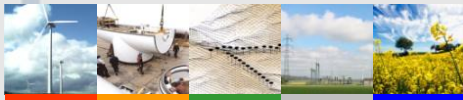


WINDPOTENZIAL in TSCHECHIEN

von Dipl. Ing. Stefan CHUN

Präsentation anlässlich der
Seminarreihe „GO-EAST“
Berlin, 02. April 2009



Engineering Services for Renewable Energies
Dipl. Ing. Stefan CHUN

Windpotenzial in Tschechien

Inhalt der Präsentation

Berlin / 02.04.2009 / SC

- **Kurze Vorstellung CUBE Engineering GmbH**
- **Windmessungen**
- **Modellierung von Windfeldern**
- **Tschechien und seine Topographie**
- **Windpotenziale in Tschechien**
- **Standortsuche – Wie finde ich den besten Standort?**

Windpotenzial in Tschechien

Inhalt der Präsentation

Berlin / 02.04.2009 / SC



- **Kurze Vorstellung CUBE Engineering GmbH**

Seite 3

Windpotenzial in Tschechien

CUBE Engineering GmbH – Wer, was, wo?

Berlin / 02.04.2009 / SC



CUBE in Zahlen

- CUBE Engineering ist 2002 aus der Fusion von plenum energy (est.1997) und Ingenieurbüro Chun (est.1991) hervorgegangen
- Geschäftsführende Gesellschafter: Jörg Beland / Stefan Chun
- 3 Büros in Deutschland: Kassel, Husum, Hamburg
- Büro in Edinburgh (UK, 2006)
- Büro in Constanta (RO, 11.2008)
- 38 Angestellte (2008)
- Umsatz ca. 2.2 Mill. Euro (2008)

Windenergie Consultant und Ingenieurbüro
Mehr als 9.500 MW in 2700 Projekten
Unabhängige und internationale Arbeit
Windenergie Erfahrung seit 1991



Windpotenzial in Tschechien

CUBE Engineering GmbH - Leistungen

Berlin / 02.04.2009 / SC



Wind Energy Department

- Wind measurement
- Site assessment
- Wind resource study
- Energy yield prediction
- Model analysis
- Measurement campaigns
- Optimisation
- Turbulence analysis

Environment Department

- Visualisation
- Sound emission prognosis
- Shadow flicker analysis
- Animation
- Environmental impact study
- Zone of visual influence

Electrical Grid

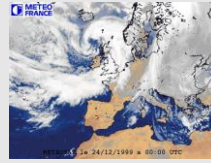
- Net computation
- Estimation of electrical losses
- Design of grid connection
- Optimisation
- Cable dimensioning

Project Planning Department

- Micro Siting
- Site management planning
- Tender invitations
- Contracting
- Construction implementation
- Generation Interconnection Study
- Due Diligence

Other Renewable Energies

- Photo-voltaic
- Hydro power
- Designs and feasibility studies for decentralised energy systems such as biogas, biomass and block heat and power plants



Seite 5

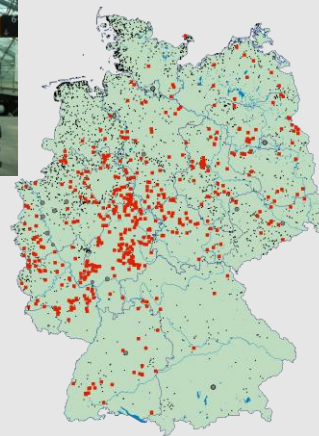
Windpotenzial in Tschechien

CUBE Engineering GmbH - Referenzen

Berlin / 02.04.2009 / SC



Experience gathered from more than 2,700 projects worldwide with an installed capacity of > 9,500 MW



Argentina, Australia, Austria, Belgium, Bulgaria, Brazil, Chile, China, Costa Rica, Croatia, Czech Republic, Denmark, Egypt, England, France, Germany, Greece, Hungary, Ireland, Italy, Kenya, Libya, Lithuania, Luxembourg, Pakistan, Poland, Portugal, Romania, Russia, Scotland, Slovakia, Spain, Turkey, U.A.E., Ukraine, USA.

windbase

Over 1,750 reference projects in Germany with a planned capacity of more than 6,200 MW

Seite 6

Windpotenzial in Tschechien

CUBE Engineering GmbH – Referenzen in Tschechien

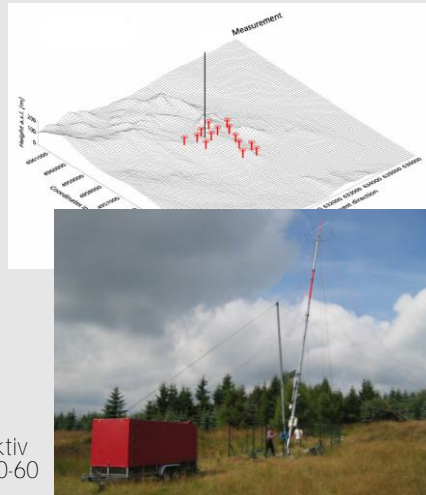
Berlin / 02.04.2009 / SC



Aktuelle Aktivitäten in Tschechien

- Wind Mapping / Windkarten
- Screening & Standortfindung
- Windmessungen (50-80m Systeme)
- Windgutachten, Ertragsabschätzungen und Energieberechnungen
- Micro Siting, Optimierung & Layout
- Turbulenzstudien
- Umweltstudien
- Due Dilligence
- Consultancy
- Greenfield Development
- Projektmanagement

CUBE ist seit ca. 4 Jahren in Tschechien aktiv und betreut derzeit 2 Projekte mit rund 50-60 MW geplanter Windpark Gesamtleistung.



Seite 7

Windpotenzial in Tschechien

CUBE Engineering GmbH – Referenzprojekt in Tschechien

Berlin / 02.04.2009 / SC



Greenfield Development,
Wind Mapping, Wind Assessment,
EIA Management
Permitting Process
EPC / BOP Consultancy, Supervision of
Construction,

Land: CZECH REPUBLIC
Start: 2005

Client: Developer
Role: Consultant
Size: 1 Project
with >35 MW

Seite 8

- **Windmessungen**

1) direkte Messung Punktmessung, zeitlich begrenzt

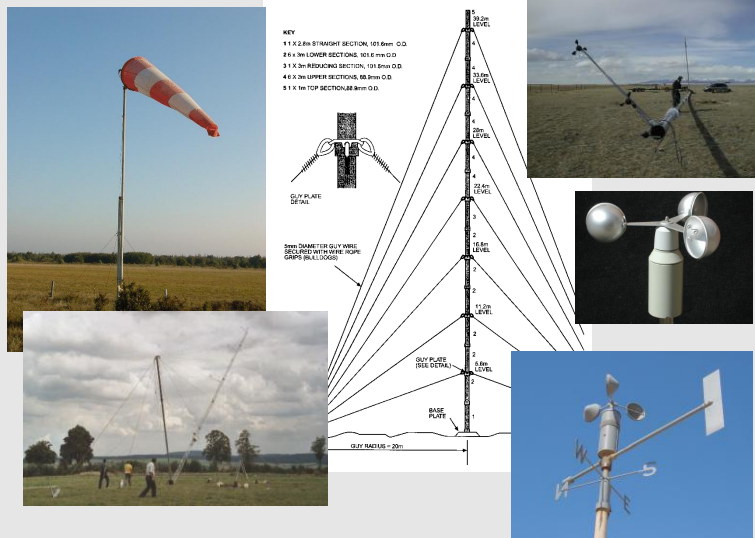
2) Berechnung Umrechnung entfernter Messungen
auf lokale Standortfaktoren

	Region	Methode
Wetteranalysen	großräumig bis global	Wetterdaten, Zirkulationsmodelle
statistische Windfeldmodelle	großräumig	statistische Interpolation mit Nebenbedingungen
mesoskalige Modelle	regional	nichtlineare Navier-Stokes Gleichungen, Thermodynamik, reguläre Gitter
WAsP	standortbezogen	linearisierte Gleichungen, neutrale Schichtung, standortzentriertes Gitter

Windpotenzial in Tschechien

Windmessungen - Beispiele

Berlin / 02.04.2009 / SC



Seite 11

Windpotenzial in Tschechien

Datenerfassung / Datenlogger (Beispiele)

Berlin / 02.04.2009 / SC



Auswahl Anbieter:

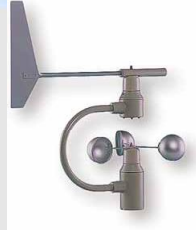
- Ammonit (DE, Wicom)
- Campbell (UK)
- Ekopower (NL)
- NES (DE, Modas)
- NRG (US)
- Secondwind (Nomad)
- Thies (DE)
- Wilmers (DE)

Seite 12

Windpotenzial in Tschechien

Anemometertypen – Sensoren zur Erfassung der Windgeschwindigkeit

Berlin / 02.04.2009 / SC



Die Messgenauigkeit hängt vom Anemometertyp ab

Seite 13

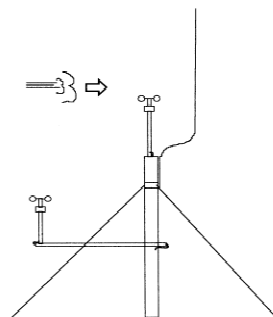
Windpotenzial in Tschechien

Fehler bei der Montage von Anemometern

Berlin / 02.04.2009 / SC



gute Montage



schlechte Montage

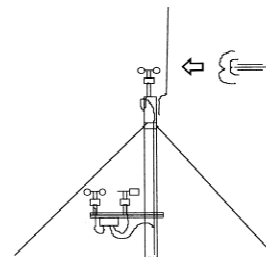


Figure 106. Example of poor practice in deployment of cup anemometry

Seite 14

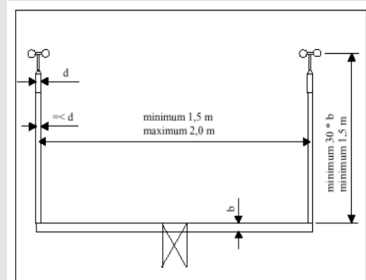
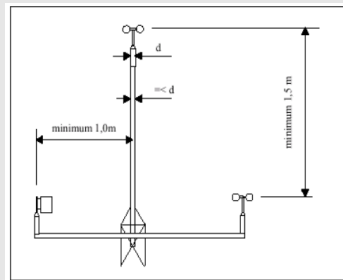
Windpotenzial in Tschechien

Anordnung der Sensoren nach der IEC 61400-12

Berlin / 02.04.2009 / SC



Nach der IEC-Norm 61400-12 müssen die Sensoren wie folgt angeordnet sein:



Seite 15

Windpotenzial in Tschechien

Ausrichtung der Ausleger mit Sensoren

Berlin / 02.04.2009 / SC



Messfehler am Rohrmast durch falsche Ausrichtung

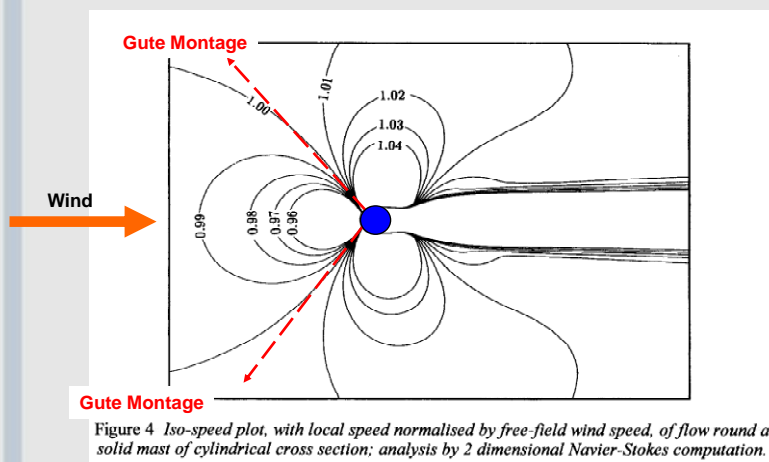
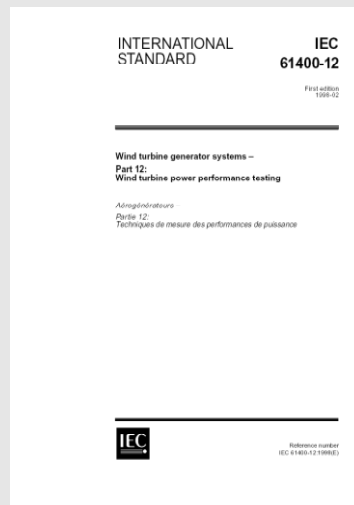
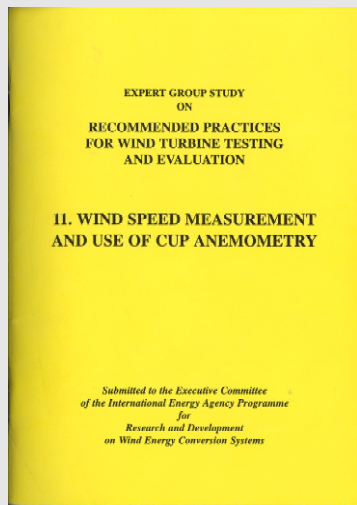


Figure 4 Iso-speed plot, with local speed normalised by free-field wind speed, of flow round a solid mast of cylindrical cross section; analysis by 2 dimensional Navier-Stokes computation.

Seite 16



Allgemeine Empfehlungen

- Auf Montage der Ausleger (Länge, Orientierung) hinsichtlich Hauptwindrichtung und Masteinfluss achten.
- Messhöhe sollte ca. 2/3 der geplanten Nabenhöhe sein
- Windgeschwindigkeit min. in 2 besser in 3 Höhen messen um Windprofil abzubilden
- Mindestens zwei Windfahnen
- Regelmäßige Überprüfung von Messdaten und Mast
- Repräsentative Messperiode (min. 12 Monate).
- Messpunkt am repräsentativen WEA Standort – charakteristisch für gesamten Standort, also nicht die exponierteste Stelle, nicht an (Steil-)Kanten und frei von Hindernissen.



Windpotenzial in Tschechien

Was sind die benötigten Kennwerte einer Windmessung?

Berlin / 02.04.2009 / SC



Welche Informationen werden benötigt?

Daten in Form von 10min Mittelwerten basierend auf einer Abtastung von 1-3 Sekunden (0,3 – 1,0 Hz):

- Datum
- Uhrzeit
- Windgeschwindigkeit mind. in 2 Höhen
- Standard-Abweichung (für Berechnung der Turbulenz) und Maximum
- Windrichtung
- Temperatur (Standard)
- Optional: Druck, Feuchte, 2. Temperatur



Die Auswahl des Messausrüstung (Qualität, Konformität) und die Auswahl des Masts sollten auf die Größe des geplanten Windparks ausgerichtet sein. Verlässliche und belastbare Informationen sind absolute Voraussetzung für Investitionen in den entsprechenden Höhen.

Seite 20

Windpotenzial in Tschechien

ASCII-Rohdaten / Zeitreihe (Beispiel)

Berlin / 02.04.2009 / SC

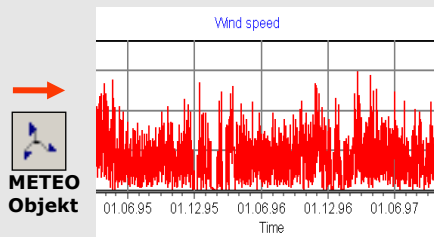


Wie werden die Daten in einer Software (z.B. WindPRO) verarbeitet?

```

000206062008 - word.dat
-----
File Name: 000206062008 - word.dat
File Size: 1024 bytes
File Date: 07/01/98
File Time: 12:01
-----
Site Information
-----
Site Name:
Site Address:
Site Elevation:
Site Orientation:
Site Date:
Site Time:
-----
Sensor Information
-----
Sensor Name:
Sensor Model:
Sensor Serial:
Sensor Date:
Sensor Time:
-----
Raw Wind Data Information
-----
Date:
Time:
-----
Raw Wind Data
-----
23 89 63 62 10 92 03 00 02 13 26 06 98 8F A1 30
6B 10 14 01 07 98 3C CF 18 16 01 07 98 3B C3 40
12 21 07 98 01 12 09 07 98 92 01 07 98 FF FF FF
    
```

ASCII- Rohdaten



METEO Objekt

Zeitreihe

Windrichtungen/Sektoren

von [m]	bis [m]	N	NNO	ONO	O	OZO	SSO	S	SSW	WSW	Y
0	0,49	12	0	7	0	17	20	39	9	17	
0,5	1,49	34	32	30	25	37	60	86	47	37	
1,5	2,49	61	78	74	75	52	95	140	71	40	
2,5	3,49	119	153	157	124	68	103	89	94	37	
3,5	4,49	136	250	234	142	68	78	55	50	29	
4,5	5,49	129	198	204	140	70	36	32	57	34	
5,5	6,49	71	71	104	84	55	35	18	64	49	
6,5	7,49	41	19	78	70	33	16	16	39	60	
7,5	8,49	8	3	50	35	15	16	9	19	45	
8,5	9,49	6	3	22	7	8	11	7	13	21	
9,5	10,49	8	3	6	2	4	19	4	11	7	
10,5	11,49	2	1	4	0	1	6	4	5	7	
11,5	12,49	1	0	2	0	0	2	0	0	5	21
12,5	13,49	1	0	1	0	0	1	0	0	1	

Tabellarische Häufigkeitsverteilung

Windpotenzial in Tschechien

Check-Liste zur Beurteilung von Winddaten (Beispiele)

Berlin / 02.04.2009 / SC



- Extreme Windgeschwindigkeiten
- Dieselbe Windgeschwindigkeit für viele aufeinander folgende Perioden
- Dieselbe Windrichtung für viele aufeinander folgende Perioden
- Einheit der Windgeschwindigkeit (mph, m/s, Knoten, km/h)
- Windstille mit langer Dauer
- Starke Abweichung der Anemometer verschiedener Höhen
- Programmierung von Offset und Slope im Datenlogger bzw. Berücksichtigung der Kalibrierkennlinie
- Ausfall von Anemometer oder Windfahne
- Übermäßiges Vorkommen der Windrichtung Nord (0°)
- Offset der Windrichtung

Seite 22

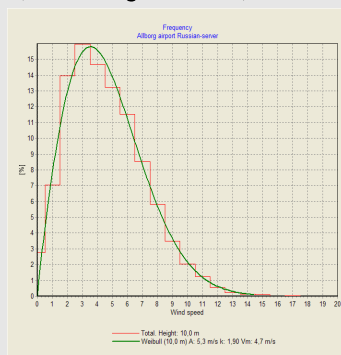
Windpotenzial in Tschechien

Aufbereitete Messdaten (Weibull-Verteilung)

Berlin / 02.04.2009 / SC

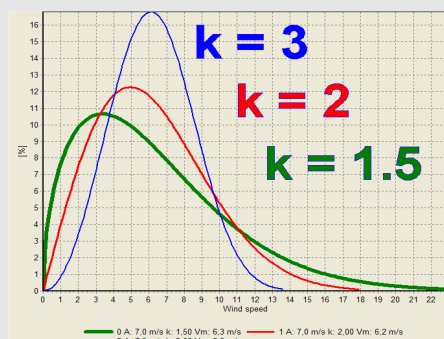


A- und k-Parameter beschreiben eine Weibull-Kurve (Verteilungsfunktion)



Weibull k: Formparameter

Weibull A: Skalierungsparameter



Seite 23

Windpotenzial in Tschechien

Zwei Messhöhen: Vertikalextrapolation - Hellmann-Gesetz

Berlin / 02.04.2009 / SC

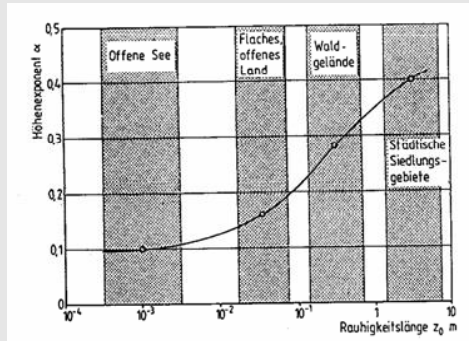


$$v_1 = v_0 * \left(\frac{H_1}{H_0}\right)^\alpha$$

v_0 – Wind Speed @ height H_0

v_1 – Wind Speed @ height H_1

alpha – Hellmann gradient



Windpotenzial in Tschechien

Zwei Messhöhen: Vertikalextrapolation - Hellmann-Gesetz

Berlin / 02.04.2009 / SC



$$v_1 = v_0 * \left(\frac{H_1}{H_0}\right)^\alpha$$

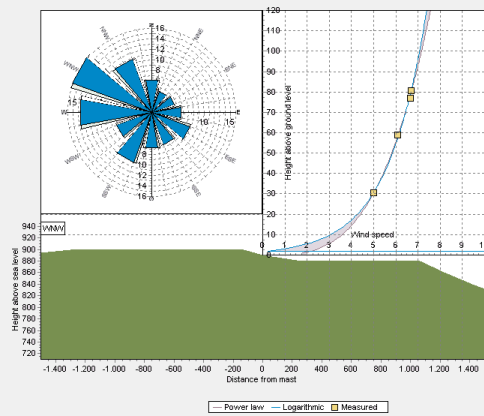
v_0 – Wind Speed @ height H_0

v_1 – Wind Speed @ height H_1

alpha – Hellmann gradient

Profile characteristics: Power law profile Logarithmic profile
 (Only fully valid in flat terrain)

Shear exponent: 0.391
 Roughness: Length: 1.7452 Class: 4.1



Windpotenzial in Tschechien

Besonderheiten, die zu bedenken sind

Berlin / 02.04.2009 / SC



Besonderheiten:

- o Vereisung (Hochlagen)
- o Energieversorgung
- o Kennzeichnung
- o Unwegbares Gelände
- o Vandalismus



Seite 28

Windpotenzial in Tschechien

Inhalt

Berlin / 02.04.2009 / SC



- **Modellierung von Windfeldern**

Seite 29

Windpotenzial in Tschechien

Topographie von Tschechien

Berlin / 02.04.2009 / SC



Seite 30

Windpotenzial in Tschechien

Verfahren, Modelle und Methoden

Berlin / 02.04.2009 / SC



1) direkte Messung Punktmessung, zeitlich begrenzt

2) Berechnung Umrechnung entfernter Messungen auf lokale Standortfaktoren

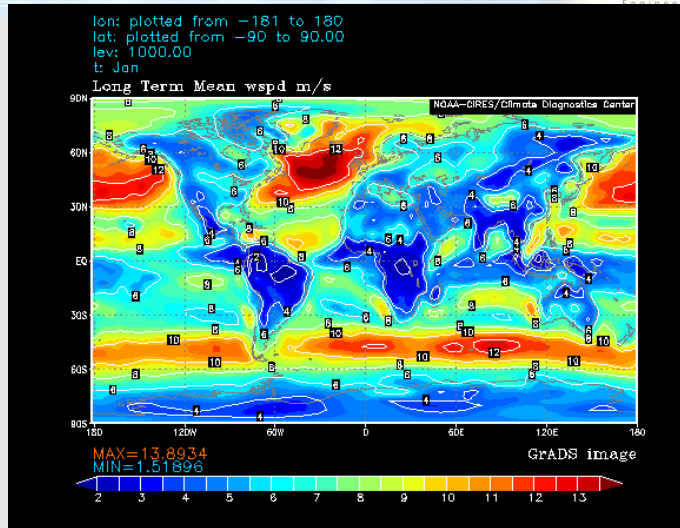
	Region	Methode
Wetteranalysen	großräumig bis global	Wetterdaten, Zirkulationsmodelle
statistische Windfeldmodelle	großräumig	statistische Interpolation mit Nebenbedingungen
mesoskalige Modelle	regional	nichtlineare Navier-Stokes Gleichungen, Thermodynamik, reguläre Gitter
WAsP	standortbezogen	linearisierte Gleichungen, neutrale Schichtung, standortzentriertes Gitter

Seite 31

Windpotenzial in Tschechien

Globales Windfeld aus NCEP/NCAR-Reanalysen

Berlin / 02.04.2009 / SC



Seite 32

Windpotenzial in Tschechien

Globales Windfeld aus NCEP/NCAR-Reanalysen

Berlin / 02.04.2009 / SC



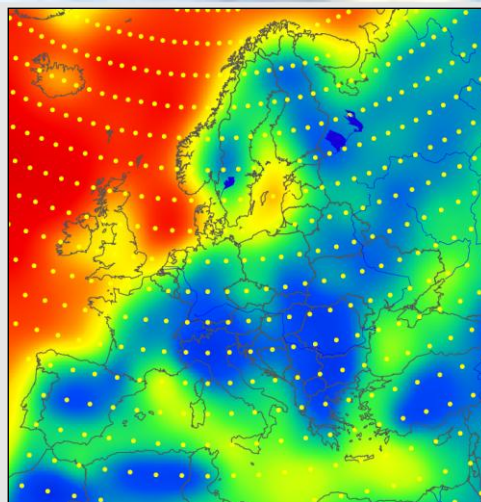
DX ~ 250 km, >30 years

6-hourly

pressure levels

low temporal resolution

low spatial resolution



long term mean wind speed

Seite 33

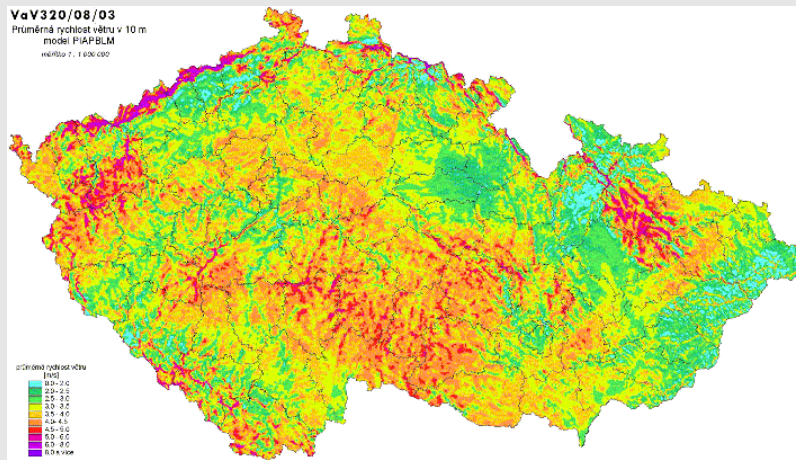
Windpotenzial in Tschechien

(Hydro-)Statistische Windfeld-Modelle

Berlin / 02.04.2009 / SC



VaV320/08/03
 Průměrná rychlost větru v 10 m
 model PIAPBLM
 měřeno 1. 1.000.000



Windgeschwindigkeiten in 10m über Grund

Quelle: Internet (2005)

Seite 34

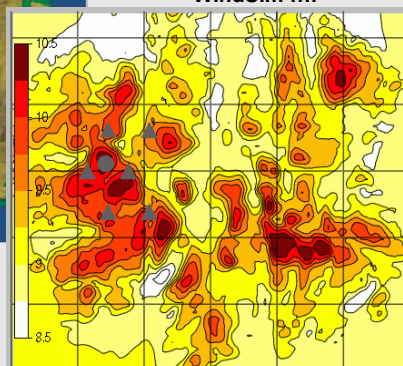
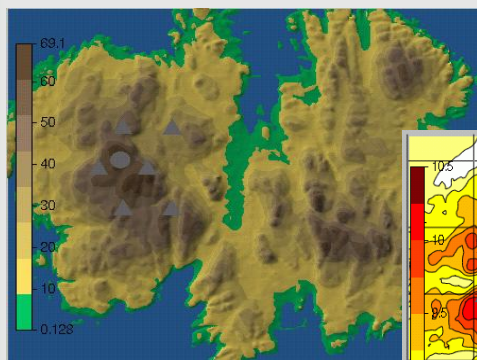
Windpotenzial in Tschechien

Mesoskalige Strömungsmodelle

Berlin / 02.04.2009 / SC



**z.B. GESIMA,
 Metras,
 MM5
 Kamm,
 FITNAH,
 WindSim**

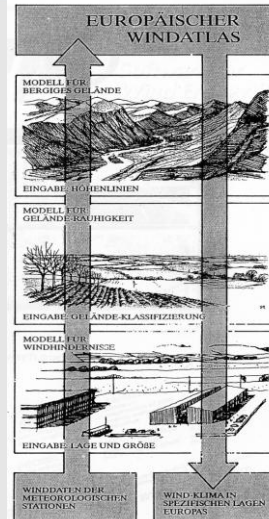
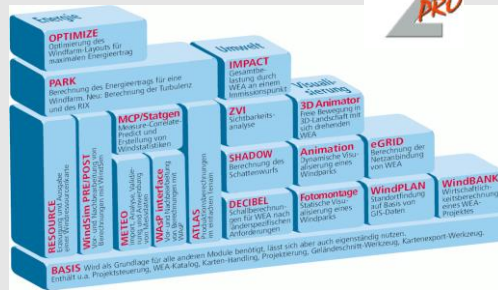


Seite 35

Windpotenzial in Tschechien

Methodik Europäischer Windatlas

Berlin / 02.04.2009 / SC

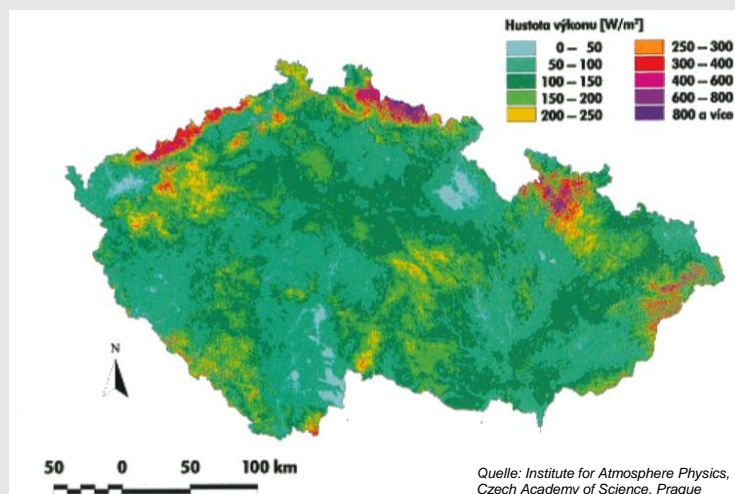


Seite 36

Windpotenzial in Tschechien

Modellierungsergebnis für Tschechien

Berlin / 02.04.2009 / SC



Quelle: Institute for Atmosphere Physics, Czech Academy of Science, Prague

Windgeschwindigkeiten in 40m über Grund (Zeitraum: k.A.)

Seite 37

Windpotenzial in Tschechien

Verfahren, Modelle und Methoden

Berlin / 02.04.2009 / SC



„Berechnungsmodelle sind ein Versuch, die Wirklichkeit möglichst genau abzubilden. Daher sind sie auch mit Fehlern und Unsicherheiten behaftet.“

Fehlerquellen und Unsicherheiten

- o Lokale Windsysteme (u. a. Land-See, Berg-Tal)
- o Thermik, thermische Schichtung, Temperaturgradienten
- o Saisonale Schwankungen
- o Orographie (z. B. Schräganströmung)
- o Turbulenzen, Böigkeit, Dynamik des Windfeldes
- o Windscherung und Windprofil

Seite 38

Windpotenzial in Tschechien

Mesoskalige Modelle – MM5

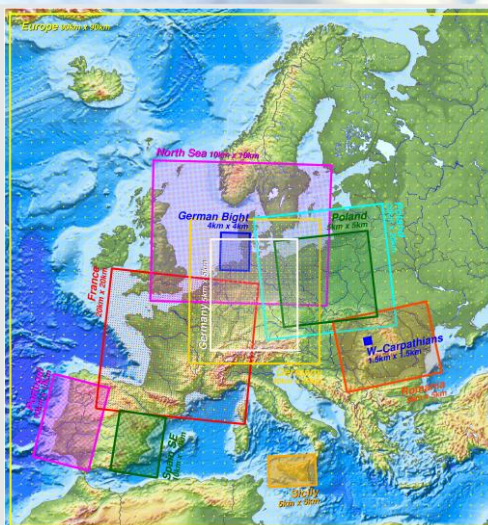
Berlin / 02.04.2009 / SC



**Transient dynamical downscaling
from NCEP data to a higher
spatial and temporal resolution**

wind speed
wind direction
turbulent kinetic energy
pressure
temperature
specific humidity
air density

etc ...



Seite 39

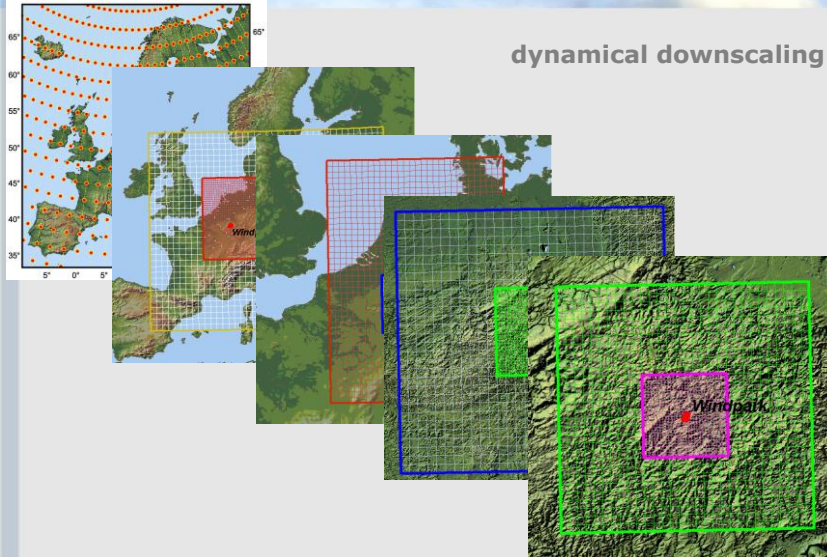
Windpotenzial in Tschechien

Mesoskalige Modelle – MM5

Berlin / 02.04.2009 / SC



dynamical downscaling



te 40

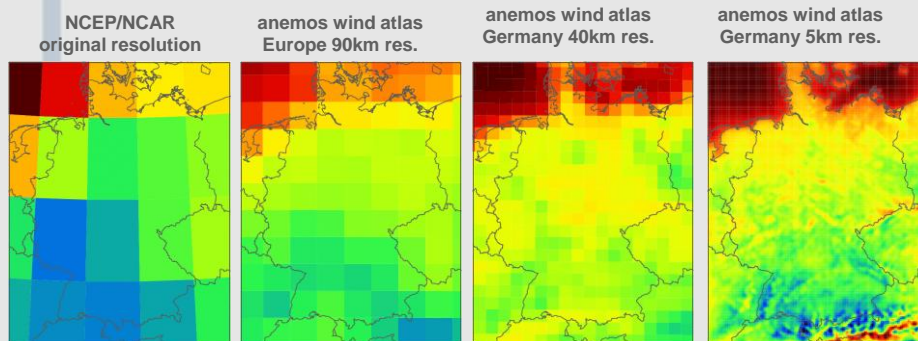
Windpotenzial in Tschechien

Mesoskalige Modelle – MM5

Berlin / 02.04.2009 / SC



added information through downscaling

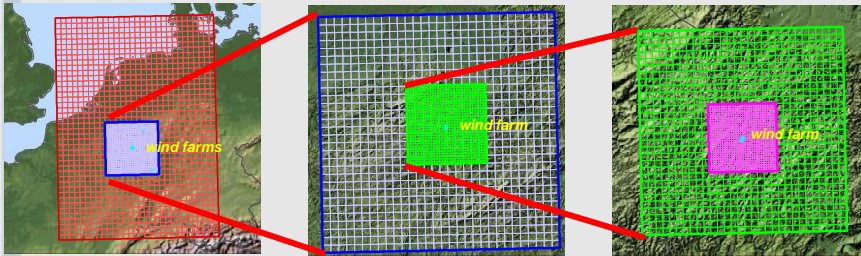


February 2005 wind speed at 100m agl (source: anemos)

Seite 41

simulation: dynamical downscaling

decreasing model grid size - domain nesting



- **Neuer Windatlas für Nordost-Europa (20km)**

anemos

Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH

Dr. Heinz-Theo Mengelkamp
certified consulting meteorologist German Meteorological Society
member of the American Meteorological Society

DIN EN ISO certified DAR
member of FGW, BWE, DMG, EMS, AMS



Seite 44

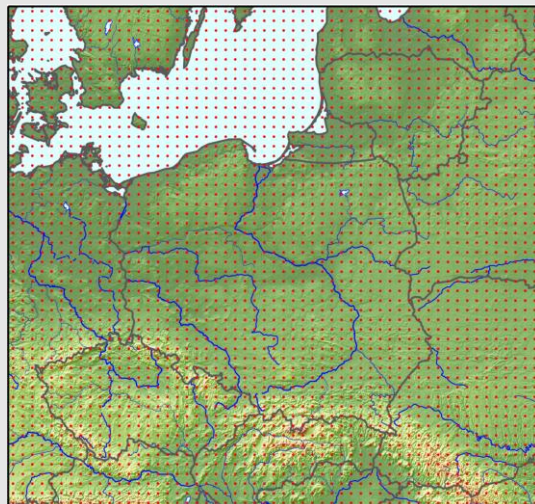
Windpotenzial in Tschechien

Windatlas für Nordost-Europa

Berlin / 02.04.2009 / SC



Modellgebiet: 20x20 km
Modellierungszeitraum
1998-2007 (Stand heute)



Seite 45

Windpotenzial in Tschechien

Windatlas für Nordost-Europa

Berlin / 02.04.2009 / SC



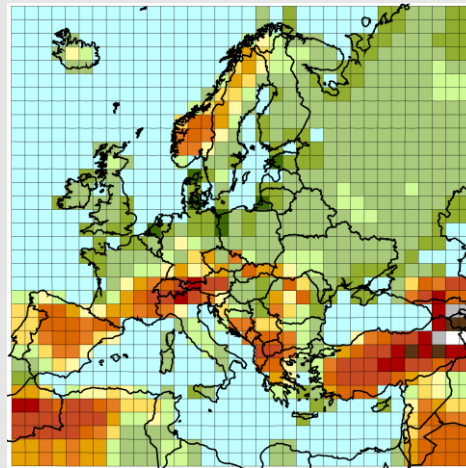
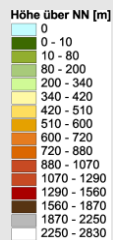
MM5-Modelldaten:

Orographie

Ursprung dieser Daten: GTOPO30 -

USGS global 30 second dataset:

<http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/gtopo30.html>



Domain 1 – 135km x 135km

Seite 46

Windpotenzial in Tschechien

Windatlas für Nordost-Europa

Berlin / 02.04.2009 / SC



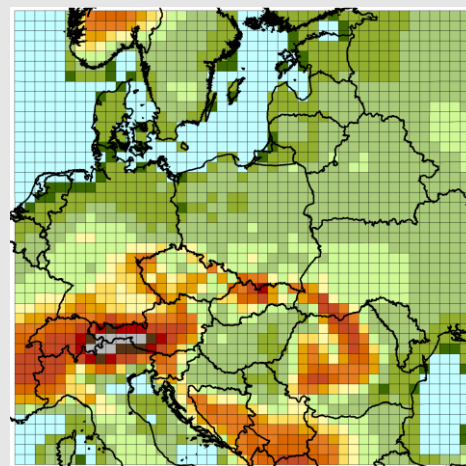
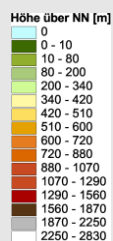
MM5-Modelldaten:

Orographie

Ursprung dieser Daten: GTOPO30 -

USGS global 30 second dataset:

<http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/gtopo30.html>



Domain 2 – 45km x 45km

Seite 47

Windpotenzial in Tschechien

Windatlas für Nordost-Europa

Berlin / 02.04.2009 / SC



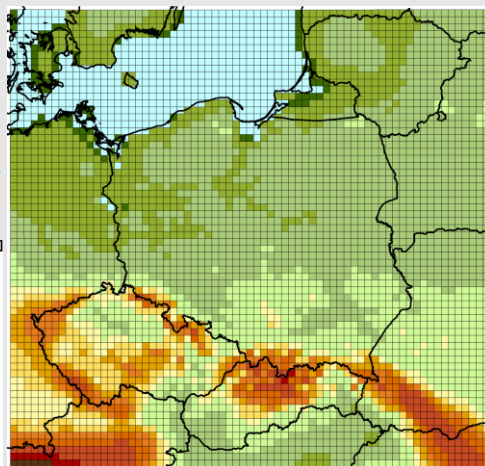
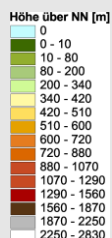
MM5-Modelldaten:

Orographie

Ursprung dieser Daten: GTOPO30 -

USGS global 30 second dataset:

<http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/gtopo30.html>



Domain 3 – 15km x 15km

Seite 48

Windpotenzial in Tschechien

Windatlas für Nordost-Europa

Berlin / 02.04.2009 / SC



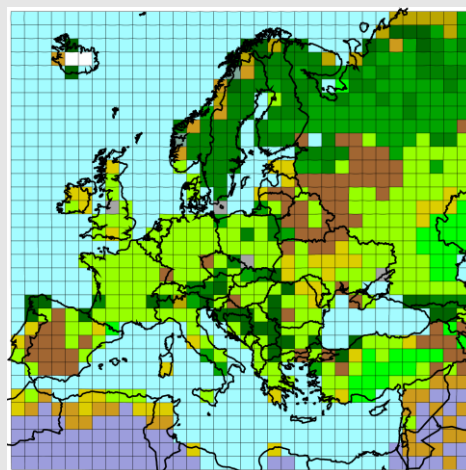
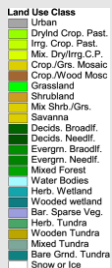
MM5-Modelldaten:

Rauhigkeiten

Ursprung dieser Daten: Corine und

USGS global 30 second data set:

<http://edc.usgs.gov/products/landcover/gtopo30/gtopo30.html>



Domain 1 – 135km x 135km

Seite 49

Windpotenzial in Tschechien

Windatlas für Nordost-Europa

Berlin / 02.04.2009 / SC



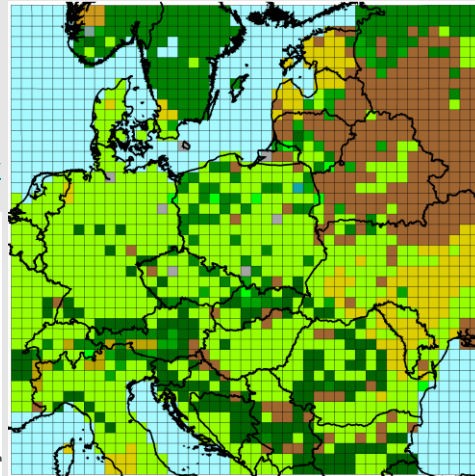
MM5-Modelldaten:

Rauhigkeiten

Ursprung dieser Daten: Corine und
USGS global 30 second data set:

<http://edc.usgs.gov/products/landcover/gtopo30/gtopo30.html>

Land Use Class
Urban
Drylnd Crop. Past.
Imp. Crop. Past.
Mix. Drylnd. C.P.
Crop./Grs. Mosaic
Crop./Wood Mosaic
Grassland
Shrubland
Mix Shrb./Grs.
Savanna
Decids. Broadf.
Decids. Needlf.
Evergrn. Broadf.
Evergrn. Needlf.
Mixed Forest
Water Bodies
Herb. Wetland
Wooded wetland
Bar. Sparse Veg.
Herb. Tundra
Wooden Tundra
Mixed Tundra
Bare Grnd. Tundra
Snow or Ice



Domain 2 – 45km x 45km

Seite 50

Windpotenzial in Tschechien

Windatlas für Nordost-Europa

Berlin / 02.04.2009 / SC



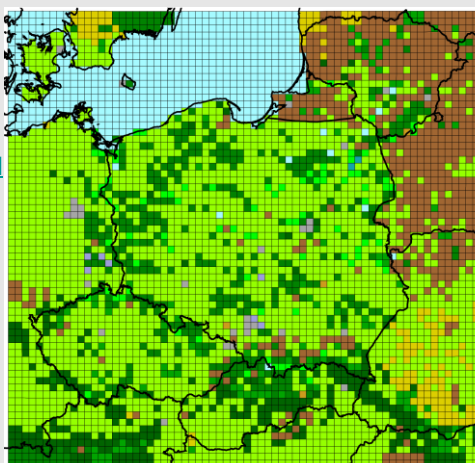
MM5-Modelldaten:

Rauhigkeiten

Ursprung dieser Daten: Corine und
USGS global 30 second data set:

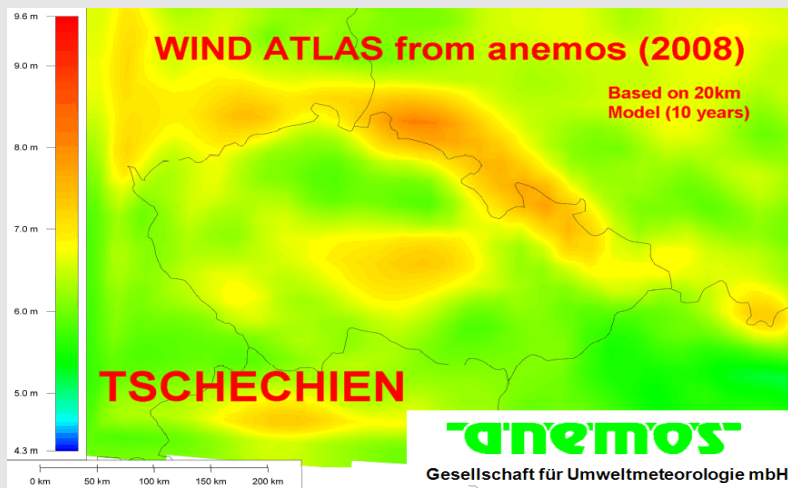
<http://edc.usgs.gov/products/landcover/gtopo30/gtopo30.html>

Land Use Class
Urban
Drylnd Crop. Past.
Imp. Crop. Past.
Mix. Drylnd. C.P.
Crop./Grs. Mosaic
Crop./Wood Mosaic
Grassland
Shrubland
Mix Shrb./Grs.
Savanna
Decids. Broadf.
Decids. Needlf.
Evergrn. Broadf.
Evergrn. Needlf.
Mixed Forest
Water Bodies
Herb. Wetland
Wooded wetland
Bar. Sparse Veg.
Herb. Tundra
Wooden Tundra
Mixed Tundra
Bare Grnd. Tundra
Snow or Ice



Domain 3 – 15km x 15km

Seite 51



Modellergebnis: Windgeschwindigkeit in 100m über Grund

Seite 52

- **Anwendung des Windatlasses und seiner Daten**

Seite 53

Windpotenzial in Tschechien

Windatlas für Nordost-Europa - Windlas

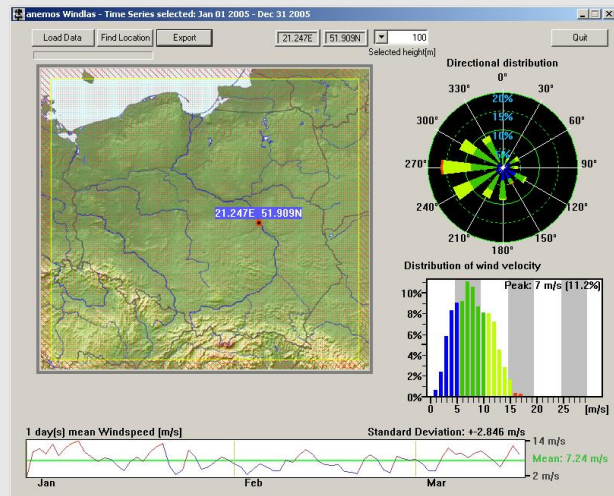
Berlin / 02.04.2009 / SC



WINDLAS -

Ein interaktives
Visualisierungstool
zur Darstellung der
Modelldaten:

- Windgeschwindigkeit
(min, max, mittel)
- Windrichtung
- Temperatur
- Häufigkeiten
- Export von ASCII-
Zeitreihen



Seite 54

Windpotenzial in Tschechien

Langzeitkorrektur von Messdaten (MCP – Tool)

Berlin / 02.04.2009 / SC



Langzeitkorrektur von Messdaten mit
MCP (Measure – Correlate – Predict)

Seite 55

Windpotenzial in Tschechien

Einführung zu MCP

Berlin / 02.04.2009 / SC



Problem:

- 1-2 jährige Messkampagnen am Standort können Langzeitvariation im Windklima nicht erfassen

Lösung:

- MCP (Measure – Correlate – Predict) -Techniken:
Langzeitkorrelation und –korrektur von Standort-Messungen mit Langzeitdaten von:

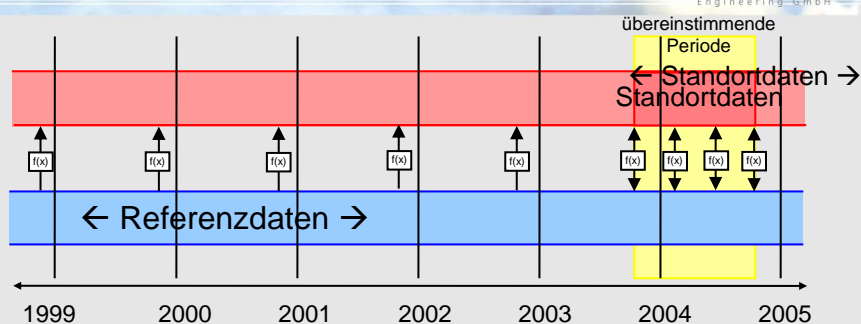
- Meteorologischen Diensten
- NCAR/NCEP-Reanalyse-Daten
- WorldWindAtlas (WWA)
- Windatlas Polen

Seite 56

Windpotenzial in Tschechien

MCP - Prinzip

Berlin / 02.04.2009 / SC



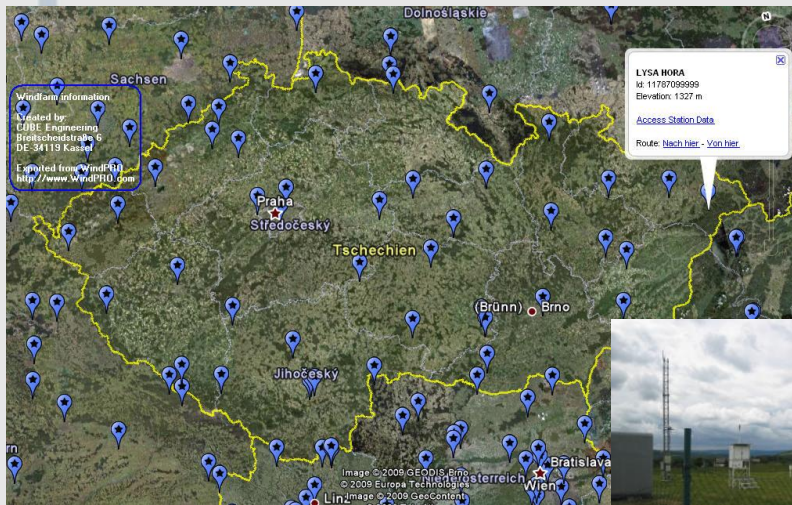
1. Nur wenn eine grundsätzliche Korrelation (selbe Höhen, selbe Tiefen) zwischen Standort- und Referenzdaten herrscht, ist eine Langzeitkorrektur möglich (Korrelationskoeffizient > 0.7).
2. Ermitteln einer Transferfunktion zwischen Mess- und Referenzdaten in der übereinstimmenden Periode.
3. Voraussage der Langzeit-Standortdaten mit der Transferfunktion

Seite 57

Windpotenzial in Tschechien

Meteorologische Stationen in Tschechien

Berlin / 02.04.2009 / SC



8

Windpotenzial in Tschechien

Datenquellen für Langzeitkorrektur 1

Berlin / 02.04.2009 / SC

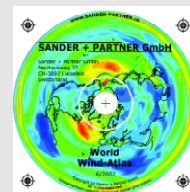


Daten von meteorologischen Diensten:

- Teuer
- Sehr variierende Qualität (muss detailliert überprüft werden!)
- Sehr unterschiedliche, zeitliche Auflösung verfügbar (z.B. 10min bis 6h-Werte)
- Messdokumentation teilweise verfügbar → Inkonsistenzen können nur teilweise erkannt und berücksichtigt werden.

WWA (World Wind Atlas):

- Basiert auf Daten eines Globalen Klimamodells (NCAR/NCEP-Reanalyse-Daten), die durch ein Mesoskalenmodell für zwei fixe Höhen gefiltert wurden
→ teilweise besser als die reinen NCAR/NCEP-Daten
- Verfügbar für die Landmasse der ganzen Welt
- Kostet ca. 1500 € / Dekade (ganze Welt)
- www.worldwindatlas.com / www.energie-online.de

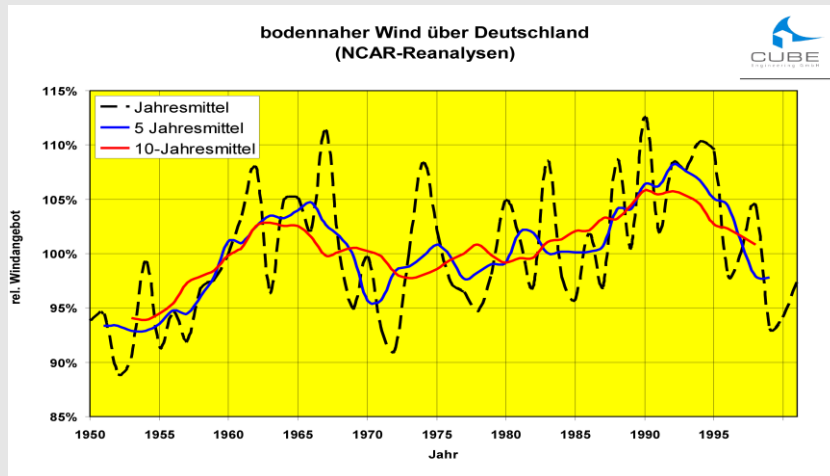


Seite 59

Windpotenzial in Tschechien

Langzeitkorrektur – Jährliche Schwankungen

Berlin / 02.04.2009 / SC

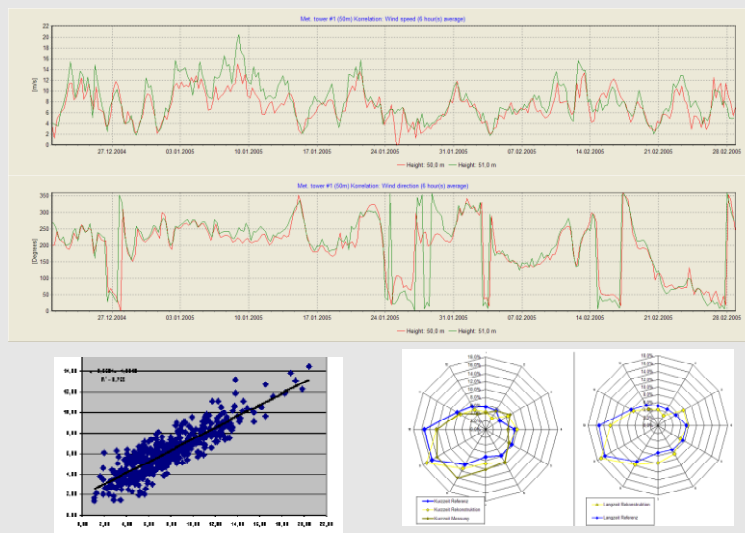


Seite 60

Windpotenzial in Tschechien

Korrelation mit Zeitreihen II (MCP)

Berlin / 02.04.2009 / SC



Seite 61

Windpotenzial in Tschechien

Windverhältnisse und Windpark Design

Berlin / 02.04.2009 / SC



IEC classification

Modern turbines are getting more and more optimized – meaning that not all turbines fit to any site!

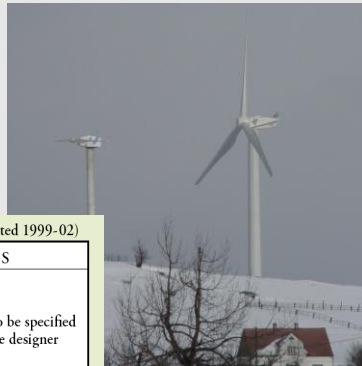


Table 1 – IEC Classes for Wind Turbines (source: IEC 61400-1, 2nd edition, dated 1999-02)

Wind Turbine Class		I	II	III	IV	S
V_{ref}	m/s (mph)	50 (111)	42.5 (95)	37.5 (84)	30 (67)	Values to be specified by the designer
V_{ave}	m/s (mph)	10 (22)	8.5 (19)	7.5 (17)	6 (13)	
A	I_{15}	0.18	0.18	0.18	0.18	
a		2	2	2	2	
B	I_{15}	0.16	0.16	0.16	0.16	
a		3	3	3	3	

where:

the values apply at hub-height, and

A designates the category for higher turbulence characteristics,

B designates the category for lower turbulence characteristics,

I_{15} is the characteristic value of the turbulence intensity at 15 m/s,

a is the slope parameter to be used in the Normal Turbulence Model equation.

Seite 64

Windpotenzial in Tschechien

Windverhältnisse und Windpark Design

Berlin / 02.04.2009 / SC



Assessment of Extreme Wind based on Gumbel Distribution

The Gumbel distribution is widely used for determining extreme (extrapolated) values of measured distributions and time series data. The measured data is typically fitted to the Gumbel distribution – then the 50-year extreme value is determined (or another return period). Additionally, the uncertainty may be determined through a bootstrap resampling technique.

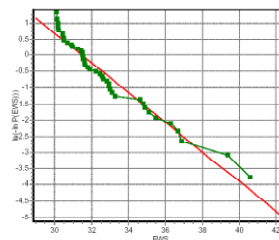
About the Gumbel Distribution

The Gumbel distribution is also known as the Extreme Type I distribution of the largest extreme. This distribution can be applied if the upper tail of the parent distribution falls off in an exponential manner. The Gumbel distribution is a two-parameter distribution with the parameters α and u . The distribution function of some random variable X is:

$$F_X(x) = \exp[-\exp[-\alpha(x-u)]]$$

Example: Comparison of the "Klim Fjordholme Wind Farm"

- T = 1, EWS = 32.66 m/s, UNC = 0.44 m/s
- T = 5, EWS = 36.20 m/s, UNC = 0.84 m/s
- T = 10, EWS = 37.62 m/s, UNC = 1.03 m/s
- T = 25, EWS = 39.43 m/s, UNC = 1.27 m/s
- T = 50, EWS = 40.74 m/s, UNC = 1.44 m/s
- T = 100, EWS = 42.00 m/s, UNC = 1.61 m/s



Red: Gumbel Model;
Green: Extreme Samples.

Seite 65

Windpotenzial in Tschechien

Windverhältnisse und Windpark Design

Berlin / 02.04.2009 / SC



Insufficient Design of WTGs

(Not Standard!)



Windpotenzial in Tschechien

Windverhältnisse und Windpark Design

Berlin / 02.04.2009 / SC



1	Kryštofov Hamry	(2 x 21 věží s celkovým instalovaným výkonem 42 MW)
2	Kámen	(od 2007 2 MW)
3	Brodek u Konice	(od 2007 2 x 600 kW, celkem 1,2 MW)
4	Klíry	(od 2007 2 x 2000 kW, celkem 4 MW)
5	Mníšek	(od 2007 2 MW)
6	Veselí u Oder	(od 2006/2007 2 x 2000 kW, celkem 4 MW)
7	Drahary	(od 2006 2 MW)
8	Boží Dar - Neklid	(od 2001 315 kW a od 2006 2 x 330 kW, celkem 975 kW)
9	Podmálekská výšina	(od 2006 2 x 250 kW, celkem 500 kW)
10	Anenské Studánka	(od 2006 2 x 250 kW, celkem 500 kW)
11	Pohledy u Svítav	(od 2004 250 kW a od 2006 2 x 250 kW, celkem 750 kW)
12	Pavlov	(od 2006 2 x 2000 kW, 2 x 850 kW, celkem 5,7 MW)
13	Nové Město - Vch Tří pánů	(od 2006 2 x 2000 kW, celkem 6 MW)
14	Žipotín	(od 2006 2 x 600 kW, celkem 1,2 MW)
15	Petrovice	(od 2005 2 MW)
16	Hraničné Petrovice	(od 2005 2 x 850 kW, celkem 1,7 MW)
17	Břežany u Znojma	(od 2005 5 x 850 kW, celkem 4,25 MW)
18	Protivanov II	(od 2005 2 x 1500 kW, celkem 3 MW)
19	Potášt	(od 2005 2 x 100 kW, celkem 200 kW)
20	Čížebná - Nový Kostel	(od 2004 315 kW a od 2005 3 x 500 kW, celkem 1,815 MW)
21	Lysý vrch u Albrechtic	(od 2004 5 x 500 kW a od 2006 500 kW, celkem 3 MW)
22	Loučná	(od 2004 3 x 600 kW, celkem 1,8 MW)
23	Nová Ves v Horách II	(od 2003 1,5 MW a od 2004 1,5 MW, celkem 3 MW)
24	Jindřichovice pod Smrkem	(od 2003 2 x 600 kW, celkem 1,2 MW)
25	Protivanov I	(od 2002 100 kW)
26	Mladonov	(1992-2004 315 kW, od 2004 nahrazena 500 kW)
27	Nový Hrádek	(od 1995 4 x 400 kW, celkem 1,6 MW)
28	Mrávecník	(1993-2006 220 kW a 1995-2006 315 kW a 630 kW, celkem 1,165 MW)
29	Ostružná	(od 1994 6 x 500 kW, celkem 3 MW)
30	Velká Kvas	(od 1994 225 kW)
31	Hosťm	(od 1994 225 kW)

Větrné elektrárny v Česku

Celkový výkon přesáhl 112 MW



Windpark Standorte in Tschechien Ende 2007 (rund 112 MW) (Quelle: Internet)

Windpotenzial in Tschechien

Windverhältnisse und Windpark Design

Berlin / 02.04.2009 / SC



Darstellung des Windpark Projektes in **Krystefory Hamry** (2007/08) mit 21 WEA vom Typ ENERCON E-82 (2.0MW), 42 MW Leistung und 78m Nabenhöhe: Voraussichtlicher Ertrag ca. 2.500 Volllaststunden.

In Betrieb seit 12.2008 mit offizieller Betriebsgenehmigung.

(Source: EAB Anlagenbau)

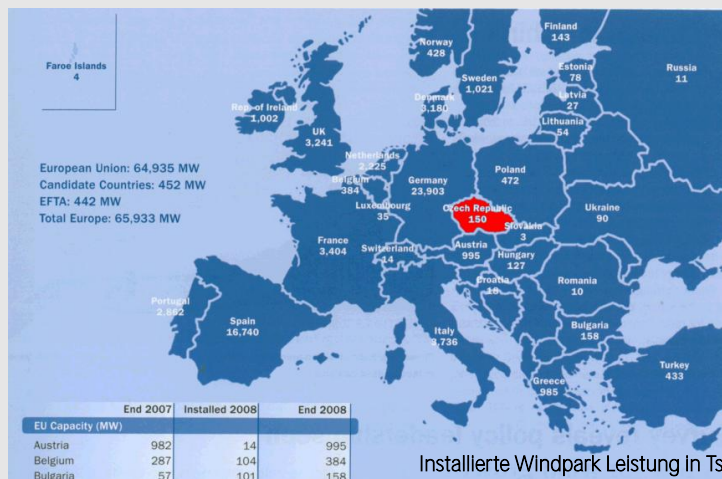


Seite 68

Windpotenzial in Tschechien

Windverhältnisse und Windpark Design

Berlin / 02.04.2009 / SC



Installierte Windpark Leistung in Tschechien Ende 2008 (rund 150 MW) (Quelle: EWEA)

Seite 69

Windpotenzial in Tschechien

Windverhältnisse und Energieprognose

Berlin / 02.04.2009 / SC



Quellen:

www.emd.dk – WindPRO und WAsP

www.worldwindatlas.com – WorldWindAtlas (WWA)

www.energie-online.de – Vertrieb von Karten und Daten

www.anemos.de – Windlas – Produktinformation

www.cube-engineering.com – Dienstleistungen Wind

www.windycator.com – Windmesstool

Seite 70

Windpotenzial in Tschechien

Ende

Berlin / 02.04.2009 / SC



Vielen Dank für
Ihre
Aufmerksamkeit!



Seite 71