



**Windpotenzialstudie
für die Stadt
Brühl**

028-14-2146-21.01

**Auftraggeber: Stadt Brühl
Uhlstr. 3
D-50321 Brühl**

Erstellt am: 25.03.2014

**Erstellt von: SOLvent GmbH
Lünener Str. 211
D-59174 Kamen
Tel 0 23 07 / 24 00 63 Fax 24 00 66**

Inhalt

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | AUFGABENSTELLUNG | 3 |
| 2 | ERLÄUTERUNG DER VORGEHENSWEISE | 4 |
| 2.1 | BERECHNUNGSMETHODE..... | 4 |
| 2.2 | ZUGRUNDELIEGENDE MODELLE..... | 5 |
| 2.2.1 | <i>Hindernismodell (Obstacle Model)</i> | 5 |
| 2.2.2 | <i>Rauigkeitsmodell (Roughness Model)</i> | 6 |
| 2.2.3 | <i>Höhen- oder Hügelmodell (Orographic Model)</i> | 9 |
| 3 | BERECHNUNGSGRUNDLAGEN | 12 |
| 3.1.1 | <i>Windstatistik</i> | 12 |
| 3.1.2 | <i>Luftdichte</i> | 12 |
| 3.1.3 | <i>Höhenverhältnisse (Orographie)</i> | 12 |
| 3.1.4 | <i>Umgebende Rauigkeiten</i> | 13 |
| 3.1.5 | <i>Hindernisse</i> | 13 |
| 3.1.6 | <i>Verwendetes Kartenmaterial</i> | 13 |
| 3.1.7 | <i>Verwendete Software</i> | 13 |
| 3.1.8 | <i>Ortsbegehung</i> | 13 |
| 4 | WINDPOTENZIAL AUF DEM GEBIET DER STADT BRÜHL | 14 |
| 5 | UNSICHERHEITEN EINER WINDPOTENZIALBERECHNUNG | 17 |
| 6 | ABSCHLUSSERKLÄRUNG | 18 |
| 7 | ANHANG | 19 |

1 Aufgabenstellung

Gegenstand dieser Ausarbeitung ist die Erstellung einer Windpotenzialanalyse für das Gebiet der Stadt Brühl:

1. Erstellung einer Karte für das Gebiet der Stadt Brühl mit dem jährlichen Bruttowindenergiegehalt in 150 m Höhe über Grund
2. Erstellung einer Karte für das Gebiet der Stadt Brühl mit der jährlichen mittleren Windgeschwindigkeit in 150 m Höhe über Grund

2 Erläuterung der Vorgehensweise

Eine wichtige Eigenschaft der Windenergie ist, dass die Ausgangsleistung einer Windturbine proportional zur dritten Potenz der Windgeschwindigkeit ist. Deshalb sind die Anforderungen an die Genauigkeit der Windgeschwindigkeitsberechnungen für die Ermittlung der Windenergie höher als für die meisten anderen Anwendungen.

Eine andere bemerkenswerte Eigenschaft des Windes sind die saisonalen und von Jahr zu Jahr variierenden Windkonditionen. Eine genaue Bestimmung der Windklimatologien muss diese Variationen berücksichtigen, deshalb müssen Winddaten, die einer aussagekräftigen Berechnung zugrunde liegen, über mehrere Jahre geprüft werden.

Eine Studie der klimatischen Variation in Europa (Petersen et al. 1981) zeigt, dass die zwischenjährige Variation des Energieertrags einer mittleren relativen Standardabweichung von ungefähr 13 Prozent entspricht. Diese Analyse wurde für eine 45 Meter hohe Windturbine über einen Zeitraum von 22 Jahren durchgeführt.

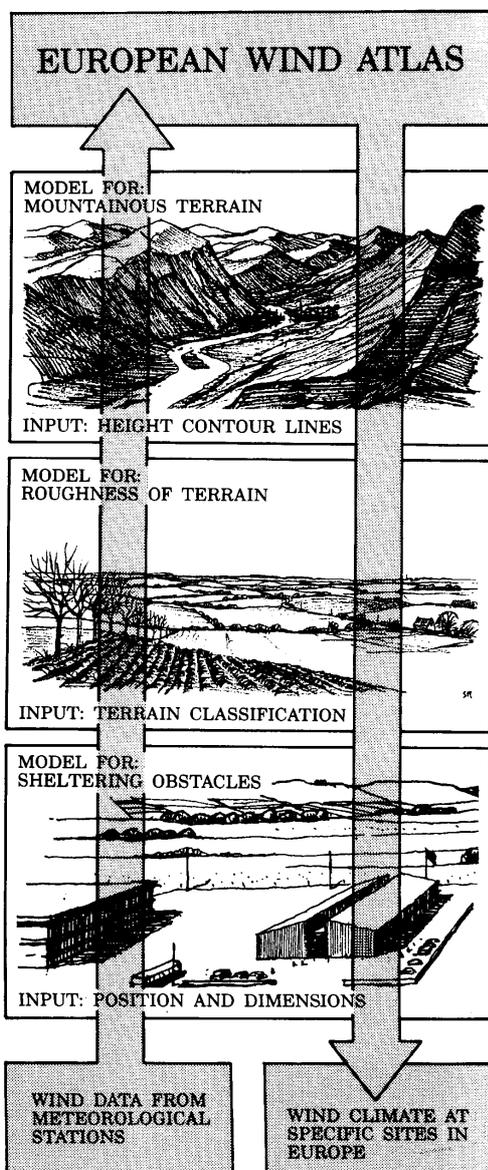


Abbildung 2-1, Die Methodologie des Windatlases

2.1 Berechnungsmethode

Die Windverhältnisse an einem bestimmten Standort sind hauptsächlich durch zwei Faktoren bestimmt: das Gesamtwittersystem, das sich gewöhnlich über mehrere hundert Kilometer erstreckt, und die unmittelbare Topographie im Bereich einiger Kilometer um die Station.

Die Erstellung des Gutachtens erfolgt nach der Windatlas-Methode. Die generelle Vorgehensweise besteht hierbei darin, langjährig vorliegende Windmessdaten und -messreihen von einer oder mehreren Messstationen, die als repräsentativ für das Gesamtwittersystem angenommen werden, auf den zu begutachtenden Standort hochzurechnen. Hierfür wird das vom dänischen Forschungslaboratorium RISØ entwickelte Programm WASP verwendet. Diese Berechnungsmethode ist unter anderem vom Bundesforschungsministerium anerkannt. Die Berechnung erfolgt anhand von Strömungsmodellen. Die Modelle basieren auf den physikalischen Prinzipien der Strömung in der atmosphärischen Grenzschicht und sie berücksichtigen die Auswirkungen unterschiedlicher Oberflächenverhältnisse, die Abschirmungseffekte durch Gebäude oder andere Hindernisse sowie die Beeinflussung der Windströmung durch Höhenunterschiede im Gelände um den betreffenden Standort.

2.2 Zugrundeliegende Modelle

2.2.1 Hindernismodell (Obstacle Model)

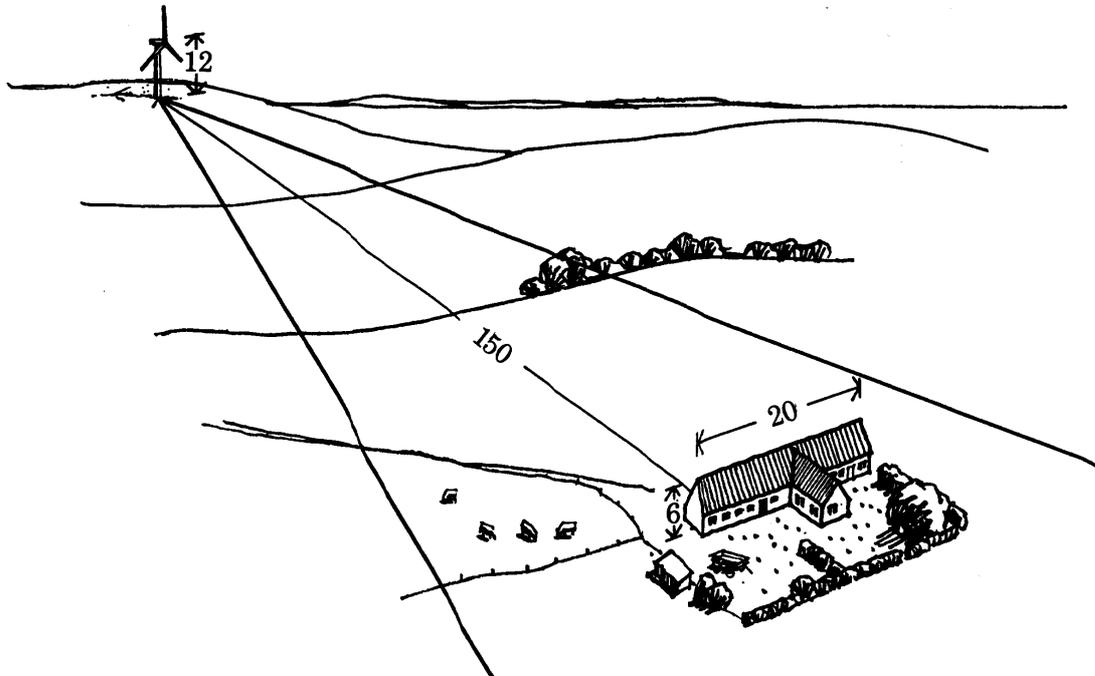


Abbildung 2-2, Windhindernis

Dieses Modell berechnet den Einfluss von Hindernissen in der unmittelbaren Umgebung des vorgesehenen Standortes auf die zu erwartenden Windgeschwindigkeiten und Jahreserträge.

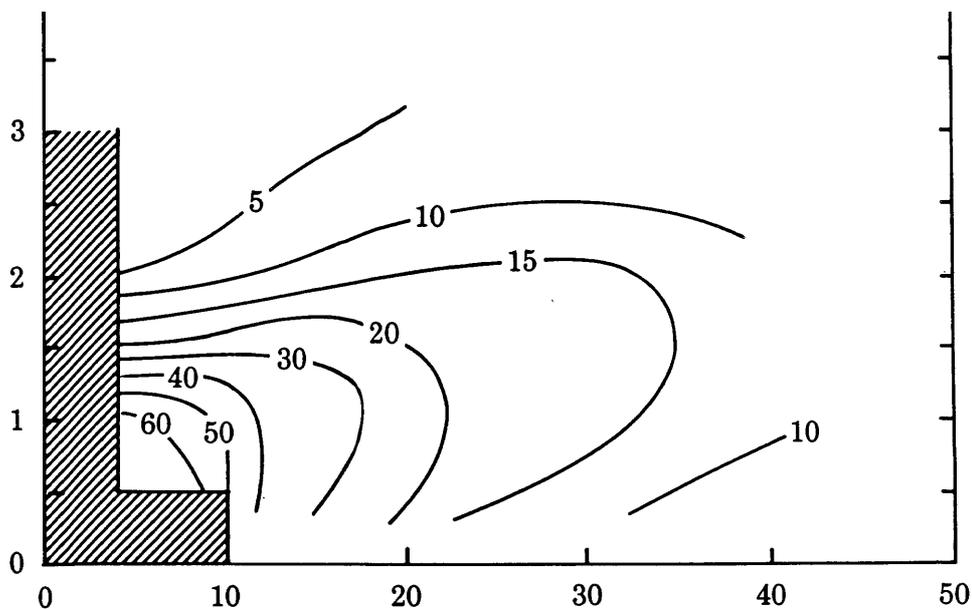


Abbildung 2-3, Auswirkungen von Hindernissen, Reduktion der Windgeschwindigkeit in Prozent als Folge der Abschattung durch ein zweidimensionales Hindernis. In der schraffierten Zone ist die Abschattung stark abhängig von der detaillierten Geometrie des Hindernisses. Die vertikale und horizontale Skalierung ist angegeben in Vielfachen der Hindernishöhe.

Berücksichtigt werden hierbei die Lage des Hindernisses relativ zum vorgesehenen Standort, dessen Entfernung, Ausdehnung sowie die Porosität. In welchem Maße Hindernisse in einem gegebenen Abstand von einer Windenergieanlage Aufnahme in das Hindernismodell finden, hängt in erster Linie von der Größe und deren Beschaffenheit ab. Typische Geländebesonderheiten wie Häuser, Waldstücke, Baumgruppen etc. finden bis zu einer Entfernung von ca. 500 m bis 1 km Eingang in das Hindernismodell. Außerhalb dieser Entfernung finden derartige Formationen Berücksichtigung im nachfolgend beschriebenen Rauigkeitsmodell.

2.2.2 Rauigkeitsmodell (Roughness Model)

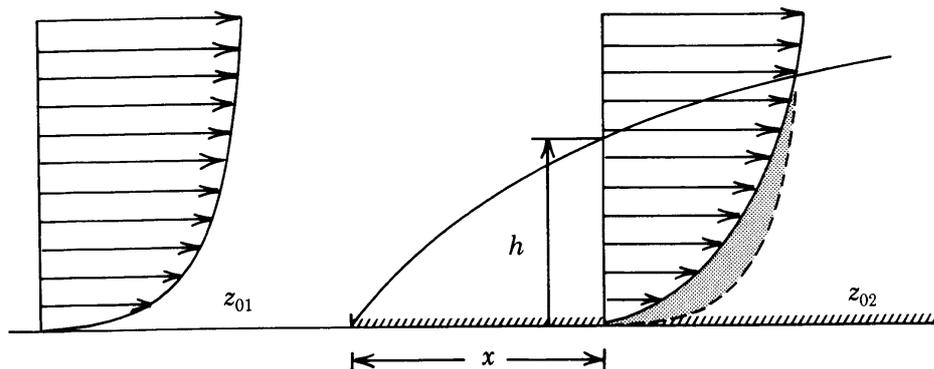


Abbildung 2-4, Auswirkungen von Rauigkeitsänderungen des Geländes

Das Rauigkeitsmodell berechnet den Einfluss der Oberflächenbeschaffenheit in der näheren und weiteren Umgebung des geplanten Standortes auf die zu erwartenden Windverhältnisse. Die Wiedergabe der Oberflächenbeschaffenheit erfolgt hierbei als sogenannte Rauigkeit des Geländes, wobei man zwischen der Darstellung als Rauigkeitsklasse oder Rauigkeitslänge unterscheidet. Der Zusammenhang wird in der nachfolgenden Grafik verdeutlicht.

Die Eingabe der Rauigkeiten erfolgt als Rauigkeitskarte anhand des vorliegenden topographischen Kartenmaterials sowie der vom Standort angefertigten Fotografien. Es werden Rauigkeiten in einem Umkreis von etwa 20 km berücksichtigt.

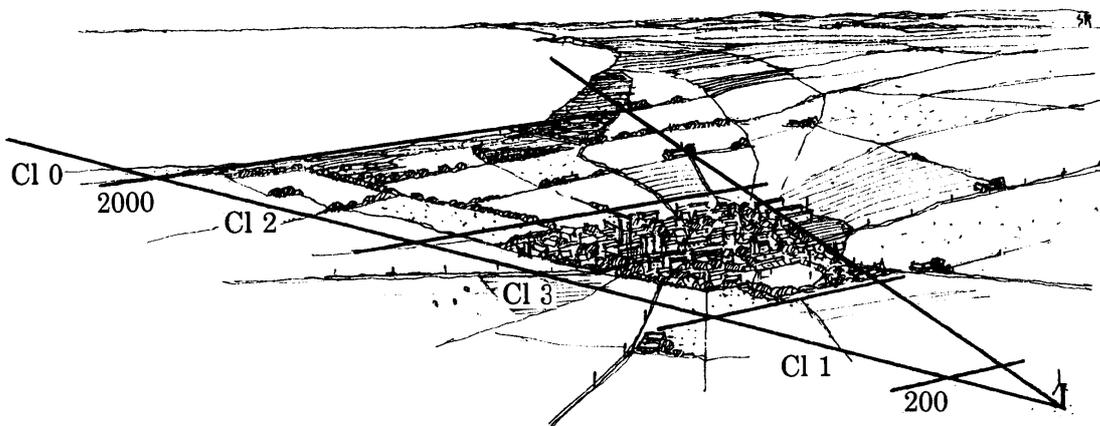


Abbildung 2-5, Beispiel für Rauigkeitsänderungen in einem Sektor der Windrose

Die Berechnung des Einflusses berücksichtigt sowohl die Einflüsse der verschiedenen Rauigkeiten als auch der Anzahl und Art der Rauigkeitswechsel, die durch ihre

windbrechende Wirkung Turbulenzen verursachen und somit ebenfalls zur Charakteristik der Windverhältnisse beitragen.

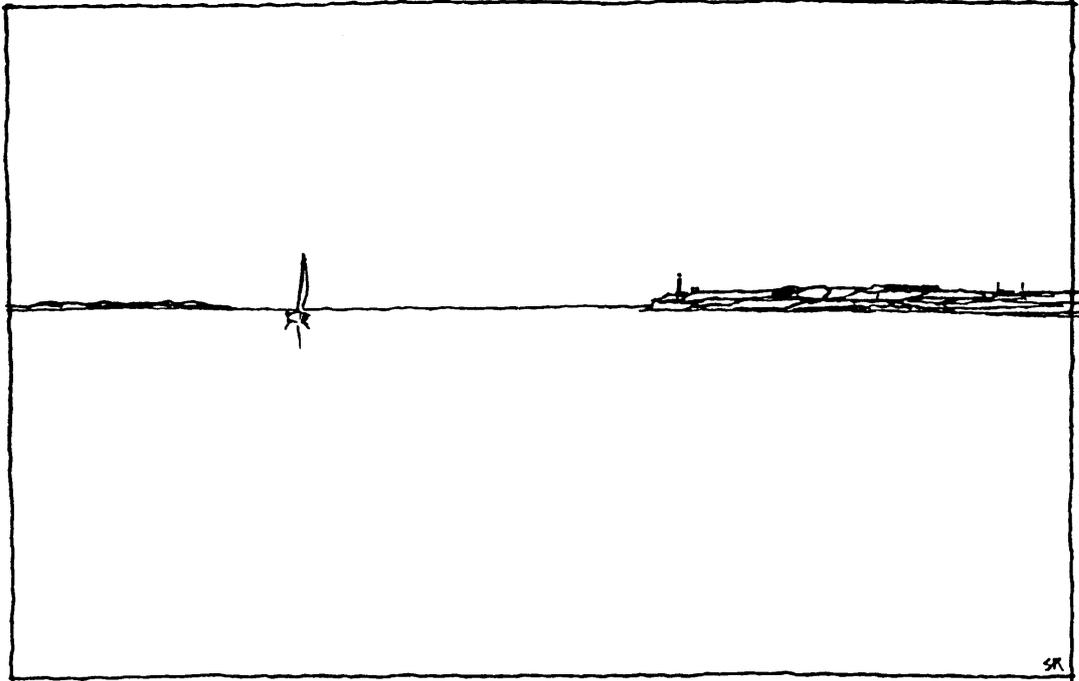


Abbildung 2-6, Beispiel für ein Gelände der Rauigkeitsklasse 0: Wasserflächen. Diese Klasse beinhaltet das Meer, Fjorde und Seen

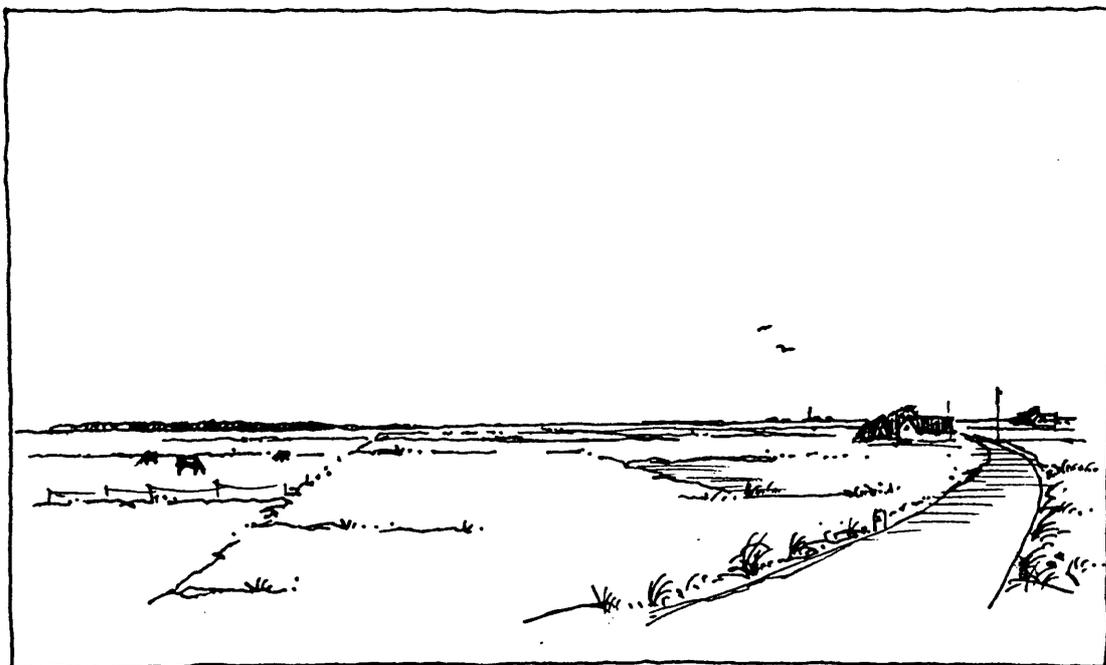


Abbildung 2-7, Beispiel für ein Gelände der Rauigkeitsklasse 1: Offene Flächen mit wenigen Windhindernissen. Das Gelände ist sehr offen und flach oder leicht hügelig. Einzelne Gehöfte und Baum- oder Buschgruppen können auftreten.



Abbildung 2-8, Beispiel für ein Gelände der Rauigkeitsklasse 2: Landwirtschaftliche Flächen mit Windhindernissen im Abstand von mindestens 1000 m und einzelne Siedlungen. Das Gelände ist charakterisiert durch große offene Flächen zwischen den vielfach vorhandenen Windhindernissen, die ein offenes Erscheinungsbild der Landschaft darstellen. Das Gelände kann eben oder hügelig sein, es gibt viele Bäume und Gebäude.

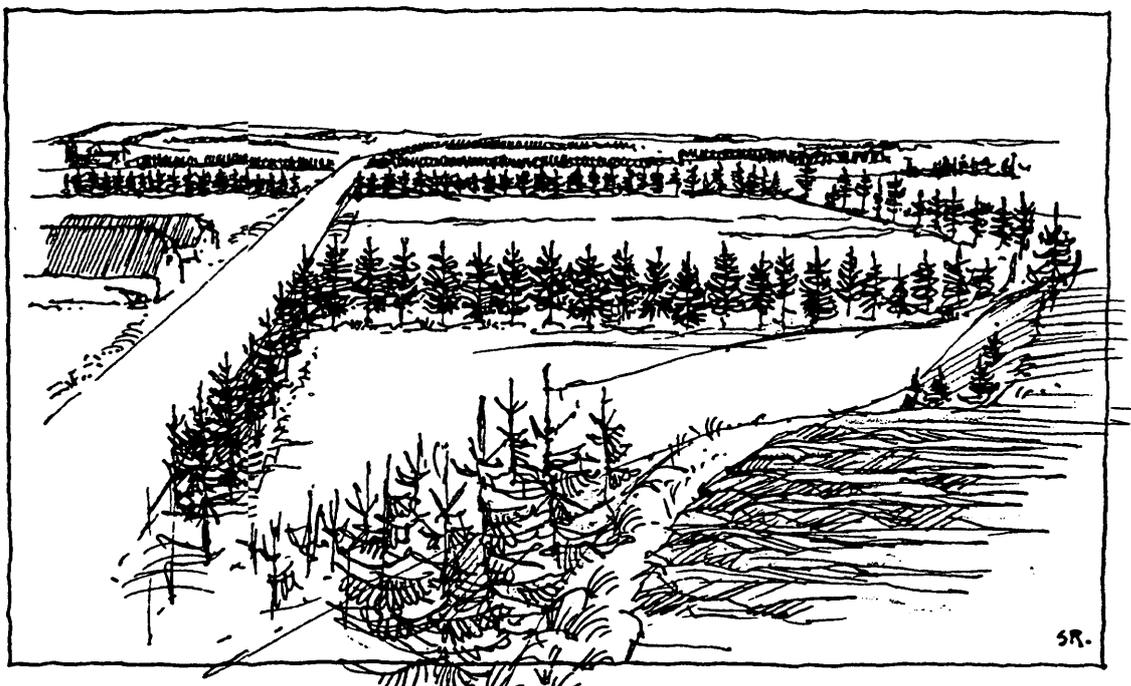


Abbildung 2-9, Beispiel für ein Gelände der Rauigkeitsklasse 3: Bebaute Bezirke, Wälder, landwirtschaftliches Gelände mit vielen Windhindernissen. Das landwirtschaftliche Gelände ist charakterisiert durch viele dicht beieinander stehende Windhindernisse, deren Abstand einige 100 Meter beträgt. Wälder und bebaute Gelände gehören ebenfalls zu dieser Klasse.

2.2.3 Höhen- oder Hügelmodell (Orographic Model)

Das Höhenmodell als drittes Basismodell zur Analyse der Windverhältnisse berechnet die Einflüsse der orographischen Gegebenheiten in der Umgebung des vorgesehenen Standortes.

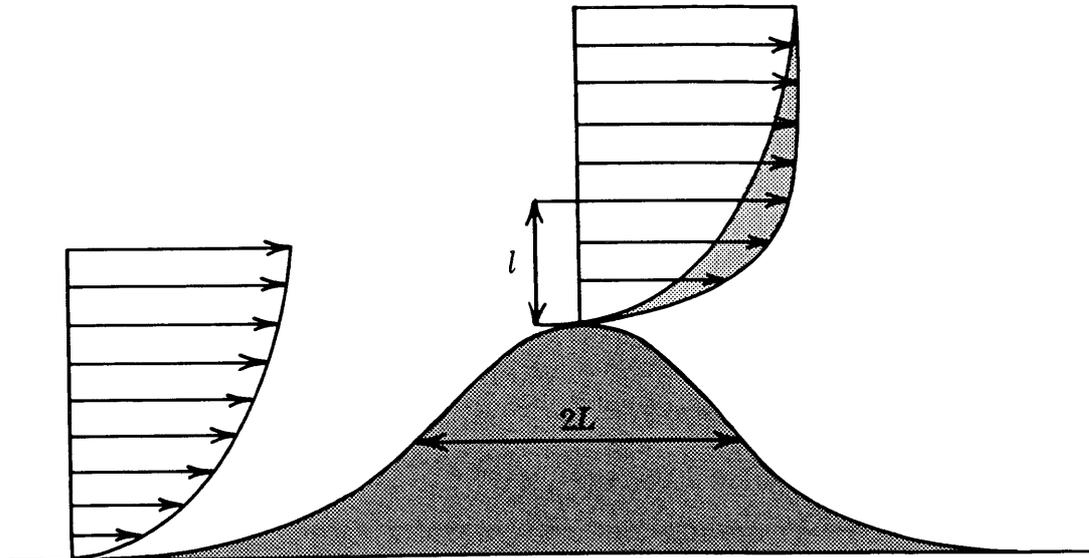


Abbildung 2-10, Darstellung der durch einen Hügel induzierten Beschleunigung der Strömung

Dieses Modell, das besonders für Binnenlandstandorte mit komplexerer Orographie immens wichtig ist, ermittelt Einflüsse wie durch von Hügeln induzierte Beschleunigungen, Trichtereffekte, Ablösungen der Strömung, Abschattungen etc. In der Klassifizierung europäischer Landschaften ist das Höhenmodell für Gutachten in Landschaften vom Typ 2 bis 5 unverzichtbar.



Abbildung 2-11, Europäische Landschaft vom Typ 1: Flachland, Wasserflächen und Regionen, die weit von Gebirgen entfernt sind. Die Windströmung an der Oberfläche wird nur durch die Oberflächenrauigkeitsänderung und durch Windhindernisse beeinflusst.

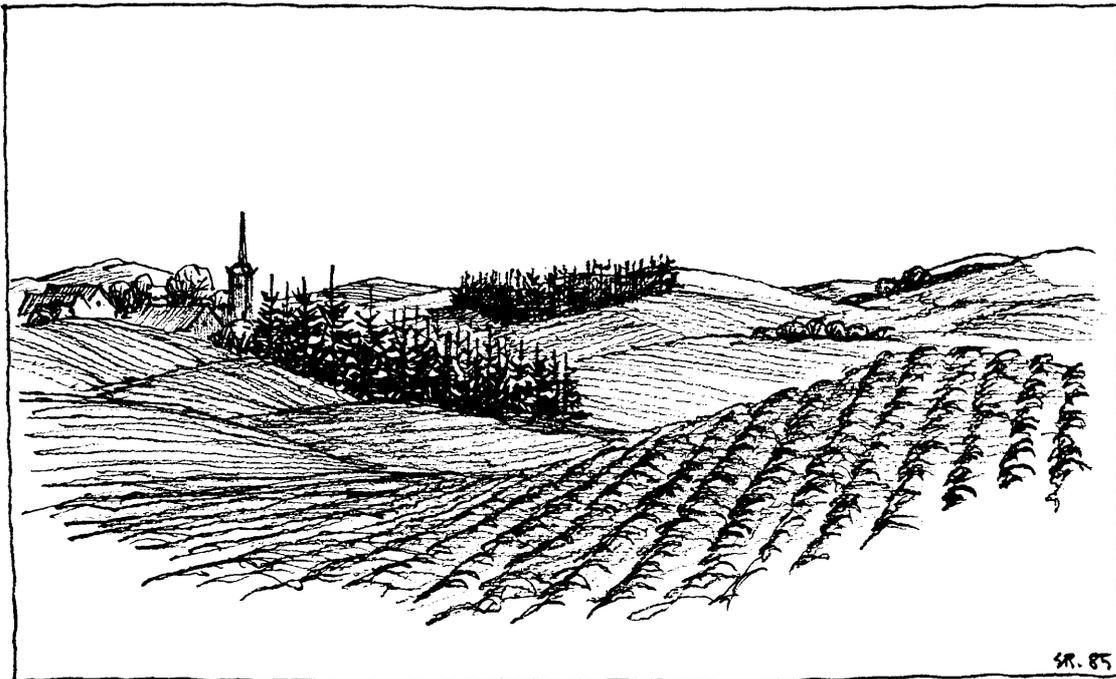


Abbildung 2-12, Europäische Landschaft vom Typ 2: Leicht gewellte und hügelige Bezirke fernab von Gebirgen. Typische waagerechte Ausdehnungen der Hügel betragen weniger als einige Kilometer. Die Windströmung an der Oberfläche wird durch Oberflächenrauigkeitsänderungen, Windhindernissen und - sehr wichtig - durch die von den Hügeln induzierten Beschleunigungen beeinflusst.

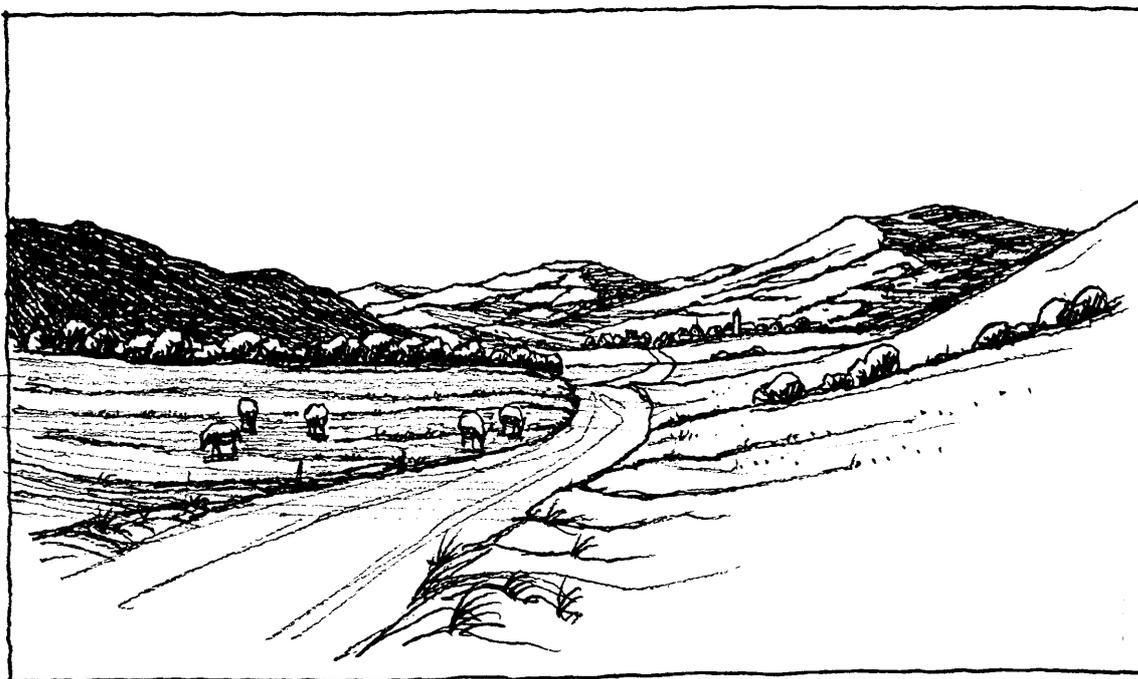


Abbildung 2-13, Europäische Landschaft vom Typ 3: Stark gewellte und Bergregionen (Mittelgebirgsrelief). Typische waagerechte Ausdehnungen der Hügel betragen mehrere Kilometer. Die Windströmung in der Nähe der Oberfläche wird durch die Topographie wie beim Landschaftstyp 2 beeinflusst. Zusätzlich können die größeren orographischen Dimensionen die gesamte atmosphärische Grenzschicht stark beeinflussen.



Abbildung 2-14, Europäische Landschaft des Typs 4: Vorgebirgsregionen. In diesen auf großer Breite geneigten Regionen können ausgeprägte und dauerhafte Strömungssysteme wie z.B. Föhn, Bise, Bora, Mistral und Tramontana vorkommen. Diese Strömungen werden durch Prozesse wie Kanalbildung, Ablenkung, leeseitiger Abfall und hydraulische Verstärkung verursacht.



Abbildung 2-15, Europäische Landschaft des Typs 5: Hohe Gebirgsmassive mit tief eingeschnittenen Tälern. Die Windströmung an den Bergspitzen dann derjenigen der freien Atmosphäre je nach den spezifischen Bedingungen entsprechen. In den Tälern bestimmen thermisch induzierte Berg-Tal-Winde das Windklima. Außer dem leeseitigen Föhn sind die Windströmungen in den Tälern von der freien Atmosphärenströmung entkoppelt.

3 Berechnungsgrundlagen

Die folgenden Eingabedaten liegen der Berechnung zugrunde:

3.1.1 Windstatistik

Als Grundlage für die Berechnungen der am Standort vorherrschenden Windverhältnisse wird die Windstatistik „Nörvenich“ des Deutschen Wetterdienstes (DWD) verwendet. Die Messdaten der Windstatistik „Nörvenich“ wurden im Zeitraum vom 01.01.2004 bis zum 31.12.2008 erhoben.

Die Windstatistik beruht auf langjährigen Messungen des DWD, deren Daten auch für Nutzer der Software WASP und WindPro aufbereitet worden sind.

Um die Windverhältnisse für das Gebiet der Stadt Brühl zu modellieren, wurden zum Vergleich die Ertragsdaten von sechs in der Nachbarstadt Erftstadt bestehenden Windenergieanlagen des Typs ENERCON E-70 E4 mit 64,0 m Nabenhöhe herangezogen. Die Ertragsdaten liegen für Zeiträume von 69 bis 84 Monaten vor und wurden unter Verwendung dreier unterschiedlicher Windindizes langzeitkorrigiert. Auf Basis dieser Daten wurde ein regionaler Korrekturfaktor von 1,02 für die Windstatistik „Nörvenich“ des DWD ermittelt.

Durch die, mit diesem Korrekturfaktor versehene, Windstatistik werden die auf dem Gebiet der Stadt Brühl vorliegenden großräumigen Windverhältnisse so wiedergegeben, dass unter Berücksichtigung der speziellen Standortgegebenheiten, wie etwa der Geländerauigkeit und der Orographie, die Windverhältnisse für den mikroskaligen Bereich des Stadtgebietes treffend modelliert werden können.

3.1.2 Luftdichte

Die verwendete Luftdichte wird am Standortzentrum (Koordinaten GK Bessel: 2.562.169 / 5.632.930) unter folgenden Annahmen berechnet:

- Durchschnittliche Mittlere Jahrestemperatur 9,2° C
- Höhe über NN (Höhe des Standortzentrums + Nabenhöhe) als Durchschnittswert für das Untersuchungsgebiet: 241,2 m
- Daraus resultiert folgende Luftdichte (vgl. DIN ISO 2533): 1,214 kg/m³

3.1.3 Höhenverhältnisse (Orographie)

Die Orographie in der Umgebung des Standortes wird in einem Umkreis von ca. 10 km berücksichtigt. Dazu werden die von der NASA (National Aeronautics and Space Administration, USA) unter Beteiligung des DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) im SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) -Projekt per Radar erfassten Höhendaten verwendet. Im SRTM-Projekt wurde ein georeferenziertes Punkte-Raster kartographiert, das ca. 80% der Landfläche der Erde abdeckt. In Deutschland betragen die Abstände zwischen den erfassten Punkten ca. 83 Meter. Für jeden Punkt dieses Rasters liegt u.a. die Höhe über NN vor. Aus diesen Daten wird ein digitales Höhenmodell gebildet, mit dem die orographischen Effekte auf die Windverhältnisse, bezogen auf 12 Sektoren der

Windrose relativ zum Standort, vom Programm intern berechnet werden. Dabei entstehen Höhenlinien in Abständen von 5 Höhenmetern.

Das erstellte digitale Geländemodell überdeckt eine Fläche mit einer Breite von 39.772 m und einer Höhe von 30.413 m. Die Eckkoordinaten (Koordinatensystem Gauß-Krüger 3°-Streifen-System, Bessel-Ellipsoid, Potsdam Datum, Zone 2) dieses Rechtecks lauten:

Min X: 2.539.419, Max X: 2.579.191, Min Y: 5.618.414, Max Y: 5.648.827

3.1.4 Umgebende Rauigkeiten

Die Rauigkeiten der Standortumgebung werden in einem Umkreis von ca. 20 km berücksichtigt. Die Eingabe der Geländerauigkeiten erfolgt in Form einer Rauigkeitskarte. Dieses digital erstellte Rauigkeitsmodell überdeckt eine Fläche mit einer Breite von 69.605 m und einer Höhe von 60.861 m. Die Eckkoordinaten (Koordinatensystem Gauß-Krüger 3°-Streifen-System, Bessel-Ellipsoid, Potsdam Datum, Zone 2) dieses Rechtecks lauten:

Min X: 2.524.214, Max X: 2.593.819, Min Y: 5.602.971, Max Y: 5.663.832

3.1.5 Hindernisse

Für die Windpotenzialanalyse werden keine Windhindernisse berücksichtigt.

3.1.6 Verwendetes Kartenmaterial

- Topographische Karten im Maßstab 1:50.000, entnommen der TOP-50 CD des Landesvermessungsamtes Nordrhein-Westfalen.
- Topographische Karten im Maßstab 1:25.000. (Blatt-Nrn.: 5106, 5107, 5206, 5207)

3.1.7 Verwendete Software

- WAsP, Version: WASP 6-9 for Windows (RVEA0011 1,0,0,13)
- WindPro, Version: 2.9.269 November 2013

3.1.8 Ortsbegehung

Verschiedene Standorte, von denen aus das Stadtgebiet eingesehen werden konnte, wurden am 13.03.2014 vom Gutachter besucht.

4 Windpotenzial auf dem Gebiet der Stadt Brühl

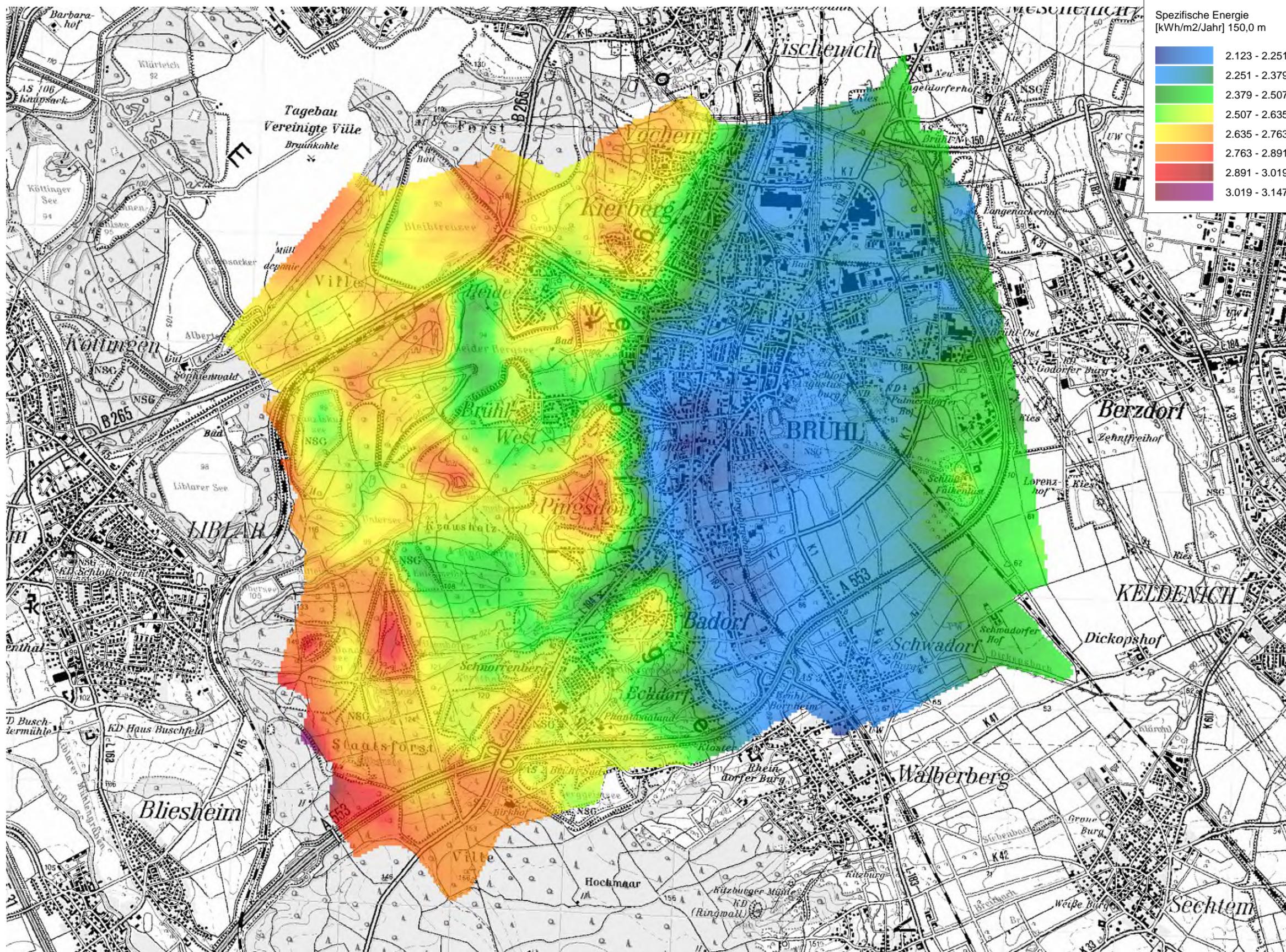
Das Windpotenzial auf dem Gebiet der Stadt Brühl wurde auf Basis der im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Berechnungsgrundlage für eine Fläche mit einer Breite von 7,9 km und einer Höhe von 7,8 km, in einer Auflösung von 25 m berechnet. Die betrachtete Fläche beträgt 61,4 km².

Der Bruttowindenergiegehalt in 150 m Höhe über Grund schwankt in dem betrachteten Gebiet zwischen 2.123 kWh/m²/Jahr und 3.147 kWh/m²/Jahr.

Die mittlere Windgeschwindigkeit in 150 m Höhe über Grund schwankt in dem betrachteten Gebiet zwischen 6,0 m/s und 6,6 m/s.

Wie den beiden nachfolgenden Karten zu entnehmen ist, finden sich die Bereiche mit den niedrigen Werten in den Bereichen mit einem geringeren Höhenniveau.

Umgekehrt finden sich die Bereiche mit den höchsten Werten auf den höchsten Erhebungen.



Spezifische Energie [kWh/m2/Jahr] 150,0 m

| |
|---------------|
| 2.123 - 2.251 |
| 2.251 - 2.379 |
| 2.379 - 2.507 |
| 2.507 - 2.635 |
| 2.635 - 2.763 |
| 2.763 - 2.891 |
| 2.891 - 3.019 |
| 3.019 - 3.147 |

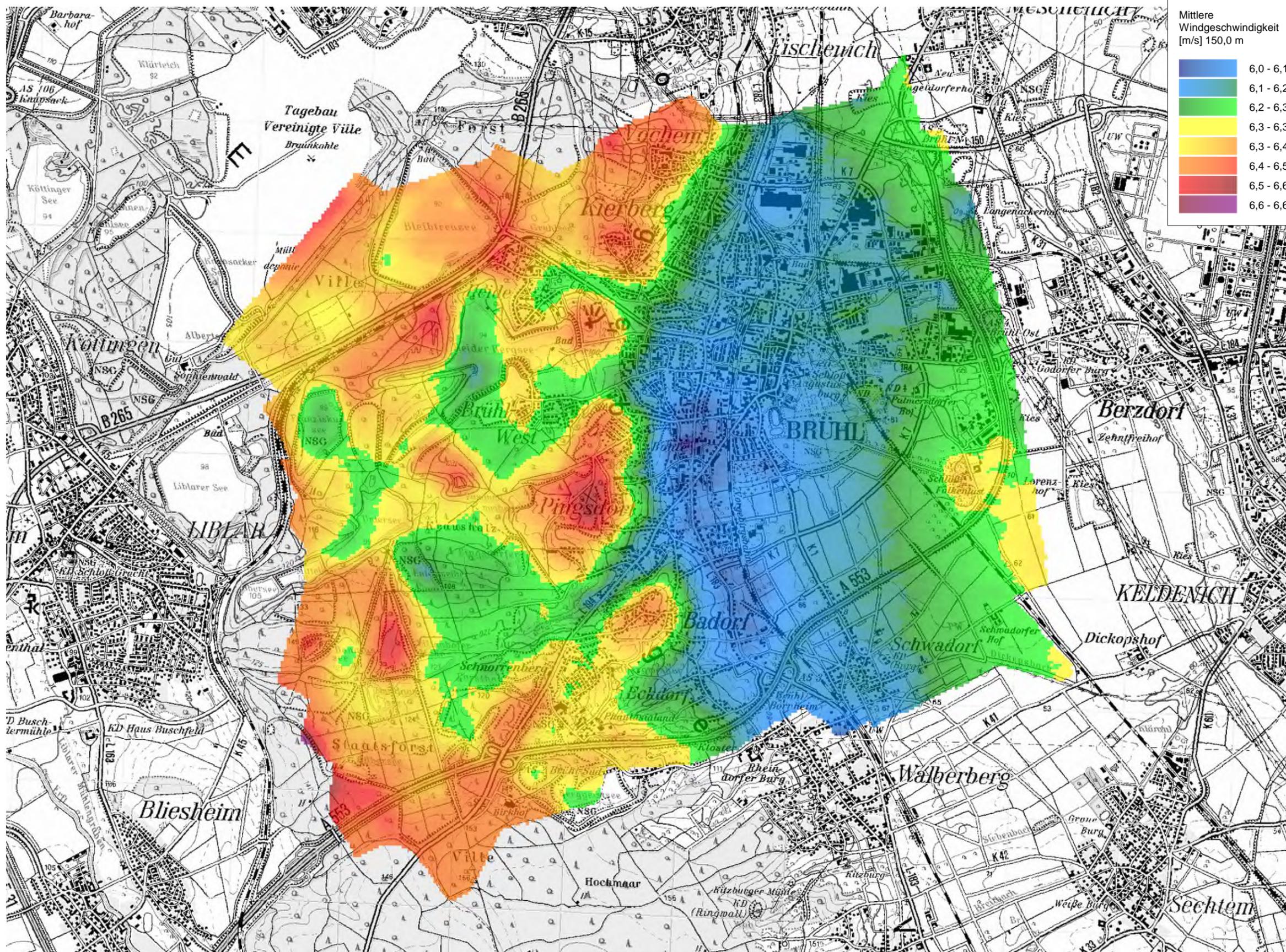
Projekt:
Brühl
Beschreibung:
028-14-2146-21.01

RESOURCE - Karte Resource
Berechnung:
Stadtgebiet Brühl

Ausdruck/Seite
25.03.2014 09:15 / 1
Lizenzierter Anwender:
SOLvent GmbH
Lünener Straße 211
DE-59174 Kamen
+49 2307 240063
Johannes Waterkamp / jw@solvent.de
Berechnet:
24.03.2014 20:10/2.9.269



Karte: Brühl 50000 , Maßstab 1:35.000, Mitte: GK (3 deg)-DHDN/PD/Bessel (DE 1995 ±5m) Zone: 2 Ost: 2.562.646 Nord: 5.631.935



Projekt:
Brühl
Beschreibung:
028-14-2146-21.01

RESOURCE -
Karte Resource
Berechnung:
Stadtgebiet Brühl

Ausdruck/Seite
25.03.2014 09:13 / 1
Lizenzierter Anwender:
SOLvent GmbH
Lünener Straße 211
DE-59174 Kamen
+49 2307 240063
Johannes Waterkamp / jw@solvent.de
Berechnet:
24.03.2014 20:10/2.9.269



Karte: Brühl 50000 , Maßstab 1:35.000, Mitte: GK (3 deg)-DHDN/PD/Bessel (DE 1995 ±5m) Zone: 2 Ost: 2.562.646 Nord: 5.631.935

5 Unsicherheiten einer Windpotenzialberechnung

Unsicherheiten bei der Bestimmung des Windpotenzials bestehen bei allen in die Berechnung eingehenden Parameter. Die maßgeblichen Einzelunsicherheiten und die daraus resultierende Gesamtunsicherheit werden in der nachfolgenden Tabelle angegeben.

| | |
|---|--------------|
| Einzelunsicherheiten: | |
| Unsicherheit Methodik: | 10,0% |
| Unsicherheit Geländebeschreibung: | 2,5% |
| Unsicherheit Auswahl der Windstatistik(en): | 5,0% |
| Unsicherheiten Langzeitbezug | 3,0% |
| Gesamtunsicherheit: | 11,8% |

Die in der obenstehenden Tabelle angegebenen Einzelunsicherheiten sind nicht als statistisch gesichert, sondern als Erfahrungswerte anzusehen.

6 Abschlusserklärung

Die Datenerfassung, die zu diesem Gutachten geführt hat, wurde mit größtmöglicher Sorgfalt vorgenommen, alle Berechnungen mehrfach kontrolliert.

Für die ermittelten Windgeschwindigkeiten übernimmt die Firma SOLvent GmbH, Planungsbüro für regenerative Energietechnik, dennoch keine Gewähr.

Die ermittelten Windgeschwindigkeiten repräsentieren die im langjährigen Durchschnitt zu erwartenden Windgeschwindigkeiten. Die Berechnungen wurden mit der Software WINDpro (Version 2.9.269, Modul RESOURCE) in Kombination mit dem Programm WASP 6-9 for Windows (RVEA0011 1,0,0,13) durchgeführt.

Zwischen dem Auftraggeber und dem Firma SOLvent GmbH bestehen weder personelle noch kapitalmäßige noch verwandtschaftliche Verflechtungen.

Kamen, 25. März 2014

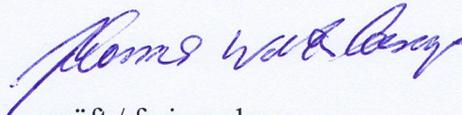


erstellt

(Dipl.-Ing. Karl Breckner,
Projektbearbeiter)

 SOLvent GmbH

Lünener Straße 211 · 59174 Kamen
Telefon 0 23 07 / 24 00 63, Fax 0 23 07 / 24 00 66



geprüft / freigegeben

(Dipl.-Inf. Johannes Waterkamp,
Technischer Leiter)

7 Anhang

Es folgt:

- Windrichtungsverteilung in 150 m über Grund

Projekt: **Brühl**
 Beschreibung: 028-14-2146-21.01

Ausdruck/Seite
 24.03.2014 14:52 / 1

Lizenzierter Anwender:
SOLvent GmbH
 Lünener Straße 211
 DE-59174 Kamen
 +49 2307 240063
 Johannes Waterkamp / jw@solvent.de
 Berechnet:
 24.03.2014 13:32/2.9.269



WASP interface - Analyse der Windverhältnisse

Berechnung: BrühlWinddaten: A - Brühl; Nabenhöhe: 150,0

Standortkoordinaten

GK (3 deg)-DHDN/PD/Bessel (DE 1995 <±5m) Zone: 2 Ost: 2.562.169 Nord: 5.632.930

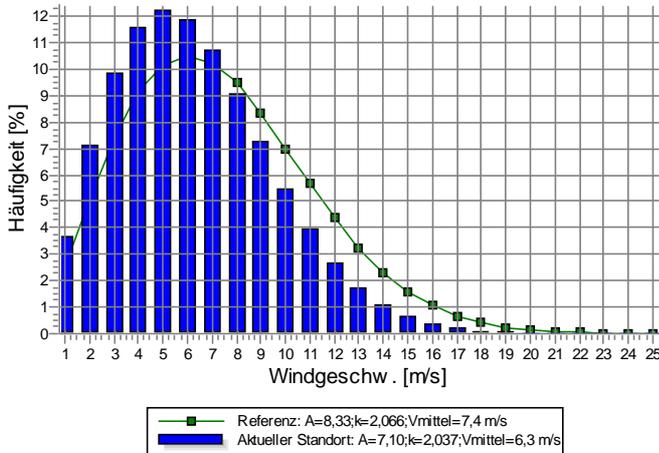
Windstatistiken

DE Noervenich 2012_102.wws

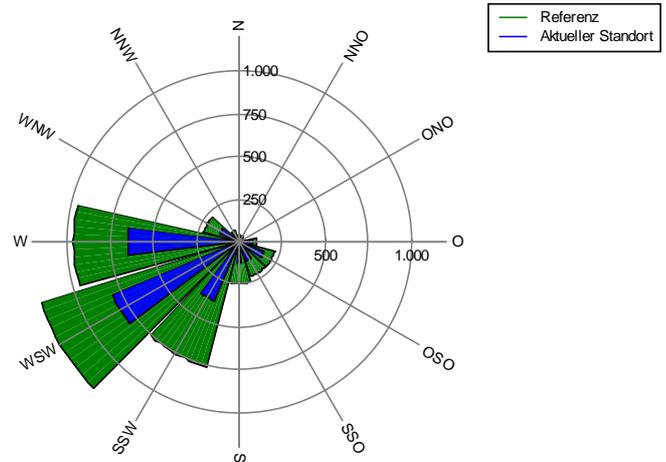
Weibull-Daten

| Sektor | Aktueller Standort | | | Referenz: Rauigkeitsklasse 1 | | | |
|--------|--------------------|-------------------|-------------|------------------------------|-------------------|-------------|----------------|
| | A-Parameter [m/s] | Windgeschw. [m/s] | k-Parameter | Häufigkeit [%] | A-Parameter [m/s] | k-Parameter | Häufigkeit [%] |
| 0 N | 4,61 | 4,10 | 2,615 | 3,0 | 5,86 | 2,680 | 3,5 |
| 1 NNO | 4,72 | 4,18 | 2,236 | 2,9 | 5,67 | 2,211 | 3,2 |
| 2 ONO | 5,08 | 4,51 | 2,482 | 2,7 | 5,71 | 2,380 | 2,4 |
| 3 O | 6,18 | 5,51 | 2,928 | 6,5 | 6,95 | 2,958 | 5,6 |
| 4 OSO | 6,55 | 5,82 | 2,678 | 9,8 | 7,49 | 2,714 | 9,0 |
| 5 SSO | 5,65 | 5,01 | 2,326 | 10,3 | 6,82 | 2,285 | 10,6 |
| 6 S | 6,07 | 5,38 | 2,424 | 8,7 | 7,43 | 2,395 | 9,8 |
| 7 SSW | 8,58 | 7,61 | 2,545 | 10,1 | 10,90 | 2,485 | 9,8 |
| 8 WSW | 9,50 | 8,42 | 2,260 | 14,6 | 11,12 | 2,262 | 13,7 |
| 9 W | 8,43 | 7,47 | 2,369 | 17,7 | 9,59 | 2,345 | 17,6 |
| 10 WNW | 6,19 | 5,50 | 2,506 | 8,6 | 7,25 | 2,390 | 9,2 |
| 11 NNW | 4,75 | 4,23 | 2,756 | 5,0 | 5,99 | 2,650 | 5,8 |
| Gesamt | 7,10 | 6,29 | 2,037 | 100,0 | 8,33 | 2,066 | 100,0 |

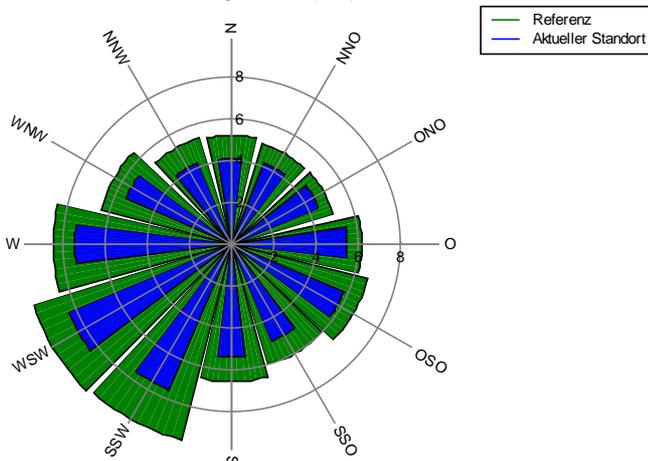
Weibull-Verteilung



Windenergieerose (kWh/m²/Jahr)



Mittlere Windgeschw. (m/s)



Häufigkeit (%)

