



# **Windpotenzialstudie Marburg**

**Planungsgrundlagen zur Ausweisung von Vorranggebieten  
Auswahlkriterien auf der Basis gemessener Windverhältnisse  
Abschlussbericht Oktober 1999**

<b>Aufgabenstellung und Ausgangssituation</b>	<b>1</b>
<b>Darstellung der Messstandorte</b>	<b>2</b>
<b>Arbeitsansatz</b>	<b>6</b>
<b>Datenauswertung</b>	<b>7</b>
<b>Bestimmung des CO<sub>2</sub>-Entlastungspotenziales und Darstellung der Ergebnisse</b>	<b>8</b>
<b>Energieerträge an ausgewählten Standorten</b>	<b>9</b>

**Auftraggeber: Amt für Stadtentwicklung und städtebauliche Planungen**

## **1 Aufgabenstellung**

Als Grundlage zur Ausweisung von Vorranggebieten sollen Planungsgrundlagen erarbeitet und über nachvollziehbare Kriterien Flächen vorgeschlagen werden, die zur Windenergienutzung im Gebiet der Stadt Marburg besonders geeignet sind. Auf der Basis vorliegender klimatologischer Untersuchungen und zusätzlich betriebener Windmeßstationen werden Windenergiepotentiale sowie Umweltentlastungseffekte bestimmt und flächig ausgewiesen. Beispielhaft sollen für ausgewählte Standorte und Anlagentypen die Energieerträge prognostiziert und deren Beitrag zur Stromversorgung naheliegender Ortschaften aufgezeigt werden.

## **2 Ausgangssituation**

Vor Beginn der Untersuchungen lagen für das Untersuchungsgebiet sechs externe klimatologische Windgutachten und Auswertungen von Meßpunkten vor, von denen ein Datensatz voll und ein zweiter eingeschränkt zur numerischen Weiterverarbeitung geeignet sind. Ausgehend von diesen Gutachten und aufgrund der Einschätzung von Höhenlagen und Anströmverhältnissen wurden die Standorte der 4 projekteigenen Meßstationen festgelegt.

Berücksichtigte externe Gutachten:

- Deponie Stempel  
Meßhöhe ü.G. 2 m, mittlere Windgeschwindigkeit unter 2 m/s, keine Aussagefähigkeit für das zu ermittelnde Windenergiepotential.
- Sommerbad Marburg  
Ohne Messung der Windrichtung, daher nicht über Instrumente zur Potentialbestimmung auswertbar; wurde zur Bestimmung der 250 m - Begrenzung herangezogen.
- Arzbachtal  
Die 2-dimensionale Häufigkeitsverteilung vom DWD wurde als Datensatz zur Windfeldsimulation genutzt.
- Tannenberg  
Keine ganzjährig aussagefähige Datenbasis ableitbar.
- Gisselberg  
Meßhöhe ü.G. 9 m, 3 Stationen ( 176, 177, 178 m ü.NN. )  
Keine weiterverarbeitbare Datenbasis entnehmbar; wurde zur Ableitung der 250 m - Begrenzung genutzt.
- Wehrshäuser Höhe  
Kontinuierliche Zeitreihen von Windgeschwindigkeit und -richtung über ein Jahr; wurde zur Bestimmung des Potentials im südwestlichen Untersuchungsgebiet genutzt.

### 3 Darstellung der projekteigenen Meßstandorte

#### Station Michelbach/Görzhausen

Mast 1 steht in unmittelbarer Nähe der Landstraße L3092 auf freiem Feld. In östlicher Richtung liegt das Fabrikgelände der Fa. Behring. Aus südwestlicher Richtung ist die Station durch eine Waldschneise frei anströmbar. Der größte vom Wind frei anzuströmende Sektor liegt in nordwestlicher bis nordöstlicher Richtung. In östlicher und südöstlicher Richtung steigt das Gelände zu bewaldeten Höhen hin an.

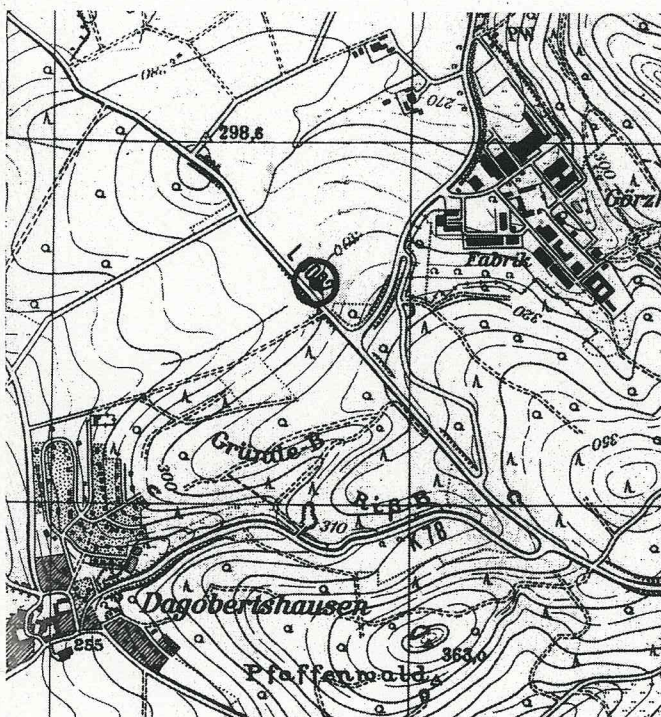
Höhe über NN: 300 m

Meßmasthöhe: 15 m

Koordinaten:

geographische Länge 8° 42' 42"

geographische Breite 50° 49' 48"



### Station Dilschhausen

Der Windmeßmast steht in exponierter Lage an einer Feldwegkreuzung auf landwirtschaftlich genutztem Gelände. Bis auf eine Baumreihe in nördlicher Richtung wird die Station über landwirtschaftlich bestellte Flächen frei angeströmt. Auf den Felder stehen vereinzelt niedrige Bäume bzw. Sträucher.

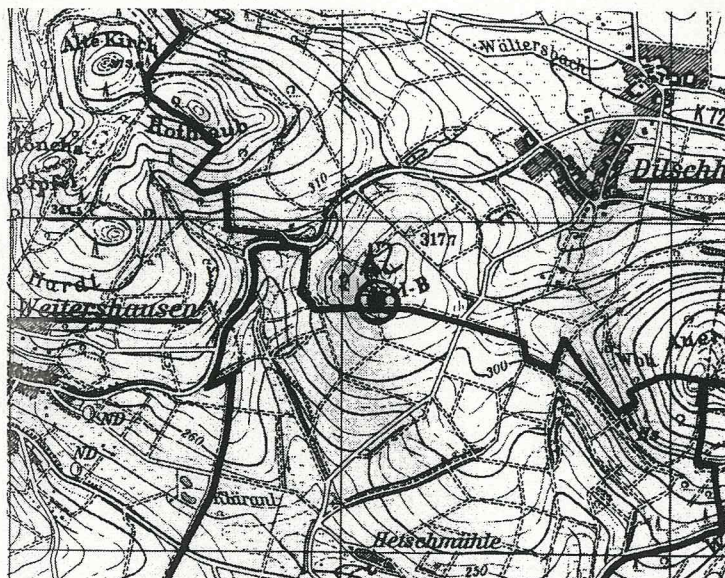
Höhe über NN: 320 m

Meßmasthöhe: 15 m

Koordinaten:

geographische Länge 8° 38' 48"

geographische Breite 50° 48' 47"



### Station Wehrda

Der Meßmast steht auf einer bewaldeten Anhöhe oberhalb des Marburger Ortsteils Wehrda. Im Norden befindet sich eine dichte Waldzone als prägendes Windstömungshindernis. Rundherum in einem Abstand von ca. 10 m befinden sich zahlreiche Büsche und niedrige Bäume, die als Rauigkeiten zu beachten sind.

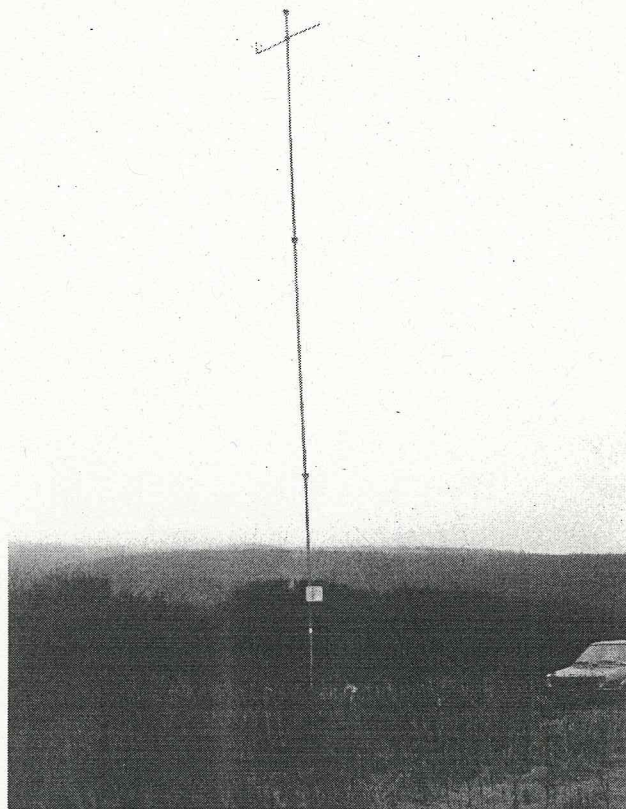
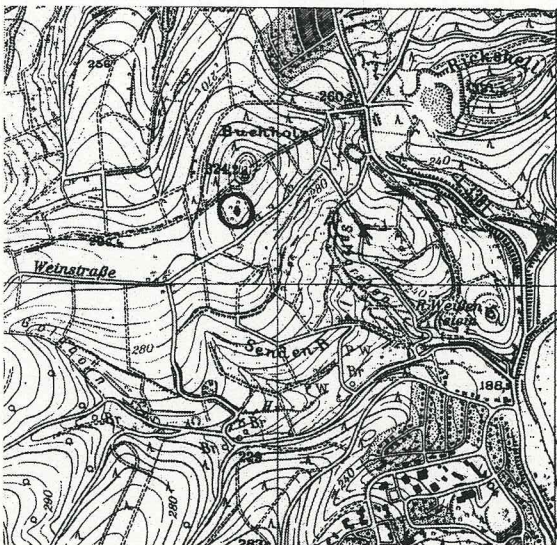
Höhe über NN: 324 m

Meßmasthöhe: 15 m

Koordinaten:

geographische Länge  $8^{\circ} 44' 31''$

geographische Breite  $50^{\circ} 51' 11''$



## Station Ginseldorf

Der Meßmast steht auf dem Gelände der Kläranlage Ginseldorf. Die südliche und westliche Umrandung des Geländes besteht aus Büschen und niedrigen Bäumen, welche die Anströmung deutlich beeinflussen. In südöstlicher Richtung befinden sich als Strömungshindernisse das Betriebsgebäude der Kläranlage und dahinter die hochgelegte Bundesstraße B 62.

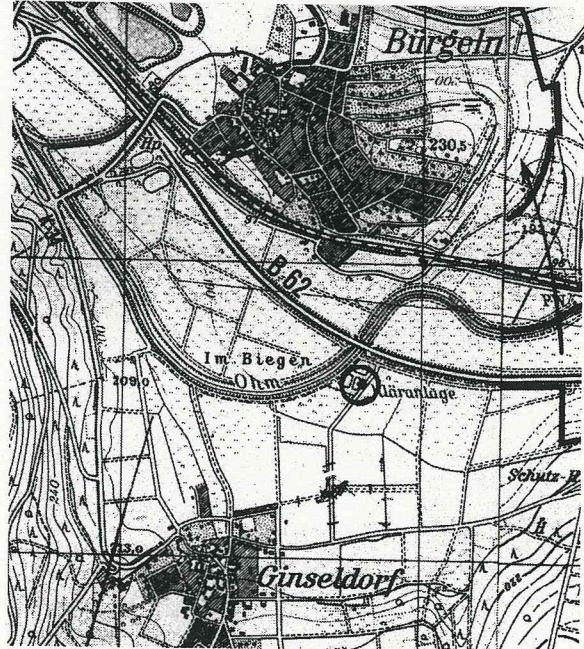
Höhe über NN: 190 m

Meßmasthöhe: 17 m

Koordinaten:

geographische Länge 8° 49' 38"

geographische Breite 50° 50' 52"



### Stand der Messungen

Die vier Stationen sind seit Mai 97 in Betrieb. Der vorgesehene Meßzeitraum betrug 1 Jahr. Die ersten Datenauswertungen ergaben für das nördliche Untersuchungsgebiet ein komplexeres Windfeld, als es aufgrund des vorab untersuchten südlichen Bereiches zu erwarten war. Der Meßzeitraum wurde daher auf 1 1/2 Jahre erweitert und endete im Oktober 98.

### 4 Arbeitsansatz

Ausgehend von den vorliegenden externen Windfelduntersuchungen wurden als Arbeitshypothesen Höhenangaben abgeleitet, unterhalb derer Untersuchungen zur Ausweisung von Vorrangflächen zur Windenergienutzung als nicht sinnvoll zu bezeichnen sind. Das Stadtgebiet konnte damit auf relevante Untersuchungsgebiete reduziert werden. Durch eine Höhenschnittuntersuchung im windgünstigsten Bereich des Untersuchungsgebietes wurde die Annahme einer 250 m-Grenze bestätigt. Die Untersuchungen des Windpotentials beschränken sich auf Gebiete oberhalb dieses Höhenniveaus.

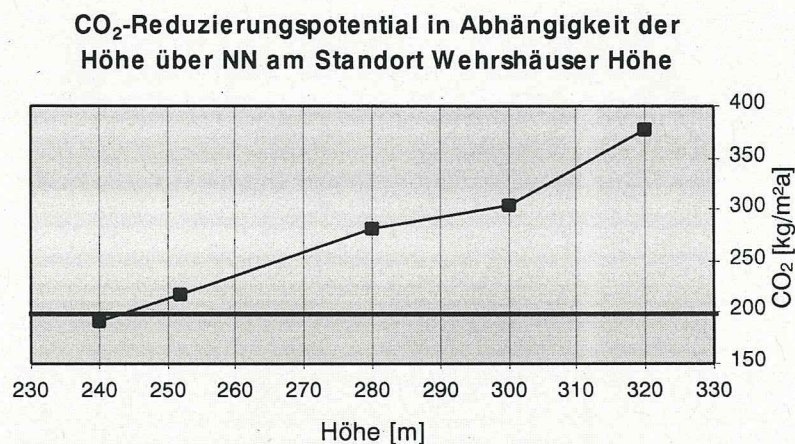


Abb. 1: Höhenschnittuntersuchung

Desweiteren wurden nach Absprache durchgehend bewaldete Bereiche von der Detailuntersuchung ausgenommen. Für die übrigen Flächen des Untersuchungsgebietes wurden ausgehend von den jeweiligen Meßstationen die Windenergiepotentiale berechnet und darauf aufbauend die möglichen CO<sub>2</sub>-Reduzierungen bestimmt.

## 5 Datenauswertung

### 5.1 Externe Datensätze:

#### Arzbachtal

Die Auswertungen der Daten des DWD vom Jahr 1990 ergeben Weibullparameter der Windgeschwindigkeitsverteilung von  $C= 3,8$  m/s und  $k= 1,6$ . Die Windenergieerträge für dieses Jahr im Binnenland werden mit 12% über dem langjährigen Mittelwert angegeben /1/. Bei der Umformung der Datenformate vom DWD in die des Windfeldsimulationsprogrammes mußte auf Interpolationen zurückgegriffen werden. Die Simulationsergebnisse sind daher nicht im gleichen Maße aussagekräftig wie die der projekteigenen Meßstandorte.

#### Wehrshäuser Höhe

Die Auswertungen der von den Stadtwerken Marburg in Auftrag gegebenen Windmessungen ergeben für das Jahr 1992 Weibullparameter in der Größe von  $C= 4,1$  m/s und  $k= 1,63$ . Die Windenergieerträge lagen in diesem Jahr im Binnenland um 8% über dem langjährigen Mittelwert /1/.

### 5.2 Auswertungen der internen Messungen:

Michelbach	Weibull $C= 3,8$ m/s	$k= 1,63$
Dilschhausen	Weibull $C= 4,0$ m/s	$k= 1,55$
Wehrda	Weibull $C= 4,1$ m/s	$k= 1,69$
Ginseldorf	Weibull $C= 2,9$ m/s	$k= 1,53$

#### Anschluß an die langjährigen Windverhältnisse

Aus den 1 1/2 - jährigen Meßreihen lassen sich auf direktem Wege noch keine Aussagen über das im langjährigen Durchschnitt zu erwartende Windenergiepotential berechnen. Die Windverhältnisse im Meßzeitraum werden daher zu langjährigen Meßreihen des DWD ins Verhältnis gesetzt und die Energieertragsprognosen entsprechend angeglichen /2/.

Die monatlichen Gegenüberstellungen zu den langjährigen Windverhältnissen für den Zeitraum Mai 97 bis September 98 ergeben einen um 4,2 % über dem langjährigen Durchschnitt liegenden Energieertrag /3/. Die auf der Basis der Meßwerte berechneten Energieerträge sind für langfristige Aussagen um diesen Prozentsatz zu reduzieren.



## **6 Bestimmung des CO<sub>2</sub>-Entlastungspotentiales und Darstellung der Ergebnisse**

Auf der Basis der aufbereiteten Meßwertreihen wurden nach der Windatlas - Methode die Gebiete ausgehend von den Meßstationen hinsichtlich ihres Windenergiepotentiales untersucht. Die Horizontal- und Vertikalextrapolation erfolgt dabei über ein Simulationsprogramm, in welches das digitalisierte Relief des Stadtgebietes sowie die örtlichen Bodenrauigkeiten und Strömungshindernisse eingehen. Für eine mittlere Windenergieanlage (Nennleistung 500 kW, 48 m Masthöhe) wurden die Jahresenergieerträge bestimmt und daraus die CO<sub>2</sub>-Entlastung abgeleitet. Die punktuellen Ergebnisse werden flächig zusammengefaßt und in den Karten dargestellt.

Über die Anwendung des Windfeld-Simulationsverfahrens auf geschlossene Waldflächen liegen bisher keine abgesicherten Aussagen vor. Im Rahmen der Flächenausweisung vorgenommene Vertikalextrapolationen an Waldrändern zeigten, daß der Lösungsansatz über die Anhebung des Nullniveaus auf Wipfelhöhe das vertikale Strömungsprofil nur unzureichend abbildet. Erste Praxisergebnisse von Windenergieanlagen an Waldrändern deuten ebenfalls darauf hin, daß die Simulationsverfahren in Waldbereichen das Strömungsfeld noch nicht adäquat wiedergeben. Das im folgenden dargestellte Verfahren zur Flächenausweisung sollte daher nicht auf bewaldete Flächen ausgeweitet werden.

Zur besseren Einschätzung der Gebiete im Planungsprozeß werden die Flächen in 3 Kategorien ausgewiesen. Angegeben wird die CO<sub>2</sub>-Entlastung pro m<sup>2</sup> Rotorfläche und Jahr durch die Windgeschwindigkeitsverteilung in 48m über Grund.

Grün: über 300 kg

Gelb: über 250 kg

Rot: über 200 kg

Restliche unbewaldete Fläche: unter 200 kg

Die CO<sub>2</sub>-Entlastung wird als Leitwert für die Umweltentlastung angenommen. Bei der unteren Kategorie (rote Fläche) ist zu bedenken, daß innerhalb dieser Bereiche punktuell noch Standorte liegen können, an denen im Einzelfall eine Anlage zu empfehlen ist. Zur Zusammenfassung der Einzelpunkte zu Vorranggebieten, in denen mehrere Anlagen aufzustellen sein sollten, reichen die Abmessungen nicht aus.

Wegen des exponentiellen Zusammenhanges zwischen Windverhältnissen und Ertragspotential nehmen die Energieerträge und damit die Umweltentlastung in tiefer gelegenen und in abgeschatteten Regionen drastisch ab. Unterhalb des 200 kg-Niveaus der CO<sub>2</sub>-Entlastung erscheint die Ausweisung von Vorrangflächen zur Windenergienutzung nach Gesichtspunkten ganzheitlicher Umweltbilanzen nicht mehr sinnvoll.

## 7 Jahresenergieerträge an ausgewählten Standorten

Auf der Grundlage der ermittelten Weibull-Verteilungen der Windgeschwindigkeit wurden für zwei WEA-Klassen die Jahresenergieerträge bestimmt. Ausgewählt wurden Anlagentypen, die für den Einsatz im Mittelgebirge besonders geeignet und serienmäßig auf dem Markt erhältlich sind. Bei den neuen Meßstandorten Michelbach, Dilschhausen und Wehrda wurden die berechneten Erträge zur Anpassung an die langjährigen Windverhältnisse um den abgeleiteten Prozentsatz reduziert.

Jahresenergieerträge an den Meßstandorten:

Standort	Enercon E40 Nennleistung/Nabenhöhe 500 kW / 65 m	Nordex N52 Nennleistung/Nabenhöhe 800 kW / 60 m
Michelbach	601 MWh	910 MWh
Dilschhausen	563 MWh	874 MWh
Wehrda	665 MWh	1017 MWh

Zur Anpassung an die langjährigen Windverhältnisse wurden die berechneten Energieerträge um 4,2 % reduziert

Jahresenergieerträge an den externen Standorten:

Standort	Enercon E40 Nennleistung/Nabenhöhe 500 kW / 65 m	Nordex N52 Nennleistung/Nabenhöhe 800 kW / 60 m
Wehrshäuser Höhe	592 MWh	921 MWh
Ringmauer	576 MWh	900 MWh
Hasenkopf	700 MWh	1073 MWh
Großseelheim	438 MWh	815 MWh

Die Jahresenergieerträge beruhen auf einer bereits an die langjährigen Verhältnisse angepaßten Bestimmung des Windpotentials.

## Veranschaulichung der Energieerträge

Zur Einschätzung der Energieproduktion der Anlagen wird ihr Beitrag zur möglichen Stromversorgung von Haushalten dargestellt. Als Anhaltswert für den Verbrauch eines Durchschnittshaushaltes (4 Personen) ist eine Strommenge von 3000 kWh pro Jahr anzunehmen. Aus den berechneten Jahresenergieerträgen ergeben sich je nach Standort 146 bis 233 Haushalte bei der Enercon E40 und 271 bis 358 Haushalte bei der Nordex N 52. Bereits eine einzelne Anlage kann somit einen relevanten Beitrag zur Versorgung der angrenzenden Ortschaften leisten.

## **8 Schlußbetrachtung**

Die Potentialstudie wurde mit dem Ziel einer flächigen Ausweisung von Vorranggebieten für die Windenergienutzung erstellt. Auf den Energieertrag konkreter Anlagen an einem Einzelstandort ist aus der Flächenausweisung nicht direkt zu schließen. Wie exemplarisch für ausgewählte Standorte unter Punkt 7 gezeigt, sind für den Bauantrag Ertragsprognosen auf der Basis von Standorteinzeluntersuchungen erforderlich.

- /1/ Schlusemann, R.  
Zum Windjahr 1997  
Windkraftjournal 1/98
- /2/ Allnoch, N.  
Zur Windstromerzeugung im Normaljahr  
Elektrizitätswirtschaft, 96. 1997
- /3/ Schlusemann, R.  
Zum Windjahr 1998  
Windkraftjournal 1/99