und einer neu installierten Leistung von 276 MW im Jahr 1993 hinter Deutschland und Spanien sogar überraschend den dritten Rang in der Liste der Neuzuwächse in Europa.

Etwa 90% der österreichischen Windkraftleistung sind in den flachen Gebieten im Osten Österreichs installiert. Hier wurde durch die windklimatisch begünstigte Lage am Rande der ungarischen Tiefebene ein förmlicher "Windrausch" ausgelöst. Derzeit wird die Entwicklung durch erforderliche Ausbaumaßnahmen an den Hochspannungsnetzen zwar etwas gebremst, doch allein das Burgenland wird schon im kommenden Jahr seine Windstromerzeugung auf mehr als 800 GWh steigern und somit nahezu 70% seiner benötigten Elektrizität aus Windkraft produzieren.

Entwicklungsmöglichkeit Alpenraum

Die Lage Österreichs an der "Wetterscheide" des Alpenhauptkammes hat zur Folge, dass innerhalb der verhältnismäßig kleinen Landesfläche unterschiedliche Windsysteme aufeinander treffen. Dieses Phänomen ist einer der Gründe dafür, dass der etwa 300 km lange Alpenbogen mit dem im Norden vorgelagerten Alpenvorland sehr gute Voraussetzungen für die Nutzung von Windenergie bietet. Abgesehen von der Diskussion über landschaftsästhetische Gesichtspunkte, wird der Ausbau der Windkraftnutzung an exponierten Standorten im österreichischen Alpen- und Voralpenbereich derzeit aber durch fehlende Erfahrungen mit der Installation und dem Betrieb von Windkraftanlagen unter den hier herrschenden extremen klimatischen Bedingungen eingeschränkt.

Eine Reihe dieser offenen technischen Fragen wurde nun im Rahmen der Errichtung und des Betriebs des weltweit höchst gelegenen Windparks näher untersucht. Der am Südrand der Alpen im Gebirgsmassiv der Niederen Tauern gelegene Tauernwindpark Oberzeiring wurde im November 2002 in Betrieb genommen und ist seit dem Beginn der Planungsarbeiten Gegenstand intensiver Forschungstätigkeit.

Tauernwindpark Oberzeiring

Der Standort des Windparks befindet sich auf einem bereits über der Baumgrenze liegenden Höhenrücken in etwa 1.850 m Seehöhe. Der Park besteht aus 11 Windkraftanlagen des Typs VESTAS



Abb. 2: Österreichkarte mit Standort Tauernwindpark

V 66 mit einem Rotordurchmesser von 66 m, einer Nennleistung von 1.750 Kilowatt und einer Nabhöhe von 60 m. Weil die Hauptwindrichtung nahezu quer zum Höhenkamm verläuft, konnten die Anlagen mit relativ kleinen internen Abständen (ca. 180 m) angeordnet werden. Die Jahresarbeit der 11 Anlagen wurde bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von 7,2 m/s mit jährlich 38,5 GWh prognostiziert. Die Netzableitung der erzeugten Elektrizität erfolgt über eine 21 km lange 33 kV Erdkabelleitung zum Umspannwerk des steirischen Energieversorgers STEWEAG. Für die Zufahrt zum Standort konnte eine bereits bestehende 13 km lange Höhenstraße zur Klosterneuburgerhütte genutzt werden.



Abb. 3: Tauernwindpark

Vorbereitende Messungen

In den Jahren 1999 und 2000 wurden im Rahmen eines Altener Projektes umfangreiche Windmessungen zur Untersuchung des dreidimensionalen Windfeldes über der stark gegliederten Oberfläche des Höhenrückens durchgeführt. Auf einem 50 m hohen Messmast wurde die Windgeschwindigkeit in zwei Höhen mit beheizten und unbeheizten Anemometern gemessen um Rückschlüsse über die Höhenzunahme der Windgeschwindigkeit zu erhalten. Zur Bewertung des Höhenwindprofils und zur Einschätzung möglicher vertikaler Windgeschwindigkeitskomponenten wurde an drei Punkten des Windparkgeländes eine Sodar Messung durchgeführt. In einer weiteren Windmessung wurden mit einem Ultraschallanemometer mögliche Scherwindeinflüsse und Turbulenzen in 50 m Höhe untersucht. Die Ergebnisse dieser Messungen sind in die Modellberechnung zur Konfiguration des Windparks eingeflossen.

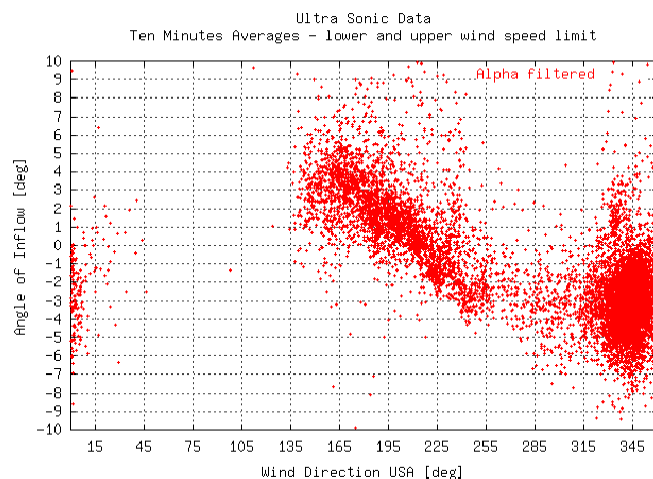


Abb. 4: Scatterplot des vertikalen Strömungswinkels in Abhängigkeit von der Windrichtung

Planung und Errichtung des Windparks

Bei der Planung des Windparks wurde auf eine möglichst landschaftsschonende Bauweise Wert gelegt. Die Größe der erforderlichen Bauplätze für die Kräne und Baufahrzeuge wurde auf das unbedingt erforderliche Minimum reduziert und durch die Spezialanfertigung der Stahlrohtürme mit verkürzten Turmsegmenten konnte auch der Umfang der Baumaßnahmen an den Kurvenradien der Wege reduziert werden.

Die Höhenlage und die extremen klimatischen Verhältnisse des Standortes bewirken, dass eine Beschädigung oder Zerstörung der Vegetationsdecke über Jahrzehnte bleibende Spuren hinterlassen würde. Daher wurde bei der Durchführung der Erdarbeiten für die Fundamente und Wegeböschungen der Erhaltung der sensiblen alpinen Vegetation besonderes Augenmerk geschenkt. Die Grassoden wurden vorsichtig abgehoben, seitlich auf Bauvliesmatten gelagert, befeuchtet und nach Beendigung der Arbeiten an den Böschungen und Fundamentoberflächen wieder aufgebracht.

Transport- und Montagearbeiten

Wegen der schweren Erreichbarkeit des Standortes im Winterhalbjahr mussten die Montagearbeiten während der schneelosen Zeit zwischen Mai und Oktober durchgeführt werden. Für den Transport der Rotorblätter wurde ein Schwerlasthubschrauber eingesetzt. Diese Maßnahme wurde hauptsächlich aus Zeit- und Kostengründen gewählt, da der Zufahrtsweg ohnehin für den Transport der Rotorblätter ausgebaut werden musste, damit bei allfälligen Reparaturarbeiten



Abb. 5: Transport der Rotorblätter in einer Spitzkehre

auch der Straßentransport gewährleistet ist. Der Hubschraubertransport bereitete beim ersten Versuch Schwierigkeiten, da die Hubkraft des eingesetzten Helikopters wegen der hohen Lufttemperaturen stark eingeschränkt war. Bereits nach dem Flug des zweiten Rotorblattes musste der Transportversuch abgebrochen werden, weil die Blätter beim Aufsetzen beschädigt wurden. Bei einem neuerlichen Transportversuch nach 4 Wochen waren die Witterungsbedingungen hingegen ideal. Es herrschte klare Sicht und die kühlere Luft begünstigte die Tragkraft des Hubschraubers. Das Seilgehänge für die Rotorblätter wurde optimiert, anstelle eines 60 m langen Tragseiles wurde nun ein 140 m langes Seil eingesetzt, wodurch problematische Luftturbulenzen beim Aufsetzen der Rotorblätter verhindert werden konnten. In nur 1 1/2 Tagen wurden 33 Rotorblätter ohne Zwischenfälle und weitere Beschädigungen auf den Berg transportiert.

Modifikationen an den Windkraftanlagen

Die wichtigste Maßnahme zur Anpassung der Anlagentechnik an die meteorologischen Bedingungen am Standort war die Ausrüstung der Anlagen für den Betrieb unter Vereisungsgefahr und tiefen Temperaturen. Die VESTAS LT (Low Temperature) Turbinen wurden mit einer Zusatzausrüstung versehen, die einen Betrieb der Anlagen unter -20°C erlaubt. Das Maschinenhaus wird während der Heizperioden gegenüber der Außenluft völlig abgedichtet und der Innenraum der Maschinengondel wird mittels drei elektrischer Heizlüfter auf Betriebstemperatur gehalten. Die Lüftungsöffnungen nach außen sind mit Jalousien versehen, die im Fall der Beheizung des Innenraumes automatisch schließen. Die erforderliche Kühlluft wird über ein automatisch geregeltes Zirkulationssystem zugeführt. Für sämtliche kraftübertragenden Elemente des mechanischen Triebstranges (Hauptlager, Blattlager, Getriebe, Generator und Windnachführsystem) werden spezielle Schmierstoffe und Öle verwendet, die einen Betrieb unter tiefen Temperaturen erlauben.

Nachdem derzeit kein sicheres und zuverlässiges Abtausystem für Eisansatz an den Rotorblättern verfügbar ist, wurden die Maschinen ohne Rotorblattheizung installiert. Für Forschungszwecke wurden die Rotorblätter einer Windkraftanlage mit einer speziellen Beschichtung versehen, die durch ihre wasserabweisenden Oberflächeneigenschaften die Vereisung der Rotorblätter verhindern soll.

Besonders strenge Behördenauflagen wurden bezüglich der zu erwartenden Rotorblattvereisung erteilt. Im Fall von Eisansatz an den Rotorblättern muss die Windkraftanlage automatisch über einen Eisdetektor gestoppt werden und darf nach der Abschaltung nicht wieder automatisch aufstarten. Erst wenn sich der Mühlenwart vor Ort über die mögliche Gefahr von Eiswurf vergewissert hat, kann die Anlage wieder manuell in Betrieb genommen werden. Während des Startvorganges nach erfolgter Eisabschaltung wird mit einer Warmlinikanlage über der Eingangstüre an der Turmaußenwand ein Signal zur Warnung vor möglichem Eisabwurf gegeben. Aus Sicherheitsgründen und zur Vermeidung von zusätzlicher Maschinenbelastung durch Unwucht des Rotors bleiben die Anlagen bei Vereisungsbedingungen aber grundsätzlich abgeschaltet.

Evaluierung der Betriebserfahrungen und Energieerträge

Die begleitenden Untersuchungen zur Konzeption, Montage und zum Betrieb der Windkraftanlagen im weltweit höchstgelegenen Windpark wurden im Rahmen eines Forschungsprojektes von folgenden Projektpartnern durchgeführt:



Abb. 6: Transport der Rotorblätter mit dem Hubschrauber



Abb. 7: Bergtransport einer Maschinengondel bei 18% Steigung



Abb. 8: Arbeit des Schwerlastkranes auf minimierten Bauflächen und Baggermatten

- Energiewerkstatt GmbH A
- TAUERNWIND Windkraft GmbH A
- Deutsches Windenergie Institut D
- VESTAS DEUTSCHLAND GmbH D
- Finnisches Meteorologisches Institut FIN
- Prangl GmbH A

Für die Durchführung der Forschungs- und Wartungsarbeiten wurde direkt am Standort ein beheizbarer Container errichtet. Dieser Container verfügt über einen Strom- und Telefonanschluss und beinhaltet den Zentralrechner für die Windparksteuerung und die Datenaufzeichnungsgeräte für die wissenschaftlichen Messungen. Der Container wird vom VESTAS Service-Team und vom Mühlenwart der Tauerwind Windkraft GmbH als Aufwärm- und Zufluchtsraum genutzt. Für den Fall von Schneestürmen ist ein spezielles Beschilderungssystem zum Container installiert worden, damit für die Beschäftigten im Windpark die Orientierung erleichtert wird. Die Zufahrt für die Durchführung von Servicearbeiten erfolgt im Winter mit einem Schneemobil, da der Standort mit anderen Fahrzeugen nicht erreichbar ist.



Abb. 9: Eisdetektor mit Blick auf den bereits errichteten Windpark im Hintergrund

Die technische Verfügbarkeit des gesamten Windparks lag in den ersten Betriebsmonaten November 2002 bis Jänner 2003 deutlich unter 90%. Danach hat sich jedoch die Verfügbarkeit einen zufrieden stellenden Wert von mehr als 98% eingependelt. Die Energieerträge blieben im ersten Betriebsjahr mit 35 GWh etwa 12% unter den Erwartungen. Allerdings kann wegen der unterdurchschnittlichen Windverhältnisse im Jahr 2003 davon ausgegangen werden, dass im Normaljahr 40 GWh erreicht werden können. Die Kalkulation der Energieerträge an Standorten im alpinen Gelände war aufgrund der turbulenten Windverhältnisse, der auftretenden Scherwinde und der stark schwankenden Temperatur- und Luftdruckverhältnissen mit wesentlich größeren Unsicherheiten behaftet, als an normalen Standorten im ebenen Gelände. Unerwartete Abweichungen zwischen Prognose und realen Energieerträgen haben sich auch bei der Kalkulation Parkwirkungsgrade ergeben. Offensichtlich können die Standortvoraussetzungen in derart komplexen Geländesituationen mit den derzeit verfügbaren Berechnungsprogrammen noch nicht ausreichend genau modelliert werden.

Leistungs- und Belastungsmessungen

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde die Vermessung der Leistungskurven und der Lastkollektive an der Rotorblattwurzel und am Turmfuß von zwei Windturbinen durchgeführt. Ziel

Continous windprofiles without mast

High resolution wind profiles up to 200m height

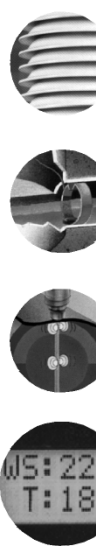
miniSodar

Anemometer for precise high resolution wind measurements

3D-Sonic

3-dimensional wind and turbulence measurement

Professional solutions for wind and weather measurements!



SALES AND SERVICE BY:

GWU-Umwelttechnik

Talstraße 3
 D-50374 Ertstadt-Friesheim
 Phone + 49 (0) 22 35/95 52 20
 Fax + 49 (0) 22 35/7 56 32
 E-mail: info@gwu-group.de
 Web: www.gwu-group.de



der Messungen war die Beobachtung des Leistungsverhaltens der Windkraftanlagen und der Belastungseinflüsse auf Turm und Rotorblätter unter den extremen Windverhältnissen und klimatischen Bedingungen in 1.900 m Seehöhe. Die Untersuchungen haben ergeben, dass das Leistungsverhalten trotz der extremen Turbulenzen und Scherwinde zufrieden stellend ist.

Evaluierung der Rotorblattvereisung

Bereits während der Projektplanungsphase wurde auf einem nahe gelegenen Mobilfunkmast eine Vereisungsmessung durchgeführt. Zur besseren Auswertung der aufgezeichneten Messdaten wurde zusätzlich eine Web Cam zur optischen Überwachung des Eissensors eingesetzt. Die Ergebnisse dieser Messung haben gezeigt, dass im Vergleich mit tiefer liegenden Binnenlandstandorten zwar weniger oft Vereisungsereignisse auftreten, diese jedoch von extremen Witterungs- und Temperaturverhältnissen begleitet werden. Es musste daher davon ausgegangen werden, dass entstehende Vereisung über längere Zeiträume an den Rotorblättern haften bleibt, falls keine Beheizungsmaßnahmen gesetzt werden.

Für die Beobachtung und Analyse des Eisansatzes an den Rotorblättern der beiden Forschungsturbinen wurde von der Firma VESTAS je eine Web Cam in den Spinner der Windturbinen eingebaut und der Mühlenwart wurde angehalten, die Vereisungssituationen genau zu dokumentieren. Es hat sich gezeigt, dass bei Wetterumschwüngen von Warm- auf Kaltfronten sehr heftige Vereisungsereignisse auftreten. Nasser Schneefall gefriert auf den Oberflächen der Windkraftanlagen und baut dabei bis zu 20 cm dicke Eisschichten auf. Es handelt sich dabei jedoch nicht um dichtes Klareis, wie es infolge von Eisregen entstehen würde, sondern um "hartgepappten" Nassschnee. Während des Aufbauprozesses der Schneeschicht können mittelgroße, aber noch nicht hart gefrorene Teile von den Rotorblättern gelöst und weggeschleudert werden. Sinken die Temperaturen jedoch weiter, dann löst sich das hart gefrorene Eis kaum mehr von Rotorblatt und haftet auch bei laufendem Rotor fest an dessen Oberfläche, wobei die Leistung der Windkraftanlage natürlich stark eingeschränkt ist.

Im Rahmen der Evaluierung der Betriebserfahrungen wurden die Windkraftanlagen unter besonderen Sicherheitsvorkehrungen auch mit angeeisten Rotorblättern betrieben. Dabei hat sich ein interessantes Phänomen gezeigt: Falls während des Betriebs der Anlagen unter Eisansatz gleichzeitig tiefe Lufttemperaturen und geringe Luftfeuchte herrschen, dann wird das aufgebaute Eis durch die laufenden Rotoren nicht abgeworfen, sondern innerhalb von 10 bis 20 Stunden von der Oberfläche des Rotorblattes "weggetrocknet". Diese Sublimierung des Eises ist daraus erklärbar, dass beim Zusammentreffen von kalter und trockener Luft mit dem sich bewegenden Rotorblatt die Feuchtigkeit des Eises an die trockene Luft abgegeben wird und sich das Eis dabei in "feuchte Luft" auflöst. Trotz dieses unerwarteten Phänomens muss betont werden, dass im Sinne des erforderlichen Betriebsaufwandes und der Betriebssicherheit, die Entwicklung von beheizbaren Rotorblättern für den zukünftigen Betrieb von Anlagen an derart exponierten Standorten unumgänglich ist. Die Entscheidung, derzeit keine Rotorblattheizung einzusetzen dürfte aber trotzdem richtig gewesen sein, weil auch heute noch kein funktionierendes Heizsystem für Rotorblätter auf dem Markt verfügbar ist.

Die Finanzierung dieses Projektes und der begleitenden Forschungsmaßnahmen wurden von der Europäischen Kommission und vom Österreichischen Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie unterstützt.



Abb. 10: Extreme Witterungssituationen stehen im Winter auf der Tagesordnung



Abb. 11: Tonnenschwerer Schneeansatz an Mast und Seilen machen auch einem 65 m Messmast "schwer" zu schaffen.



Weitere Informationen und Ergebnisse:
www.tauernwind.com, www.igwindkraft.at