Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse

Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik

Band: 95 (2004)

Heft: 18

Artikel: Ergebnisse des Forschungsprojekts "Wind Energy in Cold Climates" (WECO)

Autor: Horbaty, Robert

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-857976

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 01.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Ergebnisse des Forschungsprojekts «Wind Energy in Cold Climates» (WECO)

Wesentliche Erkenntnisse durch Schweizer Standorte

Alle grösseren Schweizer Windturbinen stehen an Standorten mit kalten klimatischen Bedingungen und produzieren den Grossteil des Stroms im Winterhalbjahr. Der Funktionsfähigkeit der Anlagen unter dem Einfluss von Kälte, Eis und Schnee kommt deshalb eine zentrale Bedeutung zu. Ein laufendes Forschungsprogramm der Internationalen Energie Agentur IEA wertet Standortdaten und Betriebserfahrungen aus.

■ Robert Horbaty

Substanzielles Windpotenzial an Standorten mit kaltem Klima

Weltweit besteht ein bedeutendes Windenergiepotenzial an Standorten, welche von kalten klimatischen Bedingungen betroffen sind, das heisst in höheren Lagen über 1000 m ü.M., an eigentlichen Gebirgsstandorten in den Alpen, den Rocky Mountains, den Anden und dem Himalaja sowie in arktischen Zonen und – was für den nördlichen Teil von Europa, Nordamerika und Asien meist zutrifft – in ausgeprägten Winterwindgebieten. Obwohl im Moment von den weltweit installierten 40 000 MW Windturbinenleistung sich erst rund 500 MW in eigentlichem kalten Klima befinden, wird dieses Segment des Weltmarktes als substanziell eingeschätzt. Marktstudien gehen davon aus, dass rund 20% des riesigen Windenergiepotentials von Fragen im Zusammenhang mit kaltem Klima betroffen sind.

Die Nutzung des Windpotenzials an diesen Standorten ist mit Erschwernissen verbunden, die bereits bei der Standortevaluation beginnen: Oft fehlen verlässliche Raureif- und Vereisungsdaten, und bei den Messungen werden die eingesetzten Geräte selbst durch die Vereisung beeinflusst. Das Material der installierten Windenergieanlagen (WEA) wird durch Kälte und Vereisung stark strapaziert; vereiste Rotoren führen zu Produktionseinbussen (Bild 1). Zur Verbesserung der Entscheidungsgrundlage für die Installation von neuen Anlagen in Eis und Schnee wurde das dreijährige Forschungsprogramm der Internationalen Energie-Agentur Annex XIX «Wind Energy in Cold Climates» ins Leben gerufen. Es hat zum Ziel, bis Herbst 2004 Informationen zu Betriebserfahrungen unter klimatisch harschen Bedingungen zusammenzutragen, zu systematisieren und darauf basierend einen Praxisleitfaden für Anlagenhersteller und -betreiber sowie Messgerätehersteller zu erarbeiten. Unter Federführung des finnischen Forschungsinstituts VTT und mit Beteiligten aus Norwegen, Schweden, Dänemark, Kanada, den USA und der Schweiz werden Standorte mit tiefen Temperaturen oder Vereisung untersucht, die ausserhalb des Einsatzgebietes von Standard-Windturbinen liegen.

Bild 1 150-kW-Anlage auf dem Grenchenberg (SO), Raureif löst sich vom Rotorblatt.

Für die Schweiz wesentlich

Tiefe Temperaturen und Vereisung wirken sich tief greifend auf Anlagen und deren Betrieb aus. Tiefe Temperaturen können zu Rissen im Material, Funktionsbeeinträchtigungen von Hydraulik und Elektronik und ungenügender Schmierung von Getrieben führen; Betriebsüberwachung und Service werden erschwert. Vereisung kann die Aerodynamik der Rotorblätter negativ beeinflussen, zu Unwuchten führen und die Lasten an der Windturbine bedeutend erhöhen. Die Messgeräte zur Anlagensteuerung können ebenso negativ beeinflusst werden, und aus Sicherheitsgründen müssen die Windkraftanlagen unter vereisenden Bedingungen zum Teil abgeschaltet werden. All die genannten Beeinträchtigungen vermindern die Stromproduktion und erhöhen die Betriebskosten (Bild 2).

Die Ergebnisse des Forschungsprogramms können somit die Voraussetzungen für einen ökonomischeren Anlagenbetrieb liefern. Für die Schweiz haben sie eine wesentliche Bedeutung. Hierzulande befinden sich über 90% der installier-

Adresse des Autors
Robert Horbaty
Verantwortlich für den Schweizer Teil des Forschungsprogramms «Wind Energy in Cold Climates»
Geschäftsführer Suisse Eole – Vereinigung zur Förderung der Windenergie in der Schweiz
ENCO Energie-Consulting AG
Wattwerkstrasse 1
4416 Bubendorf

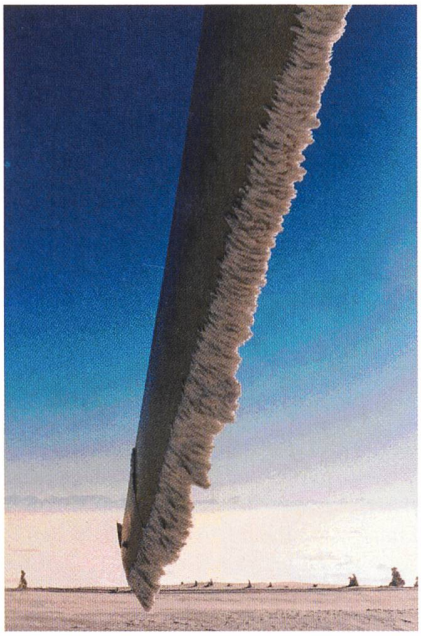


Bild 2 Reifbildung an einem Rotorblatt der Grenchenberg-Anlage, nach einer Woche Nebel am Standort (Foto ADEV).

ten Anlagen und der Grossteil des ausgewiesenen Windenergiepotenzials an Standorten, die von kaltem Klima betroffenen sind. Zudem sind 60 bis 70% des erzeugten Windstroms Winterelektrizität. Durch die Teilnahme am internationalen Projekt eröffnet sich der Schweizer Windbranche die Möglichkeit, ihre eigenen Erfahrungen und Produkte verfügbar zu machen und von internationalen Erfahrungen zu profitieren.

Vereisungsdaten fehlen oft

Schon die Antwort auf die Frage, wie Vereisung überhaupt festgestellt werden kann, hat sich als relativ komplex erwiesen. Temperaturdaten werden für gewöhnlich erhoben, um Wetterprognosen zu erstellen. Das bedeutet, dass langjährige Daten für Temperaturextreme und die Dauer der Perioden mit tiefen Temperaturen bestehen, selten jedoch solche über Vereisung.

Im Rahmen des Forschungsprogramms wurden Modellrechnungen und darauf basierende grossmassstäbliche Vereisungskarten entwickelt sowie an einer Standardmethode gearbeitet, um aufgrund der erhobenen meteorologischen Daten die lokalen Vereisungsperioden errechnen zu können.

An den zu evaluierenden Standorten in kaltem Klima sollten die Messeinrichtungen durch einen Eisdetektor ergänzt und zudem auch speziell ausgelegte Windmessgeräte eingesetzt werden (Bild 3).

Setzen sich an der Windfahne und besonders am Anemometer Eiskristalle fest, werden die Resultate z.T. grob verfälscht. Nur schon etwas Raureif an Kappen und Schaft eines Anemometers können bei einer Windgeschwindigkeit von 10 m/s zu um 30% verminderten Zahlenergebnissen führen. Um solche Fehlmessungen zu vermeiden, sollten die kritischen Teile der Windsensoren beheizt werden.

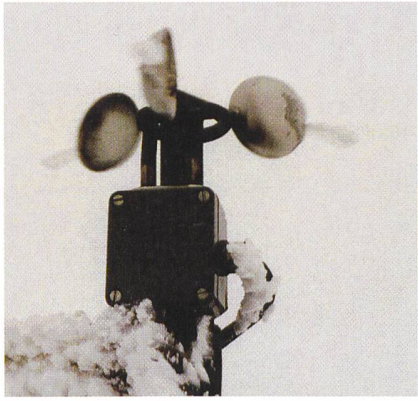


Bild 4 Trotz beheiztem Anemometer konnte sich an den Schalen des Windmessgerätes, welches der Steuerung der Anlage auf dem Grenchenberg dient, Raureif ansetzen, was zu grossen Fehlmessungen führt (Foto ADEV).

Wenn zusätzlich zum beheizten auch noch ein unbeheiztes Anemometer eingesetzt wird, können die beiden unterschiedlichen Messresultate ebenfalls zur Ermittlung der vereisenden Perioden dienen und dadurch zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit z.B. einer Rotorblattheizung herangezogen werden (Bilder 4 und 5).

Gerade im Bereich Standortabklärung besteht spezifisches Schweizer Knowhow, speziell bei der Vernetzung meteorologischer Daten mit denjenigen von Windmessern und Eisdetektoren zur zuverlässigen Beurteilung von Windverhältnissen und Vereisungsgefahr an Gebirgsstandorten. Im Bereich Eisdetektoren und Anemometer sind ebenfalls schweizerische Unternehmen aktiv.

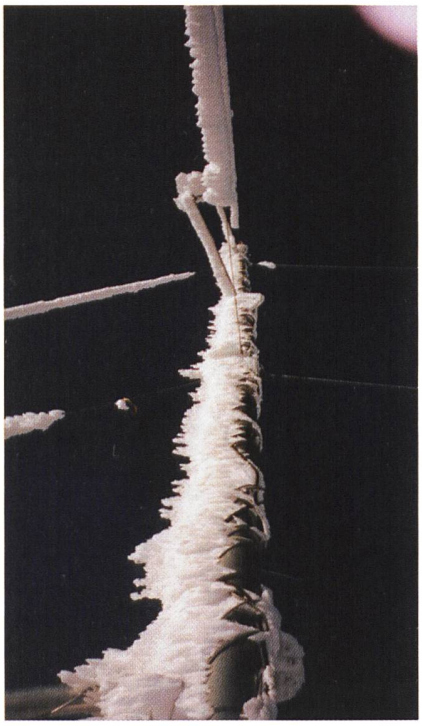


Bild 3 An Standorten mit harschen klimatischen Bedingungen, wie hier auf dem Gotthardpass, sind geheizte Anemometer notwendig (Foto NEK).

Besser Vereisung verhindern

Die im Rahmen des Forschungsprogramms erhobenen Betriebsdaten bereits bestehender Anlagen in kaltem Klima tragen dazu bei, die Entscheidungsgrundlagen für Produktion, Installation und Betrieb zu verbessern. Die allgemeinen Erkenntnisse sind:

- Es sind Produkte und Systeme auf dem Markt, welche sowohl eine Eisbildung erkennen als diese – mindestens ansatzweise – auch verhindern können.
- Vereisung wird jedoch meist verzögert erkannt.
- Die Vereisung dauert oft länger, als die eigentlich vereisenden Bedingungen vorherrschen – gerade bei geringer Sonneneinstrahlung.
- Es muss klar unterschieden werden zwischen Raureif und solidem Eis (Bild 6).
- Gute Eisdetektoren tragen dazu bei, dass der totale Heizaufwand der Anlage minimiert werden kann.

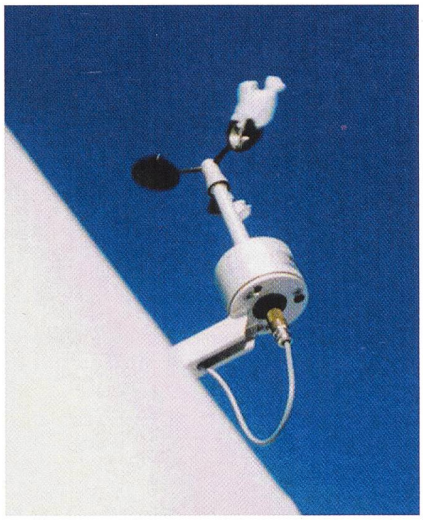


Bild 5 Auch an diesem Anemometer an der Anlage auf dem Titlis setzte sich Raureif an – trotz geheiztem Instrument. (Foto ADEV).

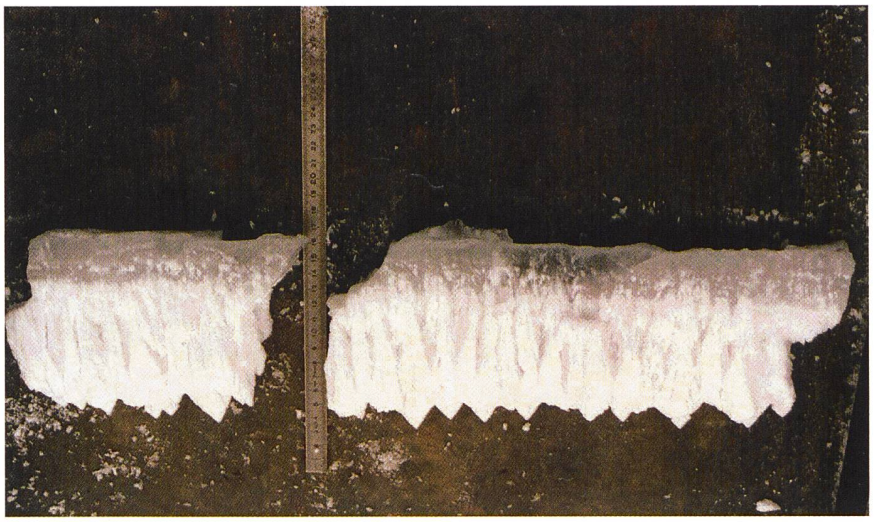


Bild 6 Meist bildet sich in Nebelsituationen Raureif, bei vereisendem Regen kann an den Rotorblättern aber auch klares Eis auftreten, wie hier auf dem Grenchenberg.

– Vereisung kann in geringerem Masse auch bei beheizten Rotorblättern auftreten.

Aus Schweizer Sicht zentral sind die Betriebserfahrungen, die man auf dem Gütsch, dem höchsten Standort einer Gross-Windturbine, gesammelt hat (Bild 7). Die Eisdetektion wurde über einen Temperatur- und Feuchtigkeitssensor an der Tür zum Turm vorgenommen. Es hat sich aber gezeigt, dass sich an den sehr exponierten Rotorspitzen bereits Raureif oder Eis festsetzte, bevor die Sensoren dies feststellten. Das führte dazu, dass die installierte Rotorblattheizung zu spät eingeschaltet wurde. Generell gilt: Vereisung zu verhindern ist immer mit einem geringeren Aufwand verbunden als vereiste Anlagenteile abzutauen. Empfehlenswert ist der Einsatz eines speziellen Eisdetektors, der an der Nabe oder noch besser an den Rotorspitzen eingebaut wird – trotz des damit verbundenen grösseren Wartungsaufwandes (Bild 8).

Jedes einzelne Rotorblatt der Anlage auf dem Gütsch wurde mit einem 7-kW-Warmluftgebläse beheizt. Da die Gebläse in den Rotoren eingebaut sind, ist – im Unterschied zu anderen Anlagentypen – eine Enteisung der Anlage auch während des Betriebs möglich. Im Winter 2002/03 wurde während 300 bis 400 Stunden beheizt, wofür jeweils 1% der Stromproduktion benötigt wurde. Eine Beheizung war auf dem Gütsch finanziell lohnend, weil damit wesentliche Produktionsausfälle vermieden werden konnten. Zudem konnte man damit auch dem Sicherheitsaspekt (Eiswurfproblematik) besser gerecht werden.

Spezielle Materialien gefordert

An Standorten mit starker Vereisung – so der «State-of-the-Art»-Bericht (siehe Referenzen «Links» am Schluss) – ist es für befriedigende Ergebnisse aber fast unumgänglich, die Aussenflächen der Rotorblätter zu beheizen, z. B. mit einlaminierten Heizelementen. Eine weitere Alternative wäre die pneumatische Entfernung von Eis mit einer sich schnell aufblasenden Membrane an der Rotorflügelkante; dieses System wurde erfolgreich bei kleinen Flugzeugen angewandt und hat den Vorteil, dass es weniger Energie benötigt als eine Heizung. Erfahrungen mit Windturbinen fehlen allerdings noch.

An Standorten, wo nur leichte Vereisung auftritt und die Sonneneinstrahlung gross ist, kann es ausreichen, wenn die Rotorblätter schwarz gefärbt sind – ästhetisch aber eine unbefriedigende Lösung. Teflon-Spezialbeschichtungen, die das Ansetzen von Eis verhindern sollten, zeigten hingegen keine Wirkung. Bezüglich Kunststoff(-beschichtungen), Nano-Technologie usw. bietet sich für das schweizerische Know-how ein interessantes Forschungsfeld.

Die Rotorblätter sind sicher die exponiertesten Teile für Vereisung, doch auch gefrierende Feuchtigkeit und eindringender Schnee können die Anlage beeinträchtigen. Getriebeöl, Nachführungssysteme und andere Komponenten sollten eventuell ebenfalls beheizt werden können.

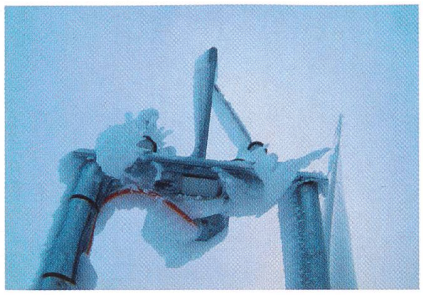


Bild 7 Vereistes Anemometer und Windfahne auf der Gütsch-Anlage.

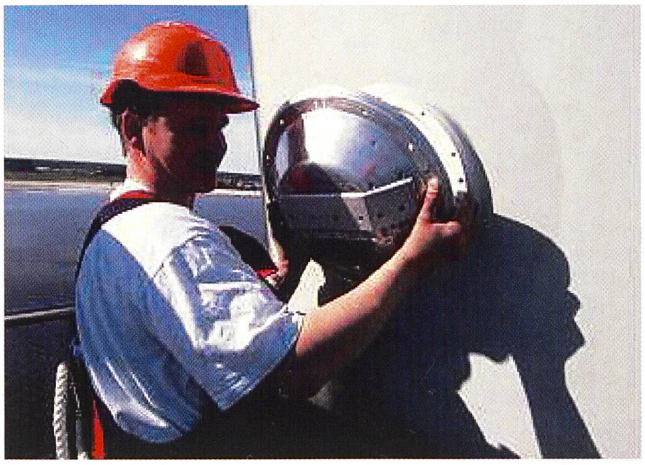


Bild 8 Montage eines Eisdetektors an einer Rotorblattspitze einer Anlage in Finnland.

Kalte klimatische Bedingungen beeinflussen die Eigenschaften der verwendeten Materialien wie Glasfasern, Plastik, Stahl und Schmiermittel. Wenn beispielsweise die Isolation von Elektrodrähten spröde und brüchig wird, kann daraus ein Kurzschluss resultieren. Normale Öle, dies ein anderes Beispiel, werden bei grosser Kälte sehr dickflüssig; dadurch kann der Getriebewiderstand zunehmen. In beiden Fällen sind speziell geeignete Ausführungen notwendig.

Praxisleitfaden in Vorbereitung

Die im «State-of-the-Art-Report» gesammelten Erkenntnisse sind ein erster Schritt, durch grösseres Wissen die Planungs- und Betriebsrisiken von Windenergieprojekten unter kalten klimatischen Bedingungen zu reduzieren:

- Der Einsatz von «klimagerechten» Messinstrumenten ermöglicht exaktere Auswertungen der Windgeschwindigkeiten und der zu erwartenden Vereisungsperioden.
- Die Verbesserung der Datenqualität führt zu realistischeren Ertragsberechnungen.
- Die Anlagenhersteller bieten Sonderausstattungen für entsprechende Standorte an.
- Aufgrund der Qualifizierung der projektierten Standorte können die Kosten dieser Sonderausstattung ermittelt und validiert werden.
- Somit reduziert sich die Unsicherheit hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit von Windenergieanlagen in kaltem Klima.

In der momentan laufenden letzten Phase des Forschungsprogramms geht es um die Ausarbeitung von Leitlinien für Konstruktion, Installation und Betrieb von Anlagen in kaltem Klima. Die Publikation dieser Ergebnisse ist im Dezember dieses Jahres zu erwarten.

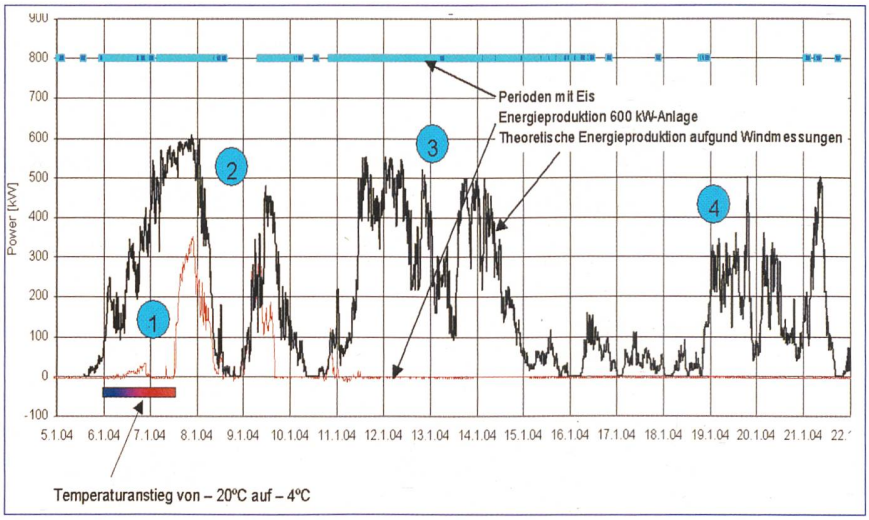


Bild 9 Betriebsresultate einer 600-kW-Anlage unter vereisenden Bedingungen bei defekter Blattheizung (Grafik VTT Finnland).

1 Obwohl der Eisdetektor Vereisung meldet, startet die Maschine in gutem Wind wegen dem Temperaturanstiegs – liefert jedoch deutlich weniger Energie als aufgrund der vorliegenden Windverhältnisse möglich wäre.
2 In dieser eisfreien Periode korrelieren theoretischer und effektiver Energieertrag, bis wieder Vereisung auftritt.
3 Während fünf windreichen, aber «eisigen» Tagen wird keine Energie produziert.
4 Die lange vereisende Periode führt dazu, dass die Maschine «eingefroren» bleibt, obwohl der Eisdetektor keine Vereisung mehr meldet.

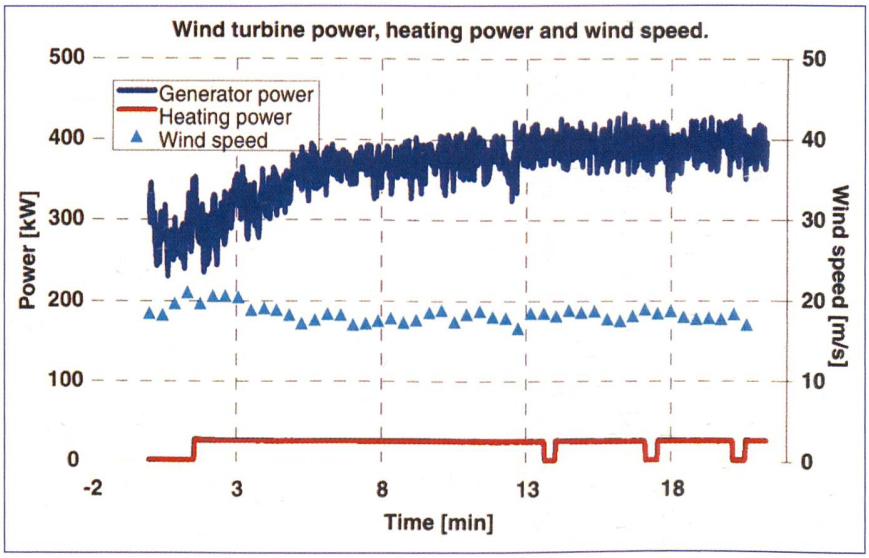


Bild 10 Bei gleich bleibender Windgeschwindigkeit konnte an dieser 400-kW-Windkraftanlage in Nord-Finnland mit einer Blattheizung (Leistung rund 40 kW) zusätzlich 150 kW mehr Leistung erzeugt werden.

Links

- Informationen zum IEA-Forschungsprogramm Annex XIX (englisch) unter: http://arcticwind.vtt.fi
- Informationen über Suisse-Eole unter www.wind-energie.ch
- Download des «State of the Art»-Berichts: http://www.wind-energie.ch/images/techpro/state_of_the_art_reportfinal2.pdf
- Download des Vergleichstests von Messgeräten unter vereisenden Bedingungen: http://www.wind-energie.ch/images/techpro/SWS_FINA.pdf

Résultats du projet de recherche «Wind Energy in Cold Climates» (WECO)

Les sites suisses livrent de précieuses informations

En Suisse, toutes les turbines éoliennes sont situées sur des sites où règnent des conditions climatiques froides et produisent la plus grande partie de leur énergie durant le semestre hivernal. Le bon fonctionnement des installations sous les effets du froid, de la glace et de la neige revêt donc une importance capitale. Actuellement, un programme de recherche de l'Agence internationale de l'énergie analyse les données des sites et les expériences en matière de fonctionnement.

4 für 15 cm – 150 cm:

Aequifix®

aequus, aequa, aequum lat. = flach, eben, waagrecht
im Sport: ex-aequo = im gleichen Rang

Kompetenz in Text und Bild

Suchen Sie eine Fachperson, die Ihre Drucksachen gestaltet und realisiert?

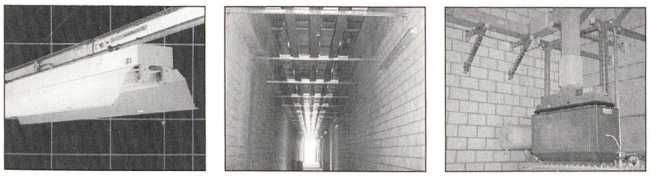
Briefschaften Logos Broschüren
Bücher Illustrationen Hauszeitungen

Pia Thür **Visuelle Gestaltung**

Hardturmstrasse 261, 8005 Zürich
Tel 01-563 86 76 Fax 01-563 86 86
piathuer@dplanet.ch

Zu kaufen gesucht
gebrauchte Stromaggregate und Motoren
(Diesel oder Gas) ab 250 bis 5000 kVA, alle Baujahre, auch für Ersatzteile

LIHAMIJ
Postfach 51, 5595 Leende – Holland
Tel. +31 (0) 40 206 14 40, Fax +31 (0) 40 206 21 58
E-Mail: sales@lihamij.com



Ihre Sicherheit – CE BVQI ISO 9001

LANZ Stromschienen 25 A – 6000 A

- **LANZ EAE – metallgekapselt 25 A – 4000 A IP 55**
  für die änder- und erweiterbare Stromversorgung von Beleuchtungen, Anlagen und Maschinen in Labors, Fabriken, Fertigungsstrassen, etc. Abgangskästen steckbar.
- **LANZ HE – giessharzvergossen 400 A – 6000 A IP 68**
  Die weltbeste Stromschiene. 100% korrosionsfest. EN / IEC typengeprüft. Abschirmung für höchste EMV-Ansprüche. Auch mit 200% Neutralleiter. Anschlussköpfe nach Kundenspezifikationen. Abgangskästen steckbar.

Speziell empfohlen zur Verbindung Trafo-Hauptverteilung, zur Stockwerk-Erschliessung in Verwaltungsgebäuden, Rechenzentren und Spitälern, zum Einsatz in Kraftwerken, Kehrichtverbrennungs-, Abwasserreinigungs- und allen Aussenanlagen. Beratung, Offerte, rasche preisgünstige Lieferung weltweit von lanz oensingen ag 4702 Oensingen Tel. 062 388 21 21

☐ Mich interessieren Stromschienen. Senden Sie Unterlagen.
☐ Könnten Sie mich besuchen? Bitte tel. Voranmeldung!

Name / Adresse / Tel. _____

S2

lanz oensingen ag
CH-4702 Oensingen Südringstrasse 2
Telefon 062 388 21 21 Fax 062 388 24 24
www.lanz-oens.com info@lanz-oens-com