

**Ingenieurbüro Lohmeyer  
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,  
Aerodynamik, Umweltsoftware**

Mohrenstraße 14, D-01445 Radebeul

Telefon: +49 (0) 351 / 8 39 14 - 0

E-Mail: [info.dd@lohmeyer.de](mailto:info.dd@lohmeyer.de)

URL: [www.lohmeyer.de](http://www.lohmeyer.de)

## **METEOKART GIS ERWEITERUNG WESTERZGEBIRGE**

## **MACHBARKEITSSTUDIE BÖHMISCHE WINDE**

Auftraggeber: Sächsisches Landesamt  
für Umwelt und Geologie  
Zur Wetterwarte 11  
01109 Dresden

Dr.-Ing. Thomas Flassak

Dipl.-Met. A. Moldenhauer

April 2006  
Projekt 70210-05-02  
Berichtsumfang 31 Seiten

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>VORGEHENSWEISE .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>ERSTER SIMULATIONSVERSUCH DER BÖHMISCHEN WINDE .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>ZWEITER SIMULATIONSVERSUCH DER BÖHMISCHEN WINDE.....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>AUSWERTUNG DER METEOROLOGISCHEN ZEITREIHEN.....</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>AUSWERTUNG DER WINDFELDSIMULATIONEN FÜR STATION ZINNWALD-GEORGENFELD.....</b>	<b>22</b>
<b>7</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN.....</b>	<b>24</b>
<b>8</b>	<b>LITERATUR .....</b>	<b>25</b>
	<b>ANHANG A1: BODENNAHE WINDFELDER FÜR BERECHNUNGSGEBIET 2, VERSCHIEDENE ANSTRÖMRICHTUNGEN.....</b>	<b>26</b>

Hinweise:

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Name und Jahreszahl zitiert. Im Kapitel Literatur findet sich dann die genaue Angabe der Literaturstelle.

Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

## **1 AUFGABENSTELLUNG**

Während der Arbeiten für das Fachinformationssystem METEOKART GIS, Teilgebiet „Ost-  
erzgebirge“ wurde festgestellt, dass das Phänomen „Böhmischer Wind“ in den höhergelegenen  
Lagen durch die METRAS-Simulationen nicht dargestellt wurden. In diesem Anschluss-  
projekt soll u.a. eine Machbarkeitsstudie durchgeführt werden, ob der Böhmische Wind in die  
METRAS-Modellierung integriert werden kann.

## 2 VORGEHENSWEISE

In der Literatur werden die sog. „Böhmischen Winde“ in Verbindung gebracht mit einer Situation, die vor allem im Winterhalbjahr bei hohem Luftdruck über dem Böhmischem Becken auftritt (Flemming, 2001). Dann entstehen kräftige böige Strömungen aus südlichen bis südöstlichen Richtungen nach Sachsen. Diese südlichen bis südöstlichen Strömungsrichtungen zeigt auch deutlich die Windrichtungsverteilung der Station Zinnwald (vgl. **Abb. 2.1**). (Im Folgenden wird der Begriff „Böhmische Winde“ als Synonym verwendet für diese südlichen bis südöstlichen Winde.)

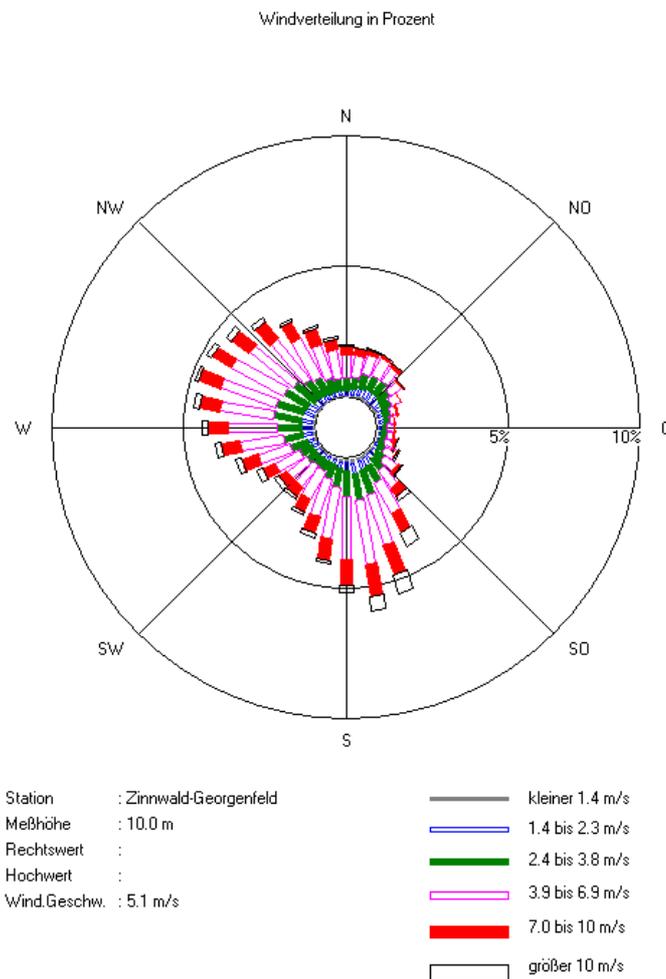


Abb. 2.1: Bodennahe Windstatistik an der DWD-Station Zinnwald-Georgenfeld  
(Quelle: DWD, 2004 über LfUG Sachsen)

In einem ersten Schritt wurden für die Simulation des „Böhmischen Windes“ ein Berechnungsgebiet gewählt, das das gesamte böhmische Becken umfasst. Als Anströmung wurde ein Ostwind gewählt.

Aufgrund von numerischen Problemen am Nordrand des Berechnungsgebietes wurde in einem zweiten Schritt das Berechnungsgebiet nach Norden und West erweitert. Auf der anderen Seite wurde die östliche Hälfte des Böhmischen Beckens weggelassen. Mit diesem zweiten Berechnungsgebiet wurden verschiedene Simulationen mit Erfolg durchgeführt.

Es wurde die meteorologische Zeitreihe der DWD-Station Zinnwald-Georgenfeld zusammen mit der Höhenwindzeitreihe (ECMWF, 2004) analysiert. Aus der Analyse konnte abgeleitet werden, dass südliche bis südöstliche Winde an der Station Zinnwald-Georgenfeld nicht nur im Winter sondern ganzjährig auftreten und dass diese südlichen bis südöstlichen Winde zu beobachten sind bei einer Höhenwindströmung von 90 Grad (=Ost) bis nahezu 270 Grad (=West). Dies bedeutet, dass es im Gegensatz zur Vorstellung zum Zeitpunkt der Angebots-erstellung nicht ausreichend ist, als Anströmung nur Ostwinde zu simulieren, sondern **alle** Windrichtungsbereiche.

Zum aktuellen Zeitpunkt liegen Ergebnisse von Simulationen für 6 Richtungen vor.

### 3 ERSTER SIMULATIONSVERSUCH DER BÖHMISCHEN WINDE

In einem ersten Schritt wurde für die Simulation des „Böhmischen Windes“ ein Berechnungsgebiet gewählt, das das gesamte böhmische Becken umfasst (vgl. **Abb. 3.1**). Es hat eine Gebietsgröße von 351 km x 147 km. Die Berechnung des Windes erfolgt mit dem Modell METRAS-PC. METRAS-PC<sup>1</sup> ist ein nicht-hydrostatisches mesoskaliges Modell. Es ist geeignet, lokal vorherrschende Strömungsverhältnisse hinreichend genau zu modellieren. Die vollständige Dokumentation zu dem Modell METRAS PC (physikalische Grundlagen, Approximationen, numerische Verfahren, Rand- und Anfangsbedingungen, Parametrisierungen) ist zu finden bei Schlünzen et al. (2001).

Die Maschenweite in horizontaler Richtung beträgt 1.5 km. Somit ergeben sich in horizontaler Richtung 234 x 98 Gitterpunkte. In vertikaler Richtung ist die Verteilung der Maschenweite nicht konstant mit einer minimalen Maschenweite von 10 m in der bodennächsten Schicht. Es wird mit 31 vertikalen Schichten gerechnet. Der Modelloberrand liegt bei ca. 8 500 m Höhe über NN.

Als Anströmung wurde ein schwacher Ostwind mit 3 m/s gewählt. Die atmosphärische Schichtung wurde festgelegt mit einem potentiellen Temperaturgradienten von 3.5 K/km (stabile Schichtung).

**Abb. 3.2** zeigt das bodennahe Windfeld nach Erreichen des stationären Zustandes. Zusätzlich zeigt **Abb. 3.3** die potentielle Temperatur ebenso nach Erreichen des stationären Zustandes. Aus **Abb. 3.3** ist zu erkennen, dass am Nordrand östlich des Elbtales die potentielle Temperatur unphysikalisch niedrig ist. Dies führt zu einer unplausiblen Verteilung der Windgeschwindigkeit. Aufgrund dieser numerischen Schwierigkeiten wurden keine weiteren Rechnungen mit diesem Berechnungsgebiet durchgeführt und in einem zweiten Schritt das Berechnungsgebiet nach Norden und West erweitert. Auf der anderen Seite wurde die östliche Hälfte des Böhmischen Beckens weggelassen, da zum einen die Rechnerkapazität begrenzt ist und zum anderen der östliche Teil des Böhmischen Beckens die Strömungsverhältnisse im Bereich des Erzgebirges nicht zu beeinflussen scheint.

---

<sup>1</sup> METRAS PC wurde gemeinsam von dem Meteorologischen Institut der Universität Hamburg und METCON im Auftrag des Umweltbundesamtes im FE Projekt 104 04 354 aufbauend auf dem Modell METRAS entwickelt.

#### 4 ZWEITER SIMULATIONSVERSUCH DER BÖHMISCHEN WINDE

Aufgrund der numerischen Probleme am Nordrand des ersten Berechnungsgebietes wurde in einem zweiten Schritt das Berechnungsgebiet nach Norden und West erweitert. Auf der anderen Seite wurde die östliche Hälfte des Böhmisches Beckens weggelassen, da zum einen die Rechnerkapazität begrenzt ist und zum anderen der östliche Teil des Böhmisches Beckens die Strömungsverhältnisse im Bereich des Erzgebirges nicht zu beeinflussen scheint. Das Berechnungsgebiet wird in **Abb. 4.1** dargestellt. Es hat eine Gebietsgröße von 241.5 km x 193.5 km. Die Berechnung des Windes erfolgt ebenso mit dem Modell METRAS-PC. Die Maschenweite in horizontaler Richtung beträgt 1.5 km. Somit ergeben sich in horizontaler Richtung 161 x 129 Gitterpunkte. In vertikaler Richtung ist die Verteilung der Maschenweite nicht konstant mit einer minimalen Maschenweite von 10 m in der bodennächsten Schicht. Es wird mit 31 vertikalen Schichten gerechnet. Der Modelloberrand liegt bei ca. 8500 m Höhe über NN.

Es wurden verschiedene Anströmrichtungen simuliert. Die atmosphärischen Schichtung wurde festgelegt mit einem potentiellen Temperaturgradienten von 3.5 K/km (stabile Schichtung).

**Abb. 4.2** zeigt das bodennahe Windfeld für einen geostrophen Wind von 5 m/s aus Richtung 210 Grad nach Erreichen des stationären Zustandes. Es zeigen sich im gesamten Berechnungsgebiet plausible Ergebnisse. Im Bereich des Erzgebirges herrscht eine Windrichtung aus Süd bis Südost vor. Zu beobachten ist, dass im Böhmisches Becken die Windgeschwindigkeiten deutlich geringer sind als über dem Erzgebirge. Der Bereich der hohen Windgeschwindigkeiten über dem Erzgebirge nimmt nach Norden ab, ist jedoch noch weit in Sachsen zu beobachten.

Im Anhang A werden weitere Simulationsergebnisse gezeigt. Bisher wurden Simulationen für einen geostrophen Wind von 5 m/s aus den Richtungen 60 Grad, 90 Grad, 120 Grad, 210 Grad, 270 Grad und 300 Grad durchgeführt.

## 5 AUSWERTUNG DER METEOROLOGISCHEN ZEITREIHEN

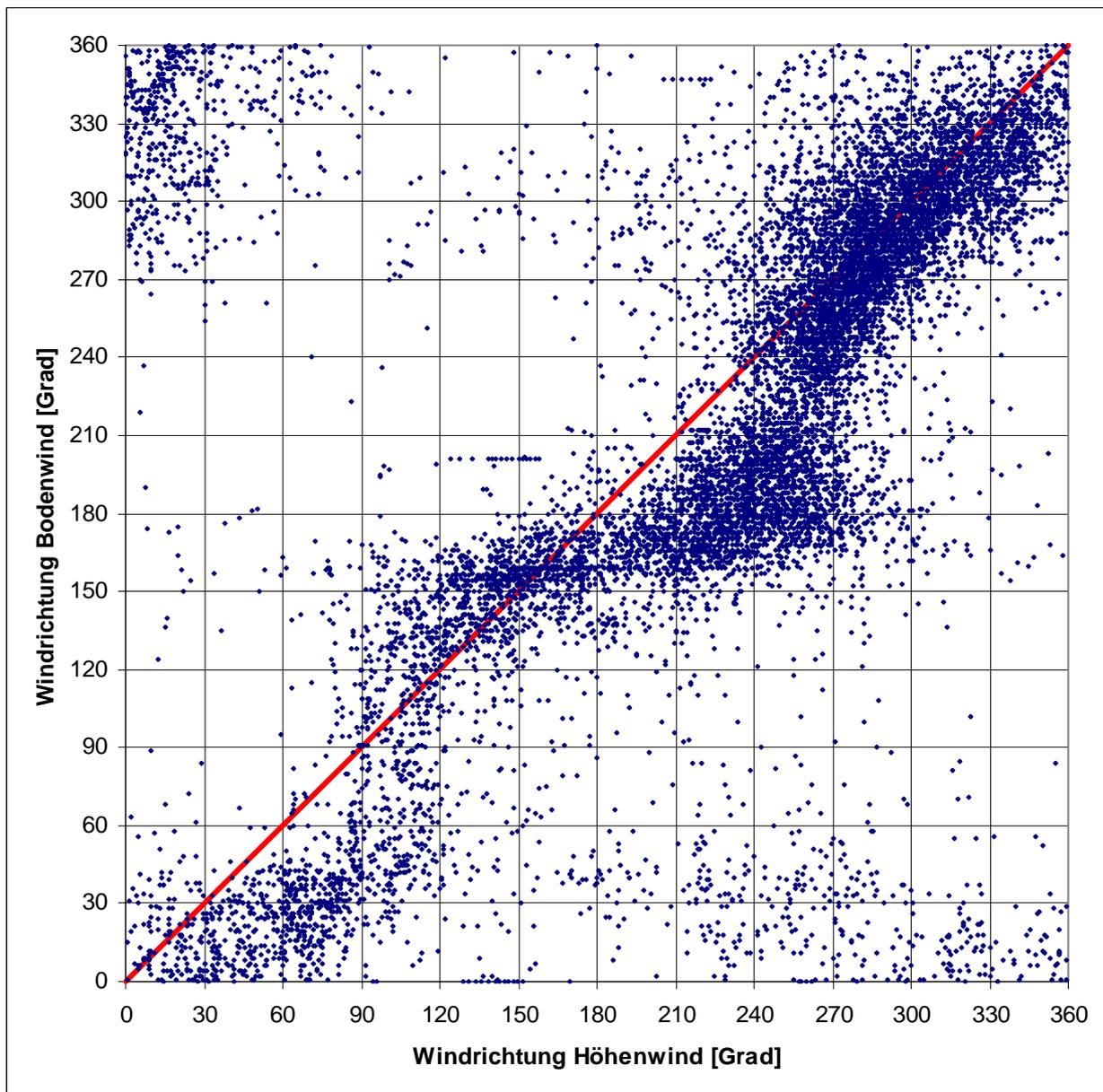
Um die „Böhmischen Winde“ besser zu verstehen, wurde die meteorologische Zeitreihe der DWD-Station Zinnwald-Georgenfeld zusammen mit der Höhenwindzeitreihe (ECMWF, 2004) analysiert. **Abb. 5.1** zeigt die Windrichtung des Bodenwindes am Messstandort Zinnwald-Georgenfeld in Abhängigkeit des Höhenwindes im Zeitraum 1997 bis 1999. Aus **Abb. 5.1** ist zu erkennen, dass die südlichen bis südöstlichen Winde auftreten bei einer Höhenwindströmung von 90 Grad (=Ost) bis nahezu 270 Grad (=West). Zusätzlich zu **Abb. 5.1** zeigen die **Abb. 5.2** bis **Abb. 5.5** entsprechende Abhängigkeiten folgender Teilmengen:

- **Abb. 5.2:** Nur Werte im Sommerhalbjahr mit Höhenwind unter 10m/s
- **Abb. 5.3:** Nur Werte im Sommerhalbjahr mit Höhenwind über 10m/s
- **Abb. 5.4:** Nur Werte im Winterhalbjahr mit Höhenwind unter 10m/s
- **Abb. 5.5:** Nur Werte im Winterhalbjahr mit Höhenwind über 10m/s

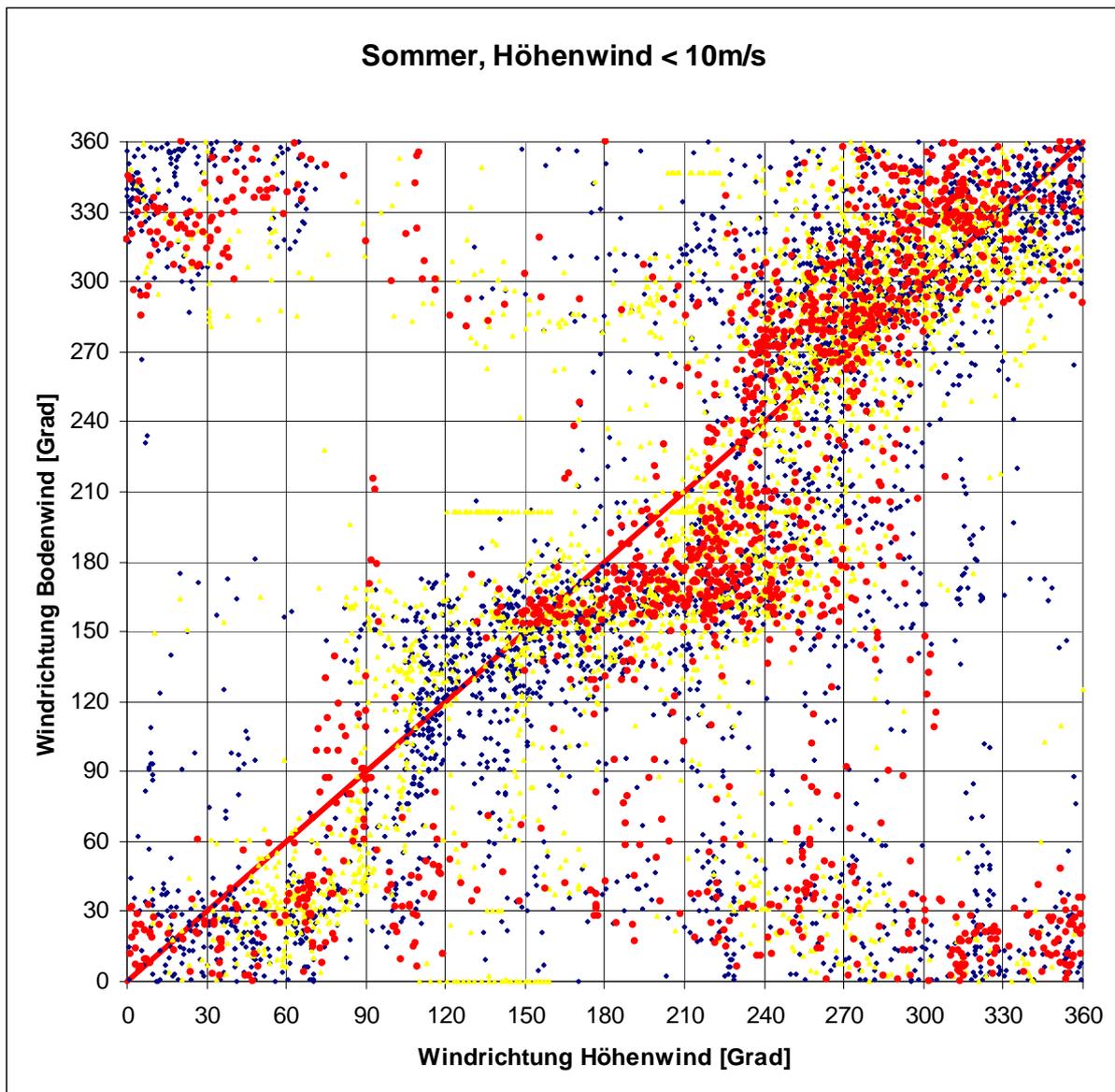
Aus der **Abb. 5.2** bis **Abb. 5.5** kann abgeleitet werden,

- dass südliche bis südöstliche Winde an der Station Zinnwald-Georgenfeld nicht nur im Winter sondern ganzjährig auftreten,
- dass der Effekt im Winter etwas stärker ausgeprägt ist im Vergleich zum Sommer und
- dass bei den niedrigen Werten des Höhenwindes (**Abb. 5.2** und **Abb. 5.4**) die Streubreite größer ist als bei den hohen Werten des Höhenwindes (**Abb. 5.3** und **Abb. 5.5**).

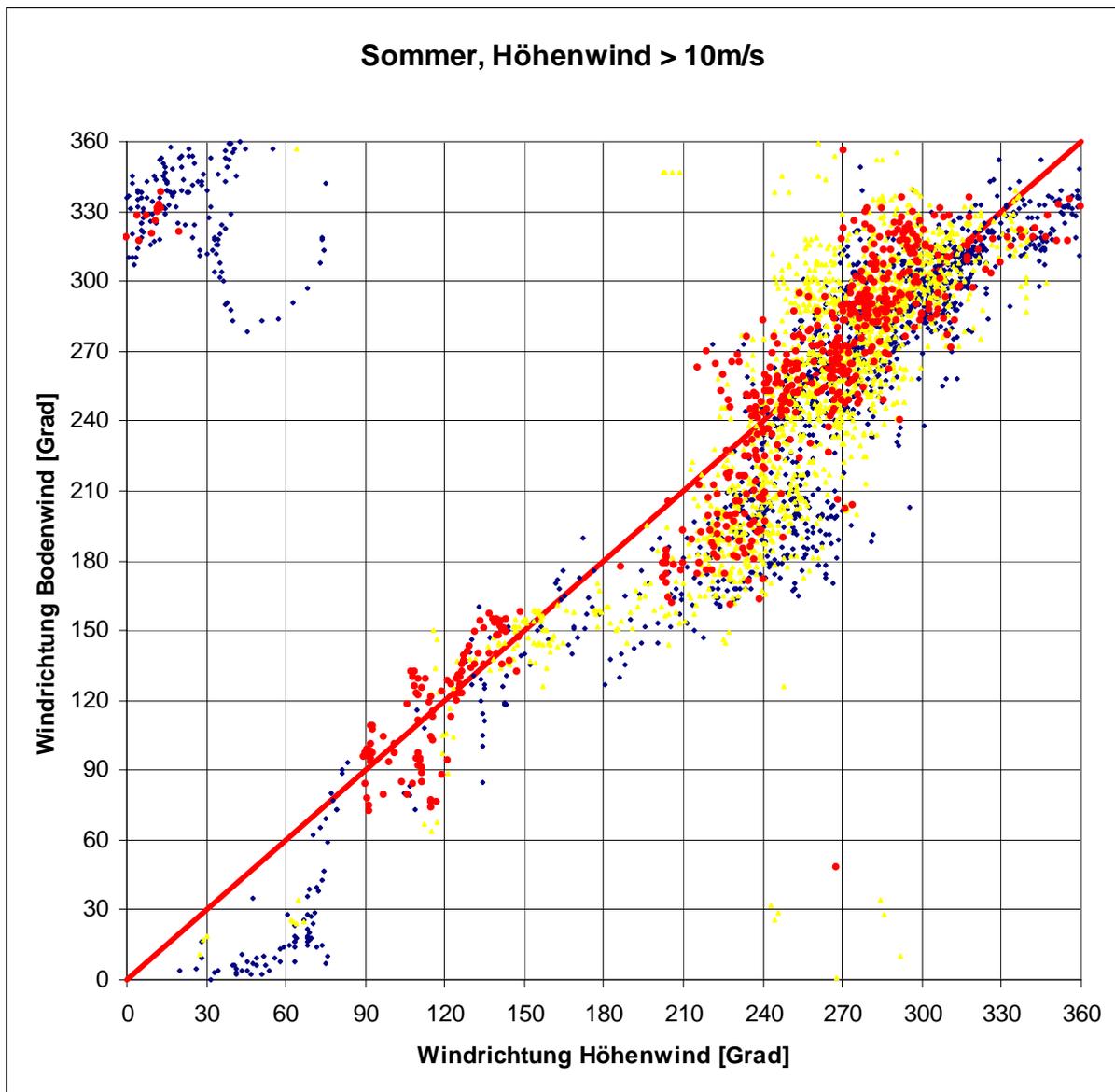
Dies bedeutet, dass es im Gegensatz zur Vorstellung zum Zeitpunkt der Angebotserstellung nicht ausreichend ist, als Anströmung nur Ostwinde zu simulieren, sondern **alle** Windrichtungsbereiche und gegebenenfalls auch alle Stabilitäten der Atmosphäre. Nach unserer Ansicht ist die Machbarkeit gezeigt, wenn die Simulationen mit METRAS-PC eine ähnliche Abhängigkeit zwischen Bodenwind und Höhenwind zeigt wie die gemessene, d. h. in **Abb. 5.1** dargestellte.



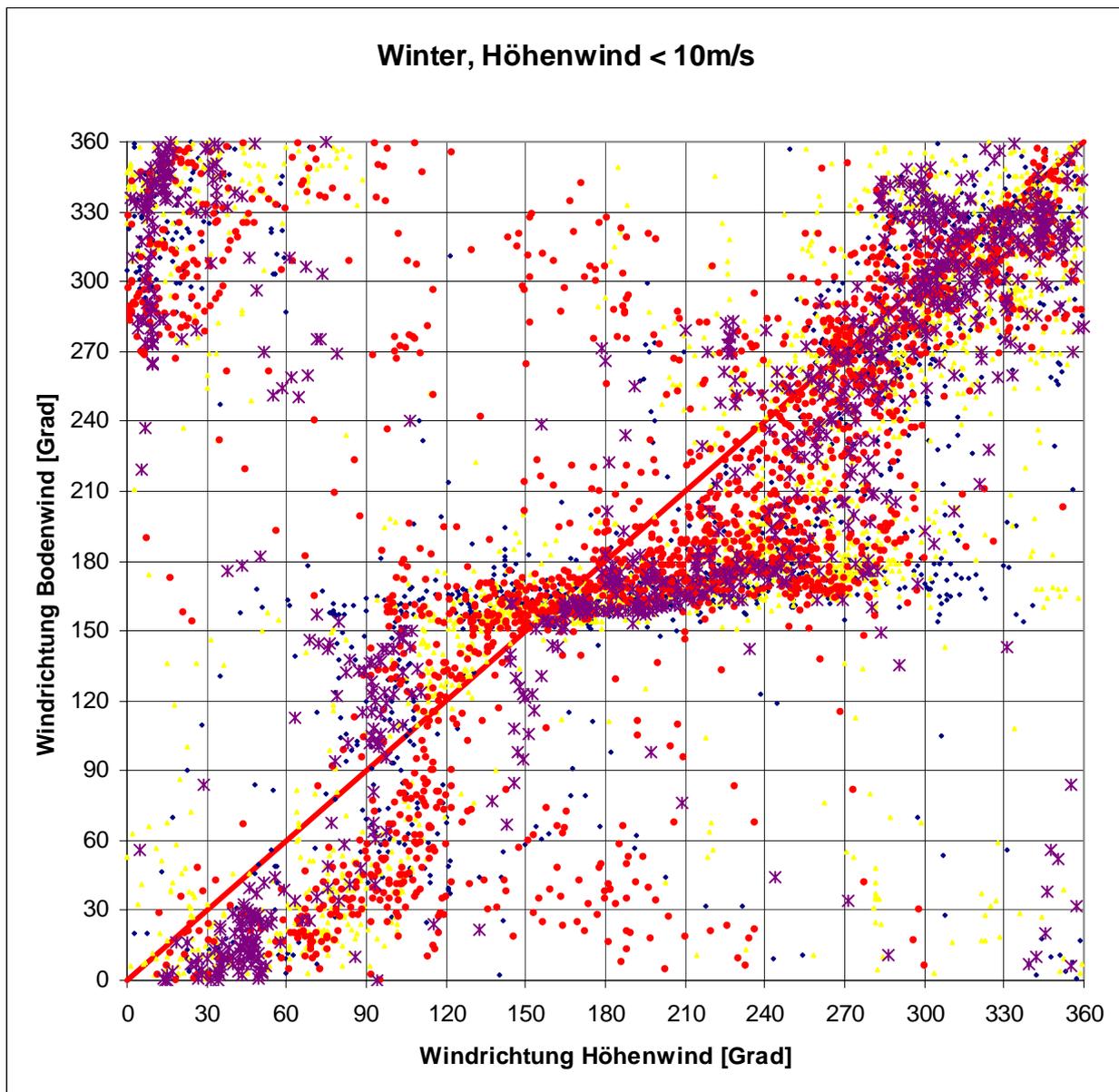
**Abb. 5.1:** Windrichtung des Bodenwindes am Messstandort Zinnwald-Georgenfeld in Abhängigkeit des Höhenwindes im Zeitraum 1997 bis 1999



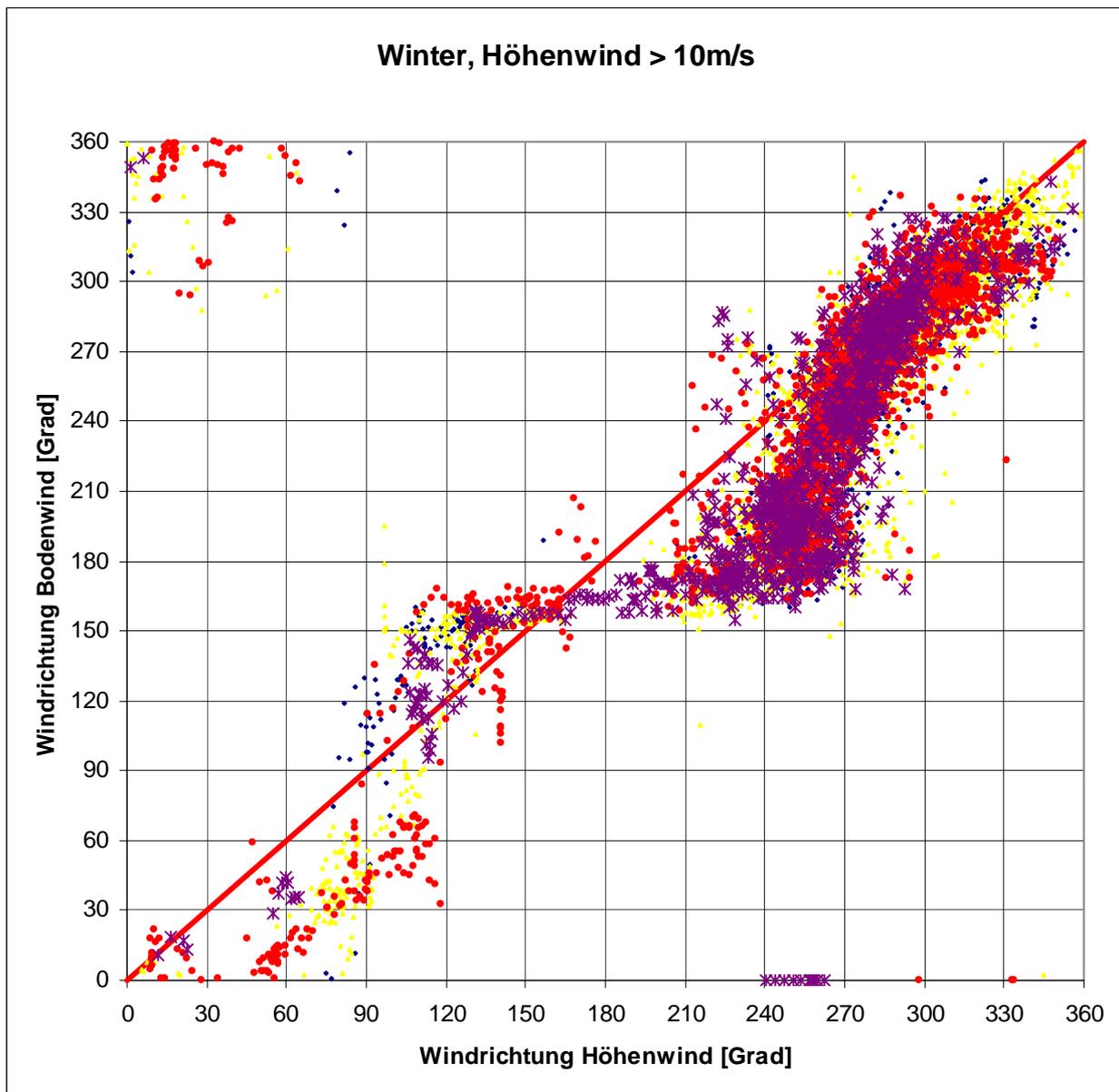
**Abb. 5.2:** Windrichtung des Bodenwindes am Messstandort Zinnwald-Georgenfeld in Abhängigkeit des Höhenwindes im Zeitraum 1997 bis 1999. **Nur Werte im Sommerhalbjahr mit Höhenwind unter 10m/s.** (Art und Farbe der Symbole stehen für ein entsprechendes Messjahr: blau: 1997, gelb: 1998, rot 1999)



**Abb. 5.3:** Windrichtung des Bodenwindes am Messstandort Zinnwald-Georgenfeld in Abhängigkeit des Höhenwindes im Zeitraum 1997 bis 1999. **Nur Werte im Sommerhalbjahr mit Höhenwind über 10m/s.** (Art und Farbe der Symbole stehen für ein entsprechendes Messjahr: blau: 1997, gelb: 1998, rot 1999)



**Abb. 5.4:** Windrichtung des Bodenwindes am Messstandort Zinnwald-Georgenfeld in Abhängigkeit des Höhenwindes im Zeitraum 1997 bis 1999. **Nur Werte im Winterhalbjahr mit Höhenwind unter 10m/s.** (Art und Farbe der Symbole stehen für ein entsprechendes Messjahr: blaue Punkte: Jan.-Mrz. 1997, gelb: Winterhj. 97/98, rot: Winterhj. 98/99, blaue Kreuze: Okt.-Dez. 1999)



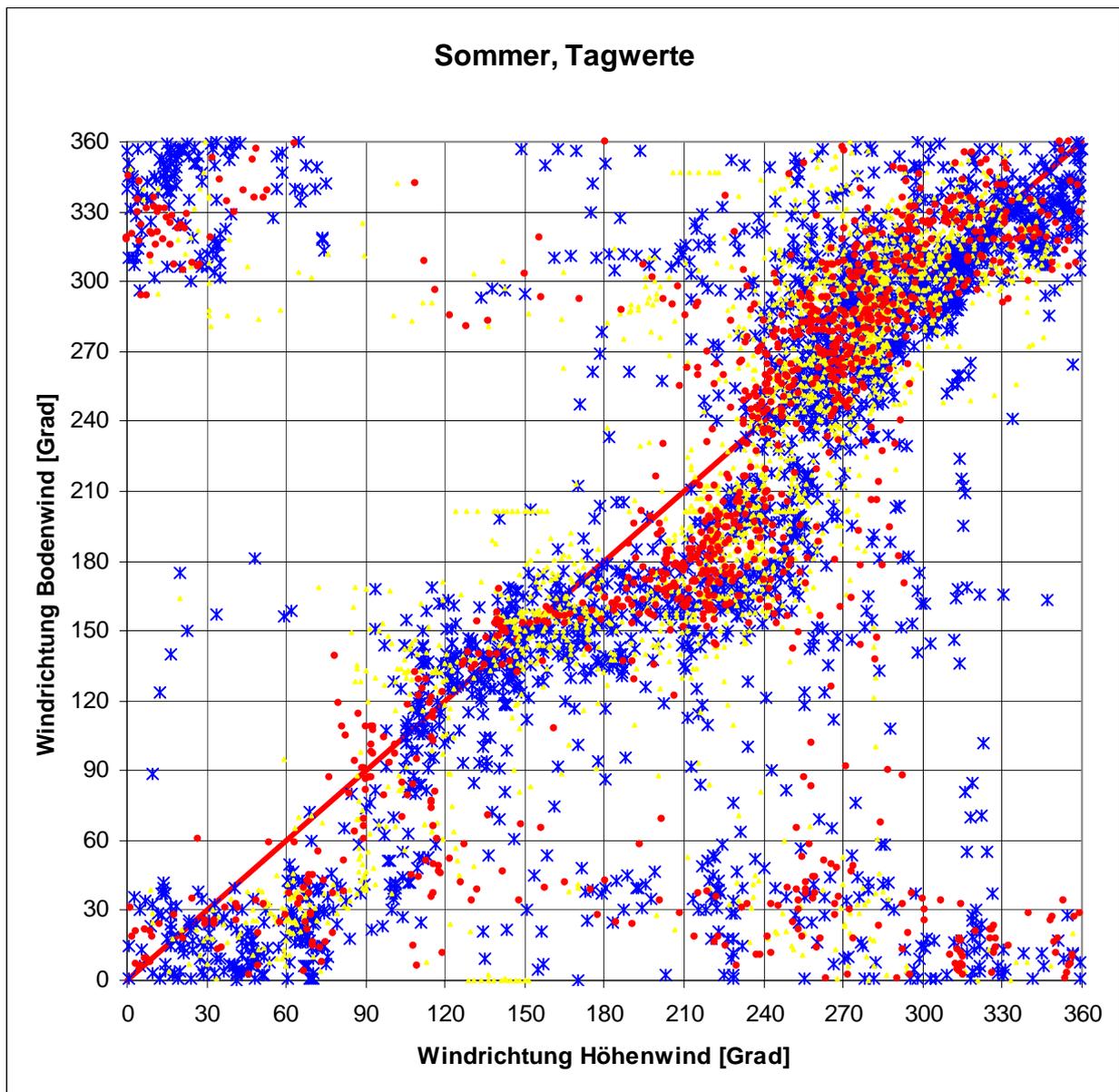
**Abb. 5.5:** Windrichtung des Bodenwindes am Messstandort Zinnwald-Georgenfeld in Abhängigkeit des Höhenwindes im Zeitraum 1997 bis 1999. **Nur Werte im Winterhalbjahr mit Höhenwind über 10m/s.** (Art und Farbe der Symbole stehen für ein entsprechendes Messjahr: blaue Punkte: Jan.-Mrz. 1997, gelb: Winterhj. 97/98, rot: Winterhj. 98/99, blaue Kreuze: Okt.-Dez. 1999)

In Ergänzung zu den oben gezeigten Abbildungen zeigen die folgenden 4 Abbildungen eine Sortierung der Windrichtung am Messstandort Zinnwald-Georgenfeld nach Tag- und Nachtwerten. Sinn dieser Auswertung ist es, aufzuzeigen, inwieweit Berg- bzw. Talwinde, d.h. Kaltluftabflüsse die lokale Windrichtungsverteilung beeinflussen. Tagwerte sind Werte von 7 Uhr bis 18 Uhr, Nachtwerte von 19 Uhr bis 6 Uhr.

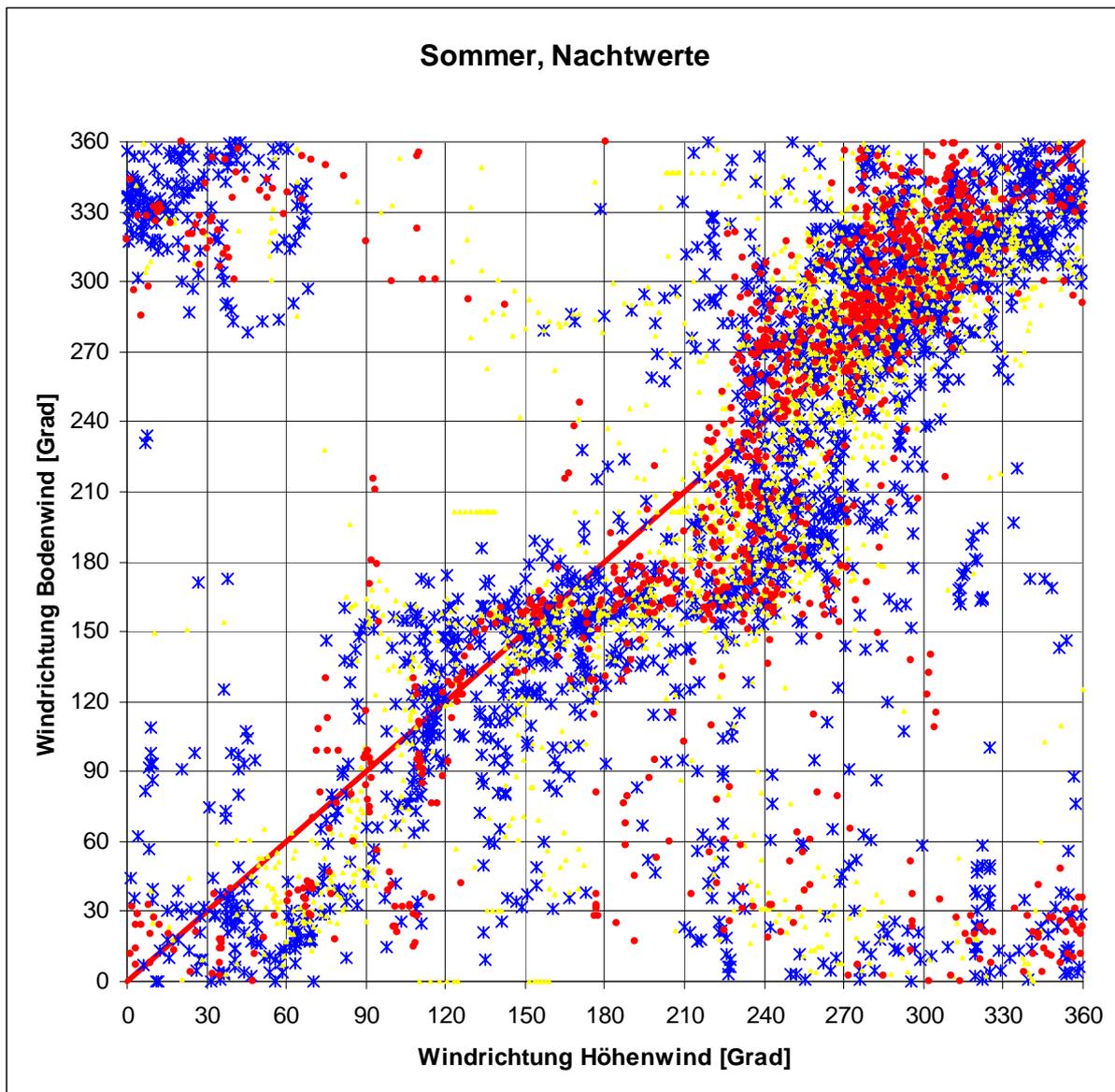
**Abb. 5.6 bis Abb. 5.9** zeigen entsprechende Abhängigkeiten folgender Teilmengen

- **Abb. 5.6:** Nur Tagwerte im Sommerhalbjahr
- **Abb. 5.7:** Nur Nachtwerte im Sommerhalbjahr
- **Abb. 5.6:** Nur Tagwerte im Winterhalbjahr
- **Abb. 5.7:** Nur Nachtwerte im Winterhalbjahr

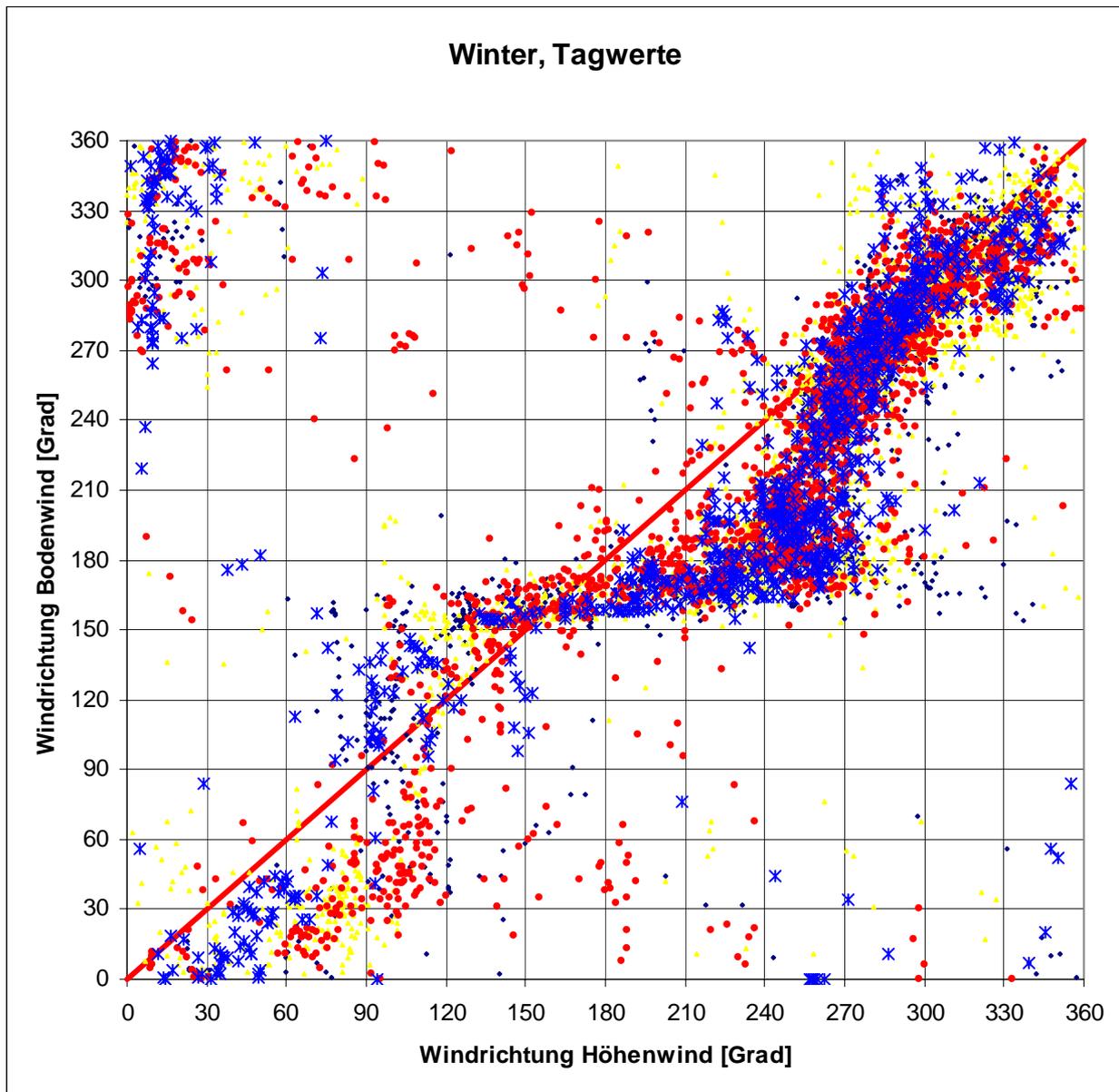
Es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Tag- und Nachtwerten. D. h. Berg- bzw. Talwinde, d. h. Kaltluftabflüsse beeinflussen nicht die lokale Windrichtungsverteilung am Messstandort Zinnwald-Georgenfeld. Dies bedeutet, dass es **nicht** erforderlich ist, mit METRAS-PC instationäre Simulationen durchzuführen, um das Phänomen „Böhmische Winde“ beschreiben zu können.



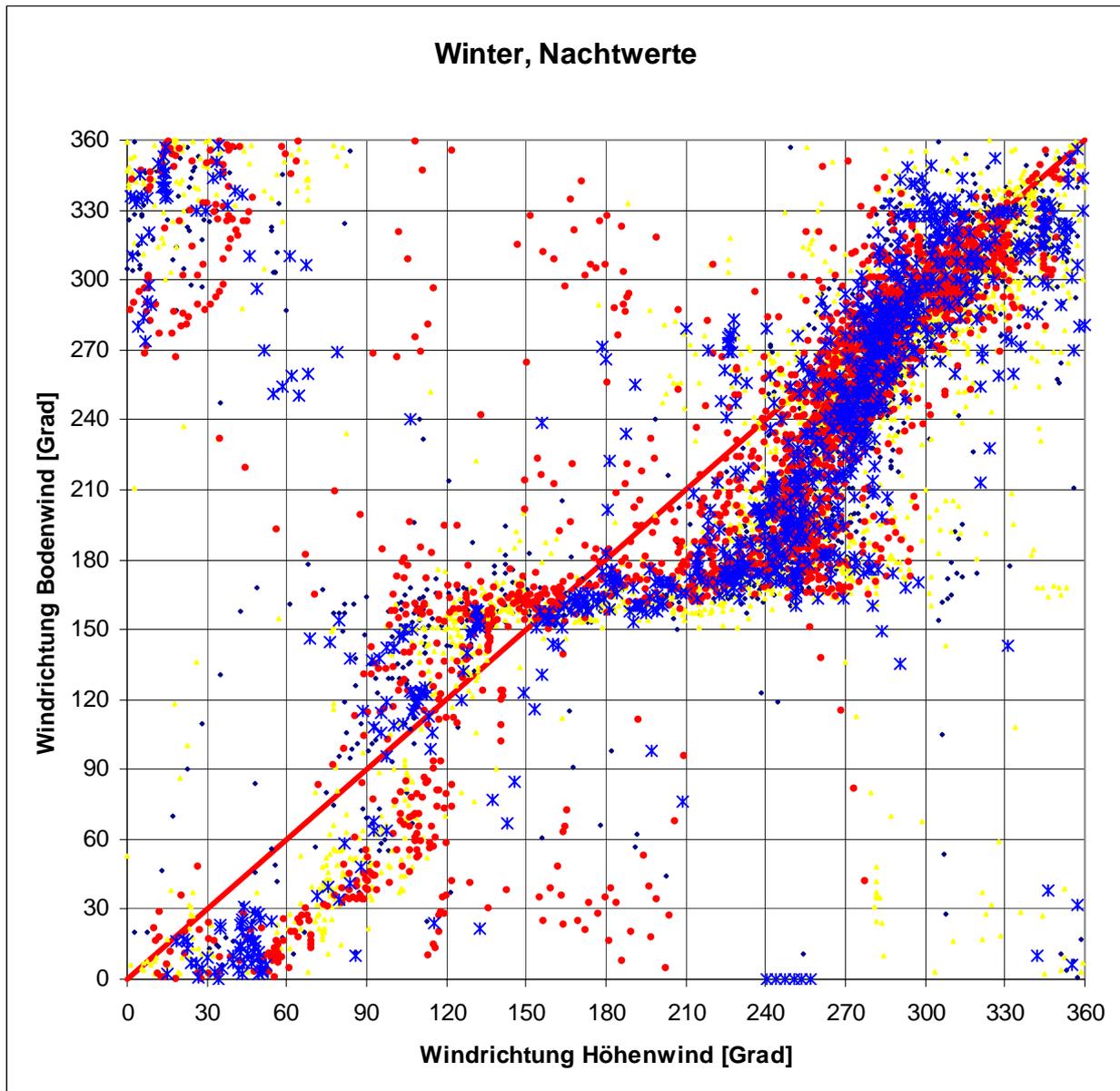
**Abb. 5.6:** Windrichtung des Bodenwindes am Messstandort Zinnwald-Georgenfeld in Abhängigkeit des Höhenwindes im Zeitraum 1997 bis 1999. **Nur Werte im Sommerhalbjahr in den Tagstunden.** (Art und Farbe der Symbole stehen für ein entsprechendes Messjahr: blau: 1997, gelb: 1998, rot 1999)



**Abb. 5.7:** Windrichtung des Bodenwindes am Messstandort Zinnwald-Georgenfeld in Abhängigkeit des Höhenwindes im Zeitraum 1997 bis 1999. **Nur Werte im Sommerhalbjahr in den Nachtstunden.** (Art und Farbe der Symbole stehen für ein entsprechendes Messjahr: blau: 1997, gelb: 1998, rot 1999)



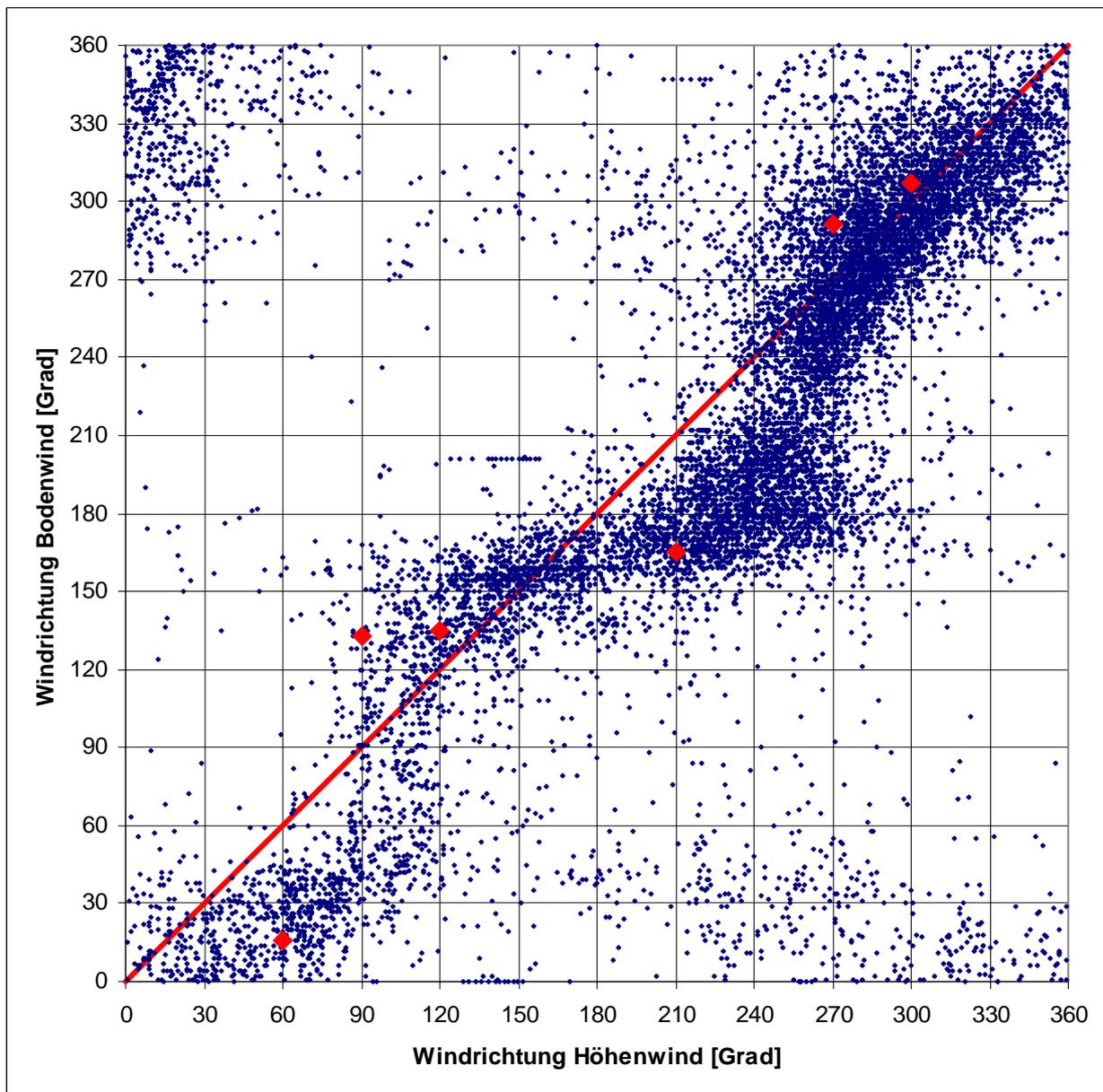
**Abb. 5.8:** Windrichtung des Bodenwindes am Messstandort Zinnwald-Georgenfeld in Abhängigkeit des Höhenwindes im Zeitraum 1997 bis 1999. **Nur Werte im Winterhalbjahr in den Tagstunden.** (Art und Farbe der Symbole stehen für ein entsprechendes Messjahr: blaue Punkte: Jan.-Mrz. 1997, gelb: Winterh. 97/98, rot: Winterh. 98/99, blaue Kreuze: Okt.-Dez. 1999)



**Abb. 5.9:** Windrichtung des Bodenwindes am Messstandort Zinnwald-Georgenfeld in Abhängigkeit des Höhenwindes im Zeitraum 1997 bis 1999. **Nur Werte im Winterhalbjahr in den Nachtstunden.** (Art und Farbe der Symbole stehen für ein entsprechendes Messjahr: blaue Punkte: Jan.-Mrz. 1997, gelb: Winterhj. 97/98, rot: Winterhj. 98/99, blaue Kreuze: Okt.-Dez. 1999)

## 6 AUSWERTUNG DER WINDFELDSIMULATIONEN FÜR STATION ZINNWALD-GEORGENFELD

Die durchgeführten Windfeldsimulationen für das zweite Berechnungsgebiet (vgl. **Kap. 4**) für einen geostrophischen Wind von 5 m/s aus den Richtungen 60 Grad, 90 Grad, 120 Grad, 210 Grad, 270 Grad und 300 Grad wurden am Messstandort Zinnwald-Georgenfeld ausgewertet. **Abb. 6.1** zeigt die Windrichtung des Bodenwindes am Messstandort Zinnwald-Georgenfeld in Abhängigkeit des Höhenwindes im Zeitraum 1997 bis 1999. Zusätzlich ist in die Abbildung die mit METRAS-PC berechnete Windrichtung am Messstandort Zinnwald-Georgenfeld für die 6 durchgeführten Simulationen eingetragen. Es zeigt sich, dass die wesentlichen Strukturen der lokalen Windrichtungsverteilung, die durch die Böhmischen Winde geprägt werden, zufriedenstellend wiedergegeben werden.



**Abb. 6.1:** Blaue Punkte: Windrichtung des Bodenwindes am Messstandort Zinnwald-Georgenfeld in Abhängigkeit des Höhenwindes im Zeitraum 1997 bis 1999. Rote Punkte: Mit METRAS-PC berechnete Windrichtung am Messstandort Zinnwald-Georgenfeld für 6 Anströmrichtungen

## 7 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Es zeigt sich, dass an der Station Zinnfeld-Georgenfeld die wesentlichen Strukturen der lokalen Windrichtungsverteilung, die durch die Böhmisches Winde geprägt werden, durch die Simulationen mit dem Modell METRAS-PC zufriedenstellend wiedergegeben werden.

Somit ist hinreichend die Machbarkeit gezeigt, dass der Böhmisches Wind mit der METRAS-PC-Modellierung beschrieben werden kann.

Es sei erwähnt, dass die südlichen bis südöstlichen Strömungsrichtungen an der Station Zinnfeld-Georgenfeld nicht nur im Winterhalbjahr sondern **ganzjährig** auftreten. Diese südlichen bis südöstlichen Winde sind zu beobachten bei einer Höhenwindströmung von 90 Grad (=Ost) bis nahezu 270 Grad (=West). Dies bedeutet, dass es im Gegensatz zur Vorstellung zum Zeitpunkt der Angebotserstellung nicht ausreichen ist, als Anströmung nur Ostwinde zu simulieren, sondern **alle** Windrichtungsbereiche und gegebenenfalls auch alle Stabilitäten der Atmosphäre.

Zum Zeitpunkt der Angebotserstellung bestand die Meinung, dass die Böhmisches Winde in die Windstatistiken einzuarbeiten sind wie die Ergebnisse der Simulationen für autochthone Wetterlagen. Dieses geplante Vorgehen ist jedoch durch die jetzt bekannten Ergebnisse überholt. Das Konzept zur Integration der Böhmisches Winde muss in Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber auf Basis des jetzt vorhandenen Wissens überarbeitet werden.

Eine Möglichkeit besteht darin, alle (stationären) Windfeldberechnungen für das Osterzgebirge zu wiederholen. Hierbei müsste die Gebietsgröße ebenso groß gewählt werden wie das hier verwendete zweite Berechnungsgebiet (vgl. **Abb. 4.1**). Hierbei ist zu beachten, dass die Windstatistiken für das Osterzgebirge jedoch auf einem numerischen Gitter mit einer Auflösung von 500 m erzeugt worden sind und nicht auf einem numerischen Gitter mit 1500 m, wie die hier durchgeführten Simulationen für die Böhmisches Winde.

Das hier behandelte Gesamtgebiet (vgl. **Abb. 4.1**) mit einer Auflösung von 500m zu berechnen, ist aufgrund der begrenzten Rechnerkapazität nicht möglich.

Eine Möglichkeit das gesamte hier betrachtete Berechnungsgebiet zu behandeln mit einer Auflösung von 500m im Bereich des Osterzgebirges bestünde darin, ein nicht-äquidistantes Rechennetz zu verwenden.

## 8 LITERATUR

ECMWF, 2004: Reanalysedaten als Höhendatenzeitreihen 1992 bis 2002 in 6-stündiger Auflösung, ECMWF Data Server: siehe [www.ecmwf.int](http://www.ecmwf.int)

Flemming, 2001: Angewandte Klimatologie von Sachsen – Basis und Zustandsklima im Überblick - Tharandter Klimaprotokolle, Band 4.

Schlünzen, H., Bigalke, K., Lüpkes, Ch. Und Panskus, H (2001): Documentation of the Mesoscale Transport and Fluid Model METRAS PC as part of model system METRAS+. METRAS Technical Report 11, Meteorologisches Institut, Universität Hamburg

**A N H A N G A 1:**  
**BODENNAHE WINDFELDER FÜR BERECHNUNGSGEBIET 2,**  
**VERSCHIEDENE ANSTRÖMRICHTUNGEN**