

**Schlussbericht März 2003**

# **Windenergiestandorte Flims-Laax**

## **Machbarkeitsstudie**

ausgearbeitet durch  
Thomas Weisskopf  
Weisskopf Partner GmbH  
Hagenbuchrain 20, 8047 Zürich

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

## Zusammenfassung

Erste Abklärungen im Rahmen des Projektes *Windkraftanlagen in Tourismusgebieten - Standortevaluation*, welches im Jahre 2000 im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Programm P+D Wind, durchgeführt wurde, weisen darauf hin, dass in Flims-Laax an den Standorten

- Crap Sogn Gion
- Crap Masegn
- Nagens-Grauberg

die Installation von mittelgrossen Windkraftanlagen von 600 - 800 kW<sub>el</sub> Leistung möglich sein sollte.

Begehungen im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie haben ergeben, dass für den Kretenstandort oberhalb der Bergstation Crap Sogn Gion (2'230 m.ü.M.) eine Transportfähigkeit von Windkraftanlagen dieser Grösse gegeben ist. Die Krete würde sich für den Bau von bis zu drei Windkraftanlagen der besagten Klasse aus räumlicher, baulicher und technischer Sicht eignen.

Am Standort Crap Sogn Gion wurde aufgrund der erwarteten günstigen Windverhältnisse im Winter 2002/03 eine Windmessung durchgeführt, welche von Aurax Energia AG, Illanz und dem Bundesamt für Energie, Programm P+D Wind, finanziert wurde.

Die Windmessung zeigt leider deutlich auf, dass die Erwartungen an das Windvorkommen bei weitem verfehlt werden. Ein wirtschaftlicher Betrieb einer Windkraftanlage dieser Leistungsklasse wäre nicht möglich. Das Vorhaben ist nicht mehr weiterzuverfolgen.

An den Standorten Crap Masegn und Nagens-Grauberg ist das Errichten von mittelgrossen Windkraftanlagen aus unterschiedlichen Gründen nicht möglich. Im einen Fall ist es die grosse Steilheit des letzten Stückes der Strasse nach Crap Masegn und im anderen Fall eine Brücke mit zu geringer Tragkraft, welche den Transport der Anlagenteile aber auch die Bereitstellung des schweren Pneuokrans nicht zulassen würden.

Die Windmessung verdeutlicht aber, dass der Standort Crap Masegn bezüglich Windaufkommen sehr gut wäre. Die Errichtung von einigen kleineren Windkraftanlagen der Grösse 300 kW<sub>el</sub> auf der Krete neben der Bergstation der Gondelbahn könnte ins Auge gefasst werden. Weitere Abklärungen ausserhalb der vorliegenden Machbarkeitsstudie wären zu tätigen.

## Abstract

Investigations which were carried out in 2000 by order of the Swiss Federal Office of Energy (OFEN), wind R&D program in the scope of the project *Windkraftanlagen in Tourismusgebieten - Standortevaluation* indicated that the installation of medium size wind power plants in the 600 - 800 kW<sub>el</sub> power range should be feasible in the following sites:

- Crap Sogn Gion
- Crap Masegn
- Nagens-Grauberg

Inspections showed that the transport of plant parts and equipment for the erection of this type of wind power plant is possible at the Crap Sogn Gion site, on the ridge above the cable car mountain station (2'230 m ASL). This site is suitable for up to three medium sized power plants with respect to technical, constructional and space considerations.

Favorable wind conditions were expected at the Crap Sogn Gion site and a wind measurement campaign, financed by Aurax Energia AG, Ilanz, and the OFEN, wind R&D program, was carried out during winter 2002/03.

However, the wind measurement results were clearly below expectations. An economically viable operation of medium sized wind power plants is not possible at this site. The continuation of this project is not recommended.

On the Crap Masegn and Nagens-Grauberg sites, the erection of medium size wind power plants is not possible for different reasons. In Crap Masegn the access road is partly too inclined, in Nagens-Grauberg the access to the site is via a bridge with insufficient load carrying capacity for the transport of plant parts and the heavy truck crane.

On the other hand, wind measurements show that the conditions at Crap Masegn would make it very well suited for a wind power plant. The erection of several smaller sized wind turbines in the 300 kW<sub>el</sub> power range on the ridge next to the cable car mountain station could therefore be envisaged. This option could be investigated in a separate study.

## Résumé

Des premières études qui ont été réalisées dans l'année 2000 dans le cadre du projet *Windkraftanlagen in Tourismusgebieten - Standortevaluation* de la part de l'office fédérale de l'énergie (OFEN), programme R+D énergie éolienne, indiquent que l'installation de centrales éoliennes de puissance moyenne (600 - 800 kW<sub>el</sub>) devrait être possible dans les endroits:

- Crap Sogn Gion
- Crap Masegn
- Nagens-Grauberg

Des visites sur place dans le cadre de la présente étude de faisabilité ont montré que le transport des éléments de la centrale est possible pour un emplacement sur la crête au-dessus de la station de la remontée mécanique de Crap Sogn Gion (2'230 m). La crête est qualifiée pour la construction de jusqu'à trois turbines de puissance moyenne du point de vue technique, structurelle et d'espace à disposition.

Vu les conditions de vent favorables espérées à Crap Sogn Gion, des mesures de vent sur place ont été réalisées en hiver 2002/03. La campagne de mesures a été financée par Aurax Energie AG, Ilanz, et l'OFEN, programme R+D énergie éolienne.

Malheureusement, les mesures montrent clairement, que les conditions de vent sont bien en dessous de la qualité attendue. L'exploitation économique d'une centrale éolienne de la classe de puissance mentionnée n'est pas possible. Il est recommandé d'abandonner ce projet.

Aux endroits Crap Masegn et Nagens-Grauberg, la construction de centrales éoliennes de puissance moyenne n'est pas possible par des raisons différentes. Dans le cas de Crap Masegn, l'inclination de la dernière part de la rue d'accès est trop importante. A Nagens-Grauberg l'accès passe par un pont, dont le port en lourd est insuffisant pour le transport des composants de la centrale ou pour la mise en place de la grue mobile lourde.

Néanmoins, les mesures ont montré que les conditions de vent sont très favorables à Crap Masegn. La réalisation de plusieurs turbines de plus petite taille (300 kW<sub>el</sub>) sur la crête à côté de la station de remonté mécanique pourrait être envisagée. Des études supplémentaires nécessaires pourraient se faire, hors de l'étude de faisabilité présente.

## Inhaltverzeichnis

1. Ausgangslage .....	5
2. Vorgehen .....	5
3. Standortabklärungen .....	6
3.1 Allgemeines .....	6
3.2 Crap Sogn Gion .....	6
3.3 Crap Masegn .....	7
3.4 Nagens-Grauberg .....	7
4. Windmessung Crap Sogn Gion .....	8
5. Empfehlungen.....	11
6. Literatur.....	12

## 1. Ausgangslage

Im Projekt *Windkraftanlagen in Tourismusgebieten - Standortevaluation* wurden im Jahre 2000 im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Programm P+D Wind, sechs ausgewählte schweizerische Potenzialgebiete mit bergbahntechnischer Infrastruktur im Rahmen von kurzen Begehungen hinsichtlich Machbarkeit von Windkraftanlagen untersucht.

Flims-Laax zeigte dabei nach den ersten Abklärungen eine Eignung für bis zu drei mittel-grosse Windkraftanlagen von 600 - 800 kW<sub>el</sub> Leistung.

Infolge vorhandener Zufahrtswege für schwere und lange Fahrzeuge und geeigneter elektrischer Infrastruktur schienen folgende drei Standorte in Flims-Laax hierfür am geeignetsten:

- Crap Sogn Gion
- Crap Masegn
- Nagens-Grauberg

Im Rahmen der vorliegenden Studie wird die technische und sofern diese positiv ausfällt auch die wirtschaftliche Machbarkeit für die obigen Standorte untersucht.

Folgende Institutionen und Firmen haben die vorliegende Machbarkeitsstudie mit ihren Beiträgen, welche wir hier verdanken wollen, unterstützt: Bundesamt für Energie, Programm P+D Wind, Aurax Energia AG und Weisskopf Partner GmbH mit ihren finanziellen Beiträgen, die Mitarbeiter der Bergbahnen der Alpenarena, Meteotest AG und das Bauamt der Gemeinde Falera mit personellen Ressourcen.

## 2. Vorgehen

In den Jahren 2001 und 2002 wurden mehrere Standortbegehungen mit detaillierten Gelände- und Infrastrukturerhebungen durchgeführt.

Am Standort Crap Sogn Gion wurde im Winter 2002/03 eine Windmessung durchgeführt, welche von Aurax Energia AG, Illanz, und dem Bundesamt für Energie, Programm P+D Wind, finanziert wurde.

## 3. Standortabklärungen

### 3.1 Allgemeines

Das Skigebiet wird hauptsächlich von Aurax Energia AG mit Elektrizität versorgt. Den östlichen Teil des Skigebietes beliefert das EW Flims. An allen drei potenziellen Standorten findet sich in genügend naher Distanz mindestens eine Trafostation im notwendigen Mittelspannungsbereich.

Meistens aus der Zeit der Bauphase der Gondelbahnen hat es einige recht gut ausgebaute Naturstrassen zu den Bergstationen.

Die Nutzlast der Gondelbahn nach Crap Masegn ist 8 Tonnen. Jene der Gondelbahn nach Crap Sogn Gion ist etwas höher.

### 3.2 Crap Sogn Gion

Begehungen mit Spezialunternehmern haben eindeutig aufgezeigt, dass für den Kretenstandort nordwestlich oberhalb der Bergstation Crap Sogn Gion (2'230 m.ü.M.) eine gesicherte Transportfähigkeit von Windkraftanlagen der Klasse 800 kW<sub>eI</sub> gegeben ist. Der zum Aufstellen notwendige Pnekran 250 Tonnen könnte ohne grössere Probleme bis zum Bauplatz vorfahren. Es würden sich Rotorblätter mit einer Länge von ca. 26 Metern transportieren lassen.

Die Krete, welche sich ab 200 Metern nach der Bergstation in Richtung Crap Masegn erstreckt, ist nach Angaben der Einheimischen windexponiert. Starke Schneeverwehungen sind ein bekanntes Phänomen. Es herrschen WSW- und NW-Winde vor. Letztere sind vom Tal kommende Hangaufwinde.

Eine bahneigene Windmessstation befindet sich auf der Bergstation Crap Sogn Gion. Die Daten werden jedoch nicht aufgezeichnet. Auswertungen liegen folglich nicht vor.

Die Krete würde sich aus räumlicher, baulicher und technischer Sicht für den Bau von bis zu drei Windkraftanlagen der besagten Klasse eignen.

Bauplatz und Baupiste wären für die alpinen Verhältnisse vergleichsweise einfach zu gestalten.

Auf Crap Sogn Gion befindet sich eine zum Anschluss geeignete Trafostation.

Die Zufahrtsstrasse von Falera nach Crap Sogn Gion müsste im Bereich einiger Kurven etwas ausgebaut werden.

Die abschliessende Beurteilung über die Eignung von Crap Sogn Gion als Standort für mittelgrosse Windkraftanlagen verlangte eine längere Windmessung vor Ort. Diese wurde auch ausgelöst. Sie ist in Kapitel 4 beschrieben.

### 3.3 Crap Masegn

Eine ENET-Wetterstation des SLF befindet sich auf dem Dach der Bergstation Crap Masegn, 2'472 m.ü.M. (Höhe Gebäude ca. 15 - 20 m, Mast der Station 10 m, d.h. Messung max. 25 - 30 m über Boden). Messungen und Auswertungen liegen über viele Jahre vor. Die mittlere Windgeschwindigkeit 1983 - 1997 beträgt 4.4 m/s<sup>1</sup> (mit einem langjährigen Minimum im August (3.8 m/s) und einem Maximum im November (5.7 m/s)). Auf Crap Masegn sind recht häufig (ca. fünfmal pro Jahr) Windspitzen bis 120 km/h (10 min Tagesmaxima)<sup>2</sup> zu verzeichnen. Im Dezember 1994 und im Oktober 1999 betrug dieser Wert je einmal 155 km/h. Die Vorzugswindrichtung ist NW.

Die Windverhältnisse für eine Windkraftanlage können auf Crap Masegn als gut beurteilt werden.

Der potenzielle Windstandort auf Crap Masegn liegt auf einer Krete südöstlich von der Bergstation. Wiederum wären mehrere Windkraftanlagen möglich.

Das Gelände westlich (hinter) der Bergstation ist bautechnisch nicht erschliessbar.

Ca. 500 Meter oberhalb der Bergstation Crap Sogn Gion wird die Naturstrasse nach Crap Masegn teilweise sehr steil. Stellenweise ist die Steigung grösser 30%. Dies ist in Kombination mit dem schlechten Zustand der engen, ausgewaschenen Strasse zu steil für den Transport der meisten Komponenten einer Windkraftanlage der Klasse 600 - 800 kW<sub>el</sub>.

Das Aufstellen einer Windkraftanlage der besagten Grösse bedarf in diesem Gelände eines Pneuokrans der Klasse 250 Tonnen und eines Hilfskrans von ca. 70 Tonnen. Der grosse Pneuokran ist aus eigener Kraft nicht im Stande, auf Crap Masegn zu gelangen.

Auf Crap Masegn ist der Bau von Windkraftanlagen der Grösse grösser ca. 300 kW<sub>el</sub> nicht möglich und wird folglich im Rahmen dieser Studie nicht weiterverfolgt.

### 3.4 Nagens-Grauberg

Die Strassenbegehung von Murschetg nach Nagens zeigt rasch ein für derartige Schwertransporte unüberwindliches Hindernis: Die Holzbrücke über Val Draus.

Dieser Standort wird nicht mehr weiterbearbeitet.

---

<sup>1</sup> Gemäss Meteo meets Energy, Meteotest (Wert hochgerechnet)

<sup>2</sup> Gemäss SLF

## 4. Windmessung Crap Sogn Gion

Meteotest hat von November 2002 bis Februar 2003 im Auftrag von Aurax Energia AG, Illanz, auf Crap Sogn Gion (vgl. Bild 4.1) eine Windmessung durchgeführt [1]. Dabei wurden über die ganze Messdauer ein 10 Meter Mast und während zweier Monate ein SODAR eingesetzt (vgl. Bild 4.2).

Der Messmast war mit einem beheizten und einem unbeheizten Anemometer, mit einer beheizten Windfahne und einer Temperatur- und Feuchtesonde bestückt.

Mit SODAR wurden die Windgeschwindigkeiten und -richtungen von 20 bis 150 Meter über Boden in 10 Meter-Schritten gemessen.

Aus den Messungen mit SODAR wurden die mittleren vertikalen Profile der Windgeschwindigkeiten ermittelt. Die Profile wurden anschliessend mit der genauen Mastmessung korreliert und so ergaben sich die genauen mittleren Windgeschwindigkeiten 10 bis 100 resp. 150 Meter über Grund (vgl. Tab. 4.3).

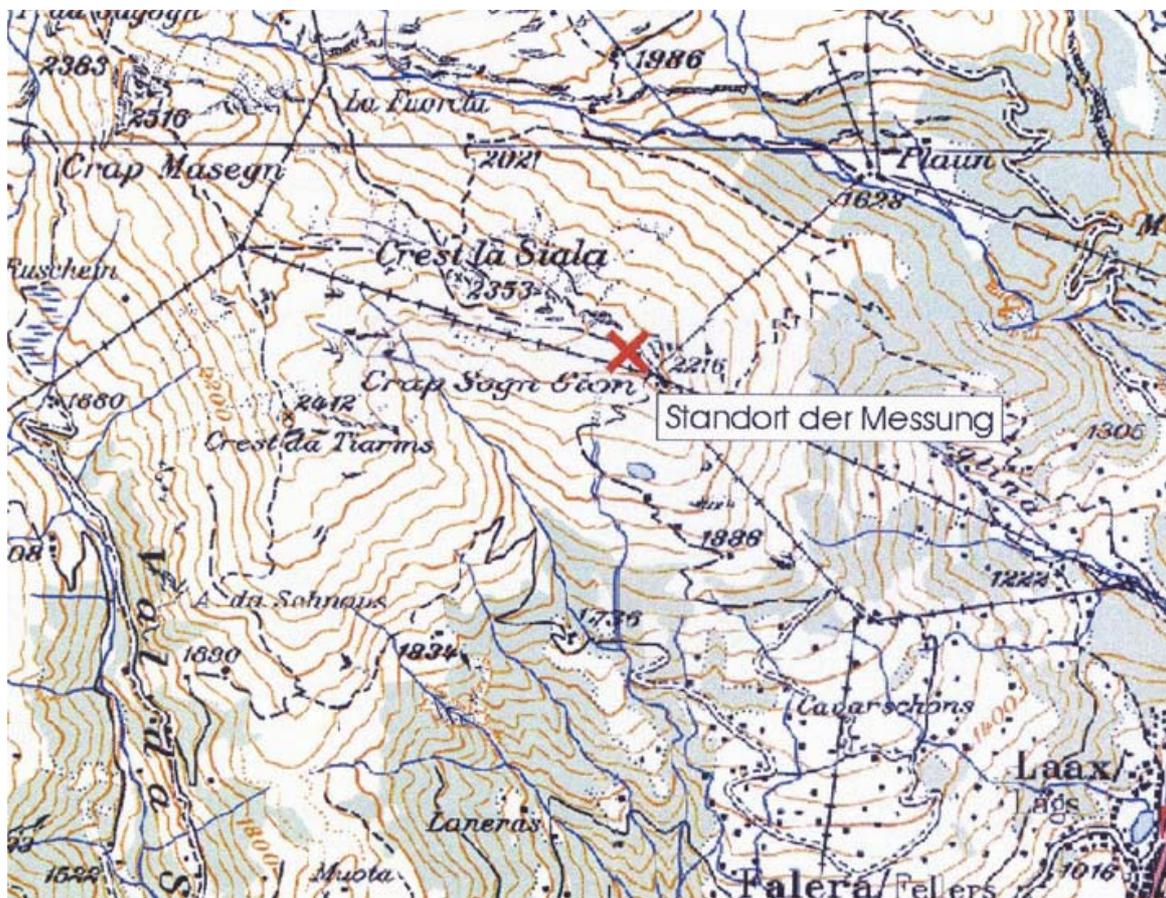


Bild 4.1: Standort der Windmessung auf Crap Sogn Gion (Landestopografie, 1:100'000)

Die Datenverfügbarkeit kann als hoch eingestuft werden. Die Datenübertragung erfolgte mittels GSM.



Bild 4.2: Windmessung auf Crap Sogn Gion mit Messmast 10 Meter und SODAR (im Hintergrund Bergstation Crap Masegn)

Die wichtigsten Ergebnisse dieser Windmessung können wie folgt zusammengefasst werden:

<b>Crap Sogn Gion</b> Höhe über Boden [m]	Nov. 2002 [m/s]	Dez. 2002 [m/s]	Jan. 2003 [m/s]	Feb. 2003 [m/s]
10	4.5	3.0	4.2	2.9
20	4.2	2.8	4.0	2.7
30	4.1	2.8	3.9	2.7
40	4.1	2.8	4.0	2.7
50 (Nabenhöhe)	4.1	2.8	4.0	2.7
60	4.1	2.8	4.0	2.7
70	4.1	2.9	4.0	2.8
80	4.1	2.9	4.0	2.8
90	4.2	2.9	4.1	2.9
100	4.2	2.9	4.1	2.9

Tab. 4.3: Monatsmittelwerte Windgeschwindigkeit Crap Sogn Gion (10 bis 100 Meter über Boden)

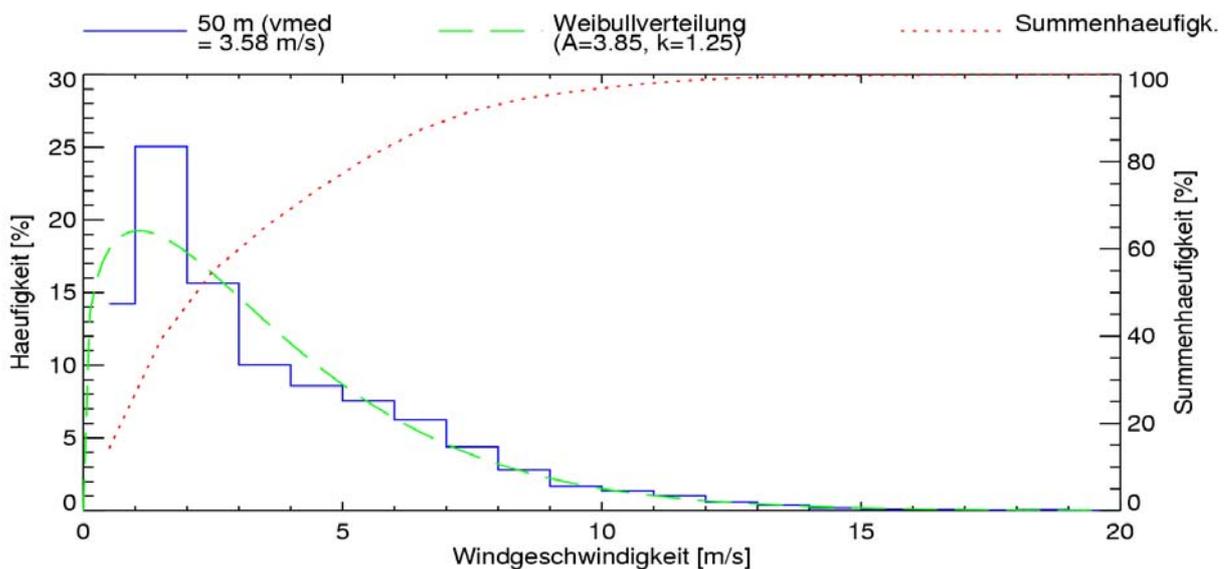
Da auf Crap Masegn langjährige Messwerte der ENET-Wetterstation des SLF vorliegen, ist es naheliegend, zwischen den beiden Messstandorten einerseits für die Zeitspanne von November 2002 bis Februar 2003 einen Vergleich zu machen, andererseits auch die langjährigen Mittelwerte von Crap Masegn für eine Beurteilung heranzuziehen (vgl. Tab. 4.4).

<b>Crap Masegn</b> Höhe über Gebäude [m]	Nov. 2002 [m/s]	Dez. 2002 [m/s]	Jan. 2003 [m/s]	Feb. 2003 [m/s]
10	6.0	4.1	5.1	4.2
% des langjährigen Mittelwerts 83-97	105	82	100	89

Tab. 4.4: Monatsmittelwerte Windgeschwindigkeit Crap Masegn und Vergleich zu langjährigem Mittelwert

Der langfristige Jahresmittelwert (1983 - 1997) der Windgeschwindigkeit auf Crap Masegn beträgt 4.4 m/s.

Die statistische Auswertung der Windmessung auf Crap Sogn Gion ist für die mutmassliche Nabenhöhe von 50 Metern in Bild 4.5 wiedergegeben.



Tab. 4.5: Weibullverteilung und Summenhäufigkeit der Windgeschwindigkeit 50 Meter über Boden auf Crap Sogn Gion

Die detaillierten Erkenntnisse dieser Messkampagne sind in einem separaten Bericht dargestellt [1].

Die Windmessung auf Crap Sogn Gion zeigt unerwartet, aber mit grosser Deutlichkeit auf, dass der Standort für den Bau von Windkraftanlagen mittlerer Grösse nicht geeignet ist, da die Monatsmittelwerte der Windgeschwindigkeiten zu tief sind. Es ist zu bedenken, dass insbesondere die Wintermonate erfahrungsgemäss 60 Prozent des Jahresertrages einer Windkraftanlage ausmachen.

Die gängigen Windmodelle gehen von einer Zunahme der Windgeschwindigkeit mit steigender Distanz ab Boden aus - dies wegen der abnehmenden Geländerauigkeit. Dies wurde auch auf Crap Sogn Gion erwartet und erhofft. Leider zeigt die Messung aber, dass die Windgeschwindigkeit mit zunehmender Höhe ab Boden für die eine Vorzugwindrichtung abnimmt und für die andere mindestens nicht zunimmt.

Oben beschriebener Sachverhalt zeigt sich in der Schweiz nun bereits zum zweiten Mal: Auch auf dem Gütsch in Andermatt wurde dies vor einem Jahr festgestellt, wenn auch nicht in der hier vorliegenden Deutlichkeit.

Für den alpinen Bereich sind die gängigen Windmodelle für Kreten und Kuppen, welche quer angeströmt werden, allenfalls zu überarbeiten.

## **5. Empfehlungen**

Die untersuchten Standorte eignen sich entweder wegen zu geringem Windaufkommen oder wegen ungeeigneter Zufahrtsstrassen nicht für das Errichten von Windkraftanlagen der Leistungsklasse 600 - 800 kW<sub>el</sub>.

Auf Crap Masegn könnte der Bau von einigen Windkraftanlagen der Grösse 300 kW<sub>el</sub> erwogen werden. Weitere Abklärungen wären allerdings nötig.

Weisskopf Partner GmbH  
Bau Energie Umwelt

## 6. Literatur

- [1] Windmessung Crap Sogn Gion, Abschätzung des Windpotenzials, Zwischenbericht, Meteotest, Bern, Februar 2003