DIS-Projekt Nr. : 47'216 DIS-Vertrags Nr.: 87'316	Programm P+D Wind	Im Auftrag des **Bundesamtes für Energie**

Schlussbericht Mai 2003

Windmessung Crap Sogn Gion

Abschätzung des Windpotenzials

ausgearbeitet durch
René Cattin
Meteotest
Fabrikstr. 14, 3012 Bern

BFE
OFEN
UFE
SFOE

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft und der Aurax Eneriga Illanz entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichtes verantwortlich.

Zusammenfassung

METEOTEST führte im Auftrag der Aurax Energia AG Illanz eine Windmessung auf dem Crap Sogn Gion durch. Dabei wurden ein 10-m-Mast und ein SODAR eingesetzt.

Dieser Zwischenbericht fasst die Resultate nach 4 Monaten Messung (November 2002 bis Februar 2003) zusammen. Auf Grund dieser Resultate wird entschieden, ob die Messkampagne auf insgesamt 1 Jahr verlängert wird. Die bisher gewonnenen Hauptresultate sind in den folgenden Tabellen zusammengefasst.

Tab: Monatsmittelwerte der Windgeschwindigkeit von 10 bis 100 m über Grund.

	November 02	**Dezember 02**	**Januar 03**	**Februar 03**
Windgeschwindigkeit 10 m [m/s]	4.5	3.0	4.2	2.9
Windgeschwindigkeit 20 m [m/s]	4.2	2.8	4.0	2.7
Windgeschwindigkeit 30 m [m/s]	4.1	2.8	3.9	2.7
Windgeschwindigkeit 40 m [m/s]	4.1	2.8	4.0	2.7
Windgeschwindigkeit 50 m [m/s]	4.1	2.8	4.0	2.7
Windgeschwindigkeit 60 m [m/s]	4.1	2.8	4.0	2.7
Windgeschwindigkeit 70 m [m/s]	4.1	2.9	4.0	2.8
Windgeschwindigkeit 80 m [m/s]	4.1	2.9	4.0	2.8
Windgeschwindigkeit 90 m [m/s]	4.2	2.9	4.1	2.9
Windgeschwindigkeit 100 m [m/s]	4.2	2.9	4.1	2.9

Tab: Die Monatsmittelwerte des Crap Sogn Gion und der ENET-Station Crap Masegn sowie der Vergleich der Mittelwerte des Crap Masegn mit den langjährigen Monatsmittelwerten (1983 - 1997) dieser Station.

	November 02	**Dezember 02**	**Januar 03**	**Februar 03**
Crap Sogn Gion 10 m [m/s]	4.5	3.0	4.2	2.9
Crap Masegn [m/s]	6.0	4.1	5.1	4.2
% des langjährigen Monatsmittelwertes (1983 - 1997)	105	82	100	89

Der Jahresmittelwert (1983 - 1997) der ENET-Station Crap Masegn beträgt 4.4 m/s.

Abstract

METEOTEST carried out wind measurements on behalf of Aurax Energia AG Illanz on the Crap Sogn Gion. The measurements were performed with a 10-m-mast and a SODAR.

This preliminary report summarizes the results after 4 months of measurements. Based on these results the decision will be made whether the measurement campaign will be continued to an overall duration of 1 year. The main results are summarized in the following tables.

Tab: Monthly averages of wind speed from 10 to 100 m a.g.l.

	November 02	**December 02**	**January 03**	**February 03**
Wind speed 10 m [m/s]	4.5	3.0	4.2	2.9
Wind speed 20 m [m/s]	4.2	2.8	4.0	2.7
Wind speed 30 m [m/s]	4.1	2.8	3.9	2.7
Wind speed 40 m [m/s]	4.1	2.8	4.0	2.7
Wind speed 50 m [m/s]	4.1	2.8	4.0	2.7
Wind speed 60 m [m/s]	4.1	2.8	4.0	2.7
Wind speed 70 m [m/s]	4.1	2.9	4.0	2.8
Wind speed 80 m [m/s]	4.1	2.9	4.0	2.8
Wind speed 90 m [m/s]	4.2	2.9	4.1	2.9
Wind speed 100 m [m/s]	4.2	2.9	4.1	2.9

Tab: Monthly averages of wind speed on Crap Sogn Gion compared with the ENET-station Crap Masegn and the comparison of Crap Masegn with the long term averages at this station.

	November 02	**December 02**	**January 03**	**February 03**
Crap Sogn Gion 10 m [m/s]	4.5	3.0	4.2	2.9
Crap Masegn [m/s]	6.0	4.1	5.1	4.2
% of long term monthly average (1983 - 1997)	105	82	100	89

The yearly average (1983 - 1997) of wind speed on Crap Masegn is 4.4 m/s.

Résumé

Par ordre de Aurax Energia Illanz *METEOTEST* a procédé à des mesureages de vent sur le Crap Sogn Gion. Pour les mesures, un mât de 10 m et un SODAR ont été utilisés.

Les résultats de ces mesurages après 4 mois de mesures sont résumés dans ce rapport. Ce rapport est la base pour la décision si la campagne de mesure continue à une durée finale d'un an. Les résultats principaux sont résumés dans les tables suivantes.

Tab: Vitesse moyenne mensuelle du vent de 10 à 100 m.

	Novembre 02	**Décembre 02**	**Janvier 03**	**Février 03**
Vitesse du vent 10 m [m/s]	4.5	3.0	4.2	2.9
Vitesse du vent 20 m [m/s]	4.2	2.8	4.0	2.7
Vitesse du vent 30 m [m/s]	4.1	2.8	3.9	2.7
Vitesse du vent 40 m [m/s]	4.1	2.8	4.0	2.7
Vitesse du vent 50 m [m/s]	4.1	2.8	4.0	2.7
Vitesse du vent 60 m [m/s]	4.1	2.8	4.0	2.7
Vitesse du vent 70 m [m/s]	4.1	2.9	4.0	2.8
Vitesse du vent 80 m [m/s]	4.1	2.9	4.0	2.8
Vitesse du vent 90 m [m/s]	4.2	2.9	4.1	2.9
Vitesse du vent 100 m [m/s]	4.2	2.9	4.1	2.9

Tab: Les vitesses moyennes mensuelles du vent du Crap Sogn Gion comparé avec la station ENET du Crap Masegn et la comparaison du Crap Masegn avec les averages long terme de cette station.

	Novembre 02	**Décembre 02**	**Janvier 03**	**Février 03**
Crap Sogn Gion 10 m [m/s]	4.5	3.0	4.2	2.9
Crap Masegn [m/s]	6.0	4.1	5.1	4.2
% de la moyenne mensuelle long-terme (1983 - 1997)	105	82	100	89

La vitesse moyenne annuelle (1983 - 1997) du vent sur le Crap Masegn est 4.4 m/s.

Inhaltsverzeichnis

1 Ausgangslage 5

2 Ziele der Arbeit 6

3 Lösungsweg / Messkonzept 7

3.1 Messkonzept 7

3.2 Messanordnung 7

10-m-Mast 7

SODAR 8

4 Hauptergebnisse 9

4.1 Datenverfügbarkeit 9

4.2 Messresultate 10-m-Mast 10

4.3 SODAR-Messung 13

4.4 Analyse der Vereisung 17

4.5 Vergleich mit der ENET-Station Crap Masegn 18

1 Ausgangslage

METEOTEST erhielt von der Aurax Energia AG in Illanz den Auftrag das Windpotenzial auf dem Crap Sogn Gion abzuschätzen. Vorgängige Studien haben gezeigt, dass an diesem Standort die nötige Infrastruktur für die Errichtung einer Windkraftanlage vorhanden wäre. Mit einer Windmessung am für den Bau der Windkraftanlagen vorgesehenen Standort soll das Windpotenzial analysiert werden.

Dieser Zwischenbericht dokumentiert die Resultate nach knapp vier Monaten Messung. Anhand der vorliegenden Resultate soll entschieden werden ob die Messkampagne auf insgesamt ein Jahr verlängert werden soll.

Abbildung 1 zeigt den Standort der Windmessungen.



Abb. 1: Standort der Windmessungen (1:100'000, © Bundesamt für Landestopografie, DV 606).

2 Ziele der Arbeit

Ziel der Arbeit ist die Abklärung des Windpotenzials auf Nabenhöhe am Standort Crap Sogn Gion mit Hilfe von Windmessungen. Die Resultate dienen der Wirtschaftlichkeitsberechnung und der Bestimmung der technischen Spezifikationen der einzusetzenden Windkraftanlage. In diesem Zwischenbericht wird auf folgende Punkte eingegangen:

- Messung der Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsverteilung auf 10 m
- Messung des vertikalen Profils der Windgeschwindigkeit bis auf 100 m
- Turbulenzanalyse
- Analyse der Vereisungsgefahr
- Vergleich mit der ENET-Station Crap Masegn

3 Lösungsweg / Messkonzept

3.1 Messkonzept

Um die Windverhältnisse am Crap Sogn Gion genauer abschätzen zu können wurde während 4 Monaten eine Windmessung mit einem 10-m-Mast durchgeführt. Dabei wurden Windgeschwindigkeit und Windrichtung aufgezeichnet. Die Messperiode dauerte von Oktober 2002 bis Februar 2003.

Parallel zur Messung am 10m-Masten wurde während 2 Monate (November/Dezember 2002) eine SODAR-Messung durchgeführt. Dieses Messprinzip ermöglicht die Messung von Windgeschwindigkeit und Windrichtung von 20 bis 150 m über Grund in Schritten von 10 m.

Aus der SODAR-Messung wurden die mittleren vertikalen Profile der Windgeschwindigkeit ermittelt. Diese Profile wurden mit der Mastmessung korreliert und so die mittlere Windgeschwindigkeit von 10 - 150 m über Grund ermittelt.

Zusätzlich wurde während der gesamten Messperiode ein unbeheiztes Anemometer eingesetzt sowie Temperatur und relative Feuchte aufgezeichnet. Diese Messungen geben Aufschlüsse über die Vereisungsgefahr an diesem Standort.

Die Resultate dieser viermonatigen Messkampagne sind in diesem Bericht festgehalten. Auf Grund der gewonnenen Erkenntnisse wird entschieden, ob die Messung am 10-m-Mast auf insgesamt 1 Jahr verlängert wird.

3.2 Messanordnung

Die folgenden Geräte wurden während der Messkampagne eingesetzt:

10-m-Mast

- 10-m-Teleskopmast aus Aluminium, 4-fach abgespannt (Radius ca. 6 m)
- Anemometer Vaisala WAA 252 beheizt
- Windfahne Vaisala WAV 252 beheizt
- Datalogger Campbell CR10X mit GSM Modem zur Datenübertragung
- Anemometer NRG #40 Max unbeheizt
- Temperatur - und Feuchtefühler Rotronic 103A

Das Messsystem wurde am 30. Oktober 2002 installiert und in Betrieb genommen.

SODAR

Es wurde das MiniSodar 4000F der Firma Aerovironment verwendet. Das SODAR wurde in ca. 25 m Entfernung zum Messmasten installiert. Die SODAR-Messkampagne dauerte vom 30. Oktober 2002 bis zum 19. Januar 2003. Abbildung 2 zeigt das installierte SODAR und im Hintergrund den 10-m-Masten.



Abb. 2: Das installierte SODAR auf dem Crap Sogn Gion. Im Hintergrund der 10-m-Mast.

4 Hauptergebnisse

4.1 Datenverfügbarkeit

Die Windmessung am 10-m-Masten lieferte während der ganzen Messperiode plausible Messwerte. Wegen eines Wackelkontaktes wurden bis zum 11. November 2003 fehlerhafte Werte der relativen Feuchte aufgezeichnet. Für die Auswertung wurden die Daten bis zum 22. Februar 2003 verwendet.

Im Gegensatz zur Messung mit einem Anemometer können mit einem SODAR keine durchgehenden Messreihen gewonnen werden. Die Menge der plausiblen Daten ist einerseits abhängig von den atmosphärischen Bedingungen wie Wolken, Regen oder Turbulenz, andererseits von der Intensität der Umgebungsgeräusche. Gerade der zweite Umstand führte nach der Inbetriebnahme der Skiliftanlagen Mitte November zu erhöhten Datenverlusten während des Tages. Während der Messkampagne konnten aber genügend Daten gesammelt werden um verlässliche Aussagen über das vertikale Profil der Windgeschwindigkeit zu machen. Abbildung 3 zeigt die Datenverfügbarkeit der SODAR-Messung in Abhängigkeit der Höhe über Grund.

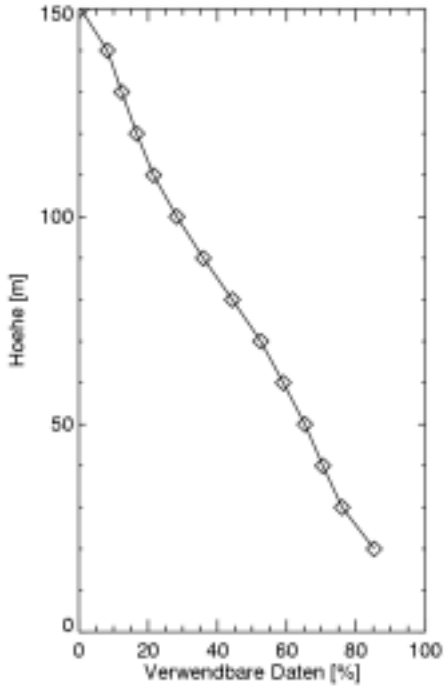


Abb. 3: Prozentsatz der verwendbaren SODAR-Daten in Abhängigkeit der Höhe über Grund.

4.2 Messresultate 10-m-Mast

Die folgenden Tabellen und Grafiken illustrieren die Resultate der Messungen am 10-m-Masten.

Aus Abbildung 5 wird ersichtlich, dass der Wind hauptsächlich aus Südwesten weht. Die 2. Hauptwindrichtung ist Nordwest. Abbildung 7 zeigt die Turbulenzrose auf 10 m. Zur Berechnung wurden nur Windgeschwindigkeiten grösser als 3 m/s berücksichtigt. Der Unterbruch der Linie rührt daher, dass der Turbulenzwert nur berechnet wurde, wenn mindestens 10 10-Minuten-Mittelwerte für einen Sektor vorlagen. Die Windrose in Abbildung 5 zeigt, dass der Wind kaum einmal mit mehr als 3 m/s aus Osten wehte. Deshalb wurden für diesen Sektor keine Turbulenzwerte berechnet.

Tab. 1: Die auf 10 m gemessenen Monatsmittelwerte der Windgeschwindigkeit.

	November 02	**Dezember 02**	**Januar 03**	**Februar 03**
Windgeschwindigkeit [m/s]	4.5	3.0	4.2	2.9

Tab. 2: Die Resultate der Temperaturmessung.

	Mittelwert	**Minimum**	**Maximum**	**Standardabweichung**
Temperatur [°C]	-5.7	-22.3	10.7	4.9

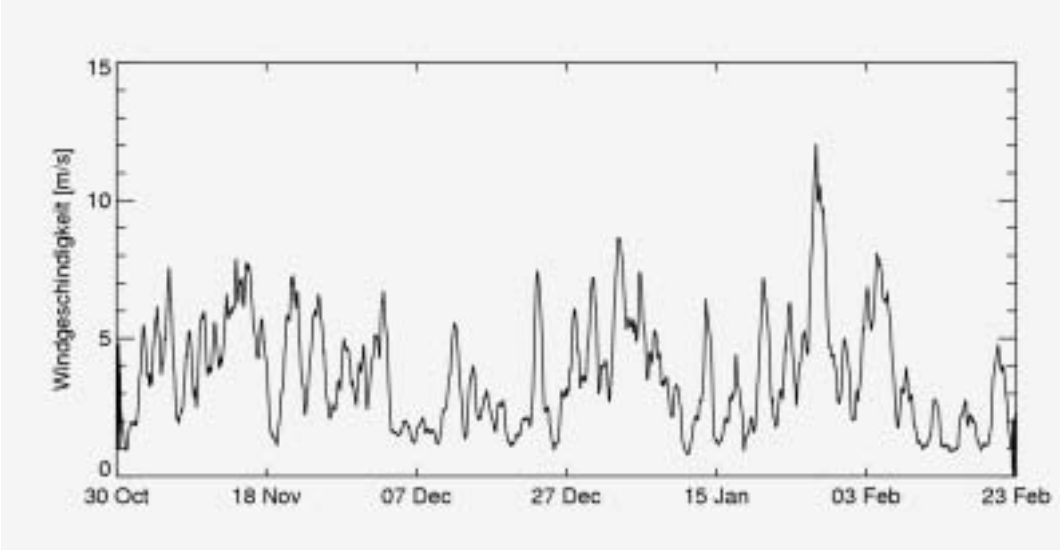


Abb. 4: Verlauf der Windgeschwindigkeit auf 10 m (gleitendes Tagesmittel).

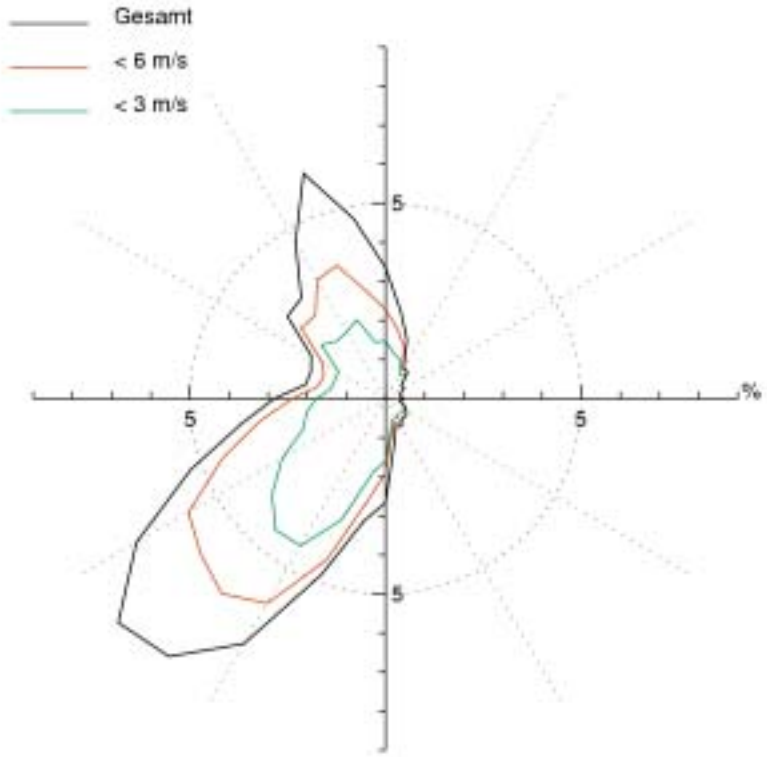


Abb. 5: Windrose der Anemometer/Windfahnen-Messung auf 10 m.

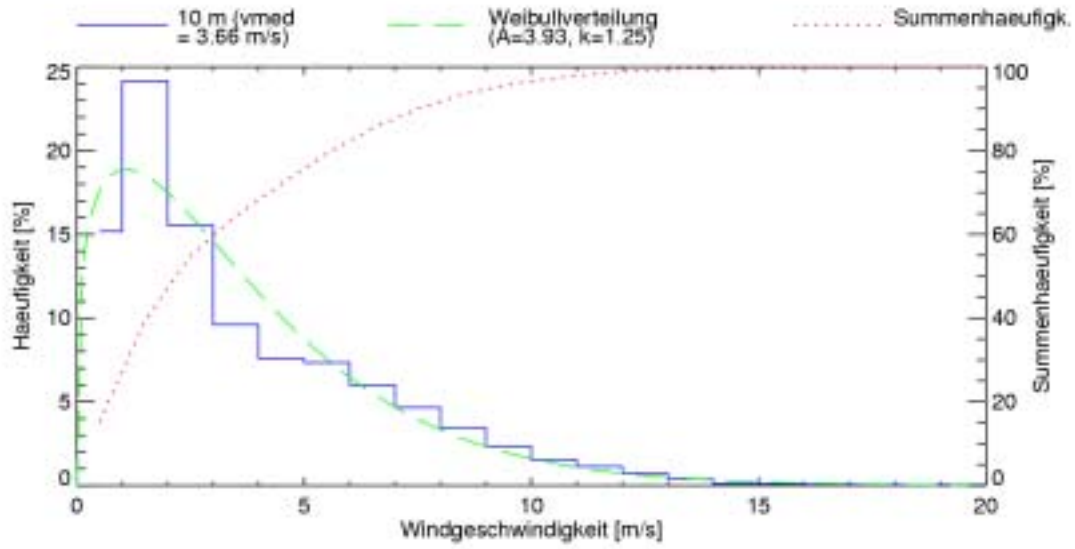


Abb. 6: Weibull-Verteilung der Anemometermessung auf 10 m. vmed ist die mittlere Windgeschwindigkeit auf 10 m.

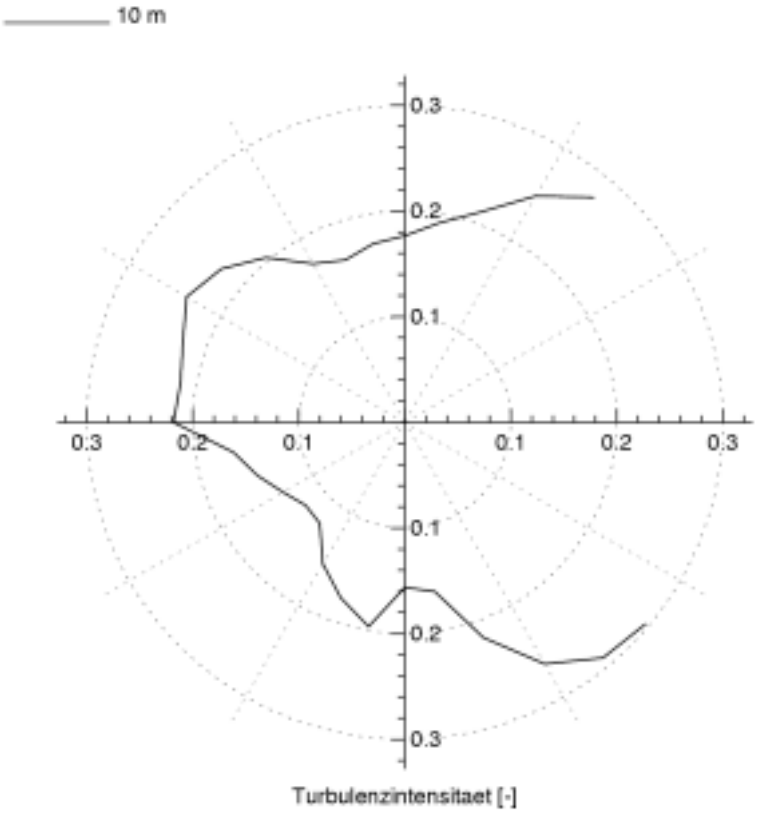


Abb. 7: Turbulenzrose auf 10 m (Anemometermessung).

4.3 SODAR-Messung

Die Abbildung 8 zeigt das mit der Windgeschwindigkeit auf 10 m (ff10) normierte vertikale Profil der Windgeschwindigkeit (ff) für Nordwestwind (links) und Südwestwind (rechts). Für jede Hauptwindrichtung wurden zwei Fälle unterschieden: Einer für Windgeschwindigkeiten zwischen 1 und 5 m/s, der andere für Windgeschwindigkeiten grösser als 5 m/s. Werte unter 1 m/s wurden vernachlässigt, da das SODAR in diesem Bereich ungenaue Werte liefert. Die Werte über 80 m über Grund sind mit Vorsicht zu geniessen, da die Datenverfügbarkeit ab dieser Höhe sehr klein wird.

Die Resultate zeigen, dass die Profile sowohl von der Windrichtung als auch von der Windgeschwindigkeit abhängig eine unterschiedliche Form haben. Anhand dieser 4 Profile wurden aus der Anemometermessung auf 10 m die Windgeschwindigkeiten zwischen 20 und 100 m über Grund berechnet. Die Resultate sind in Tabelle 3 enthalten.

Abbildung 9 zeigt die Windrose auf 50 m (SODAR). Der Südwestast der Windrose hat sich im Vergleich zur Windrose auf 10 m etwas gegen Westen gedreht.

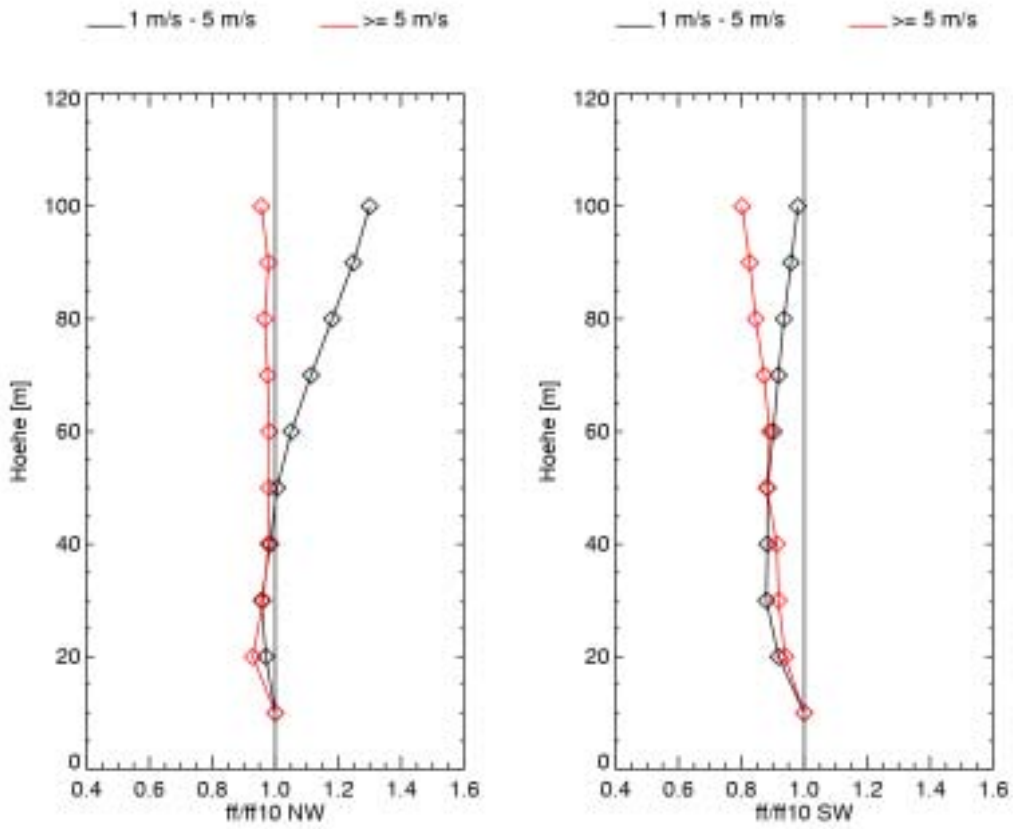


Abb. 8: Die auf 10m (ff10) normierten Vertikalprofile der Windgeschwindigkeit (ff) für Nordwest- (links) und Südwestwind (rechts).

Tab. 3: Monatsmittelwerte der Windgeschwindigkeit von 10 bis 100 m über Grund.

	November 02	**Dezember 02**	**Januar 03**	**Februar 03**
Windgeschwindigkeit 10 m [m/s]	4.5	3.0	4.2	2.9
Windgeschwindigkeit 20 m [m/s]	4.2	2.8	4.0	2.7
Windgeschwindigkeit 30 m [m/s]	4.1	2.8	3.9	2.7
Windgeschwindigkeit 40 m [m/s]	4.1	2.8	4.0	2.7
Windgeschwindigkeit 50 m [m/s]	4.1	2.8	4.0	2.7
Windgeschwindigkeit 60 m [m/s]	4.1	2.8	4.0	2.7
Windgeschwindigkeit 70 m [m/s]	4.1	2.9	4.0	2.8
Windgeschwindigkeit 80 m [m/s]	4.1	2.9	4.0	2.8
Windgeschwindigkeit 90 m [m/s]	4.2	2.9	4.1	2.9
Windgeschwindigkeit 100 m [m/s]	4.2	2.9	4.1	2.9

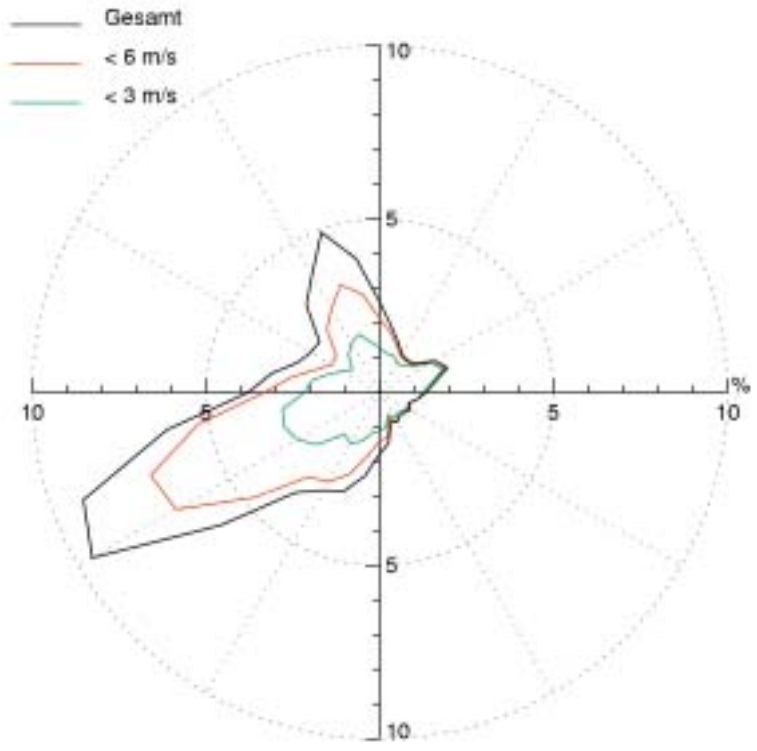


Abb. 9: Die Windrose auf 50 m (SODAR).

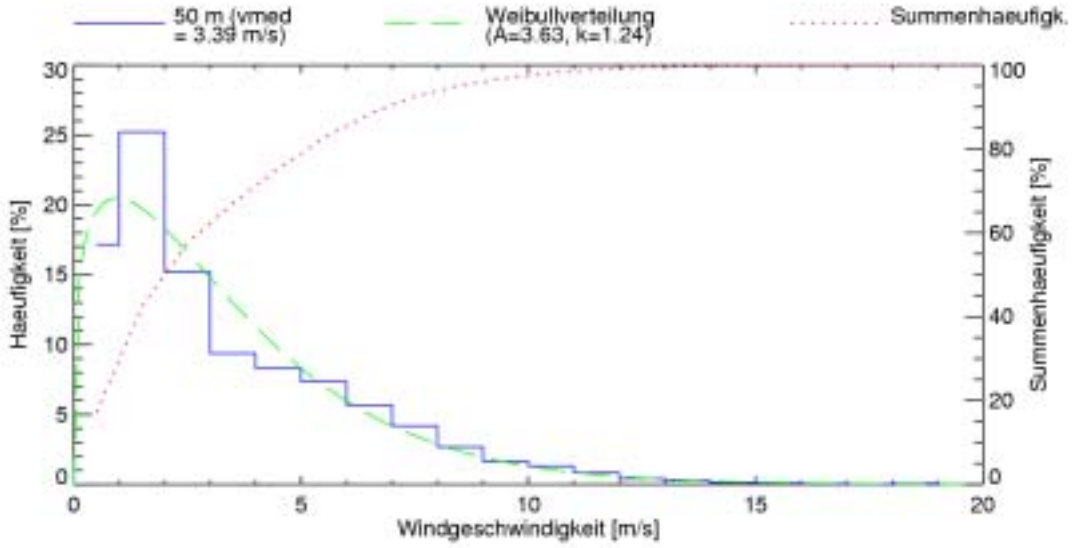


Abb. 10: Die Weibull-Verteilung auf 50 m (SODAR). vmed ist die mittlere Windgeschwindigkeit auf 50 m.

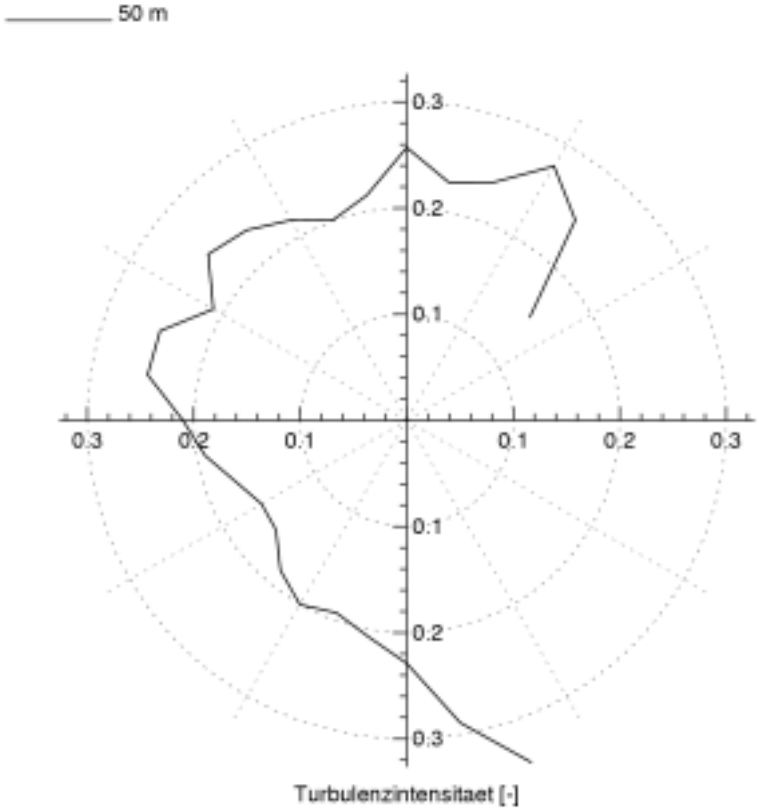


Abb. 11: Turbulenzrose auf 50 m (SODAR).

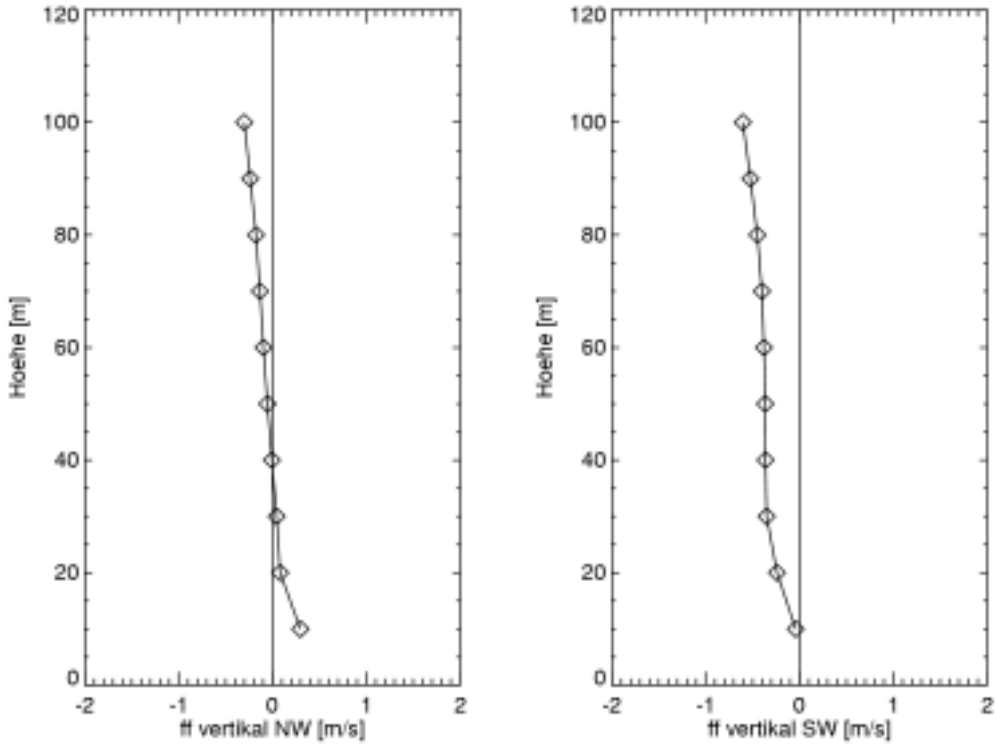


Abb. 12: Die mittlere Vertikalkomponente der Windgeschwindigkeit (ff).

Abbildung 12 zeigt, dass bei Südwestwind eine signifikante abwärts gerichtete Komponente der Windgeschwindigkeit vorliegt. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Messstation am nordöstlichen Ende der Krete lag, und der Wind sich nach Überströmen der Kuppe in den höheren Lagen bereits in der Abwärtsbewegung befindet. Bei Nordwestwind ist diese Komponente deutlich kleiner. Für die Berechungen der Mittelwerte wurde ausschliesslich die horizontale Komponente der Windgeschwindigkeit verwendet.

4.4 Analyse der Vereisung

Abbildung 13 zeigt den Verlauf von Temperatur und Taupunkt. Die schwarze Linie kennzeichnet Perioden in welchen das unbeheizte Anemometer signifikant von den Werten des beheizten Anemometers abwich. Die grüne Linie repräsentiert Phasen in welchen gemäss der Taupunktdifferenz mit Vereisung zu rechnen ist. Als Vereisungskriterien wurden dabei eine Lufttemperatur unter 0°C und eine Taupunktdifferenz von weniger als 1°C angenommen. Es zeigt sich, dass das Anemometer häufiger eingefroren war als dies auf Grund der Berechnung aus Temperatur und Taupunkt zu erwarten wäre. Dies dürfte daran liegen, dass mit der Taupunktmethode nur Phasen der aktiven Eisbildung erkannt werden, wogegen das Anemometer auch nach der Eisbildung bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt vereist bleiben kann. Tabelle 4 zeigt den prozentualen Anteil der Vereisung pro Monat berechnet mit der Taupunktmethode. Da die ENET-Station auf dem Crap Masegn keine Taupunktwerte misst, konnte diese Analyse nur für die Messperiode vorgenommen werden.

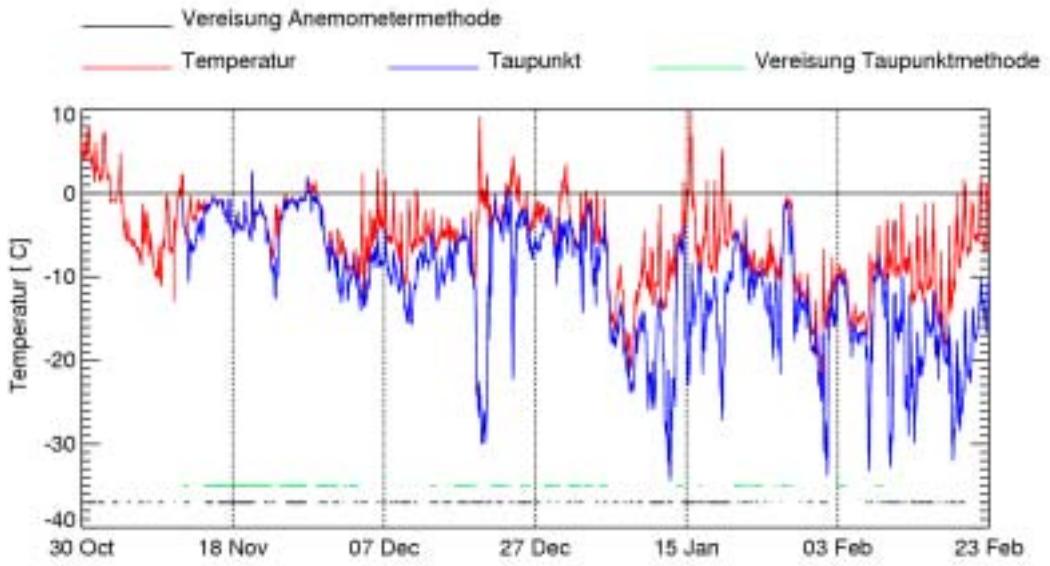


Abb. 13: Analyse der Vereisung.

Tab. 4: Vereisungsperioden während der Messkampagne mit der Taupunktmethode berechnet.

	November	Dezember	Januar	Februar
Vereisung [%]	47%	27%	16%	6%

4.5 Vergleich mit der ENET-Station Crap Masegn

Abbildung 14 zeigt den Verlauf der Windgeschwindigkeit der ENET-Station Crap Masegn im Vergleich mit den gemessenen Daten des Crap Sogn Gion. Dabei wurden die unkorrigierten Stundenwerte des Crap Masegn verwendet. Für die Qualität der Daten kann keine Gewähr übernommen werden.

Es fällt auf, dass vor allem bei höheren Windgeschwindigkeiten die Windmesswerte des Crap Masegn signifikant höher liegen als auf dem Crap Sogn Gion. Dies dürfte vor allem darauf zurückzuführen sein, dass der Crap Masegn 300 m höher ist als der Crap Sogn Gion und somit freier angeströmt wird.

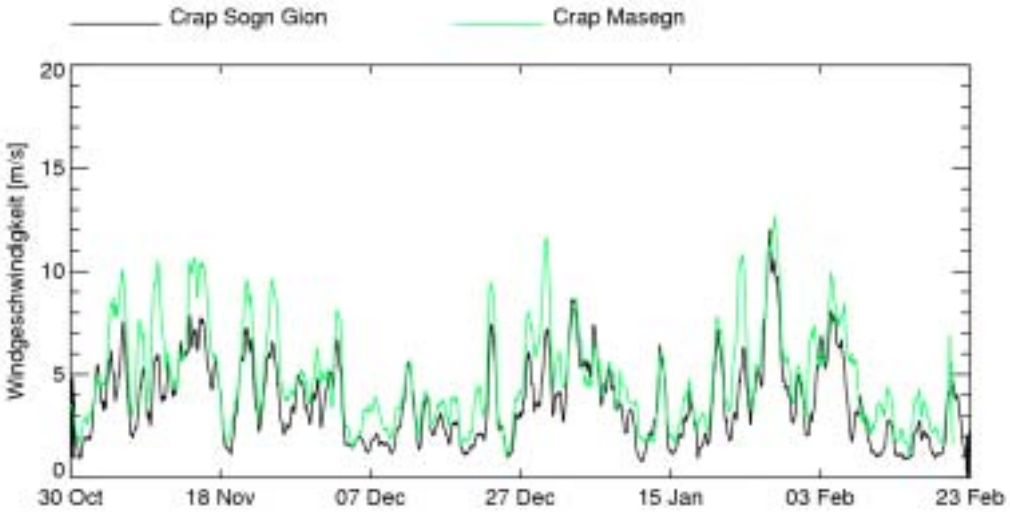


Abb. 14: Verlauf der Windgeschwindigkeit der ENET-Station Crap Masegn im Vergleich mit den Windwerten des Crap Sogn Gion (gleitende Tagesmittel).

Tabelle 5 zeigt die Monatsmittelwerte der Windgeschwindigkeit des Crap Sogn Gion und der ENET-Station Crap Masegn sowie den Vergleich der Mittelwerte des Crap Masegn mit den langjährigen Mittelwerten dieser Station. Der Jahresmittelwert (1983 - 1997) auf dem Crap Masegn liegt bei 4.4 m/s. Die höchsten Windgeschwindigkeiten werden im Winter verzeichnet. Somit dürften die Windgeschwindigkeiten im Sommerhalbjahr auch auf dem Crap Sogn Gion tiefer liegen. Tabelle 6 zeigt die langjährigen Monatsmittelwerte der ENET-Station Crap Masegn (1983 - 1997).

Tab. 5: Die Monatsmittelwerte des Crap Sogn Gion und der ENET-Station Crap Masegn sowie der Vergleich der Mittelwerte des Crap Sogn Gion mit den langjährigen Monatsmittelwerten dieser Station.

	November 02	**Dezember 02**	**Januar 03**	**Februar 03**
Crap Sogn Gion [m/s]	4.5	3.0	4.2	2.9
Crap Masegn [m/s]	6.0	4.1	5.1	4.2
% des langjährigen Monatsmittelwertes (1983 - 1997)	105	82	100	89

Tab. 6: Die langjährigen Monatsmittelwerte (1983 - 1997) der ENET-Station Crap Masegn [m/s].

Jan.	**Feb.**	**März**	**April**	**Mai**	**Juni**	**Juli**	**Aug.**	**Sept.**	**Okt**	**Nov**	**Dez**
5.1	4.7	5.3	5.5	4.4	4.2	4.0	3.8	4.1	4.4	5.7	5.0