www.meteotest.ch/cost727/index.html

Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

René Cattin, Meteotest

Eis und Fels 07, Andermatt, Schweiz, 21. Juni 2007

Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

3 Fragen

- Wie bewährt sich die WKA auf dem Gütsch unter Vereisungs-bedingungen (insbesondere die Blattheizung)?
- Gibt es einfache meteorologische Parameter mit welchen die Vereisung bestimmt werden kann?
- Welche Gefahr stellt der Eiswurf der WKA auf dem Gütsch dar?

Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

Datengrundlage

- Betriebsdaten der WKA (10-Minuten-Werte)
- Webcambilder (alle 30 Minuten)
- Messwerte der SwissMetNet Station (10-Minuten-Werte) inkl. Eisdetektoren

→ Alle Daten synchronisiert in Datenbank abgelegt

Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

Betriebsdaten der WKA

- Windgeschwindigkeit auf Gondel
- Ausrichtung der Gondel (= Windrichtung)
- produzierte Leistung
- Statusmeldungen (z.B. Heizung ein/aus)

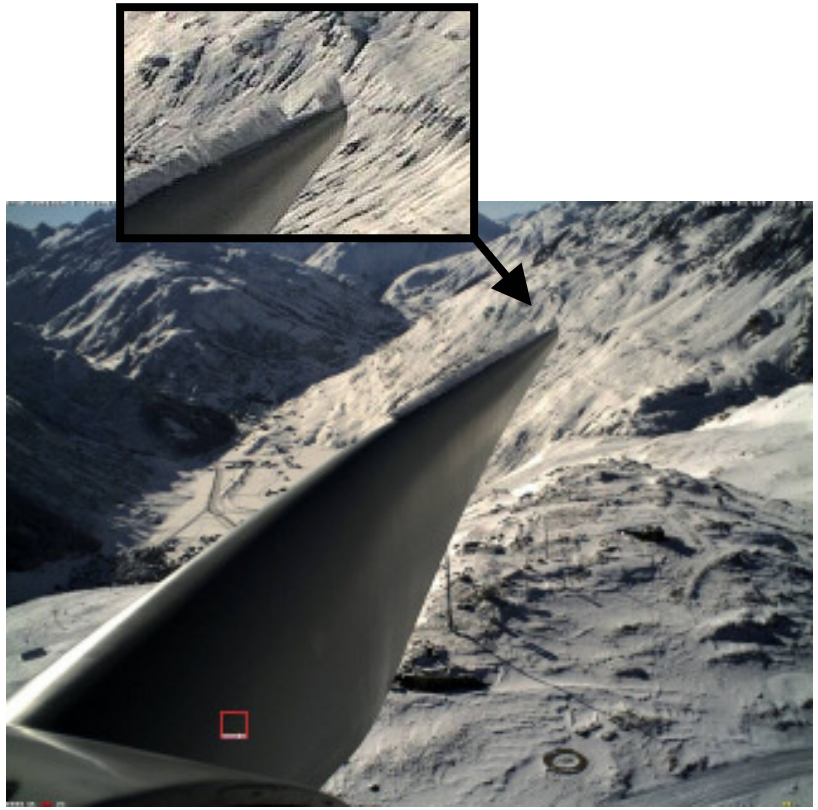
- zusätzlich Temperatur, relative Feuchte und einfallende langwellige Strahlung auf Nabenhöhe

www.meteotest.ch/cost727/index.html

Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

2 Webcams auf WKA



Rotorblatt

Gondelanemometer

www.meteotest.ch/cost727/index.html

Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

Messwerte der Swissmetnet Station

Eis und Fels 07, Andermatt, Schweiz, 21. Juni 2007

Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

Resultate Eiserkennung

Eisdetektion: Leistungskurve vs. produzierte Leistung
Beheizung: Warmluftgebläse

Anlage muss für Heizvorgang ausgeschaltet werden (1.5h)
Nach Heizvorgang schaltet Anlage automatisch wieder ein

Oktober 2005 – Mai 2006: 47 Heizvorgänge

Oktober 2006 – Mai 2007: 42 Heizvorgänge

grösste Häufigkeit im Frühling (April/Mai)

Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

Resultate Eiserkennung

- Vereisung findet vorwiegend während der Nacht statt
  -> keine Kamerabilder vorhanden

- Grundsätzlich gute Trefferquote bei der Eiserkennung
  -> gefahrloser Betrieb der Anlage möglich

- Vereisung bei niedriger Windgeschwindigkeit oder leichter Eisansatz werden nicht immer erkannt
  -> z.T. wird Eisansatz nur zeitverzögert erkannt

- Vereisung beginnt am Rotorblatt früher als am Sonic Anemometer (bewegte Struktur -> höhere Windgeschwindigkeit)

Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

Resultate Rotorblattheizung

- Heizleistung bzw. Wärmeübertragung auf Vorderkante des Rotorblattes teilweise zu schwach für vollständiges Abtauen
  - -> mehrere Heizzyklen nacheinander nötig
  - -> u.U. läuft Anlage mit vereisten Flügeln wieder an

- Eiswurfrisiko ist während des Heizvorgangs oder beim Anlaufen nach einem Heizvorgang am Grössten

WKA bewährt sich unter Vereisungsbedingungen

Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

Eiserkennung via Meteorologie

Annahme: Vereisung findet unter den folgenden Bedingungen statt:

I) Lufttemperatur $T_{air} < 0°C$
II) relative Feuchte $RH > 95\%$
III) WKA innerhalb der Wolken

www.meteotest.ch/cost727/index.html

Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

Eiserkennung via Meteorologie

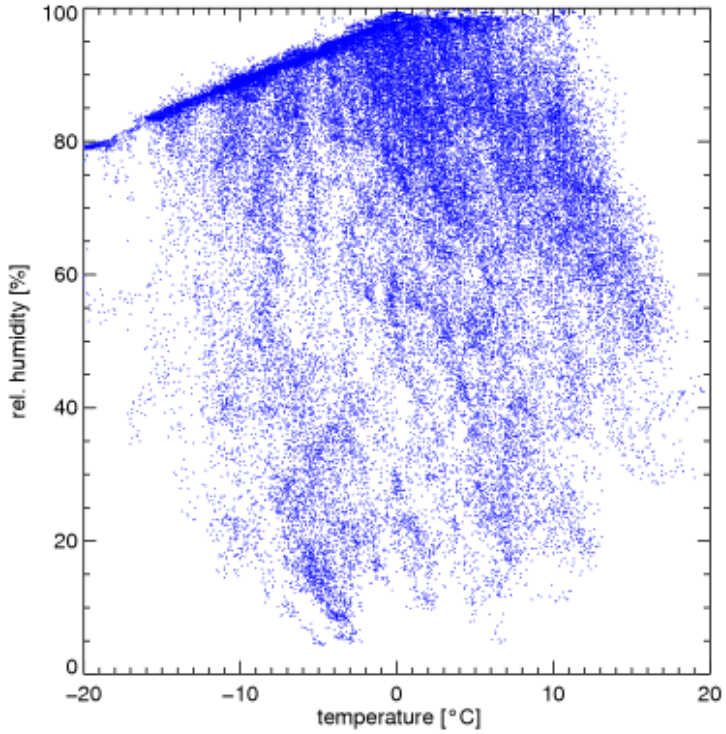
I & II: Temperatur und Feuchtesensor auf Gondel

Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

Eiserkennung via Meteorologie

Unter 0°C Korrektur der RH-Messung nötig



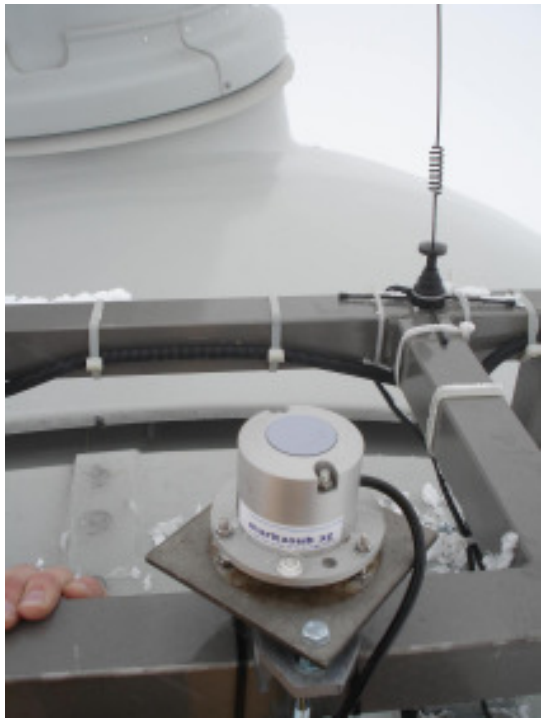
www.meteotest.ch/cost727/index.html

Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

Eiserkennung via Meteorologie

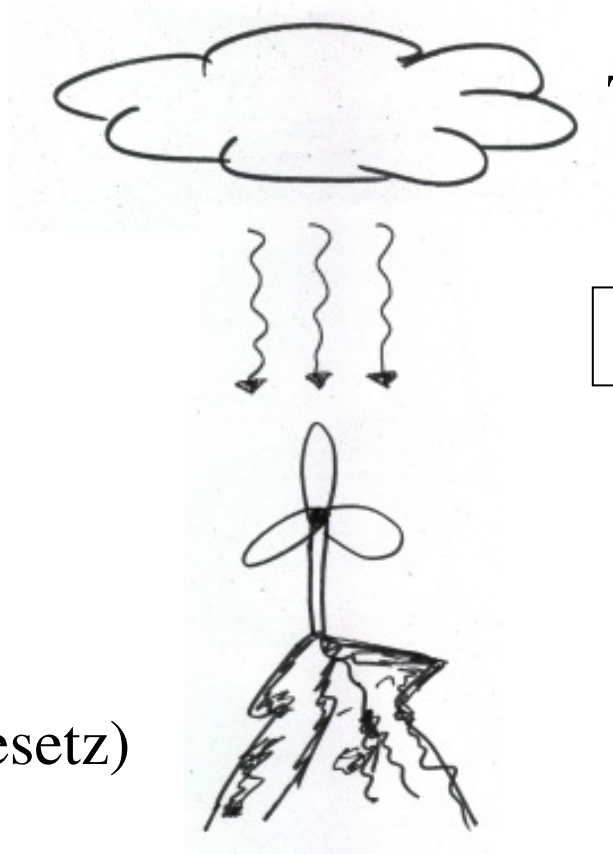
III: Messung der einfallenden langwelligen Strahlung L↓



Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

III: Messung der einfallenden langwelligen Strahlung L↓



T_{Sky}

$T_{Sky} < T_{Air}$

$L\downarrow \quad T_{Air}$

(Stefan-Boltzmann Gesetz)

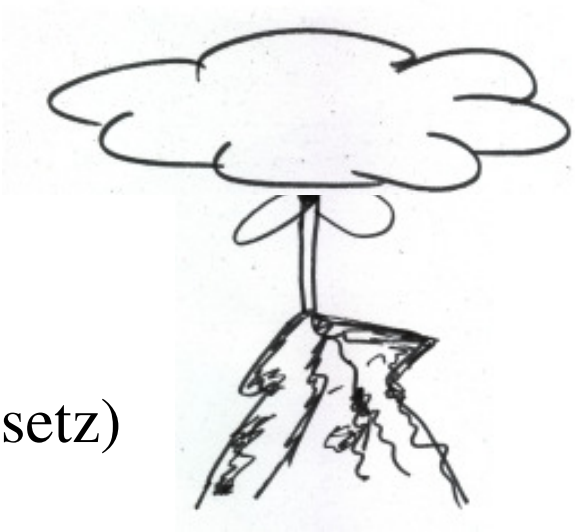
www.meteotest.ch/cost727/index.html

Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

Eiserkennung via Meteorologie

III: Messung der einfallenden langwelligen Strahlung L↓



$$T_{Sky} \approx T_{Air}$$

(Stefan-Boltzmann Gesetz)

Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

Eiserkennung via Meteorologie

erste Resultate vielversprechend
Überprüfung schwierig ohne Nachtbilder

Gondel der WKA oft innerhalb der Wolken, Meteostation aber nicht
-> Messung muss auf Nabenhöhe durchgeführt werden
(auch für Vorabschätzung)

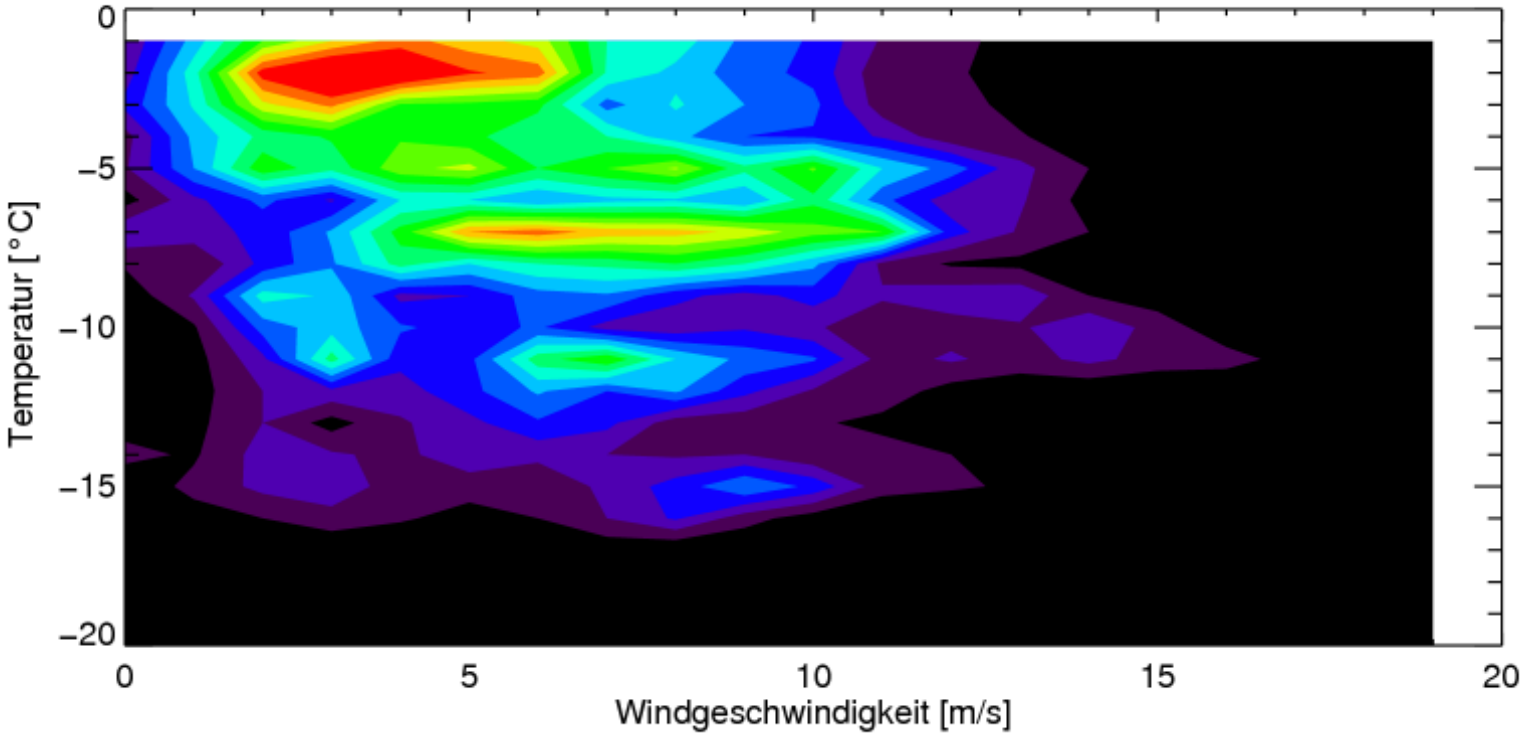
ersetzt keinen Eisdetektor!

www.meteotest.ch/cost727/index.html

Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

Eiserkennung via Meteorologie



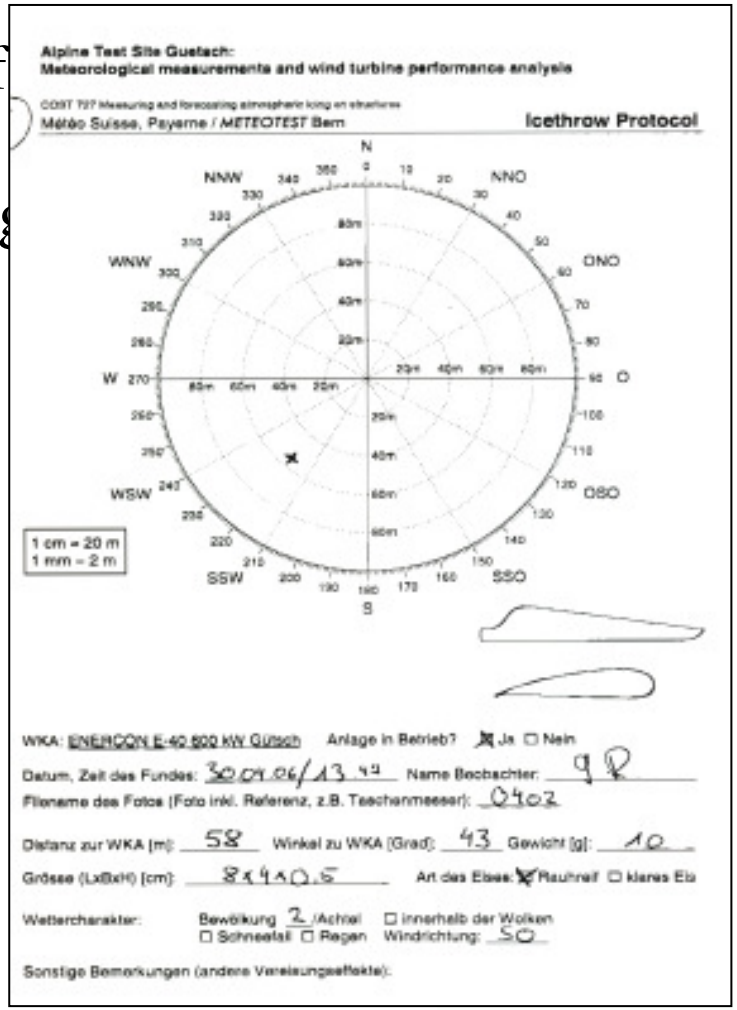
Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

WKA nahe an Skipiste -> Eiswurf

Nach Vereisungsereignis wird Ge
nach Eiswurf abgesucht:

- Distanz zu WKA
- Winkel relativ zu WKA
- Gewicht
- Grösse
- Eistyp
- Foto


Alpine Test Site Guetsch:
Meteorological measurements and wind turbine performance analysis

COST 727 Measuring and forecasting atmospheric icing on structures

Météo Suisse, Payerne / METEOTEST Bern

Icethrow Protocol

N NNO ONO O OSO SSO S SSW WSW W WNW NNW

1 cm = 20 m
1 mm = 2 m

WKA: ENERCON E-40 600 kW Gütsch Anlage in Betrieb? ☒ Ja ☐ Nein

Datum, Zeit des Fundes: 30.04.06/13.44 Name Beobachter: gR

Filename des Fotos (Foto inkl. Referenz, z.B. Taschenmesser): 0402

Distanz zur WKA [m]: 58 Winkel zu WKA [Grad]: 43 Gewicht [g]: 10

Grösse (LxBxH) [cm]: 8x4x0.5 Art des Eises: ☒ Rauhreif ☐ klares Eis

Wetercharakter: Bewölkung 2 /Achtel ☐ innerhalb der Wolken
☐ Schneefall ☐ Regen Windrichtung: SO

Sonstige Bemerkungen (andere Vereisungseffekte):

www.meteotest.ch/cost727/index.html

Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

Eis und Fels 07, Andermatt, Schweiz, 21. Juni 2007

Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

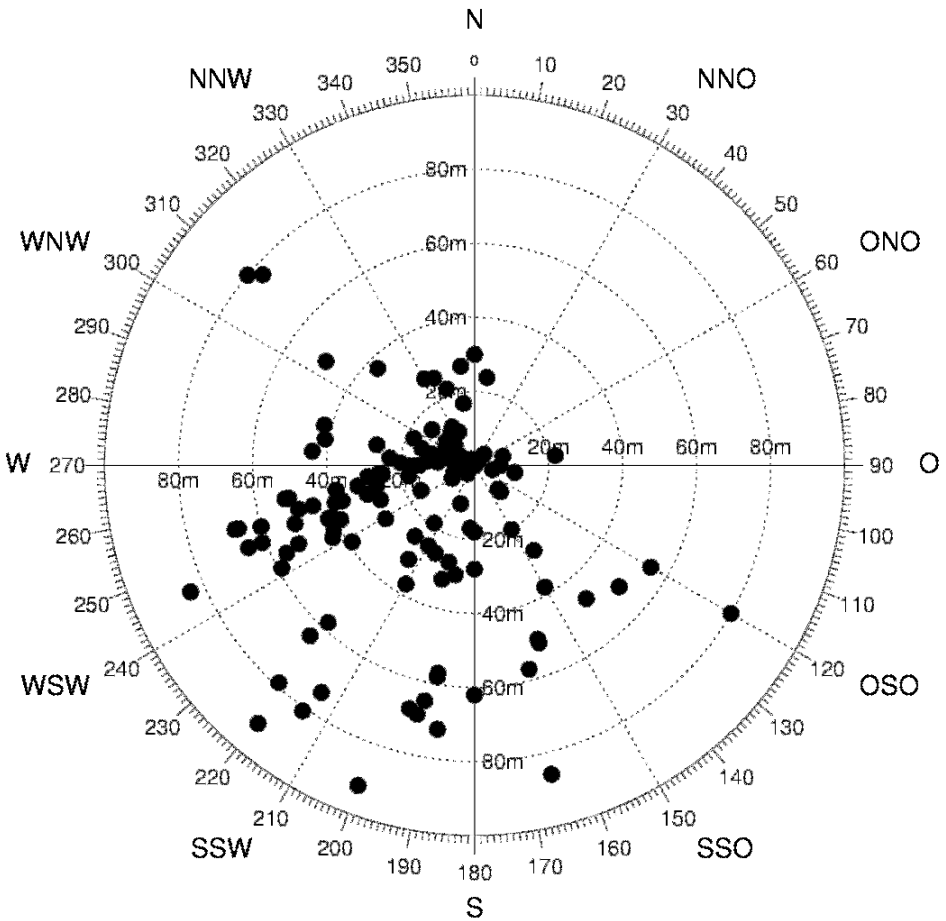
- 143 Funde
- Distanz bis zu 92 m
- Gewicht bis zu 1.8 kg
- Eiswurf auch im August

Maximale Wurfdistanz nach Seifert von 135 m wurde nicht überschritten

www.meteotest.ch/cost727/index.html

Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen



Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

- Eiswurf stellt ein Sicherheitsrisiko dar
- gefährlichster Standort unterhalb der Flügel
- gefährlichster Zeitpunkt während und kurz nach Heizvorgang

-> Winterwanderweg wurde umgeleitet
-> Warnschilder wurden aufgebaut

Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

FAZIT

Die WKA auf dem Gütsch bewährt sich unter vereisenden Bedingungen

Eiserkennung über Leistungskurve funktioniert in den meisten Fällen

meteorologische Parameter können bei der Einschätzung eines Standortes in Bezug auf Vereisung helfen

Eiswurf stellt ein Sicherheitsrisiko dar

www.meteotest.ch/cost727/index.html

Alpine Test Site Gütsch

Monitoring einer Windkraftanlage unter Vereisungsbedingungen

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Dank an alle Projektpartner!