

Überblicksbericht 2012

# Forschungsprogramm Windenergie



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Bundesamt für Energie BFE**  
**Office fédéral de l'énergie OFEN**

**Titelbild:****Die Windenergieanlagen in St. Brais (2 MW, Rotordurchmesser 82 m)**

An diesen beiden Windenergieanlagen werden die Auswirkungen der Vereisung auf das Betriebsverhalten und den Energieertrag von Windkraftanlagen im Jurabogen untersucht (Foto: ADEV Windkraft AG).

**BFE Forschungsprogramm Windenergie**

Überblicksbericht 2012

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE

CH-3003 Bern

**Programmleiter BFE (Autor):**

Robert Horbaty, ENCO Energieconsulting AG (robert.horbaty@enco-ag.ch)

**Bereichsleiterin BFE:**

Dr. Katja Maus (katja.maus@bfe.admin.ch)

[www.bfe.admin.ch/forschungwindenergie/index](http://www.bfe.admin.ch/forschungwindenergie/index)

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

## Einleitung

2012 wurden weltweit Windenergieanlagen mit einer Leistung von 44,7 GW installiert, was gegenüber dem Vorjahr einem Wachstum von 10 % entspricht. Während der Markt in Asien gegenüber 2011 zurückgegangen ist, konnte in Nordamerika und in Europa ein starkes Wachstum verzeichnet werden, sodass 2012 in Asien, Nordamerika und Europa nahezu die gleiche Leistung zugebaut wurde [1]. Während der Offshore-Markt weiterhin noch relativ langsam wächst, ist in Europa ein Trend in Richtung Binnenland zu verzeichnen. So stieg die installierte Leistung z. B. in Österreich um 27 % (296 MW) [2] und im Bundesland Bayern um 29 % (200 MW) [3].

In der Schweiz ist die Situation der Windenergie geprägt von einer grossen Anzahl an Projekten und einer nach wie vor geringen Anzahl an Realisierungen. Ende 2012 waren Projekte mit einer Leistung von rund 1'800 MW bei der kostendeckenden Einspeisevergütung angemeldet. Dagegen sind 2012 wiederum nur zwei Anlagen mit einer Leistung von zusammen 3,9 MW in Betrieb gegangen. Die 30 Grossanlagen, welche 2012 ganzjährig in Betrieb gestanden sind, erreichten im Berichtsjahr einen Kapazitätsfaktor von 21,6 % respektive knapp 1'900 Vollbetriebsstunden [4].

Die langwierigen Planungs- und Bewilligungsverfahren in der föderalistischen Schweiz sind die Hauptursache für den bisher sehr schleppenden Zubau. Mit der Energiestrategie 2050 hat der Bundesrat dafür wichtige Massnahmen vorgeschlagen. Darüber hinaus stellen die folgenden Faktoren eine besondere Herausforderung für die Nutzung der Windenergie in der Schweiz dar:

- Geringe Erfahrung betreffend Standortbewilligungen, Akzeptanz und Umweltauswirkungen von Windenergieanlagen
- Turbulente Windverhältnisse im komplexen Gelände, was einen hohen Aufwand bei Standortabklärungen erfordert, insbesondere auch in höheren Lagen im Gebirge
- Harsche klimatische Verhältnisse können Vereisung von Rotorblättern verursachen, was zu einem reduzierten Energieertrag führt.

Das Forschungsprogramm *Windenergie* des Bundes konzentriert deshalb die limitierten Mittel auf diese Bereiche, nicht zuletzt weil hier auch im internationalen Vergleich substantielles Know-how erarbeitet werden kann. Entsprechende Projekte werden durch Forschungsinstitutionen (z. B. ETHZ, EPFL oder ZHAW) oder von anderen Institutionen (z. B. MeteoSchweiz oder Vogelwarte Sempach) oder von privaten Unternehmen (z. B. New Energy Scout) mit hoher fachlicher Kompetenz bearbeitet.

Durch die Entwicklung von sogenannten Binnenlandanlagen, welche für mittlere Windverhältnisse optimiert sind, können heute auch in der Schweiz wesentlich höhere Erträge erzielt werden. Dies bedeutet einerseits, dass das Potenzial der Windenergie in der Schweiz deutlich höher eingeschätzt und andererseits, dass mit Hilfe des Forschungsprogramms Know-how erarbeitet werden kann, welches zunehmend auch für andere Regionen interessant wird.

IEA Klassifikation: 3.2 Wind Energy

Schweizer Klassifikation: 2.6 Windenergie

## Programmschwerpunkte

Basierend auf dem Konzept des Energieforschungsprogramms *Windenergie* aus dem Jahre 2008 [5] lauteten die Forschungsschwerpunkte im Berichtsjahr wie folgt:

- Entwickeln von Anlagekomponenten für die Nutzung von Windenergie unter spezifisch schweizerischen Verhältnissen durch die einheimische Industrie, wie z. B. Reduktion der Lasten mit neuen Werkstoffen, Erhöhung des Energieertrags bei tiefen Windschwindigkeiten und Einsatz der Nanotechnologie gegen Verschmutzung und Vereisung.
- Erhöhung der Verfügbarkeit und des Energieertrages von Windkraftanlagen an extremen Standorten durch Erarbeiten von Planungs-Know-how für komplexe Terrains, Tests an extremen Standorten durch Auswertung von Betriebserfahrungen und durch Erarbeiten von Empfehlungen.
- Erhöhung des «Wertes» der Windenergie, Optimierung der Integration von Windkraftanlagen in die Stromversorgung durch Fore- und Nowcasting der Energieproduktion aus Wind, durch Netzregulierung mit hohem Anteil an Windenergie und durch Optimierung der Bedingungen für intermittierende Produktionsanlagen im Netz.
- Erhöhung der Akzeptanz für Windenergie unter Einbezug sozial- und umweltwissenschaftlicher Kompetenz, z. B. mit Ermitteln von Erfolgsfaktoren und -strategien.
- Ergänzend wird mit Pilot- und Demonstrationsprojekten die Lücke zwischen den eigentlichen Forschungsaktivitäten und der Anwendung in der Praxis geschlossen.

### Rückblick und Bewertung 2012

Im Berichtsjahr konnten vor allem in den Bereichen Ertragsoptimierung und Akzeptanz vielversprechende Ergebnisse erzielt werden, welche national und international auf ein äusserst erfreuliches Interesse gestossen sind. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass obwohl die Schweiz über keine grossen Anlagenhersteller verfügt, Schweizer Know-how im Windenergie-Weltmarkt durchaus gefragt ist. Für eine nachhaltige Entwicklung der Windenergie in der Schweiz bieten die Erkenntnisse im Bereich der Akzeptanz eine wesentliche Grundlage.

### Ausblick

Das Forschungsprogramm *Windenergie* wird sich künftig auf zwei Zielsetzungen konzentrieren. Zum einen soll es dazu beitragen, dass das in der Schweiz vorhandene Potenzial der Windenergie im Rahmen der Energiestrategie 2050 genutzt werden kann. Zum anderen soll die Beteiligung der Schweizer Industrie am Weltmarkt Windenergie weiter erhöht werden.

Basierend auf diesen Zielsetzungen und einem mit interessierten Forschungsinstitutionen und Mitgliedern des Firmenbeirats von Suisse Eole durchgeführten Workshop wurden für das Konzept 2013–2016 des Forschungsprogramms *Windenergie* [6] folgende neuen Schwerpunkte festgelegt:

- Grundlagen für effiziente Planungs- und Bewilligungsverfahren: Erarbeitung von Grundlagen und innovativen Lösungsansätzen in den Bereichen Akzeptanz sowie Auswirkungen auf die Fauna;

- Ertragsoptimierung an Standorten mit komplexer Topografie: Optimierung des Anlagenertrags an typischen Schweizer Standorten, um die Wirtschaftlichkeit zu optimieren und die Standorte optimal zu nutzen;
- Innovative Anlagekomponenten: Entwicklung von innovativen Anlagekomponenten durch Vernetzung der Schweizer Zulieferindustrie mit Schweizer Forschungsinstitutionen.

## Highlights aus Forschung und Entwicklung

### Akzeptanz von Windkraftprojekten

Gesellschaftliche Akzeptanz ist ein zentraler Erfolgsfaktor, um den Ausbau der Windenergie im für die Energiestrategie 2050 erforderlichen Ausmass umsetzen zu können. Mit einer vom Lehrstuhl Sozialpsychologie der Universität Zürich durchgeführten Studie wurden projekt- und personenbezogene Einflussfaktoren auf die lokale Akzeptanz von Windkraftprojekten analysiert. Mittels eines experimentellen Designs wurde die Akzeptanz verschiedener möglicher Windkraftprojekte in fünf Schweizer Gemeinden untersucht, in denen potenzielle Windkraftstandorte, aber noch keine Windkraftanlagen existieren. Allen 4'400 Haushalten in den Erhebungsregionen wurde ein Fragebogen zugesandt, der verschiedene Skalen zur Einstellung zu Windkraft sowie die Beschreibung dreier möglicher Windkraftprojekte enthielt (Vignetten). Insgesamt 951 ausgefüllte Fragebogen sind eingegangen; was einer Rücklaufquote von 21,6 % entspricht und ca. 11 % aller volljähri-

gen Einwohner in den Untersuchungsgemeinden abdeckt. Auch wenn die Stichprobe nicht repräsentativ für die Schweizer Bevölkerung ist, lassen sich tendenzielle Aussagen über die lokale Akzeptanz von Windkraftprojekten ableiten.

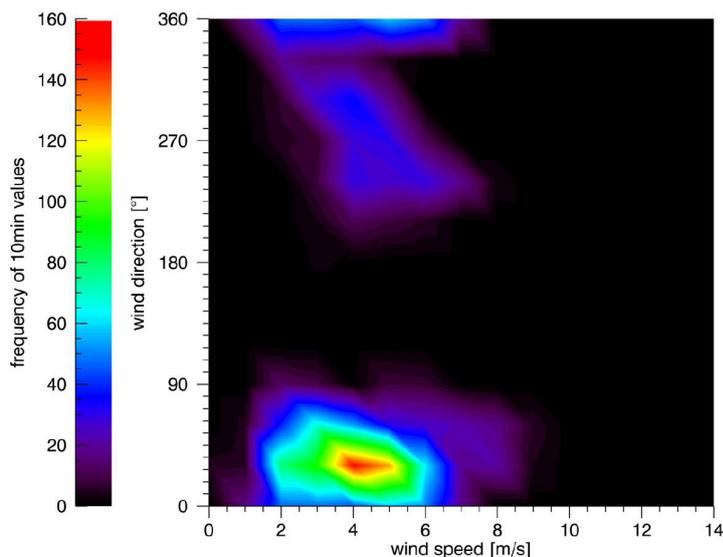
Der Ausgang einer Abstimmung unter den Einwohnern zu lokalen Windkraftprojekten hat einen signifikanten Einfluss auf die lokale Akzeptanz. Windkraftprojekte, welche von einem bekannten Schweizer Projektentwickler mit hoher Kompetenz im Bereich Windkraft durchgeführt wurden, verfügen über eine höhere lokale Akzeptanz als Windkraftprojekte, welche von einem unbekanntem Projektentwickler im Auftrag einer Zürcher Fondsgesellschaft durchgeführt werden. Den grössten Einfluss hat der mit dem Windkraftprojekt assoziierte regionale Nutzen: Projekte mit finanziellen Beteiligungsmöglichkeiten für die Einwohner oder mit einem kommunalen Fonds, der sich aus den Einnahmen des Windkraftprojekts speist, werden deutlich positiver wahrgenommen als Projek-

te, bei denen Pachtzahlungen an Landwirte der einzige regionale Nutzen sind.

12 % der Befragten lehnen alle dargebotenen Windkraftprojekte ab und 42 % der Befragten befürworten alle dargebotenen Windkraftprojekte. Für diese beiden Gruppen haben Einstellungen zu Kosten und Nutzen von Windkraft einen höheren Einfluss auf die lokale Akzeptanz als Projekt- und Verfahrensparameter spezifischer Windkraftprojekte. Personen, welche alle Windkraftprojekte ablehnen, verfügen über eine höhere Bereitschaft, sich aktiv am Planungsprozess zu beteiligen und messen Politik und involvierten Unternehmen eine sehr geringe Bedeutung bei. Personen, welche alle Windkraftprojekte befürworten, stellten hohe Ansprüche an Windkraftprojekte, besonders in Hinblick auf Prozessgerechtigkeit, assoziierte Kosten für Mensch und Umwelt und regionalen Nutzen. Ihre Akzeptanz für spezifische Windkraftprojekte kann deswegen nicht zwingend vorausgesetzt werden. Die Forschungsergebnisse sind ein deutliches Indiz dafür, dass die Schweizer Bevölkerung dem



Figur 1: Installierte Kameras und IR-Scheinwerfer auf der Gondel der Windenergieanlagen in St. Brais. Links: auf das Rotorblatt gerichtete Kamera. Rechts: auf die Sensoren gerichtete Kamera.



Figur 2: Häufigkeitsverteilung der meteorologischen Vereisung in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung (Winter 2009/2010).

Ausbau der Windkraft tendenziell positiv gegenübersteht. Gemeinden und Projektentwickler haben die Möglichkeit, Windkraftprojekte so zu gestalten, dass sie von einer grossen Mehrheit der Bevölkerung akzeptiert werden. Bund und Kantone können den richtigen Rahmen setzen, um die Realisierung akzeptierter Windkraftprojekte zu vereinfachen.

Die Ergebnisse des Forschungsprojekts wurden im Firmenbeirat von Suisse Eole präsentiert und sind bei den Projektentwicklern und Gemeinden auf grosses Interesse gestossen. Sie werden 2013 auch im Rahmen des Task 28 «Social Acceptance of Wind Energy Projects» des IEA Implementing Agreement Wind präsentiert werden.

### Messung der Nachlaufströmung von Windturbinen

Um das Design und den Betrieb von Windparks zu optimieren, ist ein vertieftes Verständnis der Nachlaufströmung von Windenergieanlagen nötig. Die im Rotornachlauf erzeugten Turbulenzen führen zu Ertragseinbußen und zu einer erhöhten Belastung der betroffenen Windenergieanlagen. Die bisher verwendeten Modelle bilden die Realität nur relativ grob ab, sodass noch ein bedeutendes Optimierungspotenzial besteht. So

werden zum Beispiel die Ertragseinbußen in einem Windpark bisher mit einfachen linearen Modellen beschrieben.

Für die Entwicklung von numerischen Modellen, welche die Auswirkungen der Nachlaufströmung von Windkraftanlagen genauer berechnen können, sind experimentelle Daten unabdingbar. Da die Aussagekraft von Messungen an Modellen im Windkanal begrenzt ist, sind Messungen an realen Anlagen von besonderer Bedeutung. Diese stellen aber wiederum durch die grossen Messvolumina sowie die nicht-stationäre, inhomogene Windströmung eine besondere Herausforderung dar. Bisher wurden Windmessungen an Windenergieanlagen primär mit mastbasierten Anemometern und Windfahnen durchgeführt. Mit modernen LIDAR-Windmessgeräten, welche die Windgeschwindigkeit berührungslos bis in mehrere Tausend Meter Distanz erfassen können, sind heute wesentlich verbesserte Mittel verfügbar, um die Nachlaufströmung zu erfassen.

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden vom Wind Engineering and Renewable Energy Laboratory der EPFL umfangreiche Feldmessungen der Nachlaufströmung der Windenergieanlage in Collonges (Modell Enercon E-70 mit 2 MW installierter Leistung) durchgeführt, wobei bis zu drei LIDAR-Messgeräte gleichzeitig eingesetzt worden sind.

Die im Rahmen des Projektes eingesetzten LIDAR-Geräte ermöglichen eine hohe räumliche Auflösung von 18 m, womit die Nachlaufströmung detailliert charakterisiert werden kann. Position und die Richtung des Lasermessstrahls wurden mit GPS-basierter Technik bestimmt. Im Rahmen der Messungen wurde in einem ersten Schritt die vertikale Symmetrieebene des Nachlaufs mit einem einzelnen LIDAR's gescannt, womit ein zweidimensionales Messfeld erfasst wurde. Das axiale Geschwindigkeitsfeld wurde dann durch Mittelung von 2D-Scans ermittelt, welche nacheinander durchgeführt wurden. Um die Turbulenzen im Nachlauf zu untersuchen, wurden einzelne LIDAR-Messungen mit fixem Laserstrahl und maximaler Abtastfrequenz durchgeführt. Mit diesen Messungen wurden Turbulenzspitzen im Nachlauf erkannt, welche in einem Windpark problematische Ermüdungslasten für nachgeschaltete Turbinen darstellen können. Anschliessend wurden mit zwei gleichzeitigen eingesetzten LIDAR-Geräten Messungen durchgeführt, um sowohl die axiale, als auch die vertikalen Geschwindigkeitskomponenten zu charakterisieren. Für diesen Aufbau wurden die beiden Geschwindigkeitskomponenten nur für Messpunkte ermittelt, bei welchen sich die beiden Laserstrahlen nahezu im rechten Winkel kreuzten. Statistische Auswertungen, gerechnet über beide Geschwindigkeitskomponenten, zeigen starke Schwankungen der Strömung mit Turbulenzintensitäten von etwa 30 % im Bereich hinter der obersten Blattspitze bis zu einer Distanz des dreifachen Rotordurchmessers.

Erste Resultate des Projekts wurden am jährlichen WAKEBENCH Forschungskolloquium präsentiert, welches im November 2012 im National Renewable Energy Lab (NREL) in Denver, USA stattgefunden hat.

Derzeit sind gleichzeitige Messungen mit drei LIDAR-Geräten im Gange, um drei Geschwindigkeitskomponenten zu analysieren. Anschliessende Messkampagnen werden den Einfluss der Topographie und die Wechselwirkungen innerhalb eines Windparks untersuchen, wobei Messungen an den Standorten Martigny, Peuchapatte und Cobauw (Holland) geplant sind.

## Pilot- und Demonstrationsprojekte

### Vereisung der Windenergieanlage St. Brais

An den beiden Windenergieanlagen der ADEV Windkraft AG in St. Brais untersucht Meteotest die Auswirkungen der Vereisung auf das Betriebsverhalten und den Energieertrag von Windkraftanlagen im Jurabogen. Während der Winter zwischen 2009 und 2012 wurde eine Häufigkeit der meteorologischen Vereisung von 4 bis 11 Tagen festgestellt. Für die instrumentelle Vereisung wurden Werte zwischen 19 und 42 Tagen bestimmt. Das Verhältnis zwischen meteorologischer und instrumenteller Vereisung war mit 3,4 bis 4,7 einigermaßen konstant. Im Vergleich dazu wurden auf dem Gütsch 5 Tage meteorologische Vereisung, 28 Tage instrumentelle Vereisung und ein Verhältnis von 5,2 bestimmt. Es zeigte sich, dass unter Einbezug von Windgeschwindigkeit und -richtung die Trefferquote für die Eiserkennung basierend auf meteorologischen Daten stark verbessert werden kann. Zudem war eine grosse Variabilität der Vereisung für die untersuchten Winter erkennbar.

Die Analyse der von Enercon serienmässig eingesetzten Eiserkennung der (Windenergieanlage) WEA zeigte, dass ausser einem ersten Ereignis Ende November/Anfang Dezember 2009 jedes der Ereignisse von der WEA korrekt erkannt wurde. Dieses Ereignis fand kurz nach der Inbetriebnahme der Anlagen statt, möglicherweise war die Kalibration der Eiserkennung über die Leistungs-

kurve zu diesem Zeitpunkt noch nicht abgeschlossen.

Der Einsatz der Blattheizung führte am Standort zu einer signifikant erhöhten Jahresproduktion. Der Produktionsverlust einer WEA ohne Blattheizung wurde mit ca. 10 % der Jahresproduktion beziffert. Dank der Blattheizung konnte mit Heizen im Stillstand der Verlust auf etwa 3 % reduziert werden. Dabei wurden ca. 0,5 % der Jahresproduktion als Heizleistung eingesetzt. Diese Verluste wurden experimentell bestätigt. Heizen im Betrieb hat ein grosses Potenzial, diese Verluste weiter zu minimieren. Möglicherweise besteht ein Verbesserungspotenzial bei der Heizungssteuerung im Betrieb, insbesondere bei der Bestimmung des Heiz-Endes. Allenfalls kann hier die relative Feuchte wichtige Zusatzinformationen liefern. Ein Test mit präventivem Heizen basierend auf Temperatur und relativer Feuchte brachte nicht die gewünschten Resultate, da die WEA nicht optimal konfiguriert war.

Die Resultate des Moog/Insensys Rotor Monitoring Systems in Bezug auf Eisdetektion sind grundsätzlich positiv. Es wurde jedoch deutlich, dass ein Einsatz des Systems ohne Zugang zu den Betriebsdaten der WEA nur bedingt möglich ist. Von Seiten Enercon besteht zurzeit kein Interesse an der Implementierung des Moog/Insensys Systems in die Betriebssteuerung.

Die Durchführung und Auswertung der Schallmessung erwies sich als schwierig,

da eine Schallmessung unter vereisenden Bedingungen als solches schwierig zu bewerkstelligen ist. Tendenziell konnte eine Erhöhung des Lärmpegels unter vereisenden Bedingungen vermutet werden. Insbesondere interessant sind Indizien, welche auf erhöhte Lärmimmissionen einer stehenden vereisten Anlage hindeuten. Die Eiswurfstudie des Winters 2011/12 brachte nicht die gewünschten Resultate, da sehr wenig Vereisung auftrat und die Protokollierungen nicht sehr detailliert durchgeführt wurden. Die Studie wird deshalb im Winter 2012/13 wiederholt, wobei auch die Vereisungshäufigkeit ausgewertet wird, um so weitere Hinweise auf die jährliche Variabilität der Vereisung am Standort zu erhalten.

Die von Meteotest in Aurich präsentierten Ergebnisse des Projektes sind in den Bereichen Forschung und Entwicklung, technische Dokumentation, Vertrieb und Site Assessment der Firma Enercon auf grosses Interesse gestossen. Als Folge wird Meteotest eine europäische Messkampagne für Enercon starten. Ein gutes Beispiel für den Export von schweizerischem Know-how im Bereich der erneuerbaren Energien.

Die Arbeiten des Projekts fügen sich zudem bestens in den internationalen Kontext ein. Insbesondere können damit die Hauptziele der beantragten Verlängerung des IEA Task 19 (Wind Energy in Cold Climate) relativ breit abgedeckt werden.

### Nationale Zusammenarbeit

An regelmässigen Treffen des Programmleiters mit dem CORE-Paten, der BFE-Bereichsleiterin, dem Verantwortlichen beim BFE für Marktentwicklung, sowie dem Geschäftsführer der Schweizerischen Windenergievereinigung «Suisse Eole» wird die Entwicklung des Programms mit den Zielen der CORE und den Anliegen von Energie-Schweiz abgestimmt. Im Rahmen des Firmenbeirates von Suisse Eole können Aspekte des Forschungsprogramms mit der Windenergiebranche diskutiert und abgestimmt werden. Es bestehen Kooperationen mit anderen BFE-Forschungsprogrammen, insbesondere mit den Programmen

*Elektrizitätstechnologien und -anwendungen und Energie-Wirtschaft-Gesellschaft.*

Der Dreh- und Angelpunkt für die Förderung der Windenergie in der Schweiz ist Suisse Eole, die Schweizerische Vereinigung zur Nutzung der Windenergie [12]. Sämtliche Planungsinstrumente, insbesondere ein Map-Server mit allen relevanten Aussagen zu möglichen Windenergiestandorten sind auf der Website von Suisse Eole vorhanden. Hier werden auch für die Praxis wichtige Forschungsergebnisse integriert, wie zum Beispiel die Vereisungskarte.

## Internationale Zusammenarbeit

Die internationale Zusammenarbeit findet v.a. im Rahmen des IEA Implementing Agreement Wind statt [16]:

*Task 11: Base Technology Information Exchange:* Regelmässige Expertentreffen zu diversen Themen aus dem Bereich der Windenergieforschung. Die Teilnahme steht allen Interessenten aus der Schweiz offen und ist gratis, Reiskosten und Spesen können aber aus Budgetgründen nicht finanziert werden ([http://www.ieawind.org/task\\_11/task\\_11\\_homepage.html](http://www.ieawind.org/task_11/task_11_homepage.html)).

*Task 19: Wind Energy in Cold Climate:* Seit 2002 beteiligt sich die Schweiz am IEA-Projekt Wind Energy in Cold Climates (WECO). 2012 wurden ein Meeting des IEA Task 19 durchgeführt (Februar 2011: Skelleftea, Schweden) und die bisherigen Ergebnisse im Rahmen von zwei Berichten dokumentiert (Best Practice Report und State-of-the-Art Report). Die Schweiz arbeitet massgebend am Task 19 mit und ist mit René Cattin, Meteotest im Gremium vertreten (<http://arcticwind.vtt.fi>).

*Task 26: Cost of Wind Energy:* Expertentreffen zum Thema Kosten der Elektrizität aus Windenergie. Da dies einen zentralen Zusammenhang mit der KEV (Kostendeckende Einspeisevergütung) hat, nimmt der Verantwortliche beim BFE für Marktentwicklung, Markus Geissmann, daran teil ([http://www.ieawind.org/task\\_26.html](http://www.ieawind.org/task_26.html)).

*Task 28: Social Acceptance of Wind Energy Projects:* Der Task 28 wurde 2009 auf Initiative der Schweiz lanciert und geht 2012 in eine zweite dreijährige Phase. Operating Agent ist Robert Horbaty, bis März 2013 Programmleiter des Forschungsprogramms *Windenergie*. 2012 wurde der Schlussbericht der ersten Phase veröffentlicht sowie verschiedene Publikationen, u. a. im WIRE Energy and Environment ([www.socialacceptance.ch](http://www.socialacceptance.ch)). Die «Recommended Practices on Social Acceptance of Wind Energy» werden Anfang 2013 nach Annahme durch die IEA Wind veröffentlicht. Es fanden zwei Treffen statt, einerseits ein «Topical Expert Meeting» zusammen mit Task 11, welches vom 14.-16. Juni in Biel stattfand und auch eine gemeinsame Veranstaltung mit dem Firmenbeirat von Suisse Eole umfasste. Andererseits wurde im Dezember 2012 ein Webmeeting durchgeführt ([www.ieawind.org/Summary\\_Page\\_28.html](http://www.ieawind.org/Summary_Page_28.html)).

*Task 31: Wakebench:* Mit dem Task 31 sollen best-practice Empfehlungen zur Modellierung der Strömung in Windparks erarbeitet werden. 2012 fand ein Meeting im November in Boulder, Colorado statt. Die Schweiz ist durch Prof. Porte-Agel des Wind Engineering and Renewable Energy Laboratory der EPFL am Task vertreten.

## Referenzen

[1] Global Wind Energy Council: *Solid Growth in 2012*, Pressemitteilung vom 11.2.2012

[2] European Wind Energy Association: *Wind in power - 2012 European statistics*, Februar 2013

[3] Deutsche WindGuard: *Status des Windenergieausbaus in Deutschland*, Januar 2013

[4] Schweizerische Vereinigung für Windenergie [www.wind-energie.ch](http://www.wind-energie.ch)

[5] Horbaty: *Konzept des Energieforschungsprogramms Windenergie für die Jahre 2008 – 2011*,

[http://www.bfe.admin.ch/forschungwindenergie/index.html?lang=de&dossier\\_id=01157](http://www.bfe.admin.ch/forschungwindenergie/index.html?lang=de&dossier_id=01157)

[6] Horbaty/Rigassi: *Forschungsprogramm Windenergie - Konzept 2013 – 2016*

[http://www.bfe.admin.ch/forschungwindenergie/index.html?lang=de&dossier\\_id=02869](http://www.bfe.admin.ch/forschungwindenergie/index.html?lang=de&dossier_id=02869)

[7] EPFL Lausanne, *Wind Engineering and Renewable Energy Laboratory WIRE*: <http://wire.epfl.ch/page-6109.html>

[8] ETH Zürich, *Laboratory for Energy Conversion*, [www.lec.ethz.ch](http://www.lec.ethz.ch).

[9] ZHAW, *Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften, Winterthur*, Martina Hirayama ([martina.hirayama@zhaw.ch](mailto:martina.hirayama@zhaw.ch)), [www.zhaw.ch](http://www.zhaw.ch)

[10] Haute Ecole Arc Ingerie in Neuchatel, *Laboratoire de Microstructuration et Optoélectronique LMSO und Laboratoire de Machines – Outils et Fabrication assistée par ordinateur LMO: KitVes*, [www.kitves.com](http://www.kitves.com)

[11] Fachhochschule Nordwestschweiz in Windisch, *Institut für Aerosol- und Sensortechnik (IAST), EMPA, ETH und EPFL: Swiss-KitePower*, [www.swisskitepower.ch](http://www.swisskitepower.ch)

[12] Schweizerische Vereinigung für Windenergie, *Suisse Eole*: [www.wind-energie.ch](http://www.wind-energie.ch) und [www.wind-data.ch](http://www.wind-data.ch)

[13] Patricia Weis-Taylor: *IEA-Implementing Agreement on Wind Energy Research and Development*, [www.ieawind.org](http://www.ieawind.org)

## Laufende und im Berichtsjahr abgeschlossene Projekte

(\* IEA-Klassifikation)

- SITING OF WIND TURBINES IN COMPLEX TERRAIN – EFFECTS OF INCLINED FREESTREAM FLOW AND ELEVATED FREESTREAM TURBULENCE**

Lead: **ETH Zürich**

Contact: **Ndaona Chokani** [chokani@lec.mavt.ethz.ch](mailto:chokani@lec.mavt.ethz.ch)

Abstract: The specific objectives of this project are to quantify the effects of inclined freestream flow and elevated freestream turbulence levels on the performance of wind turbines to quantify the uncertainty in the predicted performance of a wind turbine that is sited in complex terrain to provide guidelines for the siting of wind turbines in complex terrain, specifically in Switzerland.

R&D 3.2\*

Funding: **BFE**

Period: **2011–2013**
- FIELD MEASUREMENTS OF WIND TURBINE WAKE**

Lead: **EPF Lausanne**

Contact: **Fernando Porté-Agel** [fernando.porte-agel@epfl.ch](mailto:fernando.porte-agel@epfl.ch)

Abstract: Field measurements around real wind turbines are essential for an optimal design of windparks, despite their scarcity due to the challenges of measuring the wind in the large volumes. Wind measurements will be performed with 3 LiDARs in order to characterize wind turbine wake flows. Then interaction between wakes will be investigated to optimize power production.

R&D 3.2

Funding: **BFE**

Period: **2012–2014**
- HIGH POWER, HIGH RELIABILITY OFFSHORE WIND TECHNOLOGY (HIPRWIND)**

Lead: **ABB Schweiz**

Contact: **Aperldoorn Oscar** [oscar.apeldoorn@ch.abb.com](mailto:oscar.apeldoorn@ch.abb.com)

Abstract: The aim of the HIPRWIND project is to develop and test new solutions for very large offshore wind turbines at an industrial scale. The project addresses critical issues of offshore WT technology such as extreme reliability, remote maintenance and grid integration with particular emphasis on floating wind turbines, where weight and size limitations of onshore designs can be overcome.

R&D 3.2

Funding: **FP7**

Period: **2010 - 2016**
- WINDKANALVERSUCHSAUFBAU FÜR PROFILMESSUNGEN FÜR WINDKRAFTANLAGEN**

Lead: **RUAG**

Contact: **Guillaume Michel** [michel.guillaume@ruag.com](mailto:michel.guillaume@ruag.com)

Abstract: Ziel des Projektes ist die Implementation und die Inbetriebnahme eines Versuchsaufbaus für Profilmessungen für Windkraftanlagen im Large Subsonic Wind Tunnel Emmen (LWTE-Windkanal) der RUAG Aviation in Emmen. Der Versuchsaufbau soll die spezifischen Anforderungen von Horizontalachsen-Windmaschinen optimal berücksichtigen und es ermöglichen, Messungen an Profilen im Massstab 2:1 bei einer Reynoldszahl von 10 Mio durchzuführen

P&D 3.2

Funding: **BFE**

Period: **2011–2013**
- VEREISUNG WEA ST. BRAIS**

Lead: **Meteotest**

Contact: **Cattin René** [rene.cattin@meteotest.ch](mailto:rene.cattin@meteotest.ch)

Abstract: Die Verfügbarkeit der Windenergieanlagen in St. Brais wird innerhalb des Projekts genutzt, um Erkenntnisse über das Betriebsverhalten unter vereisenden Bedingungen zu evaluieren. Der Produktionsverlust einer WEA ohne Blattheizung wurde mit ca. 10% der Jahresproduktion beziffert.

P&D 3.2

Funding: **BFE**

Period: **2009–2013**
- VEREISUNG WEA ST. BRAIS**

Lead: **Meteotest**

Contact: **Cattin René** [rene.cattin@meteotest.ch](mailto:rene.cattin@meteotest.ch)

Abstract: Die Verfügbarkeit der Windenergieanlagen in St. Brais wird innerhalb des Projekts genutzt, um Erkenntnisse über das Betriebsverhalten unter vereisenden Bedingungen zu evaluieren. Der Produktionsverlust einer WEA ohne Blattheizung wurde mit ca. 10 % der Jahresproduktion beziffert.

P&D 3.2

Funding: **BFE**

Period: **2009–2013**
- SWISSKITEPOWER - NOVEL WIND ENERGY EXTRA**

Lead: **Fachhochschule Nordwestschweiz**

Contact: **Houle Corey** [corey.houle@fhnw.ch](mailto:corey.houle@fhnw.ch)

Abstract: The long term goal of the SwissKitePower project is to install and operate a Kite Power Plant within Switzerland. A fully functioning prototype will be developed as a technology demonstrator to prove the functionality of the technology and to provide experimental data for model validation.

R&D 3.2

Funding: **BFE**

Period: **2011–2014**

- **AIRFOIL-BASED SOLUTION FOR VESSEL ON-BOARD ENERGY PRODUCTION DESTINED TO TRACTION AND AUXILIARY SERVICES (KITVES)** R&D 3.2
- Lead: Haute Ecole Arc Ingenierie Funding: FP7
- Contact: Zaquini Leonello leonello.zaquini@ha-arc.ch Period: 2008–2012
- Abstract: KiteVes solution is based on the on-board realisation of a wind-powered generator, capable to harvest the altitude wind. The kites will be equipped with sensors. The data will be transmitted to a control unit (placed on the vessel) which pilot motors (also placed on the vessel).
- **TESTSTANDORTE FÜR WINDKRAFTANLAGEN UND WINDMESSUNGEN IM KOMPLEXEN GELÄNDE DER SCHWEIZ** R&D 3.2
- Lead: New Energy Scout Funding: BFE
- Contact: Dietl Michael m.dietl@newenergyscout.com Period: 2011–2012
- Abstract: Im Rahmen der Vorstudie sollen Untersuchungen zu folgenden Themen ausgeführt werden: Teststandorte für Windkraftanlagen im komplexen Gelände, Möglichkeiten zur experimentellen Untersuchung des Anströmbereichs von Windturbinen im komplexen Gelände mittels gondelbasiertem LiDAR und Voruntersuchungen zum Teststandort für Windmessungen im komplexen Gelände der Schweiz. Anschliessend wird versucht einen optimalen Standort zu eruieren.
- **VERIFIZIERUNG DER THEORETISCHEN LEISTUNGSKURVE EINER NEUEN WINDTURBINE** R&D 3.2
- Lead: Agile Wind Power AG Funding: BFE
- Contact: Richter Patrick patrick.richter@agilewindpower.com Period: 2011–2012
- Abstract: Ziel dieses Projektes ist es, die effektive Leistung und den Wirkungsgrad eines neuartigen Windkraft-Turbinenkonzepts am einem voll funktionsfähigen Prototyp zu analysieren.
- **EINBEZUG VON LOKALER TOPOGRAPHIE, GEBÄUDEPROFILIEN UND VEGETATION IN EIN WINDENERGIE-PLANUNGSTOOL** R&D 3.2
- Lead: Fachhochschule Nordwestschweiz Institut für Thermo- und Fluid-Engineering Funding: KTI
- Contact: Heiniger Kurt kurt.heiniger@fnhw.ch Period: 2011–2012
- Abstract: Ziel ist es, ein Planungstool für Ertragsvorhersage und Detailplanung von Windkraftanlagen zu entwickeln. Das Modul soll deutlich über die state-of-the-art Modelle hinausgehen, welche vor allem die oberen atmosphärischen Schichten ab 50-70 m Höhe gut abbilden. Mit dem zukünftigen Tool soll auch das Potential bodennaher Windsysteme betrachtet werden können (Höhenbereich < 30 m, kleinräumiger Topographie, Vegetation und Bebauung).
- **MICRO WINDTURBINEN IM URBANEN UMFELD** R&D 3.2
- Lead: KTI-Innovationscheck Funding: KTI
- Contact: Escala Marina marina.escala@zhaw.ch Period: 2011–2012
- Abstract: Es soll die Stromproduktion einer Mikrowindturbinen (ca. 200W) mit Windverhältnisse verglichen, die Leistungskurve unter realen, turbulenten Verhältnissen gemessen und mit der theoretischen Leistungskurve verglichen werden. Eine solche Turbine ist ausserordentlich kompakt und leise, dadurch auch im urbanen Gebiet einsetzbar.
- **AUSWIRKUNGEN VON WKA AUF VOGELWELT** R&D 3.2
- Lead: Vogelwarte Sempach Funding: BFE
- Contact: Liechti Felix felix.liechti@vogelwarte.ch Period: 2009–2014
- Abstract: Vergleichende Studie, Auswirkung WKA auf Vogelwelt (Zugvögel und ansitzende Vögel), Jura, Gotthard, Schwyberg. Aufgrund der Literatursauswertung sind Konflikte in erster Linie dort zu erwarten, wo gefährdete Arten offener Landschaften betroffen sind oder wo sich Zugvögel aufgrund topographischer Bedingungen konzentrieren. Der Standortwahl ist deshalb höchstes Gewicht einzuräumen, um Konflikte mit der Vogelwelt möglichst zu vermeiden.
- **SOZIALPSYCHOLOGISCHE AKZEPTANZ VON WINDKRAFTPROJEKTEN AN POTENTIELLEN STANDORTEN** R&D 3.2
- Lead: Universität Zürich, Lehrstuhl Sozialpsychologie Funding: BFE
- Contact: Götz Walter g.walter@psychologie.uzh.ch Period: 2012
- Abstract: Das Forschungsprojekt befasst sich mit der lokalen Akzeptanz von Windkraftprojekten in fünf Schweizer Gemeinden. Mittels eines experimentellen Designs wurde der Einfluss von drei Projekt- und Verfahrensparametern auf die lokale Akzeptanz untersucht.

- **WIRKUNGEN VON WINDKRAFTANLAGEN AUF ANWOHNER:  
EINFLUSSFAKTOREN UND EMPFEHLUNGEN** R&D 3.2
- Lead: Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Psychologie Funding: BFE
- Contact: Gundula Hübner [gundula.huebner@psych.uni-halle.de](mailto:gundula.huebner@psych.uni-halle.de) Period: 2012–2013
- Abstract: Ziel des vorliegenden Forschungsprojektes ist es, die positiven sowie kritischen Auswirkungen von WKA in der Schweiz zu analysieren, welche die Anwohner dieser Anlagen wahrnehmen. Aus den Ergebnissen der Analyse werden Handlungsempfehlungen abgeleitet, wie kritische Wirkungen vermindert und Akzeptanz fördernde Faktoren genutzt werden können.
- 
- **VISASIM – VISUELL-AKUSTISCHE SIMULATION ZUR BEWERTUNG DER  
LANDSCHAFTSVERTRÄGLICHKEIT VON WINDPARKS** R&D 3.2
- Lead: ETH Zurich, IRL - Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung Funding: SNF
- Contact: Ulrike Wissen-Hayek [wissen@nsl.ethz.ch](mailto:wissen@nsl.ethz.ch) Period: 2011–2014
- Abstract: Ziel des Projekts VisAsim ist die Entwicklung einer GIS-basierten visuell-akustischen 3D Landschaft, die sowohl eine ästhetische Bewertung des Landschaftsbildes als auch eine akustische Bewertung der neuen Infrastrukturen im jeweiligen Landschaftskontext ermöglicht.

