

Windenergie in der Schweiz

Die Strategie insbesondere im Bereich Natur und Landschaft

Wind Energy Use in Switzerland : A Strategy Especially for Nature and Landscape

Buser, Hans; Gelterkinden, Schweiz

Summary

On behalf of the Federal Office for Energy Industry potential sites and the potential for wind energy use has been investigated. The aims were:

- *To show those potential sites for Switzerland which are basically fitting for wind energy use with respect to nature reserve and wind characteristics*
- *To find the support of spokespersons of nature and landscape for these measurements and results*
- *To estimate the number and size of potential wind energy turbines in Switzerland*
- *To estimate the costs for the production of wind energy*

To investigate potential sites in Switzerland a geographical information system (GIS) was used. It was not worked by using sharp surfaces but by using grid elements with a lengths of 250 m. For each raster unit an accumulated statement of wind characteristics and of the landscape will be done. This will be verifacated by sampling.

The base for the potential calculation have been 458 raster units of 1st priority and 2562 raster units of 2nd priority. One 500-kW wind turbine or two 250 kW wind turbines could be erected within one raster unit. If one uses this potential completely 3.4 % of electricity consumption of 1995 could be covered by wind energy. The study assumes that the 3,300 wind turbines required could be erected until 2030. An installed capacity of 1565 MW could be installed leading to an annual energy production of 1,628 GWh. Average production costs of 20-30 Rp/kWh can be expected.

1. Ausgangslage und Ziele

Eines der wichtigsten Hindernisse bei der Realisierung von Windkraftanlagen sind Vorbehalte von Seiten des Natur- und Landschaftsschutzes. Dies obwohl die meisten VertreterInnen des Natur- und Landschaftsschutzes der Windenergie als saubere Energiequelle grundsätzlich positiv gegenüberstehen dürften.

In einer Literaturlauswertung über Umweltauswirkungen von Windkraftanlagen wurde vorgeschlagen, die Standortdiskussion von Windenergieprojekten von den Auseinandersetzungen auf konkreter, lokaler Ebene zu lösen (ÖKOSKOP 1994). Diesem Zweck soll eine flächendeckende Ausscheidung von Windpotentialgebieten dienen. Diese berücksichtigen die Windverhältnisse und die Aspekte des Landschaftsschutzes. Eine flächendeckende Ausscheidung von Windpotentialgebieten erlaubt es, den beurteilenden Behörden und Institutionen, auf einer objektiven Basis die Aspekte Wind und Landschaftsschutz einander gegenüberzustellen. Ziele des hier vorgestellten Projektes sind:

- für die ganze Schweiz diejenigen Potentialgebiete ausweisen, die aus Sicht des Landschaftsschutzes und auf Grund der Windverhältnisse für eine Windenergienutzung grundsätzlich geeignet sind;
- das Vorgehen und die Resultate soweit als möglich bei den Interessenvertretern von Natur und Landschaft abzustützen;
- Anzahl und Grösse möglicher Windkraftanlagen in der Schweiz abzuschätzen;
- die Kosten für die Produktion der Windenergie abzuschätzen

2. Vorgehen

Der zeitliche und finanzielle Rahmen des Projektes war beschränkt. Aus diesem Grunde war es naheliegend, für die Ausscheidung der Windpotentialgebiet ein geographisches Informationssystem (GIS) einzusetzen. Die gesamte Analyse wurde in einem 250 x 250 m-Raster durchgeführt. Für den Einzelstandort kann dies zu Fehlbeurteilungen führen. In der Gesamtübersicht werden die Verhältnisse jedoch adäquat wiedergegeben. Die einzelne Rasterzelle entspricht einer Fläche von 6,25 ha oder in et-

wa dem Flächenbedarf eines 500 kW-Windkonverters bzw. zweier 250 kW-Anlagen. In einem ersten Schritt wurden diejenigen Flächen selektioniert, die sich für die Windkraftnutzung auf Grund ihrer Lage grundsätzlich eignen. Diese Gebiete wurden aus Sicht der Windverhältnisse und des Landschaftschutzes bewertet. Die daraus resultierenden provisorischen Potentialgebiete der Schweiz wurden im Feld an Hand einer Stichprobe von 21 Gebieten überprüft. Gleichzeitig wurden für diese Gebiete die Erschliessungsdistanzen und die Einspeisungsmöglichkeiten für den Strom abgeschätzt. Die Resultate der Feldbegehung führten zu Korrekturen bei den Berechnungen im GIS und zu den definitiven Potentialgebieten der Schweiz. Diese diente als Grundlage für die Abschätzungen des Produktionspotentials und der Stromgestehungskosten.

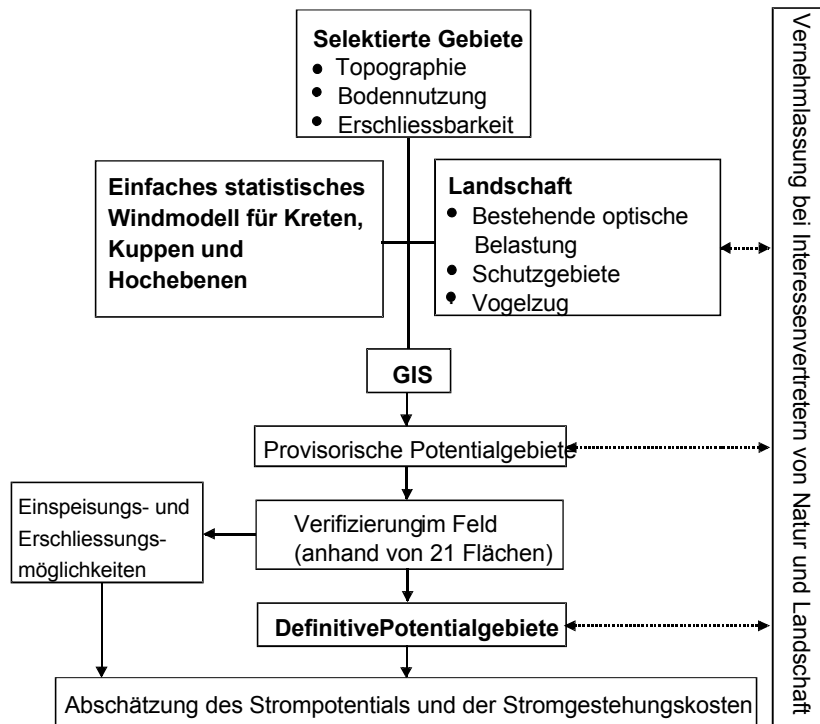


Abb. 1: Projektlauf
Fig. 1: Project design

Parallel zu diesen Arbeiten wurden das Vorgehen und die Resultate der Arbeiten ausgewählten Interessenvertretern von Natur und Landschaft zur Stellungnahme unterbreitet.

3. Potentialgebiete Selektion

Damit sich Flächen für die Nutzung der Windkraft eignen, müssen sie gewisse Grund-Voraussetzungen erfüllen:

- Die aktuelle Bodennutzung muss das Aufstellen von Windkraftanlagen erlauben. Aus diesem Grunde werden Wälder, geschlossene Siedlungen und Seen grundsätzlich ausgeschlossen.

- Generell werden nur Flächen berücksichtigt, die zwischen 800 m ü.M. und 3000 m ü.M. liegen. Unterhalb 800 m ü.M. ist in der Schweiz das Windangebot für eine Windkraft-Nutzung in der Regel zu tief. Einzelne Ausnahmen von spezifisch geeigneten Standorten können diese Regel widerlegen, fallen aber flächenmässig nicht ins Gewicht. Oberhalb von 3'000 m ü.M. ist damit zu rechnen, dass die technischen Probleme beim Betrieb von Windkraftanlagen in dieser Höhe dermassen massiv sind, dass eine wirtschaftliche Windkraftnutzung verunmöglicht ist.
- Voraussetzung für das Betreiben von Windkraftanlagen sind topographisch geeignete Flächen, auf denen der Wind ausreichend bläst. Dies ist auf Kreten, Kuppen, Hochebenen und Passlagen der Fall.
- Schliesslich werden nur Flächen berücksichtigt, die ausreichend erschlossen sind. Für den Jura wird angenommen, dass dies überall der Fall ist. Im Alpenraum werden dagegen nur Flächen in der Nähe von bestehenden Erschliessungen berücksichtigt: Strassen, Bergbahnen, touristische Transportanlagen, Antennenanlagen.

4. Kriterien Wind

Grundsätzlich geeignet für die Windkraftnutzung in der Schweiz sind Hochebenen, Kreten und Kuppen. Konkave Geländeformen wie Täler und Mulden weisen normalerweise zu tiefe Windgeschwindigkeiten auf. Die Windgeschwindigkeit (Messung auf Standardhöhe 10 Meter über Grund) wurde folgendermassen klassiert:

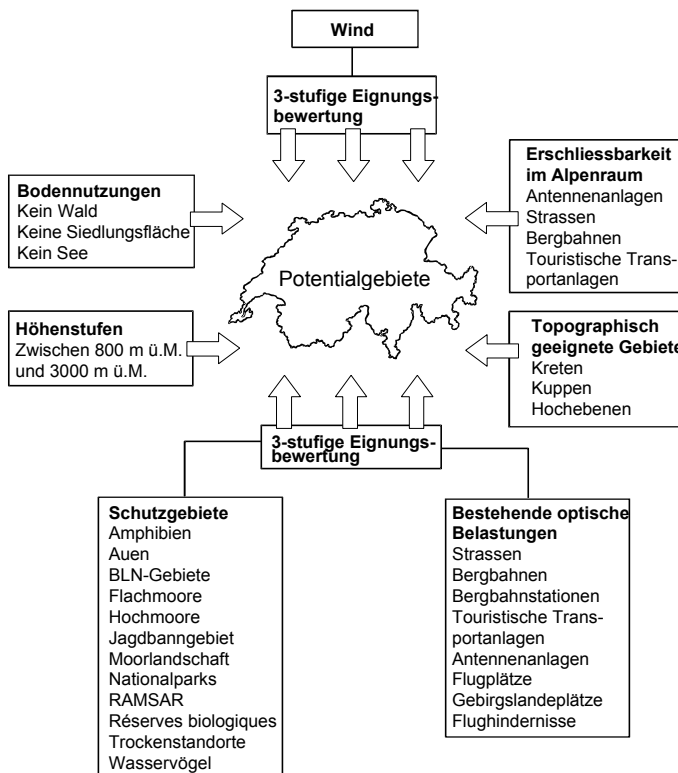
sehr gute Windverhältnisse	mittlere Windgeschwindigkeit	5,5 m/s < v	W1
Gute Windverhältnisse	mittlere Windgeschwindigkeit	4,5 m/s < v < 5,5 m/s	W2
Mässige Windverhältnisse	mittlere Windgeschwindigkeit	3,5 m/s < v < 4,5 m/s	W3
ungeeignete Gebiete	mittlere Windgeschwindigkeit	v < 3,5 m/s	O

Tab. 1: Kriterien Wind

Tab. 1: Criteria wind

Aufgrund der bestehenden meteorologischen Daten und früherer Auswertungen wurde ein flächen-deckendes einfaches statistisches Windmodell für Kreten, Kuppen und Hochebenen definiert, welches es erlaubt, für jeden Standort in der Schweiz die mittlere Windgeschwindigkeit abzuschätzen. Dabei

wurde die Schweiz in zwei Regionen aufgeteilt: Jura und Alpenraum. Im Jura kann die mittlere Windgeschwindigkeit durch eine einfache Höhenabhängigkeit beschrieben werden.



Im Bereich der Alpen ist aufgrund der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation festzustellen und mit Messungen belegbar, dass die Windgeschwindigkeit einerseits generell mit der Höhe zunimmt, andererseits von Nordwest nach Südost mit zunehmender Distanz zum Alpennordrand abnimmt. Generell können folgende Gradienten angewendet werden:

- Zunahme der Windgeschwindigkeit um 1,5 m/s pro 1000 m Höhe
- Abnahme der mittleren Windgeschwindigkeit von Nordwest nach Südost um 2,5 m/s pro 100 km Distanz

Abb. 2: Selektion und Bewertung der Potentialgebiete
Fig. 2: Selection and evaluation of potential sites

5. Kriterien Landschaft

Die Diskussion um geeignete Standorte für Windkraftanlagen ist in Deutschland schon relativ weit gediehen (ÖKOSKOP, 1994).

grundsätzlich geeignete Gebiete	nicht geeignete Gebiete
<ul style="list-style-type: none"> • die Nähe vorhandener Bauwerke, d.h. ohnehin belastete Gebiete und ein wenig bewegtes Relief 	<ul style="list-style-type: none"> • Naturschutzgebieten und Gebiete mit einer „besonderen Naturausstattung“ mit einer Pufferzone von 200 bis 500 m • Flächen, die der Erholung dienen mit einer Pufferzone von 50 bis 500 m • Flächen, die landschaftlich besonders reizvoll sind mit einer Pufferzone von 50 bis 500 m

Tab. 2: Angaben aus Deutschland
Tab. 2: Information from Germany

Die Erarbeitung der Kriterien wurde deshalb weitgehend auf die Literatur aus Deutschland abgestützt. Die Bundesländer Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein haben Richtlinien erlassen für den Bau von Windkraftanlagen. Auch der Naturschutzbund Deutschland hat Richtlinien für das Aufstellen von Windkraftanlagen zusammengestellt (NABU). Beide Richtlinien machen Aussagen über Gebiete, die für die Errichtung von Windkraftanlagen grundsätzlich geeignet bzw. nicht geeignet sind.

Ein Positionspapier der Schweizerischen Stiftung für Landschaftsschutz und Landschaftspflege vom November 1996, der federführenden Vereinigung innerhalb der schweizerischen Schutzverbände, bestätigt die oben aufgeführten Kriterien grundsätzlich. Die Überlagerung von Schutzgebieten und von bestehenden optischen Belastungen führt zur Bewertung der Gebiete. Die drei Bewertungsstufen sind wie folgt definiert:

Potentialgebiete	• Bestehende optische Belastungen ausserhalb von Schutzgebieten	L1
kritische Gebiete	• bestehende optische Belastungen innerhalb von Schutzgebieten • keine bestehenden optischen Belastungen ausserhalb von Schutzgebieten	L2
Tabugebiete	• keine bestehenden optischen Belastungen innerhalb von Schutzgebieten	L3

Tab. 3: Kriterien Landschaft

Tab. 3: Criteria landscape

6. Synthese

Auf Grund der Eignung bezüglich Wind und aus der Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes wurde jeder selektierten Zelle von 250 x 250 m eine 9-stufige Eignung zugesprochen.

	sehr gute Windverhältnisse (W1)	gute Windverhältnisse (W2)	mässige Windverhältnisse (W3)
Potentialgebiete (L1)	1. Priorität	1. Priorität	2. Priorität
kritische Gebiete (L2)	2. Priorität	2. Priorität	3. Priorität
Tabugebiete (L3)	3. Priorität	3. Priorität	3. Priorität

Tab. 4: Prioritätensetzung

Tab. 4: Priorities

Diese Resultate wurden weiter nach drei Prioritäten aggregiert:

- In der ersten Priorität sind diejenigen Gebiete zusammengefasst, bei denen wir mit sehr guten Realisierungschancen für Windkraftanlagen rechnen.
- Bei den Flächen zweiter Priorität rechnen wir mit guten Realisierungschancen für Windkraftanlagen.
- Bei den Flächen dritter Priorität rechnen wir mit eher geringen Chancen für die Errichtung von Windkraftanlagen. Dazu tragen insbesondere die voraussichtlich grossen Konflikte mit dem Landschaftsschutz bei.

Alle ausgeschiedenen Rasterzellen wurden kartographisch dargestellt. (s. Karte am Ende des Artikels)

7. Beurteilung bei der Begehung

Bei einer Stichprobe von 21 Flächen wurden im Feld verifiziert, wie zuverlässig die Angaben aus den GIS-Berechnungen sind. Dabei konnte festgestellt werden, dass sich das Computermodell grundsätzlich gut für die Grobevaluation der Standort für Windkraftanlagen eignet. Es musste an keinem Standort die Eignung für Windkraftanlagen generell verneint werden. Vor allem beim Landschaftsbild mussten aber Korrekturen vorgenommen werden.

Die korrigierten Resultate der definitiven Karte stimmen besser mit den Resultaten der Feldbegehungen überein. Trotzdem gelang es nicht vollständig das GIS-Modell mit der Wirklichkeit in Übereinstimmung zu bringen. Hier zeigt sich die beschränkte Genauigkeit der Datengrundlage, die auf einem relativ groben Raster von 250 x 250 m beruht.

8. Einbezug der Interessenvertreter

Das Vorgehen und die Resultate des Projektes wurden mit ausgewählten Interessenvertretern aus Natur- und Landschaftsschutz besprochen. Grundsätzlich wird von diesen das Projekt begrüsst. Die Tatsache, dass die VertreterInnen von Natur- und Landschaft frühzeitig einbezogen und informiert werden wird positiv hervorgehoben. Das Vorgehen im Projekt wird im Grundsatz begrüsst.

Längere Diskussionen lösen die verwendeten digitalen Grundlagen aus. Hauptkritik ist, dass die kantonalen Richtpläne sowie kantonale und kommunale Schutzgebiete nicht berücksichtigt wurden. Dazu muss festgehalten werden, dass sich das Projekt auf digital vorhandene Bundesdaten abstützt. In diesem Sinne werden „Bundes“-Potentialgebiete ausgewiesen. Die verwendeten Grundlagen entsprechen dem Datenstand von Mitte 1996.

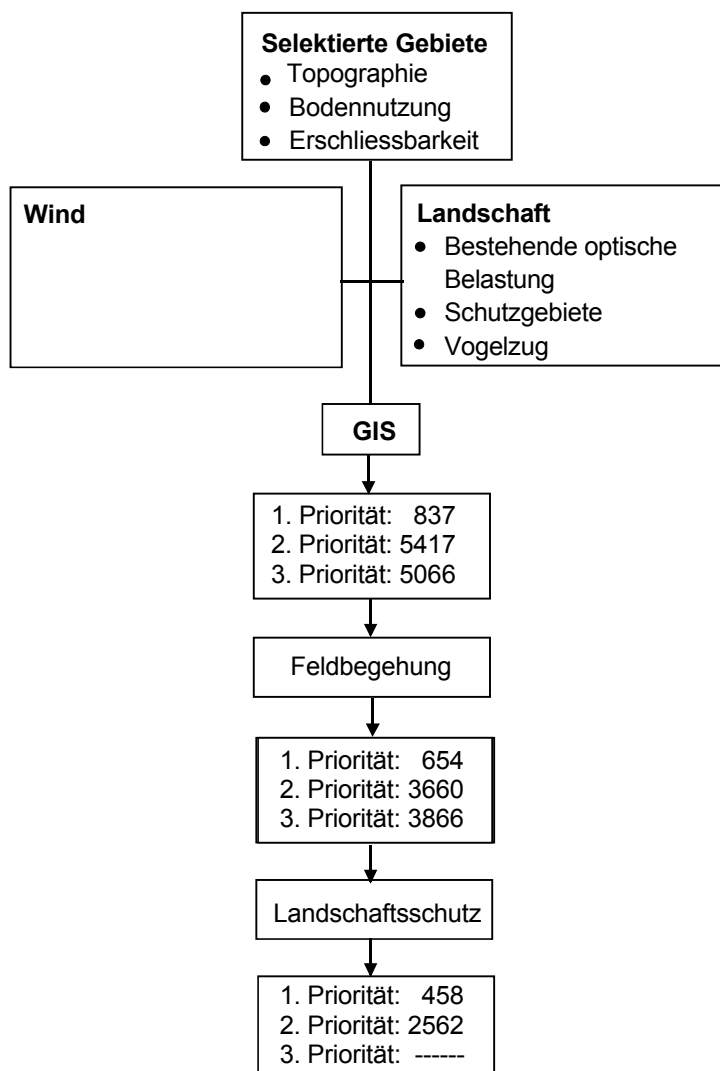


Abb. 3: Entwicklung der Anzahl geeigneter Rasterzellen im Verlaufe des Projektes.

Fig. 3: Development of number of suitable raster units during the course of the project

aus Wind produziert werden können. Dies entspricht einem Anteil von 3,5% am aktuellen Gesamtstromverbrauch der Schweiz. Die Kosten für die Produktion bewegen sich dabei vorwiegend im Bereich von 20-30 Rp. / kWh. Dies entspricht einem relativ niedrigen Niveau für alternativen Strom.

Das ausgewiesene Potential von rund 3500 Anlagen in der Schweiz wird zur Kenntnis genommen. In der heutigen Situation, wo nur sehr wenige Anlagen gebaut werden, besteht noch kein grosser Bedarf, den Bau von Windkraftanlagen stärker zu steuern. Wenn noch 50 Anlagen bis zum Jahr 2000 aufgestellt werden sollen, so sollten diese in den ausgewiesenen Flächen problemlos untergebracht werden können. Falls ein Boom für den Bau von Windkraftanlagen ausgelöst wird, so wären ordentliche Raumplanungsverfahren für die Ausscheidung von eigentlichen Windkraftgebieten ins Auge zu fassen.

9. Potential

Die Anzahl der geeigneten Rasterzellen ist im Verlauf des Projektes über mehrere Stufen ermittelt und reduziert worden. Die folgende Graphik gibt einen Überblick über diesen Vorgang:

10. Bedeutung der Windkraft in der Schweiz

Aufbauend auf den im Projekt erhobenen Grundlagen wurden die Entwicklungsmöglichkeiten der Windenergie in der Schweiz abgeschätzt. Dabei wurde festgestellt, dass bis ins Jahr 2030 jährlich rund 1600 GWh Strom

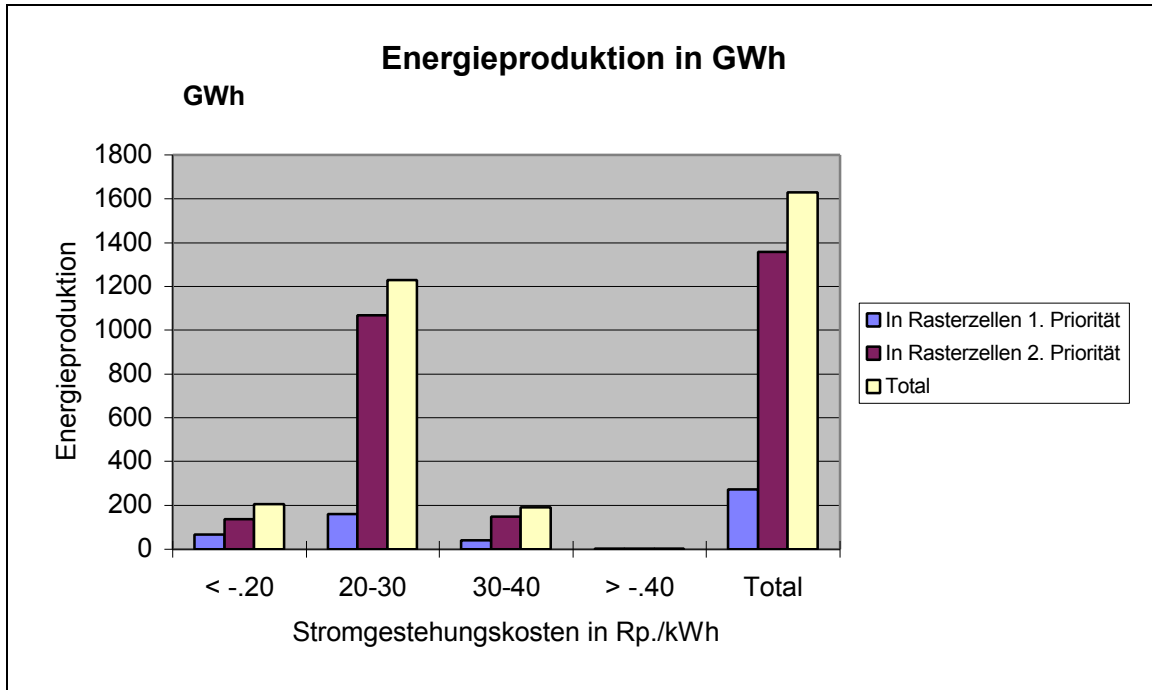


Abb. 4: Energieproduktion in GWh und Gestehungskosten
 Fig. 4: Energy production in GWh and energy generating costs

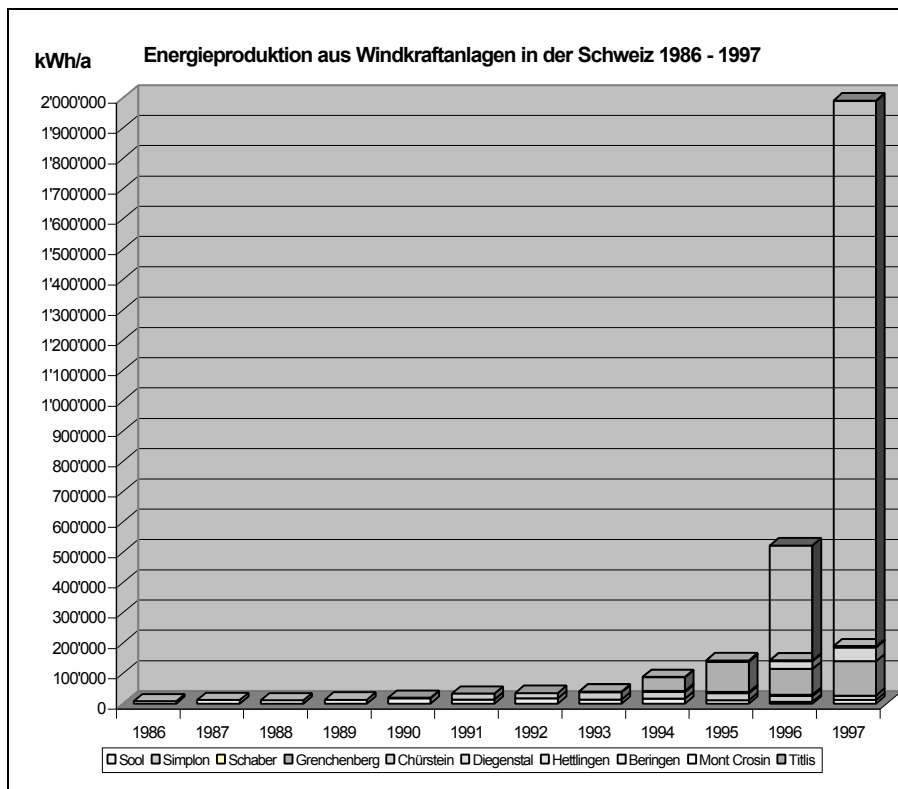


Abb. 5: Entwicklung der Stromproduktion in der Schweiz.
 Fig. 5: Development of energy consumption in Switzerland

11. Strategie des Bundes

Mit der zunehmenden Installation von Windkraftanlagen an Binnenlandstandorten – bis hin nach Zentraleuropa – gewinnt die Windenergienutzung im hügeligen oder gar gebirgigen Gelände zunehmend an Bedeutung. Dies zeigt auch die Entwicklung der Windenergieproduktion in der Schweiz in den vergangenen Jahren. Im Rahmen einer eigentlichen Windenergie-Strategie sind sämtliche Aktivitäten und Projekte des Bundesprogramms Windenergie dahingehend ausgerichtet,

die Standorte mit 1. Priorität kurz- und mittelfristig zu erschliessen - als wichtiger Beitrag zur Zielerfüllung im Bereich der neuen erneuerbaren Energien. Erklärte Absicht des Bundesamtes für Energie sind:

- bis in Jahr 2000 10 - 30 GWh Elektrizitätserzeugung pro Jahr mit Windenergie zu erzeugen.
- bis in Jahr 2010 30 - 50 GWh Elektrizitätserzeugung pro Jahr mit Windenergie zu erzeugen.

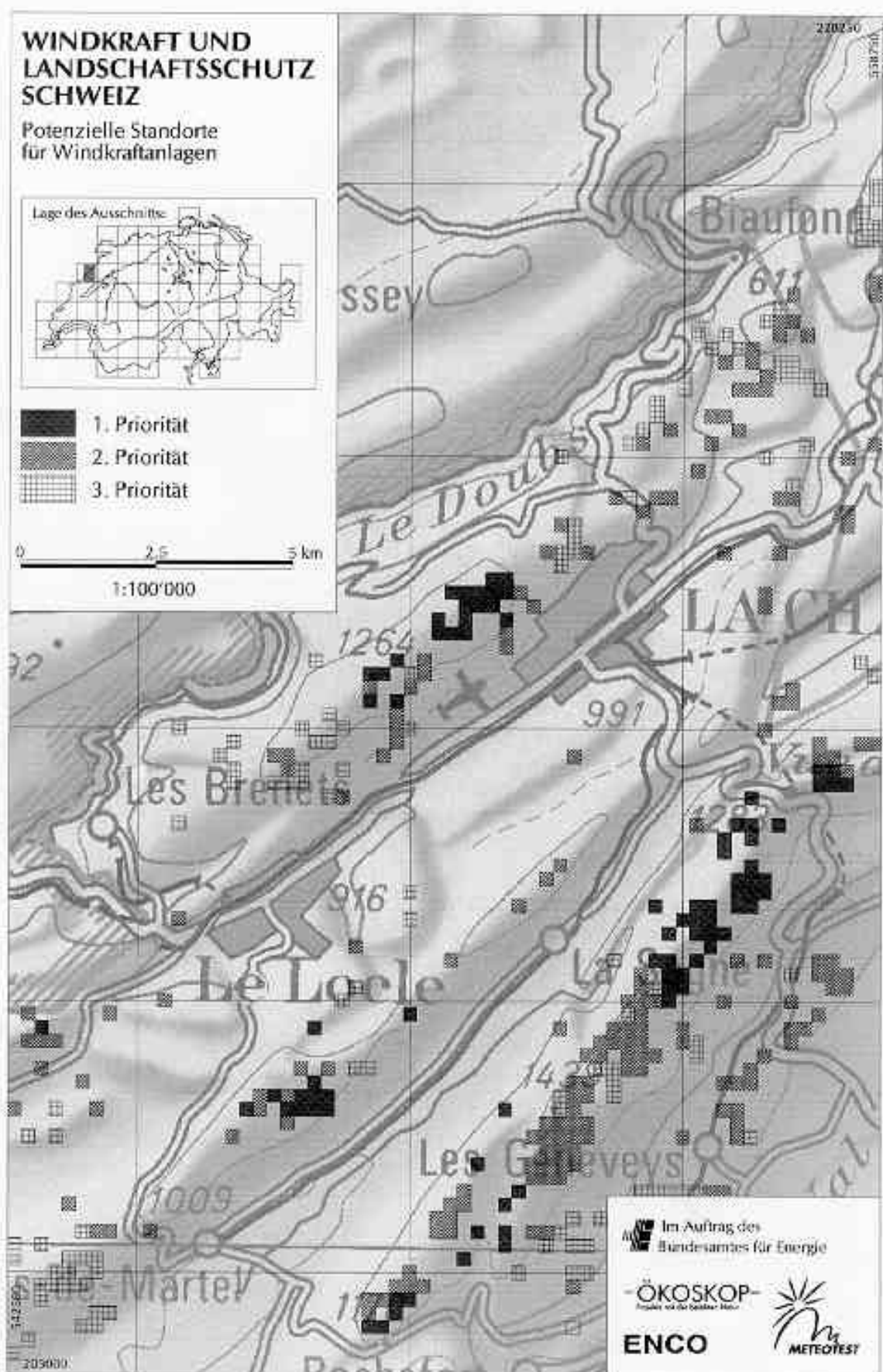


Abb. 6: Ausschnitt aus der Karte der Potentialgebiete (Kartenhintergrund reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 3.2.1999)
 Fig. 6: Detail of the map of potential sites

Angesichts der sich abzeichnenden Projekte durchaus realistische Zielsetzungen, welche durch vielfältige Unterstützung (Informationen, Teilfinanzierung von Standortabklärungen und Anlageninstallation, etc.) nachhaltig verfolgt werden.

Mit der Gründung des Windenergieforums 'Suisse Eole'¹ sind die Windenergieaktivitäten nun noch vermehrt in die Entwicklung der Förderstrategien regenerierbare Energien des Bundes integriert. Wichtigstes Anliegen der "Suisse-Eole" ist, den Ausbau der Windenergie in der Schweiz möglichst sozial- und umweltverträglich zu gestalten - in Abstimmung mit den Anliegen der Landschaftschutz-Organisationen und den Interessen anderer erneuerbaren Energien.

Den kantonalen Behörden wird empfohlen, die Förderung der Windenergie in ihre Energiepolitik aufzunehmen. Insbesondere wünschenswert ist die Schaffung von Windenergie-Zonen oder Vorranggebieten im Rahmen der Richtplanung.

Der kurz- und mittelfristige Weiterausbau der Windenergienutzung in der Schweiz wird aber sehr stark davon abhängen, inwieweit Konzepte und Strategien zur Direktvermarktung von teurem „Ökostrom“ im Rahmen der anstehenden Strommarktliberalisierung greifen werden. Entsprechende Modelle, wie z.B. Windstrom vom Mont Crosin, scheinen richtungsweisend.

12. Zusammenfassung

Im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft sind die Potentialgebiete und das Potential für Windkraftanlagen für die ganze Schweiz erarbeitet worden. Folgende Ziele wurden verfolgt:

- für die ganze Schweiz diejenigen Potentialgebiete auszuweisen, die aus Sicht des Landschaftsschutzes und auf Grund der Windverhältnisse für eine Windenergienutzung grundsätzlich geeignet sind;
- das Vorgehen und die Resultate soweit als möglich bei den Interessenvertretern von Natur und Landschaft abzustützen;
- Anzahl und Grösse möglicher Windkraftanlagen in der Schweiz abzuschätzen;
- die Kosten für die Produktion der Windenergie abzuschätzen

Um die Potentialgebiete für die Schweiz zu erarbeiten, wurde ein geographisches Informationssystem (GIS) eingesetzt. Es wurde nicht flächenscharf sondern mit Rasterzellen von jeweils 250 m Seitenlänge gearbeitet. Für jede Zelle wird eine aggregierte Aussage zu den Windverhältnissen und zur Landschaft gemacht und im Feld stichprobenartig verifiziert.

Als Grundlage für die Potentialberechnungen wurden 458 Rasterzellen 1. Priorität und 2562 Rasterzellen 2. Priorität ermittelt. Pro Rasterzelle können eine Anlage von 500 kW oder zwei Anlagen von 250 kW aufgestellt werden. Wird das ganze Potential ausgeschöpft, so können 3,4 % des Strombedarfs von 1995 mit Windenergie gedeckt werden. Die Studie geht davon aus, dass die dazu notwendigen rund 3300 Anlagen bis ins Jahr 2030 aufgestellt werden können. Insgesamt könnte eine Leistung 1565 MW installiert werden, was zu einer jährlichen Stromproduktion von 1'628 GWh führen würde. Dabei ist mit mittleren Produktionskosten von 20-30 Rp/kWh zu rechnen.

13. Literatur

Literaturabgaben sind beim Autor erhältlich:

Dipl. phil. II, Biologe Hans Buser
Ökoskop
Postfach 102
Allmend 1
CH-4460 Gelterkinden

¹ "Suisse Eole", c/o Nova Energie, Schachenallee 29, 5000 Aarau