

# Rapports de synthèse des chefs de programme OFEN Überblicksberichte der BFE-Programmleiter 2006

## PROGRAMM WIND

Robert Horbaty

[robert.horbaty@enco-ag.ch](mailto:robert.horbaty@enco-ag.ch)



### ***Vereistes Rotorblatt der 600 kW-Anlage auf dem Gütsch***

Im Rahmen des Projektes „Alpine Test Site Gütsch“ wurde die vom Elektrizitätswerk Ursern installierte Windkraftanlage umfassend mit Datenerfassungssystemen ausgerüstet. Unter anderem mit einer Webcam, mit welcher die Vereisung am laufenden Rotor festgestellt werden kann (online abrufbar unter [http://www.meteotest.ch/cost727/webcam\\_e40.html](http://www.meteotest.ch/cost727/webcam_e40.html)).

## Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele

- Die Schwerpunkte des *Energieforschungsprogramms Windenergie* [17, 18] sind: Erarbeitung von Beiträgen zur Erhöhung der Akzeptanz der Windenergienutzung
- Entwicklung von innovativen Komponenten
- Entwicklung von spezifischen Konzepten und Komponenten für Anlagen in schwierigem Gelände und unter rauen klimatischen Bedingungen.

Um die Umsetzung zu verbessern wurden zudem folgende Aktivitäten geplant:

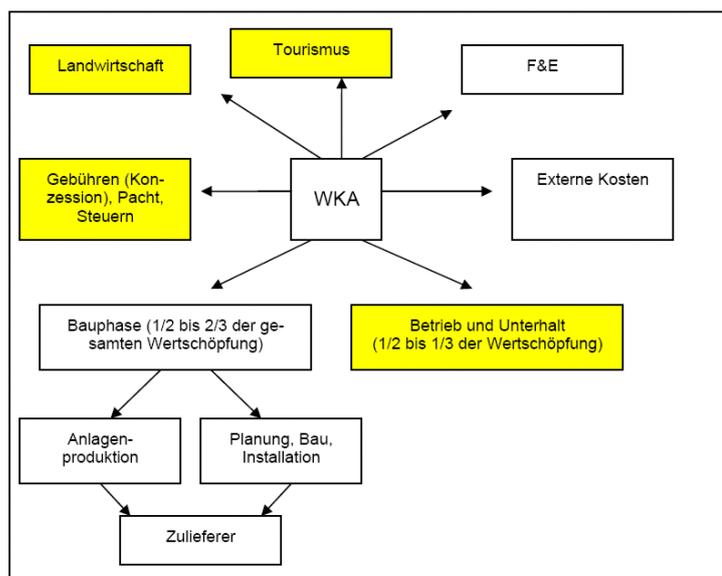
- Optimierung der Leistungselektronik im MW-Bereich
- Ausbau der Kompetenzen für die Windenergienutzung im Gebirge
- Entwicklung von spezifischen Konzepten, z.B. für dezentrale Stromproduktion in Randregionen.

## Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse 2006

### ERHÖHUNG DER AKZEPTANZ DER WINDENERGIENUTZUNG

Im Rahmen des Projektes *Auswirkung von Windkraftanlagen in der Schweiz* [1] werden mit Hilfe von bisher in der Schweiz sowie im Ausland gemachten Erfahrungen Wege aufgezeigt, durch welche die Planung und Erstellung von Windkraftanlagen (WKA) zu vereinfachen, zu beschleunigen und die Projektrisiken zu vermindern sind. Das Projekt bezweckt, konsolidierte Erkenntnisse zu Auswirkungen von Windkraftanlagen zu liefern, die für den Entwurf, die Bewilligung, und die Akzeptanz von künftigen bzw. auch aktuellen Projekten relevant sind. Als Hauptprodukte dieses Projekts werden ein Leitfaden für Investoren und ein Musterbericht "UVB/UDP" erarbeitet.

Ziel der bisherigen Arbeiten war die Identifizierung von Auswirkungen von WKA auf die Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft sowie von wichtigen Erfolgsfaktoren realisierter Projekte in der Schweiz. Dazu wurden diverse ausländische und inländische Studien ausgewertet. Die Relevanz der identifizierten Auswirkungen für die Schweiz wurde eingeschätzt und in einer Relevanztafel zusammenfassend dargestellt. Mittels telefonischen Interviews mit Betreibern/Initianten von WKA in der Schweiz wurden die Erfolgsfaktoren bei realisierten Projekten sowie die Hemmnisse bei verzögerten bzw. sistierten Projekten identifiziert. Fig.1 zeigt, mit welchen wirtschaftlichen Auswirkungen gerechnet werden muss. Vertiefende Hinweise wird der geplante Austausch mit der *Groupe de planification romande* bringen, welche das von den Bundesämtern BFE, BAFU und ARE erarbeitete *Konzept Windenergie Schweiz* [19] auf kantonaler Ebene umsetzt.



**Figur 1:** Wirkungsmodell Wirtschaft für Bau, Betrieb und Unterhalt von WKA (Windkraftanlagen), gelbe Felder = regionalwirtschaftliche Auswirkungen. Quelle: econcept.

Die Integration von Windenergie im schweizerischem Versorgungsnetz ist von einer gewissen Bedeutung: Bereitstellung von Regelenergie – auch im internationalen Kontext, optimale Bewirtschaftung eines regionalen oder lokalen Netzes mit einem hohen Anteil an unregelmässig anfallender Energieproduktion. Basierend auf dieser Überlegung beteiligt sich die Schweiz seit 2005 am IEA-Projekt **IEA Wind Task 24 Wind/Hydro-Integration** [2]. Leider steht heute nicht mehr der Erfahrungsaustausch und die Entwicklung von konkreten Regelstrategien im Vordergrund, sondern die doch recht theoretische Validation von Modellen. Eine weitere Teilnahme am Projekt wird deshalb geprüft.

Der Boom der Windenergie verbreitet sich weltweit ungebremst, die installierte Leistung hat alleine im Jahre 2005 um 24% auf 59,084 MW zugenommen [20]. Die Kehrseite dieser Medaille ist die Tatsache, dass Windenergie-Projekte mehr und mehr mit Akzeptanzproblemen zu kämpfen haben – gerade auch in der Schweiz. Vom 16. bis 18. Februar 2006 fand in Tramelan die Tagung statt **Research Workshops on Public Acceptance of Wind Energy in Switzerland** [5] des Instituts für Wirtschaft und Ökologie der Universität St. Gallen (IWÖ-HSG) (Fig. 2). Folgende Erkenntnisse konnten aus dieser vom Forschungsprogramm „Wind“ des BFE mitfinanzierten Tagung gewonnen werden:

- Die Teilnahme von rund 25 internationalen Wissenschaftler zeigte an, dass die Akzeptanzfragen rund um die Windenergienutzung an Brisanz zugenommen haben.
- Die Diskussionen bewegen sich meist noch auf theoretischem Niveau, konkrete Lösungen sind aber ansatzweise erkennbar.
- Das Thema scheint bis heute an Windenergie-Projektentwicklern oder auch Anlagenherstellern vorbei zu gehen. Mit wenigen Ausnahmen rekrutierten sich alle TeilnehmerInnen aus dem Bereich der Sozialwissenschaften und nicht Ingenieurwissenschaften.
- Es darf wohl behauptet werden, dass in Zukunft ein Zusammenwirken von planerischer und sozialwissenschaftlicher Kompetenz für erfolgreiche Projektentwicklungen notwendig sein wird.



**Figur 2:** Rund 25 Fachleute nahmen am internationalen Workshop zum Thema Akzeptanz in Tramelan teil. Quelle: Institut für Wirtschaft und Ökologie der Universität St. Gallen.

Erste Gespräche innerhalb der IEA im Rahmen des *Implementing Agreement on Wind Energy Research and Development* haben deutlich gemacht, dass ein grundsätzliches Interesse am Thema „soziale Akzeptanz“ besteht. Im Mai 2007 wird nun ein **IEA Topical Expert Meeting “Social Acceptance”** [9] in Luzern durchgeführt. Anlässlich dieses Treffens soll das Thema soziale Akzeptanz unter den Windenergie-Experten breit lanciert werden. Insbesondere soll der “ressortübergreifende” Erfahrungsaustausch von Sozialwissenschaftlern und Ingenieuren eine Plattform zur Erarbeitung von konkreten Strategien bieten, wie die Branche mit Akzeptanzfragen umgehen soll.

## ENTWICKLUNG VON INNOVATIVEN KOMPONENTEN

Nanotechnologen entwickeln u.a. Methoden, die es erlauben Farben, Textilien, Ziegelsteine und andere Oberflächen so zu behandeln, dass sie trocken bleiben und sich selbst reinigen können wie das Lotusblatt (siehe Fig. 3).



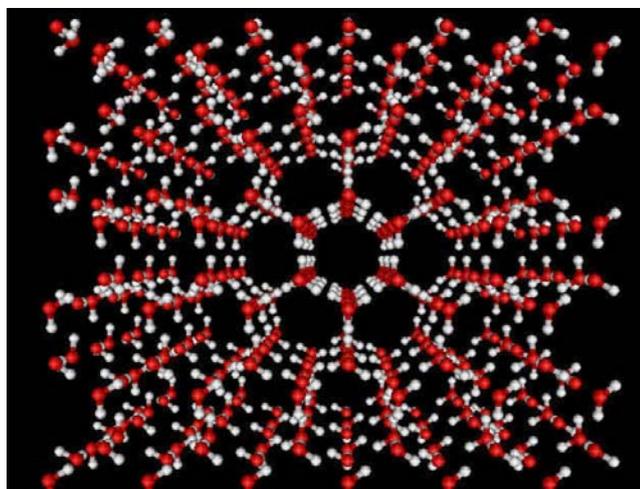
**Figur 3:** Beispiel des Einsatzes von Nano-Coatings. Links: Benetzung einer unbeschichteten Steinplatte. Rechts: Benetzung einer mit Nano-Coating beschichteten Steinplatte. Der wasserabstossende „Lotuseffekt“ ist klar ersichtlich. Quelle: Zürcher Hochschule Winterthur.

Im Schlussbericht des Projektes **Nanooberfläche für Rotorblätter von Windenergieanlagen – Phase 1** [15] wird der Stand der Forschung auf dem Gebiet der Beschichtungen, die gegen das Anwachsen von Eis auf Rotorblätter von Windeenergieanlagen wirksam sind, dargestellt. Die bisher getesteten Beschichtungen zeigen zwar eine Verringerung der Haftung und Bildung von Eis auf Oberflächen, diese ist jedoch nicht ausreichend. Beschichtungen mit anti-freeze Eigenschaften analog zu anti-freeze Proteinen eröffnen neue Möglichkeiten zur Reduktion der Eisbildung auf Oberflächen.

Rotorblätter für Windenergieanlagen können bis zu 60 Meter lang sein. Sie werden aus glasfaserverstärktem Kunststoff hergestellt. Heutzutage werden die Rotorblätter oft an den Profilvorderkanten mit einem Klebeband gegen meteorologische Einflüsse geschützt.

Die Autoren der Studie präsentieren einen Vorschlag für vereisungsvorbeugende Beschichtungen basierend auf der Wirkung von anti-Frost Proteinen. Im Gegensatz zu traditionellen Frostschutzmitteln ist die Wirkung von anti-Frost Proteinen nicht proportional zu deren Konzentration.

Anti-Frost Proteine verhindern das Kristallwachstum (Beispiel der Struktur eines Eiskristalls in Fig. 4), und die Eisbildung erfolgt erst bei wesentlich tieferen Temperaturen. Synthetisch hergestellte Polymere können den Effekt der natürlichen anti-Frost Proteine ebenfalls aufweisen.



**Figur 4:** Aufsicht auf die Basisfläche eines hexagonalen Eiskristalls. Das Kristall besitzt eine ziemlich offene Struktur, die eine eher niedrige Packungsdichte ( $\approx 1/3$ ) aufweist. Quelle: Zürcher Hochschule Winterthur.

Zum heutigen Zeitpunkt existieren noch zu wenige Untersuchungen über die Wirkung von anti-Eis-Beschichtungen, um eindeutige Aussagen über deren Verwendung bei Windenergieanlagen zu machen. Das vorgeschlagene Nachfolgeprojekt beinhaltet folgende Punkte:

- Systematische Untersuchung von Beschichtungen (hydrophob, superhydrophob, eis-phob, anti-Frost).
- Entwicklung von Polymeren, die analog zu anti-Frost Proteinen wirken.
- Optimierung der Haftung und der Beständigkeit der neu entwickelten Beschichtungen.

Das Potenzial des geplanten Projekts zur Entwicklung von stabilen anti-Eis-Beschichtungen für Windenergieanlagen ist nach der Meinung der Autoren gross. Eine entsprechende Beschichtung würde für Standorte mit kaltem Klima, beispielsweise in den Alpen, Skandinavien, Canada, u.s.w., grosse Vorteile bringen.

Leider musste das Projekt **Prototyp Windturbinenrotor mit zyklischer Pitch- und Twist-Verstellung** [4] abgebrochen werden, da die beteiligte Firma in Konkurs ist. Einer der Gründe für den zurückhaltenden Markterfolg könnte auf die schon bestehende grosse Nachfrage und Lieferengpässe der Hersteller für den herkömmlichen Markt zurückzuführen sein. Die Hersteller von Windenergieanlagen sind zur Zeit an radikal neuen Konzepten nicht interessiert.

Mit dem Projekt **Screening Windenergiebranche Schweiz** [10] wird klar aufgezeigt, dass sich auch in unserem Land die Wirtschaft am Boom der Windenergie beteiligt, was ein nicht unwesentlicher Beitrag zur Erhöhung der Akzeptanz dieser Technologie darstellt. Dabei ist die Schweizer Wirtschaft heute insbesondere in den folgenden Bereichen aktiv:

- Entwicklung und Produktion von chemischen Grundstoffen für die Produktion von Rotorblättern (Harze, Kleber)
- Entwicklung und Produktion von Leistungselektronik-Komponenten (insbesondere Wechselrichter)
- Dienstleistungen für die Projektentwicklung (inkl. meteorologische Daten)
- Spezielle Nischen, wie z.B. die Entwicklung und Produktion von Eiswarnsystemen.

Einzelne Firmen haben sich als Zulieferer eine Spitzenposition im internationalen Windenergiemarkt erobert, obwohl sie auf keinen umfassenden Heimmarkt zählen können. In der Maschinenindustrie konnten nur vereinzelte Aktivitäten eruiert werden, obwohl hier ebenfalls ein bedeutendes Potenzial vorhanden ist.

Insgesamt umfassen die oben genannten Bereiche heute in der Schweiz einen Umsatz von rund 130 Mio. Franken pro Jahr resp. rund 300 Vollzeit-Arbeitsplätze. Die Bereiche der chemischen Grundstoffe und der Leistungselektronik teilen sich rund 95% des Marktvolumens nahezu gleichmässig auf. Man kann davon ausgehen, dass ein zusätzliches bedeutendes Potenzial für den Wirtschaftsplatz Schweiz besteht. Indizien dafür sind, dass einzelne Schweizer Konzerne den Bereich Windenergie weitgehend über Tochtergesellschaften im Ausland bearbeiten, und dass zahlreiche Firmen Interesse am Windenergiemarkt zeigen.

## ENTWICKLUNG VON SPEZIFISCHEN KONZEPTEN

Die Firma *Aventa AG* vertreibt seit 2001 eine 7 kW-Windkraftanlage, deren herausragende Designmerkmal ein übergrosser Rotor (12 m) ist. Aufgrund der aufwendigen Regelungstechnik können bereits relativ schwache Winde genutzt werden, bei Windgeschwindigkeiten grösser als 6 m/s ist jedoch die Nennleistung der Anlage erreicht. Heute sind 14 Anlagen in Betrieb, an einigen Standorten bestehen über 4 Jahre Betriebserfahrung. Mit Kosten von mehr als 130'000 CHF pro Anlage resultieren Stromgestehungskosten vergleichbar mit der Photovoltaik. Um eine weitere Förderung zur Optimierung dieser Anlage zu legitimieren, wird von der Fachhochschule Technik und Wirtschaft in Berlin im Auftrag des BFE dieses Konzept grundsätzlich evaluiert (**Evaluation Leichtwindkonzept AVENTA** [13]), begleitet durch die Herstellerfirma (**Unterstützung Evaluation Leichtwindkonzept AVENTA** [14]).

## AUFBAU KOMPETENZZENTRUM WINDENERGIENUTZUNG IM GEBIRGE

Konkretes Resultat des Forschungsprojektes "*Alpine Test Site Güttsch: Meteorological measurements and wind turbine performance analysis*", welches im Rahmen der *COST Action 727* [25] von 2005 bis 2008 durch das Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (*MeteoSchweiz*) und durch *Meteotest*

durchgeführt wird, ist die Verbreitung der bisherigen Ergebnisse über eine Fachtagung und ein Handbuch (**Alpine Test Site Gütsch, Handbuch und Fachtagung** [7]). Im Weiteren wurde ermittelt, inwieweit dieser optimal mit Messinstrumenten ausgerüstete Standort nicht als Testsite für weitere Windkraftanlagen dienen könnte (**Konzept Wind Turbine Test Site Gütsch** [12]).



**Figur 5:** Mögliche Test-Standorte für kleine Windkraftanlagen ( $\leq 10$  kW) in der Nähe der SwissMetNet Station auf dem Gütsch. Quelle: Meteotest.

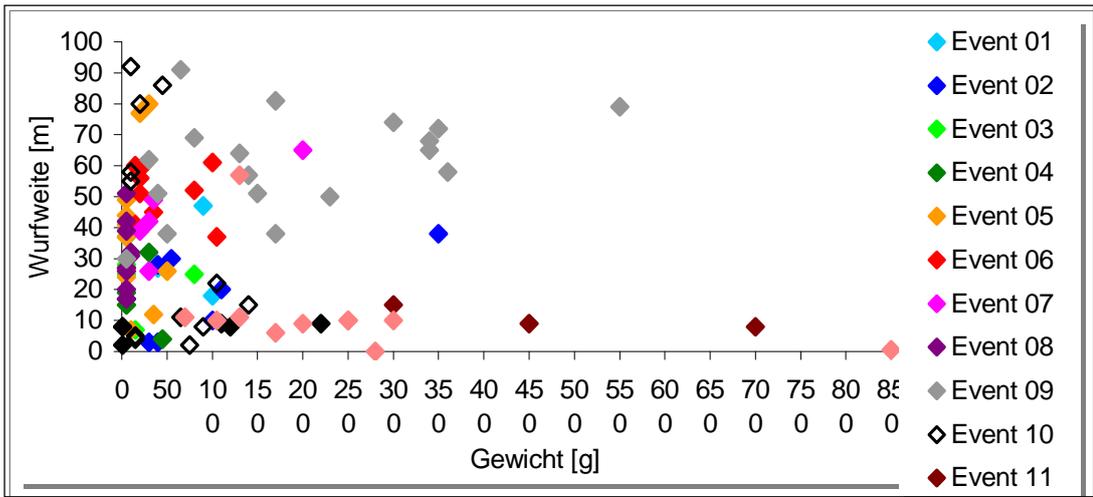
Die Abklärungen zeigen, dass es sich nicht lohnt, eine Infrastruktur (mögliche Standorte in Fig. 5) aufzubauen, bevor Aufträge für Anlagentests vorliegen. Die bescheidene Reaktion der Anlagenhersteller auf die E-Mail Umfrage ist ein Indiz dafür, dass zurzeit keine grosse Nachfrage für einen derartigen Standort besteht.

Detaillierte Untersuchungen zum möglichen Eiswurf von Windkraftanlagen sind ein wichtiger Bestandteil des IEA Forschungsprojektes **Wind Energy in Cold Climates** [3]. Dank der gut ausgebauten Infrastruktur und der Möglichkeit, unmittelbar nach einer an der Anlage festgestellten Vereisung die Umgebung der Anlage nach Eisstücken abzusuchen, kann die Schweiz mit den Resultaten vom Gütsch wesentlich zur Klärung dieser Fragenstellung beitragen.

In Fig. 6 sind alle gefundenen Stücke als Wurfweite über Gewicht, farblich geordnet nach den 13 Ereignissen, eingetragen. Auffällig ist, dass sich mit Abstand die meisten Abwürfe mit Gewichten zwischen 0 und 100 g abgespielt haben. Die Hauptgefahr geht vermutlich von Klareisvereisungen aus. Die grössten Wurfweiten werden von diesem Eistyp erzielt. Die Dichte ist hoch und somit auch das Gewicht. Raureif ist weniger gefährlich, da die Wurfweiten nicht ganz so gross sind. Klareisvereisungen spielen sich nur knapp um den Gefrierpunkt ab wenn die Luftfeuchtigkeit sehr hoch ist, oder wenn Regentropfen aus wärmeren Wolken auf kalte Oberflächen treffen und anfrieren. Wenn solche Bedingungen eintreten, kann von erhöhtem Risiko gesprochen werden.

Fig. 7 zeigt zudem eindrücklich, dass Eiswurf im Gebirge auch im Hochsommer eintreten kann!

Das im Jahre 2005 auf Deutsch publizierte Handbuch zu Sicherheitsrichtlinien [27] – welches sich auch zu Fragen des Eiswurfes äussert - wurde ins Französische übersetzt (**Übersetzung Sicherheitsrichtlinien für Windenergie-Anlagen** [8]).



**Figur 6:** Darstellung der gefunden Eisstücke am Standort Gütsch, Wurflweite nach Gewicht.



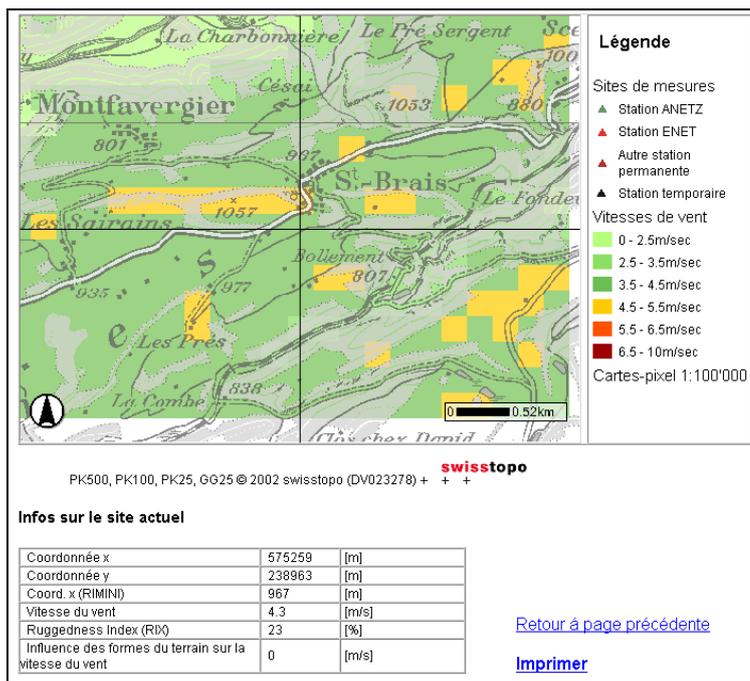
**Figur 7:** Eiswurf am Standort Gütsch, aufgenommen im Hochsommer (12.8.2006). Quelle: Meteotest.

## Nationale Zusammenarbeit

Folgende Forschungsinstitutionen haben Aktivitäten im Bereich der Windenergie entwickelt:

- Die EPFL (Laboratoire de Systèmes Énergétiques LASEN) [21] betreut Windenergie-Projekte, insbesondere auch im Zusammenhang mit der Entwicklungszusammenarbeit.
- An der Fachhochschule Wallis [22] bearbeitet ein Team Projekte zur Nutzung der Windenergie und betreibt auch die Windkraftanlage auf dem Simplon.
- An der Zürcher Fachhochschule Winterthur (ZFW) arbeitet eine Gruppe um Prof. Martina Hirayama an der Entwicklung von Nanooberflächen zur Verhinderung von Vereisung der Rotorblätter [23].
- Die Fragestellungen rund um die Regenergie für Windkraftanlagen fanden am ETH-Institut CEPE (Center for Energy Policy and Economy) das Interesse von Dr. Reinhard Madlener [24].
- Anlässlich der letzten Programmleitersitzung präsentierte der Programmleiter „Windenergie“ das Konzept **The "Smart Energy Network" oder "Interactiv Distribution Energy Network"** [31] welches die Transformation des bestehenden Stromnetzes in ein elastisches und interaktives (Versorger/ Kunde) „Dienstleistungs-Versorgungsnetz“ zum Ziel hat. Es wurde beschlossen, dieses Thema als fachübergreifendes Forschungsthema weiter zu verfolgen.

Der Dreh- und Angelpunkt zur Förderung der Windenergie in der Schweiz ist *Suisse Eole, die Schweizerische Vereinigung zur Nutzung der Windenergie* [26]. Sämtliche Planungsinstrumente, insbesondere ein Map-Server mit allen relevanten Aussagen zu möglichen Windenergie-Standorten (siehe Fig. 8) sind auf der Website von *Suisse Eole* ([www.wind-energie.ch](http://www.wind-energie.ch)) vorhanden.



**Figur 8:** Informationen zu möglichen Standorten auf dem Internet von *Suisse Eole* (<http://www.wind-energie.ch/techpro-outils-d.htm>).

Gemeinsam mit dem Verein *energie-cluster.ch* führte *Suisse Eole* zwei Veranstaltungen zum Thema „F&E, Knowhow-Transfer und Markt im Bereich Windenergie“ durch [28].

Wichtige Eckpunkte im Bereich der Windenergieentwicklung in der Schweiz sind das wegweisende Urteil des Bundesgerichts vom 31.8.2006 [29], sowie die sich abzeichnende kostendeckende Einspeisevergütung für Strom aus erneuerbaren Energien [30].

## Internationale Zusammenarbeit

Seit 2002 beteiligt sich die Schweiz am IEA-Projekt **Wind Energy in Cold Climates (WECO)** [3]. 2006 fanden zwei Treffen der Experten statt.

Die Schweiz beteiligt sich auch am IEA-Projekt *Integration of Wind and Hydropower Systems* [2]. Die Experten trafen sich 2006 einmal.

Am Kongress der *Global Wind Energy Council (GWEC)* [32] präsentierte der Programmleiter einem interessierten Publikum das **Konzept Windenergie Schweiz** [19].

Die Arbeiten beim **Alpine Test Site Gütsch** [25] sind verknüpft mit dem IEA Projekt **Wind Energy in Cold Climates**. Dessen Resultate und Empfehlungen werden nun im Rahmen des Forschungsvorhabens *COST 727 Alpine Test Site Gütsch, Meteorological measurements and wind turbine performance analysis* verifiziert und einem weiteren Umfeld nutzbar gemacht. Im März 2006 fand ein internationales Meeting zu diesem Projekt in Andermatt statt.

An der Tagung **Research Workshops on Public Acceptance of Wind Energy in Switzerland** [5] des Instituts für Wirtschaft und Ökologie der Universität St. Gallen (IWÖ-HSG) vom Februar 2006 in Tramelan nahmen 25 internationale Expertinnen und Experten teil. Basierend auf den entsprechenden Erfahrungen soll im Mai 2007 ein „Topical Expert Meeting“ der IEA zu diesem Thema in Luzern stattfinden.

Die Fachhochschule Technik und Wirtschaft in Berlin evaluiert das **Leichtwindkonzept der Firma AVENTA** [13].

## Pilot- und Demonstrationsprojekte

Im Sinne einer eigentlichen Erfolgskontrolle werden die Betriebserfahrungen der installierten Windenergieanlagen kontinuierlich erfasst. Die entsprechenden Erfahrungen dienen weiteren Projektentwicklern zur Optimierung ihrer Vorhaben.

Mit Abstand am besten läuft die 2 MW Anlage *Enercon E70* der Firma Rhoneole in Collonges im Kanton Wallis (Fig. 9, siehe auch die Publikation **Campagne de mesures (Erfolgskontrolle) 2MW éolienne à Collonges VS** [11]). Diese Anlage generierte im Jahre 2006 mehr als 4 GWh elektrische Energie, wodurch ein bisher in der Schweiz unerreichter Kapazitätsfaktor von 20% resultierte.



**Figur 9:** 2 MW-Anlage Enercon E70 in Collonges, Jahresproduktion 2006 über 4 GWh.  
Quelle: Rhoneole.

Mit dem Projekt **Betriebsresultate der Windenergieanlage Feldmoos** Rengg/Entlebuch auf 1020 m.ü.M. [6] werden bei einer 900 kW-Windenergieanlage die Betriebsergebnisse gesammelt. Ziel ist es Erfahrungen zu sammeln in Bezug auf Energieertrag, Verfügbarkeit, Eiswurf, Wildtiere, Blitzeinschläge einer Anlage im Voralpenraum. Erste Vergleiche mit der Messstation Napf ergaben, dass der durchschnittliche Jahresertrag bei etwa 950 MWh liegt. Das entspricht ziemlich genau dem errechneten Jahresertrag laut Windgutachten. Da aber die letzten zwei Jahre (2005 und 2006) relativ schlechte Windjahre waren, verändert sich der Jahresdurchschnitt negativ und kommt tiefer zu stehen (2006 z.

Bsp. 646 MWh). Gemäss Vertrag mit dem Hersteller wird für eine einzelne Anlage 95% Verfügbarkeit garantiert. Momentan ist die Anlage mit 99% sehr gut verfügbar. Störungen waren bisher das Rundsteuersignal des Netzbetreibers, ein Blitzschaden der Trafostation und defekte Sensoren (Druck- und Drehzahlsensor).

Am Standort *Peu Girard* (Koordinaten 565.900/229.300) wurden mit dem Projekt **Standortabklärungen Windkraftanlagen Peu Girard, Les Breuleux (JU)** [16] die Bedingungen für eine WKA genauer untersucht. Ziel ist es, ein Projekt für eine Windturbine der Grössenklasse 1000 kW mit einer Turmhöhe von mindestens 70 m auszuarbeiten, welches alle raumplanerischen, ökologischen und anderen Auflagen für eine Baubewilligung erfüllt.

## **Bewertung 2006 und Ausblick 2007**

Obwohl sich im Jahre 2006 die installierte Leistung der Windkraftanlagen in der Schweiz nicht erhöhte, wurden von den 31 Anlagen, welche während des ganzen Berichtsjahrs in Betrieb waren, doch 15 GWh Elektrizität erzeugt. Dies entspricht einer Steigerung um mehr als 75 % gegenüber dem Vorjahr.

Der Abbruch des Projekts **Prototyp Windturbinenrotor mit zyklischer Pitch- und Twist-Verstellung** (siehe oben) zeigt, dass in einem Markt, welcher jährlich über 20% wächst, und in dem mit 2 Jahren Lieferzeit für Neuanlagen gerechnet werden muss, die Bereitschaft für fundamental neue Ideen und Strategien relativ gering ist.

Mit dem aus Sicht der Windenergienutzung als positiv zu bewertenden Bundesgerichtsentscheid vom 31.8.2006 und einer allfälligen kostendeckenden Einspeisevergütung im Jahre 2008, sind die Aussichten für eine intensivierete Nutzung der Windenergie durchaus als optimistisch zu beurteilen.

Auf internationaler Ebene sind die Aktivitäten im Zusammenhang mit der Teststation auf dem Gütsch zur fundierten Ermittlung der Auswirkungen der Vereisung im Rahmen der *COST Action 727* besonders zu erwähnen. Im Rahmen der IEA werden hier aus der Schweiz substantielle Forschungsbeiträge geleistet.

Mit folgenden Aktivitäten sollen die Ziele des Energieforschungskonzepts 2004-2007 [18] weiter konkretisiert werden:

- **Erhöhung der Akzeptanz** für Windenergie unter Einbezug sozialwissenschaftlicher Kompetenz und damit Verkürzung der Projektrealisierungsdauer. Ermittlung der Auswirkungen auf Vogelzug und Fledermäuse. Die Kantone sollen für ihre Planungen / Richtplanungen die Grundlagen für Windkonzepte in einfacher, praktischer Form erhalten. Allenfalls lassen sich die Daten als GIS-Dateien für die Fachleute und als Arc-Reader Infos plus EXCEL Tabellen aufbereiten. So hätten auch Nicht-GIS-Fachleute ein gutes Tool, um die Resultate aus dem Windkonzept optimal zu nutzen.
- **Entwicklung von Anlagekomponenten**, mit Schwergewicht auf der Weiterführung des Projektes *Nanotechnology*.
- **Erhöhung des „Wertes“ der Windenergie**, Optimierung der Integration von Windkraftanlagen in das Stromversorgungsnetz (Forecasting, Regelenergie).

Im Bereich der Akzeptanz für Windenergie kann die Schweiz als relativ dicht besiedeltes Land auch international eine wichtige Rolle übernehmen. Die Resultate des „Topical Expert Meeting“ der IEA zu diesem Thema in Luzern im Mai 2007 könnten zu weiterführenden diesbezüglichen Anstrengungen im Rahmen der IEA führen.

## Liste der F+E-Projekte

(JB) Jahresbericht 2006 vorhanden

(SB) Schlussbericht vorhanden (siehe [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch) unter den angegebenen Publikationsnummern in Klammern)

Unter den angegebenen Internet-Adressen sind die Berichte sowie weitere Informationen verfügbar.

- [1] Walter Ott, Yvonne Kaufmann, ([walter\\_ott@econcept.ch](mailto:walter_ott@econcept.ch)), <http://www.econcept.ch> ECONCEPT AG, Zürich: **Auswirkung von Windkraftanlagen in der Schweiz** (JB)
- [2] Patricia Weis-Taylor, ([pwt\\_communications@comcast.net](mailto:pwt_communications@comcast.net)), <http://www.ieawind.org/> NREL: **Teilnahme IEA Wind Task 24 Wind/Hydro** (JB). [http://www.ieawind.org/Annex\\_XXIV.html](http://www.ieawind.org/Annex_XXIV.html)
- [3] Patricia Weis-Taylor, ([pwt\\_communications@comcast.net](mailto:pwt_communications@comcast.net)), <http://www.ieawind.org/> NREL IEA-Implementing Agreement on Wind Energy Research and Development, Task 19 **Wind Energy in Cold Climates**: <http://arcticwind.vtt.fi/>. (JB)
- [4] Ferdinand Lutz ([ferdinand.lutz@blatec.ch](mailto:ferdinand.lutz@blatec.ch), <http://www.blatec.ch>) Blatec Sarnen: **Prototyp Windturbinenrotor mit zyklischer Pitch- und Twist-Verstellung** (JB).
- [5] Dr. Rolf Wüstenhagen ([rolf.wuestenhagen@unisg.ch](mailto:rolf.wuestenhagen@unisg.ch)), <http://www.iwoe.unisg.ch/org/iwo/web.nsf/> Institute for Economy and the Environment (IWÖ-HSG) University of St. Gallen: **Research Workshops on Public Acceptance of Wind Energy in Switzerland** (SB)
- [6] Roland Aregger ([info@windpower.ch](mailto:info@windpower.ch), <http://www.windpower.ch>), WINDPOWER AG, Entlebuch: **Betriebsresultate der Windenergieanlage Feldmoos** (JB)
- [7] Stefan Kunz, René Cattin ([kunz@meteotest.ch](mailto:kunz@meteotest.ch), <http://www.meteotest.ch>), METEOTEST, Bern: **Alpine Test Site Gütsch**, Handbuch und Fachtagung (JB) <http://www.meteotest.ch/cost727/index.html>
- [8] Martin Kernen ([contact@suisse-eole.ch](mailto:contact@suisse-eole.ch), <http://www.suisse-eole.ch>), SUISSE EOLE, La Sagne: **Übersetzung Sicherheitsrichtlinien für Windenergie-Anlagen**
- [9] Robert Horbaty ([robert.horbaty@enco-ag.ch](mailto:robert.horbaty@enco-ag.ch), [www.enco-ag.ch](http://www.enco-ag.ch)) ENCO ENERGIE-CONSULTING AG, Bubendorf: **IEA Topical Expert Meeting "Social Acceptance"** (JB)
- [10] Reto Rigassi ([reto.rigassi@eicher-pauli.ch](mailto:reto.rigassi@eicher-pauli.ch), [www.eicher-pauli.ch](http://www.eicher-pauli.ch)), Eicher+Pauli AG, Liestal: **Screening Windenergiebranche Schweiz** (SB)
- [11] Jean-Marie Rouiller ([jean.marie.rouiller@lausanne.ch](mailto:jean.marie.rouiller@lausanne.ch), <http://www.lausanne.ch>) Services industriels de Lausanne, Lausanne, **Campagne des mesures (Erfolgskontrolle) 2MW éolienne à Collonges VS**
- [12] Stefan Kunz, René Cattin ([kunz@meteotest.ch](mailto:kunz@meteotest.ch), <http://www.meteotest.ch>), METEOTEST, Bern: **Teststandort für Windturbinen Gütsch, Vorstudie** (SB)
- [13] Joachim Twele ([mailto:twele@fhtw-berlin.de](mailto:mailto:twele@fhtw-berlin.de), <http://www.fhtw-berlin.de/>), FACHHOCHSCHULE FÜR TECHNIK UND WIRTSCHAFT, Berlin DE: **Evaluation Leichtwindkonzept AVENTA** (JB)
- [14] Ueli Spalinger ([aventa@energienetz.ch](mailto:aventa@energienetz.ch), <http://www.aventa.ch>), AVENTA, Winterthur: **Unterstützung Evaluation Leichtwindkonzept AVENTA** (JB)
- [15] Martina Hirayama ([martina.hirayama@zhwin.ch](mailto:martina.hirayama@zhwin.ch), <http://www.zhwin.ch>) ZÜRCHER FACHHOCHSCHULE WINTERTHUR, Winterthur, **Nanooberfläche für Rotorblätter von Windenergieanlagen – Phase 1** (SB)

## Liste der P+D-Projekte

- [16] Eric Nussbaumer ([info@adev.ch](mailto:info@adev.ch), <http://www.adev.ch>), ADEV, Liestal: **Les Breuleux** (SB)

## Referenzen

- [17] **Konzept der Energieforschung des Bundes 2004 – 2007**, ausgearbeitet durch die Eidgenössische Energieforschungskommission CORE: <http://www.bfe.admin.ch/themen/00519/00521/index.html?lang=de>.
- [18] **Energieforschungsprogramm „Windenergie“ 2004 – 2007**, ausgearbeitet durch R. Horbaty, von der CORE am 1.4.2004 zur Umsetzung freigegeben.
- [19] **Konzept Windenergie Schweiz**, Grundlagen für die Standortwahl von Windparks, Bundesamt für Energie (BFE), Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), Autoren Meteotest, Nateco, Metron Raumentwicklung AG, Atelier North & Robyr Soguel, Bern 2004 [www.wind-energie.ch/images/1140/CH/KonzeptWindenergieCH-d.pdf](http://www.wind-energie.ch/images/1140/CH/KonzeptWindenergieCH-d.pdf)
- [20] **GWEC: Record year for wind energy: Global wind power market increased by 24% in 2005** [http://www.gwec.net/index.php?id=30&no\\_cache=1&tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=21&tx\\_ttnews%5BbackPid%5D=4&chash=d0118b8972](http://www.gwec.net/index.php?id=30&no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=21&tx_ttnews%5BbackPid%5D=4&chash=d0118b8972)
- [21] EPFL, **Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne**, Laboratoire de systèmes énergétiques LASEN: <http://lasen.epfl.ch/page39406.html>.
- [22] Hp. Biner, **Hochschule Wallis, Institut des systèmes industriels**: <http://energy.hevs.ch/f/rad/conversion.asp>.
- [23] ZFW, **Zürcher Fachhochschule Winterthur**, Martina Hirayama ([martina.hirayama@zhwin.ch](mailto:martina.hirayama@zhwin.ch), <http://www.zhwin.ch>,
- [24] ETH, **Centre for Energy Policy and Economics**, Dr. Reinhard Madlener, [madlener@ethz.ch](mailto:madlener@ethz.ch) <http://www.cepe.ethz.ch/>
- [25] **Alpine Test Site Gütsch, Website zu diesem COST 727-Projekt** <http://www.meteotest.ch/cost727/index.html>
- [26] **Schweizerische Vereinigung für Windenergie, Suisse Eole**: <http://www.suisse-eole.ch>.

- [27] Sicherheitsrichtlinien für Windenergieanlagen in der Schweiz, ausgearbeitet durch Suisse Eole, 2005
- [28] **Veranstaltungen mit Energie-Cluster** zum Thema „F&E, Know-how Transfer und Markt im Bereich Windenergie“  
<http://www.energie-cluster.ch/bereiche/wtt/AG-Wind>
- [29] **Das Urteil des Bundesgericht zum Windpark Crêt Meuron**  
<http://www.wind-energie.ch/images/1140/CH/SEO-MM-BGurteil.pdf>
- [30] **Materialien zur Debatte zur kostendeckenden Einspeisevergütung**  
[http://www.parlament.ch/ab/frameset/d/n/4715/234002/d\\_n\\_4715\\_234002\\_234166.htm](http://www.parlament.ch/ab/frameset/d/n/4715/234002/d_n_4715_234002_234166.htm)
- [31] Robert Horbaty, ENCO AG: **The "Smart Energy Network" oder "Interactiv Distribution Energy Network"**  
[http://www.bfe.admin.ch/themen/00519/00921/index.html?lang=de&dossier\\_id=01102](http://www.bfe.admin.ch/themen/00519/00921/index.html?lang=de&dossier_id=01102)
- [32] **Global Wind Energy Council GWEC** <http://www.gwec.net>