



Konzept November 2012

Forschungsprogramm Windenergie

Konzept 2013 – 2016



Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Windenergie
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Autoren:

Robert Horbaty und Reto Rigassi
c/o ENCO AG, Munzachstrasse 4, 4410 Liestal
robert.horbaty@enco-ag.ch

Begleitgruppe:

Hans-Björn Püttgen, CORE-Patin, EPFL, Lausanne
Katja Maus, BFE Forschungsbereichsleiterin, Bern
Markus Geissmann, BFE Verantwortlicher Marktentwicklung, Bern

BFE-Bereichsleiter: Katja Maus

BFE-Programmleiter: Robert Horbaty

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

Titelbild: Montage des Windparks Le Peuchapatte im Oktober 2009

Zusammenfassung

Gemessen an der neu installierten Leistung gehört die Windenergie heute international zu den bedeutendsten Technologien zur Elektrizitätserzeugung. Auch in der Schweiz soll die Nutzung der Windenergie im Rahmen der neuen Energiestrategie 2050 des Bundes von heute erst 30 auf rund 800 grosse Windenergieanlagen ausgebaut werden. Um dieses Ziel zu erreichen, sind aber noch einige wesentliche Herausforderungen zu meistern: einerseits besteht in der Schweiz erst wenig Erfahrung betreffend der Auswirkungen von Windenergieanlagen insbesondere auf die Fauna und den Menschen (Landschaftsbild, Lärm, etc.) und andererseits stellen die Gebirgsstandorte spezielle technologische Herausforderungen (hohe Turbulenzintensität, Vereisung und anspruchsvolle Verhältnisse für Transport und Bau). Zentrale Probleme sind die aufgrund der mangelnden Erfahrungen ausgesprochen aufwändigen und langwierigen Planungs- und Bewilligungsverfahren, welche verbunden mit der weitgehend fehlenden Planungssicherheit zu enormen finanziellen Projektrisiken führen.

Für die Schweizer Industrie bietet der weltweit boomende Windenergiemarkt grosse Chancen. Diese werden in einigen Bereichen bereits umfassend genutzt, gleichzeitig besteht aber noch ein enormes Wachstumspotenzial.

Das Forschungsprogramm Windenergie möchte im Zeitraum 2013 bis 2016 mit den folgenden Schwerpunkten helfen, die genannten Herausforderungen zu überwinden und die Chancen zu nutzen:

- **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

Résumé

Mesuré en termes de nouvelles capacités installées à l'échelle internationale, l'énergie éolienne se classe maintenant parmi les technologies les plus importantes pour la production d'électricité. En Suisse aussi, l'utilisation de l'énergie éolienne devient un facteur important dans le cadre de la nouvelle stratégie énergétique 2050 qui compte développer les 30 grandes éoliennes déjà installées à près de 800. Pour atteindre cet objectif, il y a encore des défis importants à relever: d'abord, en Suisse, il n'existe qu'une expérience limitée quant à l'impact des éoliennes en particulier sur les animaux et les humains (paysage, bruit, etc). D'autre part, les régions montagneuses exigent des technologies et des connaissances spécialisées (haute intensité de turbulence, givrage et conditions difficiles de transport et de construction). Un problème majeur est l'absence d'expérience en traitant les processus d'autorisation. Les long processus de planification et d'approbation résultent en grande partie dans un manque de prévisibilité et dans énormes risques financiers des projets.

Pour l'industrie suisse le secteur de l'énergie éolienne signifie des grandes opportunités. Celles-ci sont déjà largement utilisées dans certains domaines, mais en même temps, il y a encore un énorme potentiel de croissance.

Le programme de recherche énergie éolienne de 2013 à 2016 définit les priorités suivantes pour relever ces défis et saisir les opportunités:

- **Elaboration d'une planification efficaces et des processus plus vite:**
Elaboration des principes et des solutions innovantes dans les domaines d'acceptation et d'impact sur la faune.
- **Optimisation de rendement sur les sites à topographie complexe:**
Optimisation des revenus des sites situés dans des endroits typiques pour optimiser le rapport coût-efficacité et pour les exploiter de la meilleure façon.
- **Composants innovantes:**
Développement et mise en avance de composants et systèmes innovants en liant l'industrie de sous-traitance et les institutions de recherche

Summary

Measured in terms of new installed capacity, wind energy now ranks among the most important technologies for generating electricity. Also in Switzerland the use of wind energy is defined as part of the new Energy Strategy 2050 which strives to extend the 30 at present installed large wind turbines to around 800. To achieve this goal, there are still some significant challenges to overcome: first, in Switzerland only limited experience exists regarding the impact of wind turbines in particular on animals and humans (landscape, noise, etc.). On the other hand the mountainous locations in the Alps demand special technological challenges (high intensity of turbulence, icing and challenging conditions for transport and construction). A major problem is also the lack of experience with approval processes which results in lack of predictability, lengthy planning, and huge financial project risks.

For the Swiss industry the world's booming wind energy market bears big opportunities. These are already used extensively in some areas, but at the same time there is still enormous potential for growth.

The wind energy research programme 2013 to 2016 focuses on the following priorities to overcome the above mentioned challenges and to seize the opportunities:

- **Foundations for efficient planning and approval process:**
Elaboration of principles and innovative solutions in the areas of acceptance and impact on fauna.
- **Yield optimization at sites with complex topography:**
Optimization of investment income of typical Swiss locations to optimize the cost-effectiveness and to optimally use the sites.
- **Innovative system components:**
Development of innovative system components for wind turbines by linking the Swiss supply industry and the Swiss research institutions.

1. Einleitung

Herausforderungen und Chancen

Mit der neuen Energiestrategie 2050 der Schweiz soll die Nutzung der erneuerbaren Energien zur Elektrizitätserzeugung wesentlich ausgebaut werden. Bis 2050 soll die Nutzung um 22.6 GWh gesteigert werden, wobei der Beitrag der Windenergie 4 TWh betragen soll. Um dieses Ziel zu erreichen, sind rund 800 Grosswindanlagen mit einem Ertrag von je 5 GWh notwendig. Gegenüber dem aktuellen Stand der Windenergienutzung bedeutet dies eine immense Steigerung der Anzahl Anlagen – Ende 2011 waren erst 30 Grosswindanlagen in Betrieb. Zudem ist eine Steigerung des Ertrags pro Anlage nötig – wenn auch in einem deutlich weniger umfassenden Rahmen.

Für die Nutzung der Windenergie in der Schweiz bestehen die wesentlichen Herausforderungen einerseits in der noch mangelnden Erfahrung betreffend der Auswirkungen von Windenergieanlagen insbesondere auf die Fauna und teilweise auf den Menschen (Landschaftsbild, Lärm, etc.) und andererseits in den technologischen Herausforderungen für Gebirgsstandorte (hohe Turbulenzintensität, Vereisung und anspruchsvolle Verhältnisse für Transport und Bau).

Die Chancen ergeben sich aus der Tatsache, dass es sich bei der Windenergie um eine weitgehend sehr ausgereifte Technologie handelt. Zudem liegt das Potenzial in der Schweiz noch weitgehend brach, während im europäischen Umfeld auch in Regionen mit vergleichbaren Voraussetzungen wie in der Schweiz die Entwicklung ausgesprochen dynamisch verläuft.

Der weltweit boomende Windenergiemarkt umfasst mittlerweile ein Volumen von gegen 100 Mia. Fr. pro Jahr. Für die Schweizer Industrie bestehen dabei grosse Chancen, welche bereits umfassend genutzt werden und gleichzeitig über ein enormes Wachstumspotenzial verfügen. Gemäss einer Studie von McKinsey [14] erwirtschaftete die Schweizer Industrie im Jahre 2008 einen Umsatz von 2.1 Mia. Fr., welcher gemäss der Studie bis 2020 weiter rasant wachsen wird – nämlich auf geschätzte 11.2 Mia Fr.

Aufgabe des Konzepts

Das vorliegende Konzept hat die Aufgabe, die Richtung und die Schwerpunkte des BFE-Forschungs- und Entwicklungsprogramms Windenergie für die Jahre 2013 – 2016 festzulegen. Es beruht auf dem Konzept der Energieforschung des Bundes für die Jahre 2013 – 2016 [1], welches durch die Eidgenössische Energieforschungskommission CORE ausgearbeitet wurde.

Das Forschungsprogramm Windenergie 2013 – 2016 setzt im Vergleich zum Programm der vorangehenden Periode einige neue Akzente. Zudem werden die Anforderungen, welche sich aufgrund der neuen Energiestrategie 2050 der Schweiz – mit einem schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie unter Beibehaltung der CO₂-Emissionsziele – ergeben, soweit möglich berücksichtigt werden. Die Energieforschung soll nach dem Willen des Bundesrates mit zur Entwicklung und zum Einsatz neuer Technologien führen und damit über Sparen und Substituieren einen wesentlichen Beitrag zum Abbau der Stromlücke leisten.

2. Windenergie - Ausgangslage

Stand der Technologie

Mit einer installierten Leistung von weltweit über 237'000 MW (Ende 2011), handelt es sich bei der Windenergie mittlerweile unbestritten um eine ausgereifte Technologie.

Bis vor einigen Jahren stand bei der technologischen Entwicklung im Vordergrund, an Küstenstandorten (d.h. bei optimalen Windverhältnissen an Land) möglichst günstig Elektrizität zu erzeugen. Diese Entwicklung war geprägt durch die Konstruktion zunehmend grösserer Anlagen (bis 5 MW). Heute bewegt sich die Entwicklung zunehmend von der Küste weg. Einerseits durch die Entwicklung zuverlässiger Anlagen mit weiter vergrößerter Leistung für Standorte im Meer und andererseits durch die Entwicklung von Anlagen, deren Auslegung für Standorte mit suboptimalen Windbedingungen optimiert ist. Letzteres ist für die Nutzung der Windenergie in der Schweiz von entscheidender Bedeutung. Gekennzeichnet ist dies dadurch, dass bei gleichbleibender Leistung vor allem durch grössere Rotordurchmesser und höhere Nabenhöhen gewählt werden. Bei sogenannten Mittel- oder Schwachwindanlagen kommt auf ein Kilowatt installierte Leistung eine bestrichene Rotorfläche von 3 bis über 4 Quadratmetern, während bei Starkwindanlagen lediglich 1.7 bis 2.5 Quadratmeter Rotorfläche vorhanden sind. Dies führt dazu, dass heute auch an Standorten mit mittlerer Windstärke (durchschnittlich 5.0 bis 6.0 m/s) mit 2'000 und mehr Vollbetriebsstunden eine gute Auslastung der Anlagen erreicht werden kann.

Trotz dem hohem Reifegrad der Technologie besteht noch weiteres Optimierungspotenzial, welches die Voraussetzungen für die Nutzung der Windenergie in der Schweiz weiter verbessern kann. Hierbei stehen im Vordergrund: bessere Beherrschung resp. Nutzung von turbulenten Winden, Vermeidung von Ertragsausfällen durch Vereisung sowie Anlagen und Verfahren zu Transport/Montage an schwer zugänglichen Standorten.

Kleinwindanlagen spielen mit einer installierten Kapazität von rund 440 MW (Ende 2010) weltweit eine untergeordnete Rolle. Weltweit besteht ein beachtliches Potenzial für Kleinwindanlagen, vor allem in besiedelten Regionen mit ausgezeichneten Windverhältnissen und schwachem oder fehlendem elektrischen Netz. Diese Voraussetzungen sind in der Schweiz allerdings kaum vorhanden.

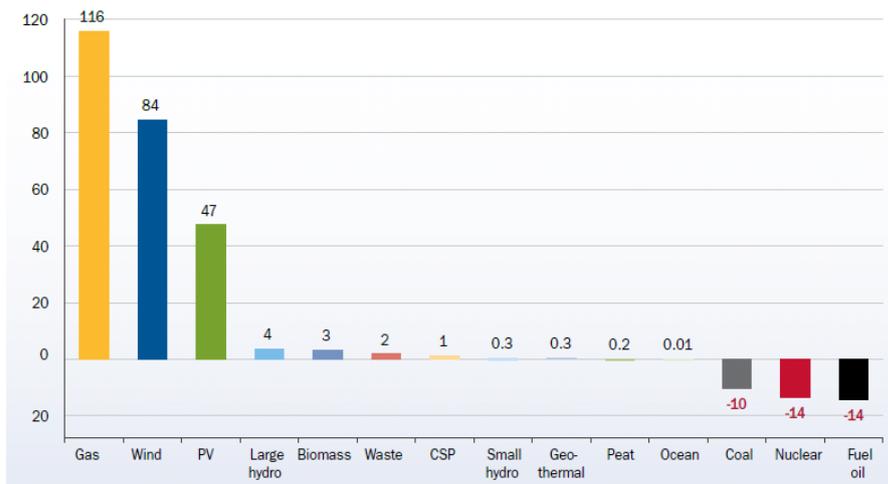
Weltweiter und Schweizer Markt

Weltweit wurden in den vergangenen drei Jahren jeweils Windenergieanlagen mit einer Leistung von etwa 40'000 MW installiert. Mittlerweile liegt der asiatische Markt (vor allem China und Indien) deutlich vor dem europäischen und dem nordamerikanischen Markt. In Europa erzeugt die Windenergie heute über 6% des Elektrizitätsverbrauchs und dominiert zusammen mit Gaskraftwerken und der Photovoltaik den Kraftwerkmarkt (siehe folgende Grafik).

In der Schweiz fällt die Bilanz dagegen sehr bescheiden aus. Die installierte Leistung liegt mit 45 MW weiter hinter der überwiegenden Mehrheit der europäischen Länder sowie auch hinter deutschen Bundesländern mit ähnlichen Voraussetzungen und geringerer Fläche zurück (Baden-Württemberg: 486 MW, Rheinland-Pfalz: 1'662 MW).

Seit dem Bundesgerichtsentscheid zum Windpark Crêt Meuron und der Einführung der kostendeckenden Einspeisevergütung hat aber die Anzahl der Projektentwicklungen massiv zugenommen. Bei der kostendeckenden Einspeisevergütung sind aktuell Windenergieprojekte mit einer Leistung von insgesamt 1'838 MW angemeldet (Stand 27. Juli 2012). Aufgrund der ausgesprochen aufwändigen und langwierigen Planungs- und Bewilligungsverfahren kommen die Projekte aber nur sehr schleppend voran. Verbundenen mit der weitgehend fehlenden Planungssicherheit, führt dies zu enormen Projektrisiken,

welche für die Nutzung der Windenergie in der Schweiz zum zentralen Problem geworden sind.



Grafik 1: Veränderung der installierten Kraftwerksleistung in Europa 2010 - 2011

Potenziale in der Schweiz

Technisch-wirtschaftliches Potenzial:

Das technisch-wirtschaftliche Potenzial der Windenergienutzung in der Schweiz beträgt rund 21 TWh/a. Rein technisch wäre das Potenzial ein Mehrfaches höher, allerdings werden auch auf lange Sicht nur gut bewindete Standorte (mittlere Windgeschwindigkeit ab 5 m/s) eine wirtschaftlich sinnvolle Nutzung ermöglichen.

Nachhaltiges Potenzial:

Unter Berücksichtigung von Natur- und Landschaftsschutzgebieten sowie kulturhistorischen Inventaren liegt das Potenzial bei ca. 11 TWh.

Realisierbares Potenzial:

Das effektiv nutzbare Potenzial hängt sehr stark davon ab, wie die unterschiedlichen Schutzinteressen gegenüber dem Interesse an einer nachhaltigen Energieproduktion gewichtet werden. Ausgehend von einem steigenden Interesse an einer nachhaltigen Energieproduktion erscheinen die vom Bundesrat anvisierten 4 TWh bis 2050 realistisch.

3. Nationale Akteure

Die Abstimmung des Programms mit den Zielen der CORE und den Anliegen von EnergieSchweiz erfolgt im Rahmen einer Begleitgruppe, welche sich aus folgendermassen zusammensetzt:

- Programmleiter Forschungsprogramm Windenergie
- CORE-Pate des Forschungsprogramms
- BFE-Forschungsbereichsleiterin
- BFE-Verantwortlicher für die Marktentwicklung der Windenergie
- Geschäftsführer der Schweizerischen Windenergievereinigung «Suisse Eole»

Die Einsitznahme der BFE-Forschungsprogrammleiterin Energie - Wirtschaft – Gesellschaft wird geprüft.

Das Forschungsprogramm Windenergie pflegt einen regen Austausch mit anderen Forschungsinstitutionen und Einrichtungen aus der Praxis. Der weitere Ausbau und die Etablierung eines eigentlichen Netzwerkes zählen mit zu den Zielen des Programms.

Forschungspartner

Das Forschungsprogramm Windenergie hat enge Kontakte zur Schweizer Windbranchenvereinigung **Suisse Eole** [1]. Damit ist auch der direkte Kontakt zu den Unternehmen und Institutionen sichergestellt, welche die Nutzung der Windenergie in der Schweiz vorantreiben. Im Rahmen eines Firmenbeirates von Suisse Eole können sich die Mitglieder des Verbandes auch zu Fragen der Forschung äussern. Im September 2011 wurde eine Konferenz zu neuen Inhalten der Windenergieforschung durchgeführt. Zudem kann über Suisse Eole eine effiziente Verbreitung der Forschungsergebnisse sichergestellt werden.

Wo immer dies sinnvoll erscheint, wird eine Kooperation mit **anderen BFE Forschungsprogrammen** gesucht. Im Vordergrund stehen dabei die Forschungsprogramme «Elektrizitätstechnologien und -anwendungen» und «Energie–Wirtschaft–Gesellschaft».

Eine Koordination erfolgt auch mit anderen Bundesämtern: Forschungsaktivitäten betreffend der Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Fauna und Mensch werden mit dem Bundesamt für Umwelt (**BAFU**) koordiniert, raumplanerische Fragestellungen mit Bundesamt für Raumentwicklung (**ARE**).

Gute Kontakte bestehen zudem zur Agentur für erneuerbare Energien und Energieeffizienz (AEE), zu swisscleantech sowie zu Energie-Cluster Schweiz.

Die Zusammenarbeit mit den erwähnten Forschungspartnern soll weitergeführt und wo erforderlich intensiviert werden.

Forschungsorganisationen

Mit den nachfolgenden Forschungsorganisationen wurden in jüngster Zeit gemeinsame Forschungsprojekte durchgeführt:

- Das Labor für Strömungsmaschinen an der ETHZ [2] ermittelt die Einflüsse von Vereisung, Böen und Turbulenzen auf die Performance von Windturbinen im komplexen Gelände.
- Die Wirkung von Windenergieanlagen auf den Menschen werden an ETH Zürich am Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung [3], an der Universität St. Gallen am Institut für Wirtschaft und Ökologie [4] und am Psychologischen Institut der Universität Zürich [5] näher untersucht.
- Die EPFL (Laboratoire de Systèmes Energétiques, Lasen) [6] betreut Windenergie-Projekte, insbesondere auch im Zusammenhang mit der Entwicklungszusammenarbeit.
- An der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW) arbeitet eine an der Entwicklung von Nano-Oberflächen zur Verhinderung von Vereisung der Rotorblätter [7].
- Sowohl an der Haute Ecole Arc Ingénierie in Neuchâtel [8] als auch an der Fachhochschule Nordwestschweiz in Windisch [9] arbeiten Fachleute an Projekten zur Stromerzeugung mit Flugdrachen «Swiss Kite-Power».
- Experten vom Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz [10] und vom WSL – Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF [11] haben substantiell am Projekt «Vereisungskarte» mitgearbeitet.
- Mit der Vogelwarte Sempach [12] werden bei drei Windenergieprojekten in der Schweiz Arbeiten zur Prognostizierung und zum Monitoring des Einflusses auf die Vogelwelt durchgeführt.
- Die Hochschule Rapperswil [15] und Meteotest [16] beteiligen sich mit dem Projekt WiReAlps (Alpine wind energy as local and regional resource with responsibility for

birds and landscape) am Alpine Space Programm der „European Territorial Cooperation“.

Die Zusammenarbeit mit den genannten Forschungsorganisationen soll soweit dies zweckmässig weitergeführt werden. Weitere Kooperationen werden je in Abhängigkeit der prioritären Forschungsthemen angestrebt, wobei in den nächsten Jahren primär der Bereiche Auswirkungen auf Fauna und Mensch im Vordergrund stehen dürfte,

4. Internationale Zusammenarbeit

Der internationale Austausch ist in einem sich stark weiter entwickelnden Bereich wie der Windenergie sehr wichtig und wertvoll. Internationale Kontakte werden einerseits in direkter Zusammenarbeit in Projekten, aber auch in Netzwerken und durch Teilnahme an internationalen Konferenzen wahrgenommen. Die Erfahrungen in der Partizipation an Projekten der Internationalen Energieagentur (IEA) sind mehrheitlich positiv und soll deshalb weiter fortgeführt werden.

Programme und Projekte

Die internationale Zusammenarbeit findet primär im Rahmen des IEA Implementing Agreement Wind statt [13]. Die Schweiz ist im Executive Committee des Implementing Agreements mit direkt vertreten und partizipiert aktuell an den folgenden Tasks::

Task 11: Base Technology Information Exchange:

Eine Teilnahme steht allen Interessenten aus der Schweiz offen
(http://www.ieawind.org/task_11/task_11_homepage.html)

Task 19: Wind Energy in Cold Climates:

Seit 2002 beteiligt sich die Schweiz am IEA-Projekt Wind Energy in Cold Climates (WECO). Der Schweizer Vertreter ist Meteotest (<http://arcticwind.vtt.fi/>)

Task 26: Cost of Wind Energy:

Da dies einen zentralen Zusammenhang mit der Kostendeckende Einspeisevergütung hat, nimmt der Verantwortliche beim BFE für Marktentwicklung daran teil
(http://www.ieawind.org/task_26.html)

Task 28: Social Acceptance of Wind Energy Projects:

Im Jahre 2007 wurden Aktivitäten aus dem Forschungsprogramm Windenergie lanciert, um innerhalb der IEA einen neuen Task Social Acceptance zu starten. Es partizipieren Kanada, Dänemark, Deutschland, Finnland, Irland, Japan, Holland, Norwegen, die Schweiz und die USA. Operating Agent ist Robert Horbaty, Programmleiter des Forschungsprogramms Windenergie aus der Schweiz
(www.socialacceptance.ch/ ; www.ieawind.org/Summary_Page_28.html).

Die europäische Union konzentriert sich im Rahmen des Strategic Energy Technology Plans stark auf den Bereich Offshore und ist damit für die Schweiz von untergeordneter Bedeutung.

Netzwerke

Im Rahmen der erwähnten Taks des Implementing Agreements Wind der IEA bestehen wertvolle Netzwerke insbesondere in den Bereichen Vereisung und soziale Akzeptanz. Diese sollen weiter ausgebaut und gepflegt werden.

5. Technische und wirtschaftliche Zielsetzungen

Rahmenbedingungen und Programmansatz

Für die Ziele und die Aktivitäten des Forschungsprogramms Windenergie sind zwei gänzlich unterschiedliche Bereiche relevant:

- die Nutzung der Windenergie in der Schweiz
- die Beteiligung der Schweizer Industrie am weltweiten Windenergiemarkt

Im Fokus des Forschungsprogramms Windenergie 2013-16 wird die Nutzung der Windenergie in der Schweiz stehen. Die Windenergie erlebt seit der Einführung der kostendeckenden Einspeisevergütung eine ausgesprochen dynamische Entwicklung. Als weitgehend ausgereifte Technologie kann sie in den kommenden zehn bis zwanzig Jahren eine wichtige Rolle im Rahmen der Energiestrategie 2050 des Bundes übernehmen.

Die Schweizer Industrie erwirtschaftete gemäss einer Studie von McKinsey [14] im Jahre 2008 einen Umsatz von 2.1 Mia. Fr., welcher gemäss der Studie bis 2020 weiter rasant wachsen wird – nämlich auf geschätzte 11.2 Mia Fr.

Zielsetzungen für die Nutzung der Windenergie in der Schweiz

Für die Nutzung der Windenergie in der Schweiz stehen die beiden folgenden Ziele im Vordergrund:

1. Ermöglichen von effizienten Planungs- und Bewilligungsverfahren
 Bezüglich der Akzeptanz und der Wirkung von Windenergieanlagen auf Fauna bestehen in der Schweiz aufgrund der noch geringen Erfahrungen noch beträchtliche Unsicherheiten, was sich in Anbetracht der föderalistisch strukturierten Planungs- und Bewilligungsverfahren fatal auswirkt. Für die Projektentwickler besteht bei einem Planungszeitraum von bis über 10 Jahren kaum Planungssicherheit. Die Kenntnisse darüber, welche Faktoren sich massgebend auf die Akzeptanz - und damit auf die Realisierungsrate der Projekte - auswirken sind noch sehr lückenhaft. Zudem ist unklar, wie die Bevölkerung optimal in den Prozess einbezogen werden kann. In einigen Bereichen fehlen Behörden und Fachleuten klare, anerkannte Grundlagen zur Beurteilung von konkreten Projekten.
2. Optimierung des Anlageertrags
 Die Optimierung des Ertrags pro Anlage ist in der Schweiz speziell wichtig um die Wirtschaftlichkeit weiter zu verbessern und um die beschränkte Anzahl der geeigneten Standorte optimal zu nutzen. Die überwiegende Mehrzahl der geeigneten Standorte in der Schweiz befindet sich im (Mittel-)Gebirge, was durch die erhöhte Turbulenzintensität, und das raue Klima einige technologische Herausforderungen verursacht. Durch innovative Transport- und Bautechnologien können zusätzliche Standorte in Betracht gezogen werden oder bestehende Standorte besser genutzt werden.

	2012	2025	2050
Planungszeit / Akzeptanz Projektierung [Jahre]	5–12	2–4	2
Verfügbarkeit / Energieertrag			
Verfügbarkeit	96 %	98 %	>98 %
Vollaststunden [h/a]	1'700	2'000	2'200
Gestehungskosten			
Schweiz [Rp./kWh]	14–22	12–18	10–15
EU (onshore) [Rp./kWh]	6–12	4–10	3–9

Tabelle 1 quantitative Ziele des Forschungsprogramms Windenergie

Zielsetzungen für die Beteiligung der Schweizer Industrie am Weltmarkt

Die Schweizer Industrie partizipiert bereits in ausgeprägtem Masse am Weltmarkt Windenergie. Bei der Herstellung von Komponenten für den elektrischen Antriebsstrang und bei der Produktion von Verbundwerkstoffen für Rotorblätter haben einige Schweizer Unternehmen eine führende Stellung. Das Forschungsprogramm wird hier weiter versuchen, Forschungsprojekte zu initiieren um die Zusammenarbeit zwischen der Schweizer Windindustrie und den Schweizer Forschungsinstitutionen zu verstärken.

Grundsätzlich konzentriert sich das Forschungsprogramm darauf die Nutzung der bestehenden Technologie mit Windenergieanlagen im Megawattbereich für die Schweiz weiter zu entwickeln. Neue Anlagekonzepte oder Kleinwindanlagen sind aufgrund des weltweit beschränkten Marktvolumens und der Tatsache, dass die Siedlungsräume in der Schweiz generell über ungenügende Windverhältnisse verfügen, von untergeordneter Bedeutung. Entsprechende Projekte werden nur dann verfolgt, wenn ein umfassendes eigenes Engagement eines Industriepartners vorhanden ist und im internationalen Markt erfolgversprechende Erfolgsaussichten bestehen.

6. Mitteleinsatz

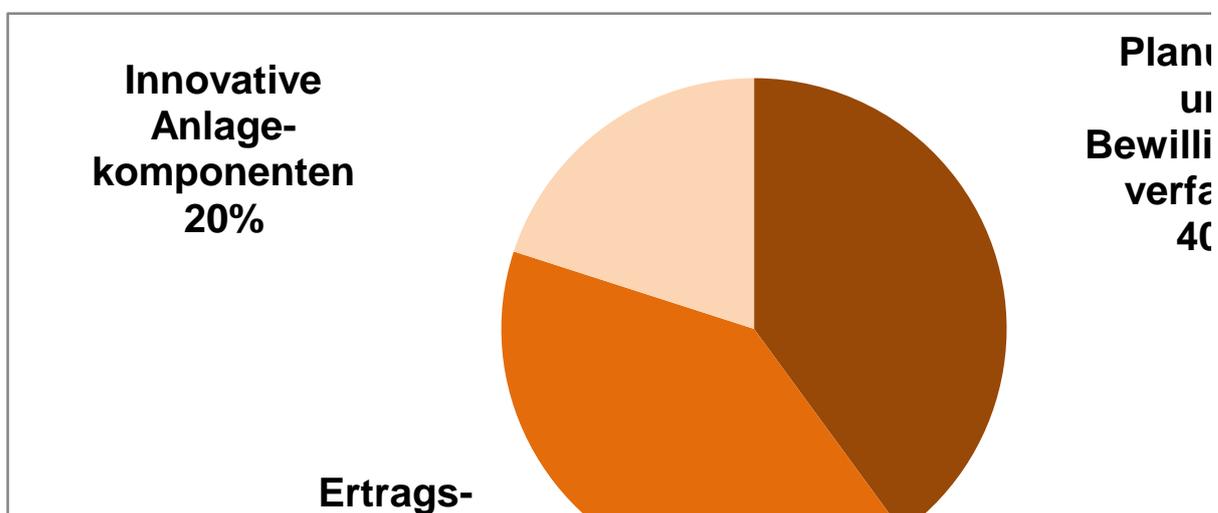
Forschungs- und Entwicklungsprojekte

Bei der Budgetplanung entsprechend dem aktuellen Energieforschungskonzept des Bundesamts für Energie 2013–2016 (Entwurf vom Februar 2012) von einer unveränderten Situation gegenüber 2012 ausgegangen. Die Budgets werden teuerungsbereinigt fortgesetzt. Allfällige Einflüsse der neuen Energiepolitik des Bundes auf das Forschungsbudget sind somit noch nicht berücksichtigt. Die Forschungsmittel der öffentlichen Hand für den Bereich Windenergie belaufen sich demnach in der Periode 2013-2016 auf knapp 0.5 Mio Fr. pro Jahr.

Die zur Verfügung stehenden Mittel erfordern somit eine Konzentration auf die wesentlichsten und erfolgversprechendsten Bereiche, wobei die Nutzung der Windenergie in der Schweiz im Vordergrund stehen wird.

Die Förderung von Projekten zur Beteiligung der Schweizer Industrie am weltweiten Windenergiemarkt wird nur in sehr beschränktem Umfang möglich sein. Trotzdem soll versucht werden, ausgesprochen günstige Gelegenheiten zu nutzen.

Die Zuteilung der Mittel auf die Forschungsschwerpunkte (siehe folgendes Kapitel) ist wie folgt vorgesehen:



Pilot- und Demonstrationsanlagen

Um innovative Anlagekomponenten in der Schweiz erproben zu können, wird die Schaffung eines Teststandortes vorangetrieben (siehe Schwerpunkt 3 im folgenden Kapitel). In welchem Umfang P+D-Mittel zur Ertragsoptimierung (siehe Schwerpunkt 2 im folgenden Kapitel) eingesetzt werden können, hängt davon ab, dass geeignete Windenergieanlagenprojekte bewilligt und realisiert werden können. Der Bedarf an P+D-Mitteln dürfte im Bereich Windenergie somit ab etwa 2015 zunehmen, da ab diesem Zeitpunkt mit einer verstärkten Bautätigkeit gerechnet werden kann.

7. Forschungsschwerpunkte für die Jahre 2013 - 2016

Vorgehen

Das vorliegende Forschungskonzept Windenergie orientiert sich an den Zielsetzungen des Energieforschungskonzepts des Bundesamts für Energie 2013–2016 (Entwurf vom Februar 2012). Letzteres wird im Herbst 2012 aufgrund der Anhörung und der Arbeiten der interdepartementalen Arbeitsgruppe Energie, welche vom Bundesrat als Folge der Ereignisse vom März 2011 in Fukushima eingesetzt wurde, nochmals überarbeitet.

Die Hauptaufgaben der Energieforschung sind gemäss Energieforschungskonzept des BFE die nationale sowie die internationale Vernetzung Schweizer Forschenden, die aktive Unterstützung von wirtschaftlich risikoreichen Forschungsvorhaben und das Schliessen von Lücken in der Kette des Technologietransfers.

Für die Erarbeitung des vorliegenden Detailkonzeptes erfolgt unter Berücksichtigung der folgenden Grundlagen:

- bisherige Erfahrungen des Forschungsprogramms Windenergie (siehe dazu Jahresberichte des Forschungsprogramms)
- Ergebnisse des im September 2011 durchgeführten Workshops mit Mitgliedern des Firmenbeirats von Suisse Eole und interessierten Forschungsinstitutionen

(siehe jeweils <http://www.bfe.admin.ch/forschungwindenergie/index.html?lang=de>)

Forschungsschwerpunkte im Überblick

Das Forschungsprogramm Windenergie konzentriert sich im Zeitraum 2013 -2016 auf die folgenden drei Schwerpunkte:

Grundlagen für effiziente Planungs- und Bewilligungsverfahren

Erarbeitung von Grundlagen und innovativen Lösungsansätzen in den Bereichen Akzeptanz sowie Auswirkungen auf 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

Schwerpunkt 1: Grundlagen für effiziente Planungs- und Bewilligungsverfahren

Die Situation der Windenergie in der Schweiz ist geprägt durch die noch sehr kleine Anzahl von in Betrieb stehenden Anlagen und die grosse Anzahl der aktuellen Projekte. So standen Ende 2011 erst Anlagen mit einer Leistung von gut 45 MW in Betrieb, bei der kostendeckenden Einspeisevergütung waren aber bereits Projekte mit total über 2'000 MW angemeldet.

Vorteile und naturgemäss vor allem auch die möglichen Nachteile der Windenergie werden deshalb in der Schweiz momentan von Behörden, Fachleuten und Schutzorganisationen sehr genau betrachtet und in der Öffentlichkeit teilweise kontrovers diskutiert. Die Situation wird durch die geringe Erfahrung in der Schweiz und den Umstand verschärft, dass in einigen Bereichen klare, auf die Schweizerischen Verhältnisse angepasste Grundlagen zur Beurteilung von konkreten Projekten fehlen.

Für die Projektentwickler bedeutet, dass bei einem Planungszeitraum von bis über 10 Jahren kaum Planungssicherheit besteht. Für die Nutzung der Windenergie in der Schweiz stellt dieser Umstand in Verbindung mit den aufwändigen, föderalistisch strukturierten Planungs- und Bewilligungsverfahren das zentrale Hemmniss dar.

Ziele:

Um effiziente Planungs- und Bewilligungsfragen zu ermöglichen, sollen die bestehenden Unsicherheiten in den Bereichen Akzeptanz und Auswirkungen auf Fauna durch wissenschaftlich fundierte Arbeiten geklärt werden und innovative Entscheidungsgrundlagen entwickelt werden.

Die Wirkungszusammenhänge in den relevanten öffentlichen Entscheidungsprozessen und –verfahren sollen besser verstanden und innovative Prozesse für einen optimalen Einbezug der Bevölkerung entwickelt werden.

Hauptsächliche Akteure:

Forschungsinstitute aus den Bereichen - Raum- und Landschaftsplanung resp. –entwicklung, Sozialwissenschaften (Sozialpsychologie, soziokulturelle Entwicklung, etc.) und Fauna

Entwickler und Betreiber von Windenergieprojekten in der Schweiz

Koordination mit den betroffenen Bundesämtern (BFE, BAFU, ARE) sowie mit Vertretern kantonaler und kommunaler Behörden und Fachstellen

Forschungsthemen:

Auswirkungen von Windenergieanlagen auf die Fauna:

- Verbesserte, wissenschaftliche Grundlagen für Schweizer Verhältnisse
- Effiziente Verfahren zur Beurteilung bei konkreten Projekten
- Innovative technische Lösungen (z.B. Vogelzugererkennung)

Auswirkungen auf den Menschen und das Landschaftsbild:

- Verbesserte, wissenschaftlicher Grundlagen (z.B. Landschaftswahrnehmung)
- Innovative Werkzeuge zur Beurteilung (enhanced reality)
- Neue technische Lösungsmöglichkeiten (z.B. Lärmminimierung)
- Effiziente Verfahren zum Monitoring der Akzeptanz

Entscheidungs- und Planungsprozess:

- Wirkungszusammenhänge in den relevanten Prozessen
- Innovativen Prozessen mit optimalen Einbezug der Bevölkerung

Aktuelle Projekte / Projekte in Vorbereitung:

Auswirkungen von WKA auf Vogelwelt; Vogelwarte Sempach

Sozialpsychologische Akzeptanz von Windkraftprojekten an potentiellen Standorten;
Universität Zürich

Wirkungen von Windkraftanlagen auf Anwohner - Einflussfaktoren und Empfehlungen
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und Universität St. Gallen

Teilnahme am IEA Implementing Agreement Wind Energy Task 28 "Social Acceptance";
ENCO AG

Visasim - Visual-acoustic simulation for landscape impact assessment of wind farms;
ETH Zürich

Schwerpunkt 2: Ertragsoptimierung an Standorten mit komplexer Topografie

In der Schweiz verfügen primär der Jura, sowie Alpen und Voralpen über gute Windverhältnisse. Gut bewindete Standorte im Flachland – wie z.B. im Walliser Talboden – bilden eine Ausnahme. Die Nutzung der Windenergie sieht sich in der Schweiz deshalb aufgrund der erhöhten Turbulenzintensität, des rauen Klimas und der anspruchsvollen Erschliessung mit speziellen Herausforderungen konfrontiert.

Um die Wirtschaftlichkeit weiter verbessern und um die beschränkte Anzahl der geeigneten Standorte möglichst optimal zu nutzen, ist es deshalb von spezieller Bedeutung den Ertrag der Windenergieanlagen auch unter diesen Bedingungen zu optimieren.

Die komplexe Topografie stellt zudem auch spezielle Herausforderung bei der Erarbeitung von verlässlichen Ertragsgutachten in der Planungsphase und beim Transport und Bau der Anlagen.

Ziele:

Der Ertrag von Windenergieanlagen an (Mittel-)Gebirgsstandorten soll optimiert werden, indem für die damit verbundenen Herausforderungen (erhöhten Turbulenzintensität und rauen Klima) innovative technische Lösungen entwickelt werden.

Verbesserte Methoden für die Durchführung von Windmessungen und die Erarbeitung von Ertragsgutachten an komplexen Standorten unter Einbezug innovativer Technologien

Durch innovative Transport- und Bautechnologien sollen zusätzliche Standorte realisierbar werden oder bestehende Standorte besser genutzt werden.

Hauptsächliche Akteure:

Forschungsinstitute aus den Bereichen:

- Strömungsmechanik
- Elektrotechnik
- Materialtechnologie
- Meteorologie
- Bau- und Transporttechnologie

Entwickler und Betreiber von Windenergieprojekten in der Schweiz

Forschungsthemen:

Windverhältnisse an komplexen Standorten:

- Untersuchung der Strömungsverhältnisse im komplexen Terrain
- Einfluss der erhöhten Turbulenzintensität auf Ertrag und Lebensdauer
- Adaptive Regelverfahren (z.B. mit Hilfe gondelbasierter LIDAR-Windmessung)
- Methoden mit erhöhter Zuverlässigkeit zur Windmessung mit innovativen Technologien (LIDAR)
- Methoden zur Quantifizierung / Reduktion der Unsicherheiten von Ertragsgutachten
- Verbesserung der Windkarte Schweiz in Gebieten mit komplexer Topografie

Raues Klima:

- Innovative, zuverlässige Methoden zur Erkennung der Eisbildung
- Methoden zur Verminderung der Vereisung
- Methoden für zuverlässige Prognosen der Eisbildung und potenzieller Auswirkungen (Ertragsausfall, potenzielle Gefährdung von Passanten)
- Erhöhung der Verfügbarkeit an schwer zugänglichen Standorten

Aktuelle Projekte / Projekte in Vorbereitung:

Vereisung WEA St. Brais; Meteotest

Siting of wind turbines in complex terrain - effects of inclined freestream flow and elevated freestream turbulence; ETH Zürich

Development of wind turbines for safe operation in alpine environment; ETH Zürich

IEA Task 26: "Cost of Wind Energy"; NREL - National Renewable Energy Laboratory

Partizipation am IEA Wind Task 19: "Cold Climate "; Meteotest

Schwerpunkt 3: Innovative Anlagekomponenten

Die Windenergie ist mit einer neu installierten Leistung von mittlerweile weltweit über 40'000 MW pro Jahr, zu einem bedeutenden Marktfaktor geworden. Der trotz Finanzkrise weiter wachsende Windenergiemarkt umfasst mittlerweile ein Volumen von gegen 100 Mia. Fr. pro Jahr. Für die Schweizer Industrie bestehen dabei grosse Chancen, welche bereits umfassend genutzt werden und gleichzeitig über ein enormes Wachstumspotenzial verfügen. Die Schweizer Industrie partizipiert bereits in ausgeprägtem Masse am Weltmarkt Windenergie – insbesondere bei der Herstellung von Komponenten für den elektrischen Antriebsstrang und bei der Produktion von Verbundwerkstoffen für Rotorblätter.

Ziele:

Vernetzung der Schweizer Zulieferindustrie mit den Schweizer Forschungsinstitutionen und soweit sinnvoll mit internationalen Forschungsprogrammen

Schaffen von Möglichkeiten zur Entwicklung und Erprobung von innovativen Komponenten und Materialien in der Schweiz

Soweit dies die zur Verfügung stehenden Mittel zulassen, Initiierung von Forschungsprojekten zur Entwicklung innovativer Komponenten und Materialien.

Hauptsächliche Akteure:

Forschungsinstitute aus den Bereichen Elektrotechnik und Materialtechnologie
Schweizer Industrieunternehmen – primär aus den Bereichen Elektrotechnik und Chemie

Forschungsthemen:

Schaffung eines Teststandorts zur Entwicklung und Erprobung innovativer Komponenten:

- Erarbeitung eines „design of experiments“ als Basis
- Evaluation unterschiedlicher Lösungsansätze (zentraler Standort oder Ausrüstung verschiedener Standorte um jeweils spezifische Tests durchführen zu können)
- Evaluation von Standorten und Partnern

Vernetzung der Schweizer Zulieferindustrie mit den Schweizer Forschungsinstitutionen und mit internationalen Forschungsprogrammen (SET Plan EU), unter anderem in den Bereichen:

- Leichte Materialien und Konstruktionsverfahren zum Bau von Rotorblättern für Offshore-Windenergieanlagen mit über 5 MW Leistung
- Zuverlässige, langlebige Komponenten des elektrischen Antriebsstranges und der Netzanbindung für Offshore-Windenergieanlagen
- Weitere Themen entsprechend Bedarf und Angebot

Aktuelle Projekte / Projekte in Vorbereitung:

Teststandorte für WKA und Windmessungen im komplexen Gelände in der Schweiz;
newenergyscout

Windkanalversuchsaufbau für Profilmessungen für Windkraftanlagen; Ruag

High power, high reliability offshore wind technology (HIPRWIND); ABB Schweiz

Swisskitepower - novel wind energy extra; Fachhochschule Nordwestschweiz)

Airfoil-based solution for vessel on-board energy production destined to traction and auxiliary services (KITVES – Finanziert durch 7. Rahmenprogramm für Forschung der EU);
Haute Ecole Arc Ingenierie

Elektrische Anstellwinkelsteuerung Vertical Achsen Wind Turbinen;
Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs NTB

Verifizierung der theoretischen Leistungskurve einer neuen Windturbine;
Agile Wind Power AG

Micro windturbinen im urbanen Umfeld; Zürcher Hochschule Winterthur

Teilnahme am IEA Implementing Agreement Wind Energy Task 11: "Base Technology
Information Exchange; NREL - National Renewable Energy Laboratory

8. Information und Kommunikation

Alle wesentlichen Informationen (Forschungsschwerpunkte, Überblicksberichte, Vorlagen für Projektskizze und Forschungsgesuch sowie Berichte der einzelnen Forschungs- und Demonstrationsprojekte) können auf der Programm-Homepage einfach abgerufen werden.

Neue Erkenntnisse aus der Energieforschung, welche für die Nutzung der Windenergie in der Schweiz von Bedeutung sind, werden zudem von Suisse Eole direkt kommuniziert und soweit sinnvoll im Firmenbeitrag näher erläutert, womit praktisch die gesamte Windenergiebranche sehr direkt erreicht werden kann.

9. Referenzen

- [1] Schweizerische Vereinigung für Windenergie, www.suisse-eole.ch
- [2] Prof. R. Abhari, Dr. N. Chokani, Laboratory for Energy Conversion, ETH Zürich, www.lec.ethz.ch .
- [3] Dr. Ulrike Wissen Hayek, ETH Zürich, Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung <http://www.plus.ethz.ch> <http://www.lvml.net>
- [4] Rolf Wüstenhagen, Universität St. Gallen, Institut für Wirtschaft und Ökologie <http://www.iwoe.unisg.ch/>
- [5] Götz Walter, Universität Zürich, Psychologisches Institut, www.sozpsy.uzh.ch
- [6] EPFL Lausanne, Laboratoire de systèmes énergétiques Lasen: <http://lasen.epfl.ch/page39406.html>
- [7] Martina Hirayama, Hochschule für angewandte Wissenschaften, Winterthur, www.zhaw.ch
- [8] Haute Ecole Arc Ingénierie in Neuchâtel, www.kitves.com/consortium/Consortium_PublicView.aspx?department=7
- [9] Fachhochschule Nordwestschweiz in Windisch, <http://web.fhnw.ch/technik/projekte/eit/Herbst2010/BernWass/>
- [10] Phillipe Steiner, Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, Zürich, www.meteoschweiz.ch
- [11] Thomas Grünwald, Walter Steinkogler, Michael Lehning, WSL - Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos Dorf, www.slf.ch
- [12] Janine Aschwanden und Felix Liechti, Vogelwarte Sempach <http://www.vogelwarte.ch/vogel-und-windkraftanlagen.html>
- [13] Patricia Weis-Taylor, IEA-Implementing Agreement on Wind Energy Research and Development, www.ieawind.org/
- [14] Marco Ziegler, Reto Bättig, McKinsey & Company, Zürich, www.mckinsey.com/locations/swiss/news_publications/pdf/Wettbewerbsfaktor_Energie.pdf.
- [15] Hans-Michael Schmitt, Hochschule Rapperswil, hschmitt@hsr.ch
- [16] René Cattin, Meteotest Bern, rene.cattin@meteotest.ch