

Erkens & Jütten

Herr Erkens
Hauptstr. 51
52538 Gangelt

Ihr Zeichen Your sign	Ihre Nachricht vom Your message	Unsere Zeichen Our sign	Datum Date	Bearbeiter Person in charge
-	2018-03-12	SG18002KB1	2018-04-27	Benjamin Böhme

Beurteilung des Einflusses eines geplanten Nahversorgungsmarktes auf die Anströmbedingungen einer historischen Windmühle in Heinsberg-Kirchhoven

Sehr geehrter Herr Erkens,

die windtest grevenbroich gmbh (wtg) erhielt 2018-03-12 von der Fa. Erkens & Jütten den Auftrag zur Ermittlung des Einflusses eines geplanten Nahversorgungsmarktes (NVM) auf die Anströmbedingungen am Standplatz der historischen Windmühle Heinsberg-Kirchhoven.

Der geplante NVM wird vom Auftraggeber (AG), der Fa. Erkens & Jütten nordwestlich bis nördlich von der Windmühle gelegen geplant.

Die zu beurteilende historische Windmühle befindet sich in 52525 Heinsberg-Kirchhoven, Zur Kornmühle 7. Die Windmühle hat eine Nabenhöhe (NH) von etwa 12,0 m sowie einen Rotordurchmesser (RD) von etwa 11,5 m. Diese Informationen wurden von der Internetseite des Mühlenbetreibers bezogen [1]. Folgende Abbildung 1 zeigt ein Foto der gegenständlichen Mühle, in Abbildung 2 ist ihre Position auf der Flurkarte verzeichnet.



Abbildung 1: Windmühle Heinsberg-Kirchhoven (Foto bereitgestellt durch den AG)

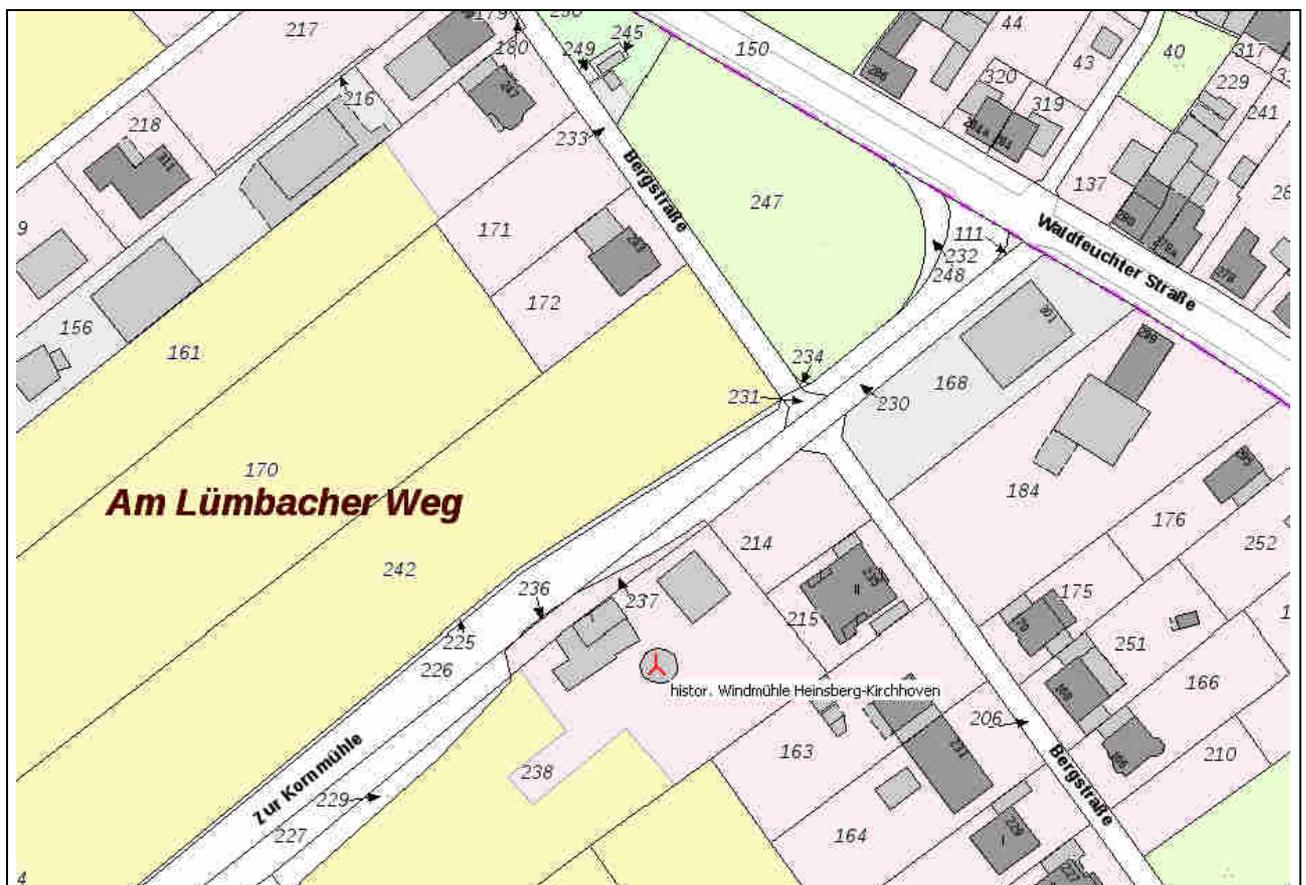


Abbildung 2: Standort der Windmühle in Heinsberg-Kirchhoven [III]



Methodik

Zur Modellierung der Windverhältnisse am Standort Heinsberg-Kirchhoven werden im Berechnungsprogramm WindPRO [II] der Fa. EMD das digitale Geländemodell des Standortes sowie in [II] hinterlegte DWD Windstatistiken (Aachen [33 km südlich], Nörvenich [51 km südöstlich] und Eindhoven [62 km nordwestlich]; Wichtung: 34 % / 16 % / 50 %¹) eingeladen.

Die Gegebenheiten vor Ort (Gelände- sowie Gebäudehöhen) wurden durch ein vom AG bestelltes Vermessungsbüro aufgenommen und der wtg als digitale Karte zur Verfügung gestellt. Die Gebäudestrukturen im Umfeld der betrachteten Windmühle werden als Hindernisse entsprechend modelliert, s. Abbildung 3. Dabei wird von einer dichten, undurchlässigen Struktur ausgegangen.

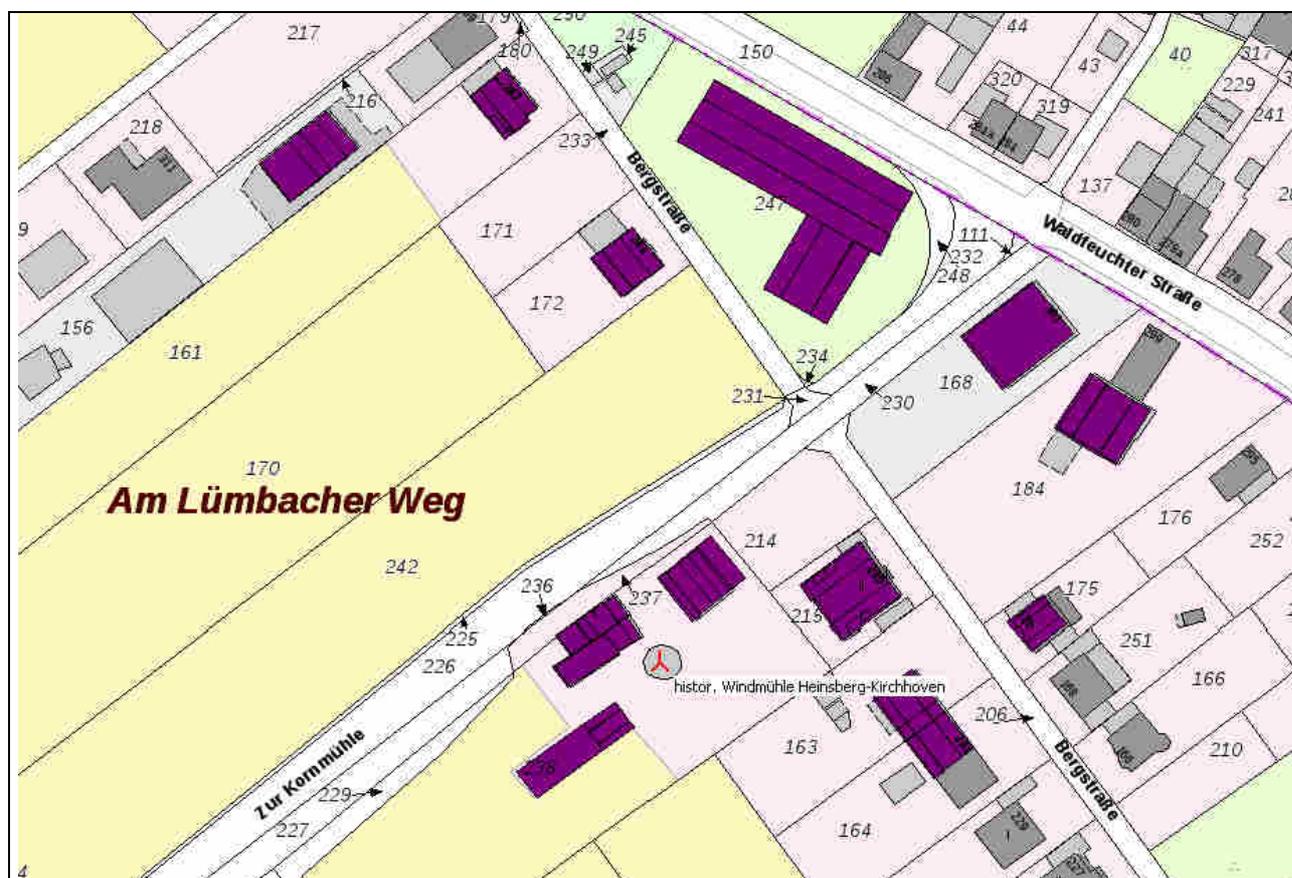


Abbildung 3: Hindernis-Modellierung bestehender Gebäudestrukturen – lila Farbgebung (Karte [III])

Der NVM wird ebenfalls über Hindernisse im Modell berücksichtigt und mit einer mittleren Höhe von 7,6 m höher als vergleichbare Märkte angenommen, vgl. Abbildung 4. Die Hindernismodellierung in [II] sieht keine Dachschrägen etc. vor, weshalb alle Hindernisse als Quader konzipiert und ggf. mit einer schrittweisen Erhöhung der Struktur im Modell eingerichtet worden sind. Eine Überströmung von Quader- bzw. Treppenstrukturen ist bezogen auf die entstehenden Wirbel und Abbremsseffekte konservativer als die Überströmung von Schrägen, d. h. der Einfluss wird tendenziell überschätzt.

¹ Wichtung basiert auf die Ergebnissen früherer Ertragsprognosen in der näheren Umgebung des Standortes

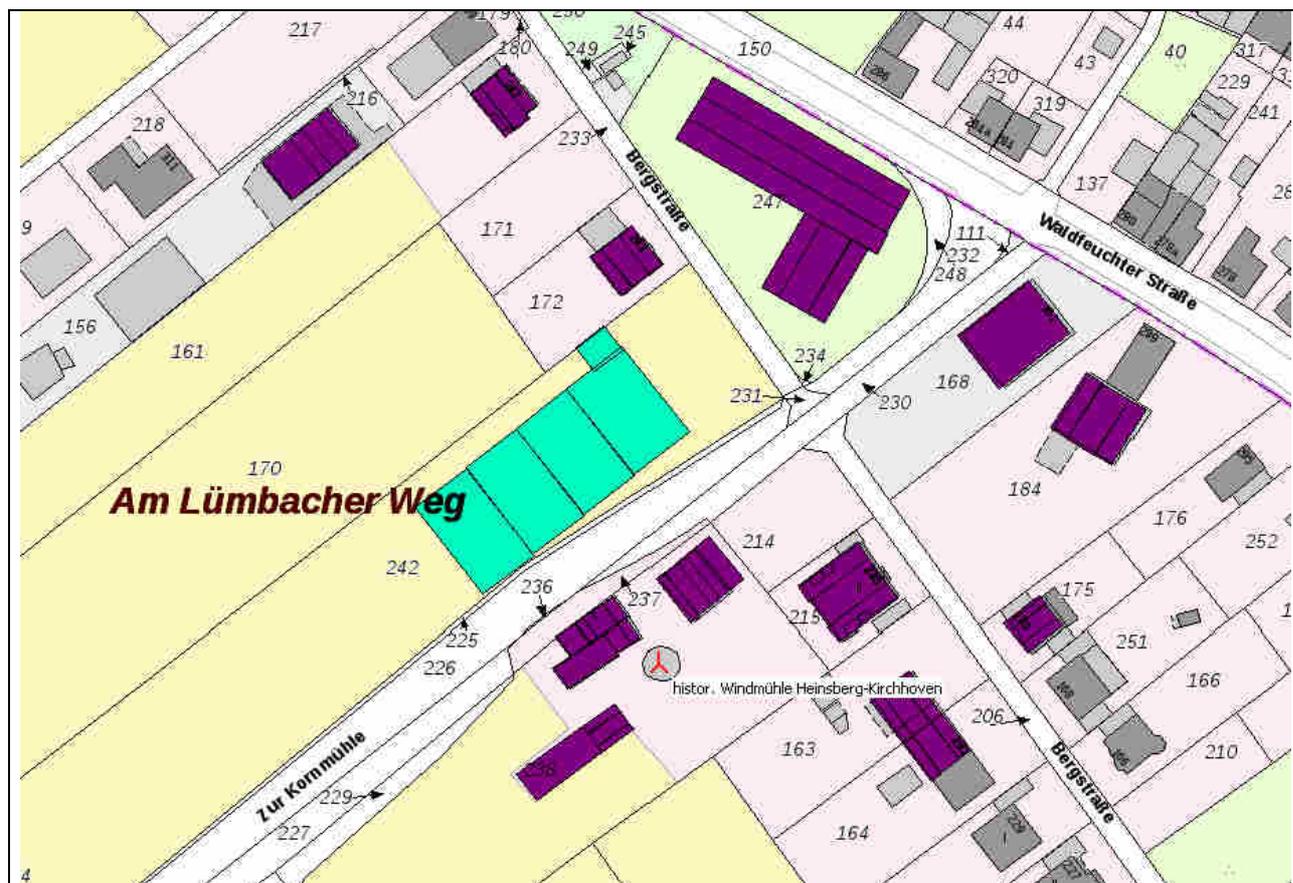


Abbildung 4: Hindernis-Modellierung des NVM – türkise Farbgebung (Karte [III])

Die am Standort gegebene Hauptwindrichtung ist gemäß der zugrunde gelegten Windatlasstationen Westsüdwest (WSW). Die Anströmung aus durch den Neubau betroffenen Sektoren Westnordwest (WNW) bis Nord (N) treten im jährlichen Mittel zu je 5,3 % (N) bis 7,3 % (WNW) der Zeit auf. In den folgenden Diagrammen in Abbildung 5 lässt sich erkennen, dass dementsprechend auch der energetische Anteil der durch den Zubau betroffenen Sektoren sehr gering ist.

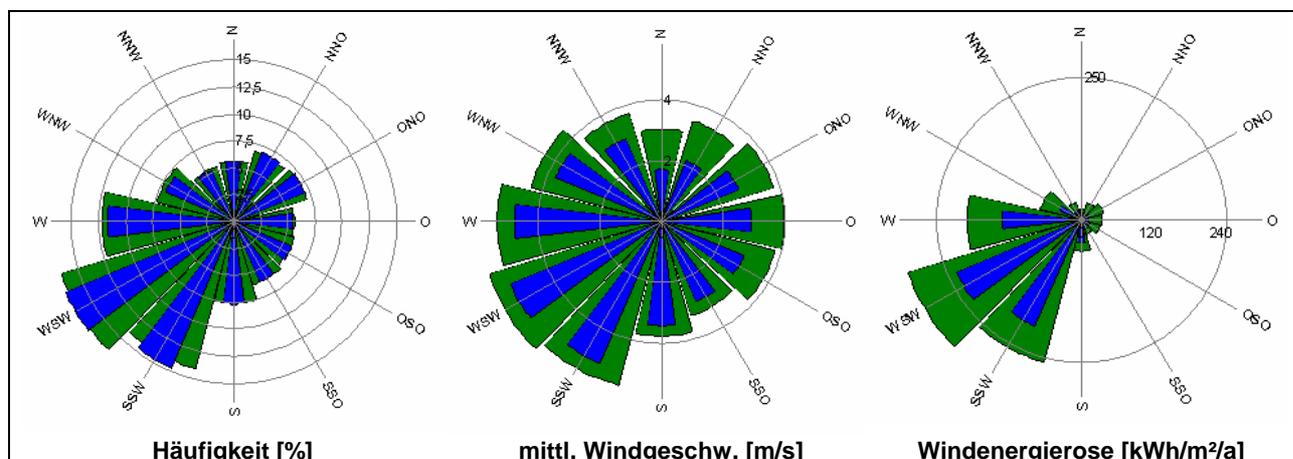


Abbildung 5: Windrichtungsverteilung am Standort Heinsberg-Kirchhoven (blaue Skala)



Um den Verlust aufgrund der Abschattung durch den geplanten Zubau zu ermitteln, wird folgende Gleichung (1) zugrunde gelegt:

$$P = \eta_{\text{Betz}} \cdot \eta_{\text{reib}} \cdot \eta_{\text{mec}} \cdot \eta_{\text{elek}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \dot{m} \cdot v^2 = \eta_{\text{Betz}} \cdot \eta_{\text{reib}} \cdot \eta_{\text{mec}} \cdot \eta_{\text{elek}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad \text{Gl. (1)}$$

- η : Wirkungsgrade
- A : Querschnittsfläche des Rotors in m^2
- ρ : Dichte der Luft in kg/m^3
- \dot{m} : Massenstrom der Luft in kg/s ($\dot{m} = \rho \cdot A \cdot v$)
- v : mittlere Geschwindigkeit der Luft in m/s
- P : Leistung des Konverters in Watt

Diese beschreibt für konventionelle Windenergieanlagen die (elektrisch) umsetzbare Leistung aus dem vorhandenen Windangebot. Für eine historische Windmühle ist der elektrische Wirkungsgrad außer Acht zu lassen. Des Weiteren sind bei einer Betrachtung einer äußeren Abschattung, in diesem Fall durch die geplante Gebäudestruktur des NVM, lediglich Änderungen in der mittleren Anströmwindgeschwindigkeit v zu erwarten. Sämtliche anderen Aspekte der beschriebenen Gleichung bleiben konstant.

Es werden im gegenständlichen Fall zwei Berechnungen geführt, um die Windgeschwindigkeiten an der Position der Windmühle vor und nach dem Bau des geplanten NVM zu ermitteln. Die Windgeschwindigkeiten werden in der Nabenhöhe der Windmühle, in der Nähe der unteren Blattspitze (2 m Höhe über Grund; aufgrund softwareseitiger Einschränkungen ist keine Berechnung in geringeren Höhen möglich) sowie in der Höhe der oberen Blattspitze (23,5 m Höhe über Grund) berechnet. Anschließend wird aus der 3. Potenz der Windgeschwindigkeiten vereinfacht die Windenergiedichte berechnet. Der resultierende Verlust wird durch den Vergleich der Berechnungen mit und ohne Berücksichtigung des geplanten NVM ermittelt, siehe Tabelle 1.

Tabelle 1: Verlustberechnung aufgrund der Abschattung durch den NVM am Standort Heinsberg-Kirchhoven

Szenario	Windgeschw. [m/s] in Höhe ü. Grund			Windenergiedichte (WED) vereinfacht			Dichte [%] normiert			Dichte [%] Mittel	Verlust Dichte [%] Mittel
	2m	12m	23,5m	2m	12m	23,5m	2m	12m	23,5m		
ohne NVM	1,05	3,64	4,45	1,16	48,23	88,12	100	100	100	100,00	0,00
mit NVM	1,02	3,54	4,44	1,06	44,36	87,53	91,67	91,98	99,33	94,33	5,67

Es ist erkennbar, dass der Einfluss des NVM auf die Anströmung mit zunehmender Höhe abnimmt. Während in den Höhen von 2 m ü. Grund sowie in 12 m ü. Grund die Einbußen der Windenergiedichte mit 8,3 % bzw. 8,0 % zu beziffern sind, ist in 23,5 m Höhe ü. Grund bereits erkennbar, dass der Verlust kleiner 1 % beträgt.

Bei Betrachtung der Rotorebene der Windmühle beläuft sich der zu erwartende Verlust der Windenergiedichte im Mittel auf 5,7 %.

Dieses Ergebnis ist in Hinblick auf die Positionierung des geplanten NVM (Richtung NNW bis N) bezogen auf die Hauptanströmrichtung (aus WSW) plausibel, da der Anteil der betroffenen Sektoren an der Windenergiedichte sehr gering ist.



Laut einer der wtg vorliegenden Stellungnahme des Vereins „Historische Mühlen im Selfkant e.V.“ von 2017-12-08 [IV] soll „die Beeinträchtigung der Windgängigkeit auf maximal ca. 10 % begrenzt werden“. Sofern die „Windgängigkeit“ in diesem Zusammenhang die Windgeschwindigkeit beschreibt, beläuft sich basierend auf den Berechnungen der wtg die Verringerung der mittleren Windgeschwindigkeit auf 2,86 % in 2 m Höhe ü. Grund, auf 2,75 % in 12 m ü. Grund, auf 0,23 % in 23,5 m ü. Grund und im Mittel über die Rotorebene 1,94 %.

Nach Bilden der 3. Potenz der Windgeschwindigkeit und somit Ermitteln der vereinfachten Windenergiedichte, beläuft sich der zu erwartende Verlust wie vorab beschrieben auf 5,7 %.

Unsicherheiten

Die Einzelunsicherheit des Verfahrens (Unsicherheit Modellierung) wird zu 7,00 % kalkuliert. Hierbei werden die folgenden Faktoren berücksichtigt:

- Erstellung des digitalen Geländemodells (Orographie, Rauigkeiten)
- Berücksichtigung von Hindernissen

Es wird versichert, dass die vorliegenden Berechnungen gemäß dem Stand der Technik, unparteiisch und nach bestem Wissen und Gewissen erstellt wurden.

Gern stehen wir Ihnen auch persönlich für weitere Auskünfte und Fragestellungen zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

windtest grevenbroich gmbh

M. Eng. Lasma Pikuma

Projektmanagerin

B. Eng. Benjamin Böhme

Projektmanager



Literaturverzeichnis:

- [I] <https://sites.google.com/site/windmuehlekirchhovenclarissa/die-muehle---innen-and-aussen>
(Abruf: 2018-04-16)
- [II] EMD International A/S: *WindPRO Version 3.1.633*. Aalborg Ø, 2017-11.
- [III] Land NRW (2017) unter Lizenz www.govdata.de/dl-de/by-2-0: Flurkarte NRW; 2018-04-26.
- [IV] Verein Historische Mühlen im Selfkant e.V.: Stellungnahme zum gepl Netto-Markt a d Mühle Kirchhoven.pdf, 2017-12-08.

Anhänge:

- A** Windgeschwindigkeiten in den Höhen 2 m, 12 m und 23,5 m ü. Grund – vor Zubau NVM
- B** Windgeschwindigkeiten in den Höhen 2 m, 12 m und 23,5 m ü. Grund – nach Zubau NVM



Anhang A

Projekt: SG18002 Heinsberg-Kirchhoven Erkens & Jütten Hauptstr. 51 52538 Gangel	Beschreibung: Windmühle Heinsberg-Kirchhoven NH: ~ 12 m RD: ~ 11,5 m Betrachtung Windverhältnisse ohne Zubau durch geplanten NVM.	Lizenzierter Anwender: windtest grevenbroich gmbh Frimmersdorfer Straße 73a DE-41517 Grevenbroich +49 2181 2278 0 B. Eng. Benjamin Böhme Berechnet: 27.04.2018 11:12/3.1.633	
---	---	---	--

PARK - Analyse der Windverhältnisse

Berechnung: 180427 Windmühle Heinsberg-Kirchhoven _ohne NVM **Winddaten:** A - Terraindaten: WAsP (1); Nabenhöhe: 2,0

Standortkoordinaten

UTM WGS84 Zone: 32
 Ost: 294.305 Nord: 5.662.565
 histor. Windmühle Heinsberg-Kirchhoven

Weibull-Daten

Winddaten

Windstatistiken	Abstand [km]	Wichtung [%]
Aachen_LIB.LIB	30	34
DE Nörvenich.wws	55	16
NL Eindhoven, 1970-76.wws	60	50

Sektor	Aktueller Standort			Referenz: Rauigkeitsklasse 1			
	A-Parameter [m/s]	Windgeschw. [m/s]	k-Parameter windigkeit	Häufigkeit [%]	A-Parameter [m/s]	k-Parameter	Häufigkeit [%]
0 N	0,23	0,21	1,373	5,5	2,05	1,404	5,6
1 NNO	0,09	0,08	1,525	7,0	2,37	1,569	6,8
2 ONO	0,60	0,54	1,572	7,5	2,62	1,682	7,1
3 O	0,80	0,71	1,654	5,6	2,75	1,750	5,6
4 OSO	1,58	1,43	1,490	5,6	2,60	1,604	5,8
5 SSO	1,71	1,57	1,342	5,8	2,18	1,424	6,1
6 S	2,03	1,87	1,314	7,5	2,51	1,356	7,6
7 SSW	0,94	0,84	1,592	14,8	3,87	1,665	14,1
8 WSW	2,60	2,31	1,811	17,4	4,09	1,881	16,6
9 W	0,78	0,70	1,553	11,7	3,70	1,640	12,2
10 WNW	0,12	0,10	1,447	6,7	2,99	1,478	7,3
11 NNW	0,63	0,57	1,400	4,9	2,51	1,491	5,3
Gesamt	1,03	1,05	0,959	100,0	3,10	1,504	100,0

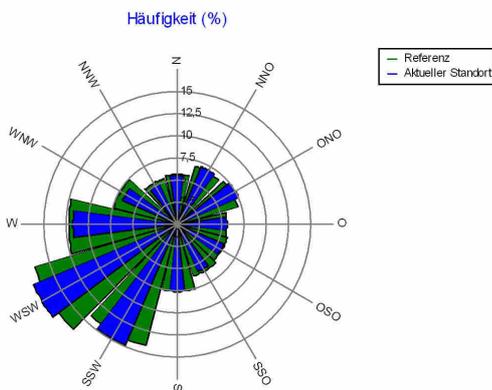
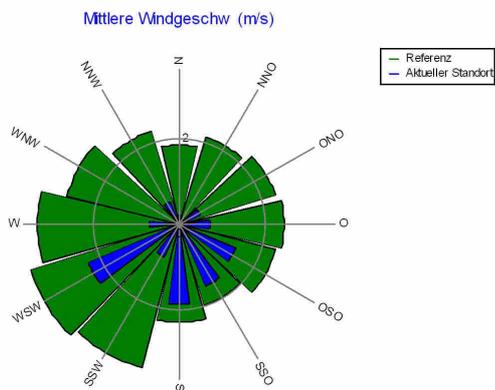
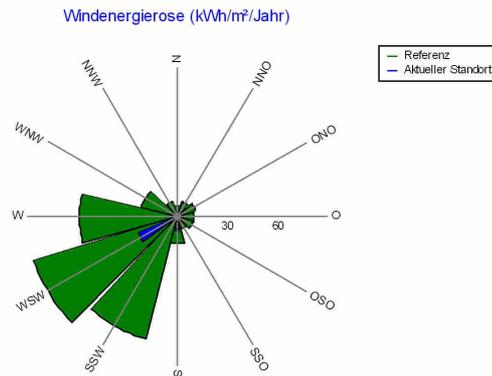
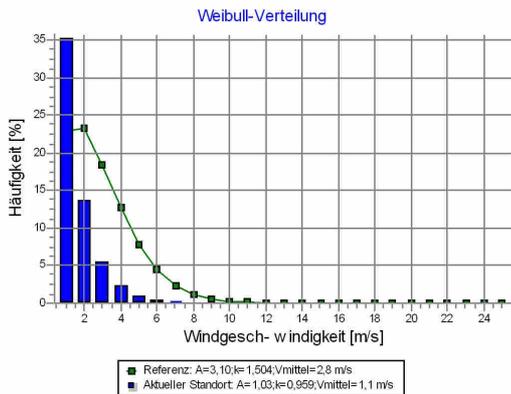


Abbildung Anhang 1: Windverhältnisse in 2 m Höhe – vor Zubau NVM



Projekt: SG18002 Heinsberg-Kirchhoven Erkens & Jütten Hauptstr. 51 52538 Gangel	Beschreibung: Windmühle Heinsberg-Kirchhoven NH: ~ 12 m RD: ~ 11,5 m Betrachtung Windverhältnisse ohne Zubau durch geplanten NVM.	Lizenzierter Anwender: windtest grevenbroich gmbh Frimmersdorfer Straße 73a DE-41517 Grevenbroich +49 2181 2278 0 B. Eng. Benjamin Böhme Berechnet: 27.04.2018 11:12/3.1.633	
---	---	---	--

PARK - Analyse der Windverhältnisse

Berechnung: 180427 Windmühle Heinsberg-Kirchhoven _ohne NVM **Winddaten:** A - Terraindaten: WASP (1); Nabenhöhe: 23,5

Standortkoordinaten

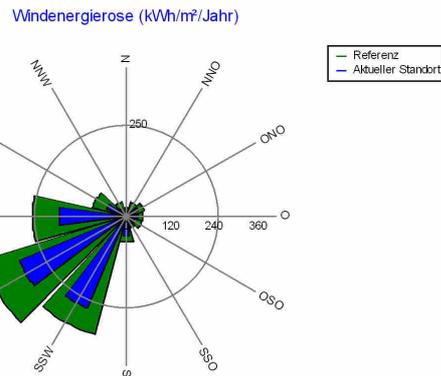
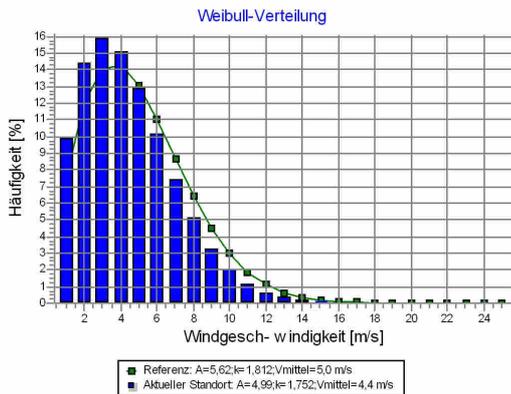
UTM WGS84 Zone: 32
 Ost: 294.305 Nord: 5.662.565
 histor. Windmühle Heinsberg-Kirchhoven

Weibull-Daten

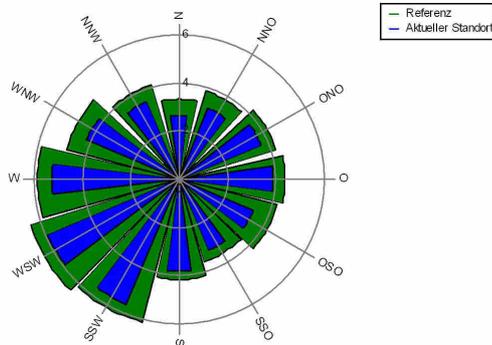
Sektor	Aktueller Standort			Referenz: Rauigkeitsklasse 1			
	A-Parameter	Windgeschw. windigkeit [m/s]	k-Parameter	Häufigkeit [%]	A-Parameter	k-Parameter	Häufigkeit [%]
0 N	2,98	2,66	1,764	5,7	3,76	1,752	5,6
1 NNO	3,60	3,19	2,006	6,9	4,32	1,965	6,8
2 ONO	4,17	3,70	2,033	7,1	4,74	2,100	7,1
3 O	4,39	3,89	2,162	5,4	4,96	2,170	5,6
4 OSO	3,78	3,35	1,943	5,9	4,74	1,994	5,8
5 SSO	3,59	3,20	1,744	6,1	4,01	1,768	6,1
6 S	4,30	3,84	1,693	7,7	4,67	1,673	7,6
7 SSW	6,38	5,65	2,029	14,7	6,92	2,028	14,1
8 WSW	6,68	5,92	2,334	16,8	7,29	2,310	16,6
9 W	5,97	5,29	1,982	11,7	6,65	2,029	12,2
10 WNW	4,72	4,19	1,873	6,9	5,45	1,845	7,3
11 NNW	3,94	3,50	1,811	5,2	4,61	1,851	5,3
Gesamt	4,99	4,45	1,752	100,0	5,62	1,812	100,0

Winddaten

Windstatistiken	Abstand [km]	Wichtung [%]
Aachen_LIB.LIB	30	34
DE Nörvenich.wws	55	16
NL Eindhoven, 1970-76.wws	60	50



Mittlere Windgeschw. (m/s)



Häufigkeit (%)

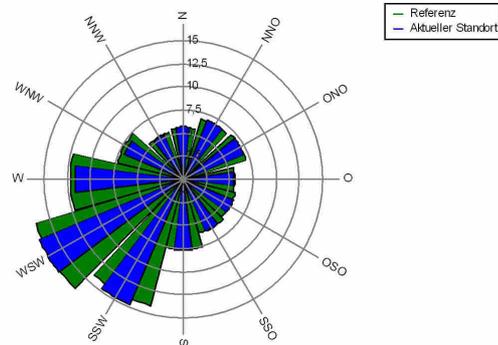


Abbildung Anhang 3: Windverhältnisse in 23,5 m Höhe – vor Zubau NVM



Anhang B

Projekt: SG18002 Heinsberg-Kirchhoven Erkens & Jütten Hauptstr. 51 52538 Gangel	Beschreibung: Windmühle Heinsberg-Kirchhoven NH: ~ 12 m RD: ~ 11,5 m Betrachtung Windverhältnisse inkl. Zubau durch geplanten NVM.	Lizenzierter Anwender: windtest grevenbroich gmbh Frimmersdorfer Straße 73a DE-41517 Grevenbroich +49 2181 2278 0 B. Eng. Benjamin Böhme Berechnet: 27.04.2018 11:11/3.1.633	
---	--	---	--

PARK - Analyse der Windverhältnisse

Berechnung: 180427 Windmühle Heinsberg-Kirchhoven _mit NVMWinddaten: A - Terraindaten: WAsP (1); Nabenhöhe: 2,0

Standortkoordinaten

UTM WGS84 Zone: 32
 Ost: 294.305 Nord: 5.662.565
 histor. Windmühle Heinsberg-Kirchhoven

Winddaten

Windstatistiken	Abstand [km]	Wichtung [%]
Aachen_LIB.LIB	30	34
DE Nörvenich.wws	55	16
NL Eindhoven, 1970-76.wws	60	50

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	0,08	0,07	1,373	5,5	2,05	1,404	5,6
1 NNO	0,09	0,08	1,525	7,0	2,37	1,569	6,8
2 ONO	0,60	0,54	1,572	7,5	2,62	1,682	7,1
3 O	0,80	0,71	1,654	5,6	2,75	1,750	5,6
4 OSO	1,58	1,43	1,490	5,6	2,60	1,604	5,8
5 SSO	1,71	1,57	1,342	5,8	2,18	1,424	6,1
6 S	2,03	1,87	1,314	7,5	2,51	1,356	7,6
7 SSW	0,94	0,84	1,592	14,8	3,87	1,665	14,1
8 WSW	2,60	2,31	1,811	17,4	4,09	1,881	16,6
9 W	0,77	0,69	1,553	11,7	3,70	1,640	12,2
10 WNW	0,12	0,10	1,447	6,7	2,99	1,478	7,3
11 NNW	0,09	0,08	1,400	4,9	2,51	1,491	5,3
Gesamt	0,99	1,02	0,928	100,0	3,10	1,504	100,0

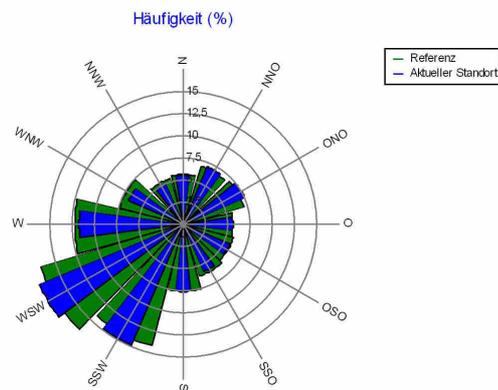
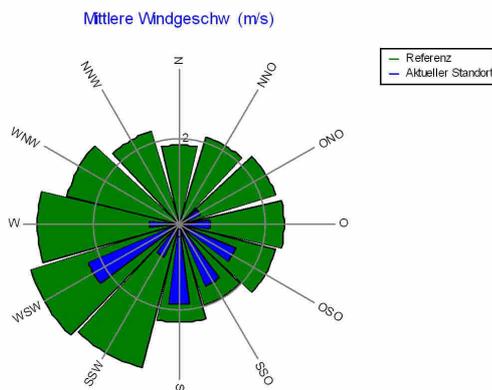
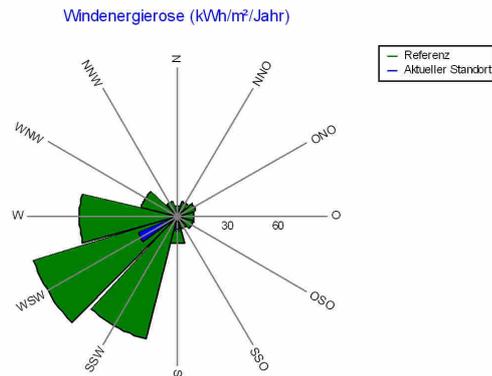
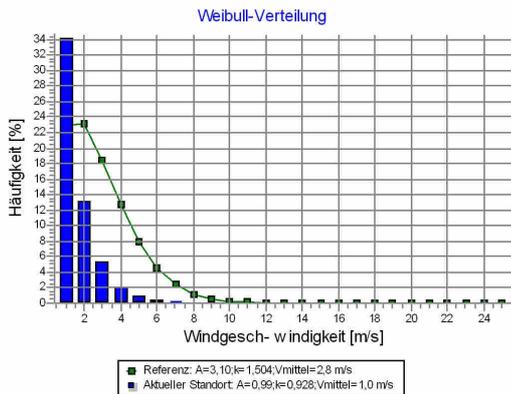


Abbildung Anhang 4: Windverhältnisse in 2 m Höhe – nach Zubau NVM



Projekt: SG18002 Heinsberg-Kirchhoven Erkens & Jütten Hauptstr. 51 52538 Gangel	Beschreibung: Windmühle Heinsberg-Kirchhoven NH: ~ 12 m RD: ~ 11,5 m Betrachtung Windverhältnisse inkl. Zubau durch geplanten NVM.	Lizenzierter Anwender: windtest grevenbroich gmbh Frimmersdorfer Straße 73a DE-41517 Grevenbroich +49 2181 2278 0 B. Eng. Benjamin Böhme Berechnet: 27.04.2018 11:11/3.1.633	
---	--	---	--

PARK - Analyse der Windverhältnisse

Berechnung: 180427 Windmühle Heinsberg-Kirchhoven _mit NVMWinddaten: A - Terraindaten: WAsP (1); Nabenhöhe: 12,0

Standortkoordinaten UTM WGS84 Zone: 32 Ost: 294.305 Nord: 5.662.565 histor. Windmühle Heinsberg-Kirchhoven	Weibull-Daten <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Sektor</th> <th colspan="3">Aktueller Standort</th> <th colspan="3">Referenz: Rauigkeitsklasse 1</th> </tr> <tr> <th>A-Parameter</th> <th>Windgeschw. k-Parameter</th> <th>Häufigkeit</th> <th>A-Parameter</th> <th>k-Parameter</th> <th>Häufigkeit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>[m/s]</td> <td>[m/s]</td> <td>[%]</td> <td>[m/s]</td> <td></td> <td>[%]</td> </tr> <tr> <td>0 N</td> <td>1,24</td> <td>1,11</td> <td>1,686</td> <td>5,7</td> <td>3,30</td> <td>1,657</td> </tr> <tr> <td>1 NNO</td> <td>2,18</td> <td>1,94</td> <td>1,912</td> <td>6,9</td> <td>3,79</td> <td>1,857</td> </tr> <tr> <td>2 ONO</td> <td>2,76</td> <td>2,45</td> <td>1,939</td> <td>7,1</td> <td>4,16</td> <td>1,986</td> </tr> <tr> <td>3 O</td> <td>2,94</td> <td>2,60</td> <td>2,053</td> <td>5,4</td> <td>4,36</td> <td>2,055</td> </tr> <tr> <td>4 OSO</td> <td>3,12</td> <td>2,77</td> <td>1,854</td> <td>5,8</td> <td>4,15</td> <td>1,887</td> </tr> <tr> <td>5 SSO</td> <td>3,08</td> <td>2,76</td> <td>1,658</td> <td>6,1</td> <td>3,51</td> <td>1,674</td> </tr> <tr> <td>6 S</td> <td>3,71</td> <td>3,32</td> <td>1,615</td> <td>7,6</td> <td>4,08</td> <td>1,586</td> </tr> <tr> <td>7 SSW</td> <td>5,54</td> <td>4,91</td> <td>1,943</td> <td>14,7</td> <td>6,09</td> <td>1,929</td> </tr> <tr> <td>8 WSW</td> <td>5,81</td> <td>5,14</td> <td>2,229</td> <td>16,9</td> <td>6,42</td> <td>2,193</td> </tr> <tr> <td>9 W</td> <td>5,17</td> <td>4,59</td> <td>1,596</td> <td>11,7</td> <td>5,85</td> <td>1,923</td> </tr> <tr> <td>10 WNW</td> <td>3,48</td> <td>3,10</td> <td>1,787</td> <td>6,9</td> <td>4,77</td> <td>1,745</td> </tr> <tr> <td>11 NNW</td> <td>2,18</td> <td>1,94</td> <td>1,729</td> <td>5,2</td> <td>4,04</td> <td>1,753</td> </tr> <tr> <td>Gesamt</td> <td>3,92</td> <td>3,54</td> <td>1,506</td> <td>100,0</td> <td>4,93</td> <td>1,731</td> </tr> </tbody> </table>	Sektor	Aktueller Standort			Referenz: Rauigkeitsklasse 1			A-Parameter	Windgeschw. k-Parameter	Häufigkeit	A-Parameter	k-Parameter	Häufigkeit		[m/s]	[m/s]	[%]	[m/s]		[%]	0 N	1,24	1,11	1,686	5,7	3,30	1,657	1 NNO	2,18	1,94	1,912	6,9	3,79	1,857	2 ONO	2,76	2,45	1,939	7,1	4,16	1,986	3 O	2,94	2,60	2,053	5,4	4,36	2,055	4 OSO	3,12	2,77	1,854	5,8	4,15	1,887	5 SSO	3,08	2,76	1,658	6,1	3,51	1,674	6 S	3,71	3,32	1,615	7,6	4,08	1,586	7 SSW	5,54	4,91	1,943	14,7	6,09	1,929	8 WSW	5,81	5,14	2,229	16,9	6,42	2,193	9 W	5,17	4,59	1,596	11,7	5,85	1,923	10 WNW	3,48	3,10	1,787	6,9	4,77	1,745	11 NNW	2,18	1,94	1,729	5,2	4,04	1,753	Gesamt	3,92	3,54	1,506	100,0	4,93	1,731
Sektor	Aktueller Standort			Referenz: Rauigkeitsklasse 1																																																																																																												
	A-Parameter	Windgeschw. k-Parameter	Häufigkeit	A-Parameter	k-Parameter	Häufigkeit																																																																																																										
	[m/s]	[m/s]	[%]	[m/s]		[%]																																																																																																										
0 N	1,24	1,11	1,686	5,7	3,30	1,657																																																																																																										
1 NNO	2,18	1,94	1,912	6,9	3,79	1,857																																																																																																										
2 ONO	2,76	2,45	1,939	7,1	4,16	1,986																																																																																																										
3 O	2,94	2,60	2,053	5,4	4,36	2,055																																																																																																										
4 OSO	3,12	2,77	1,854	5,8	4,15	1,887																																																																																																										
5 SSO	3,08	2,76	1,658	6,1	3,51	1,674																																																																																																										
6 S	3,71	3,32	1,615	7,6	4,08	1,586																																																																																																										
7 SSW	5,54	4,91	1,943	14,7	6,09	1,929																																																																																																										
8 WSW	5,81	5,14	2,229	16,9	6,42	2,193																																																																																																										
9 W	5,17	4,59	1,596	11,7	5,85	1,923																																																																																																										
10 WNW	3,48	3,10	1,787	6,9	4,77	1,745																																																																																																										
11 NNW	2,18	1,94	1,729	5,2	4,04	1,753																																																																																																										
Gesamt	3,92	3,54	1,506	100,0	4,93	1,731																																																																																																										

Winddaten	Abstand	Wichtung
Windstatistiken	[km]	[%]
Aachen_LIB.LIB	30	34
DE Nörvenich.wws	55	16
NL Eindhoven, 1970-76.wws	60	50

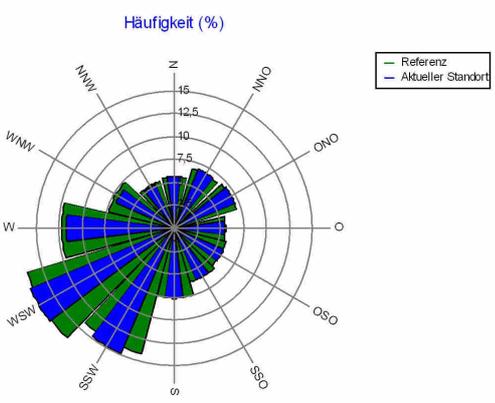
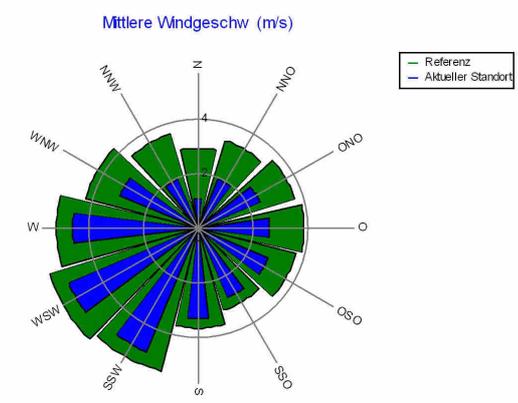
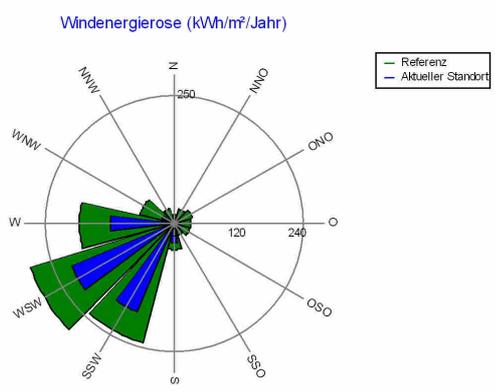
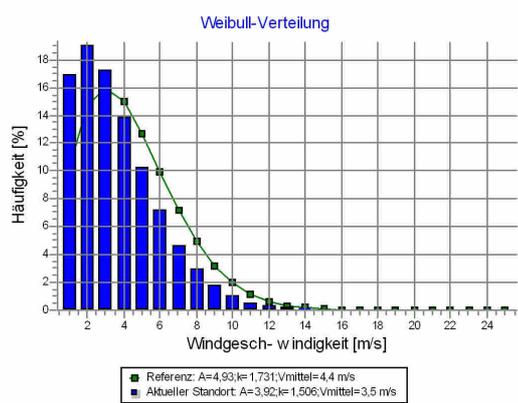


Abbildung Anhang 5: Windverhältnisse in 12 m Höhe – nach Zubau NVM



Projekt: SG18002 Heinsberg-Kirchhoven Erkens & Jütten Hauptstr. 51 52538 Gangel	Beschreibung: Windmühle Heinsberg-Kirchhoven NH: ~ 12 m RD: ~ 11,5 m Betrachtung Windverhältnisse inkl. Zubau durch geplanten NVM.	Lizenzierter Anwender: windtest grevenbroich gmbh Frimmersdorfer Straße 73a DE-41517 Grevenbroich +49 2181 2278 0 B. Eng. Benjamin Böhme Berechnet: 27.04.2018 11:11/3.1.633	
---	--	---	--

PARK - Analyse der Windverhältnisse
Berechnung: 180427 Windmühle Heinsberg-Kirchhoven _mit NVMWinddaten: A - Terraindaten: WAsP (1); Nabenhöhe: 23,5

Standortkoordinaten UTM WGS84 Zone: 32 Ost: 294.305 Nord: 5.662.565 histor. Windmühle Heinsberg-Kirchhoven	Weibull-Daten																																																																																																																						
Winddaten Windstatistiken Abstand [km] Wichtung [%] Aachen_LIB.LIB 30 34 DE Nörvenich.wws 55 16 NL Eindhoven, 1970-76.wws 60 50	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Sektor</th> <th colspan="3">Aktueller Standort</th> <th colspan="3">Referenz: Rauigkeitsklasse 1</th> </tr> <tr> <th>A-Parameter</th> <th>Windgeschw. [m/s]</th> <th>k-Parameter</th> <th>Häufigkeit [%]</th> <th>A-Parameter</th> <th>k-Parameter</th> <th>Häufigkeit [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0 N</td><td>2,97</td><td>2,64</td><td>1,764</td><td>5,7</td><td>3,76</td><td>1,752</td><td>5,6</td></tr> <tr><td>1 NNO</td><td>3,60</td><td>3,19</td><td>2,006</td><td>6,9</td><td>4,32</td><td>1,965</td><td>6,8</td></tr> <tr><td>2 ONO</td><td>4,17</td><td>3,70</td><td>2,033</td><td>7,1</td><td>4,74</td><td>2,100</td><td>7,1</td></tr> <tr><td>3 O</td><td>4,39</td><td>3,89</td><td>2,162</td><td>5,4</td><td>4,96</td><td>2,170</td><td>5,6</td></tr> <tr><td>4 OSO</td><td>3,78</td><td>3,35</td><td>1,943</td><td>5,9</td><td>4,74</td><td>1,994</td><td>5,8</td></tr> <tr><td>5 SSO</td><td>3,59</td><td>3,20</td><td>1,744</td><td>6,1</td><td>4,01</td><td>1,768</td><td>6,1</td></tr> <tr><td>6 S</td><td>4,30</td><td>3,84</td><td>1,693</td><td>7,7</td><td>4,67</td><td>1,673</td><td>7,6</td></tr> <tr><td>7 SSW</td><td>6,38</td><td>5,65</td><td>2,029</td><td>14,7</td><td>6,92</td><td>2,028</td><td>14,1</td></tr> <tr><td>8 WSW</td><td>6,68</td><td>5,92</td><td>2,334</td><td>16,8</td><td>7,29</td><td>2,310</td><td>16,6</td></tr> <tr><td>9 W</td><td>5,97</td><td>5,29</td><td>1,982</td><td>11,7</td><td>6,65</td><td>2,029</td><td>12,2</td></tr> <tr><td>10 WNW</td><td>4,71</td><td>4,18</td><td>1,873</td><td>6,9</td><td>5,45</td><td>1,845</td><td>7,3</td></tr> <tr><td>11 NNW</td><td>3,91</td><td>3,48</td><td>1,811</td><td>5,2</td><td>4,61</td><td>1,851</td><td>5,3</td></tr> <tr><td>Gesamt</td><td>4,99</td><td>4,44</td><td>1,748</td><td>100,0</td><td>5,62</td><td>1,812</td><td>100,0</td></tr> </tbody> </table>	Sektor	Aktueller Standort			Referenz: Rauigkeitsklasse 1			A-Parameter	Windgeschw. [m/s]	k-Parameter	Häufigkeit [%]	A-Parameter	k-Parameter	Häufigkeit [%]	0 N	2,97	2,64	1,764	5,7	3,76	1,752	5,6	1 NNO	3,60	3,19	2,006	6,9	4,32	1,965	6,8	2 ONO	4,17	3,70	2,033	7,1	4,74	2,100	7,1	3 O	4,39	3,89	2,162	5,4	4,96	2,170	5,6	4 OSO	3,78	3,35	1,943	5,9	4,74	1,994	5,8	5 SSO	3,59	3,20	1,744	6,1	4,01	1,768	6,1	6 S	4,30	3,84	1,693	7,7	4,67	1,673	7,6	7 SSW	6,38	5,65	2,029	14,7	6,92	2,028	14,1	8 WSW	6,68	5,92	2,334	16,8	7,29	2,310	16,6	9 W	5,97	5,29	1,982	11,7	6,65	2,029	12,2	10 WNW	4,71	4,18	1,873	6,9	5,45	1,845	7,3	11 NNW	3,91	3,48	1,811	5,2	4,61	1,851	5,3	Gesamt	4,99	4,44	1,748	100,0	5,62	1,812	100,0
Sektor	Aktueller Standort			Referenz: Rauigkeitsklasse 1																																																																																																																			
	A-Parameter	Windgeschw. [m/s]	k-Parameter	Häufigkeit [%]	A-Parameter	k-Parameter	Häufigkeit [%]																																																																																																																
0 N	2,97	2,64	1,764	5,7	3,76	1,752	5,6																																																																																																																
1 NNO	3,60	3,19	2,006	6,9	4,32	1,965	6,8																																																																																																																
2 ONO	4,17	3,70	2,033	7,1	4,74	2,100	7,1																																																																																																																
3 O	4,39	3,89	2,162	5,4	4,96	2,170	5,6																																																																																																																
4 OSO	3,78	3,35	1,943	5,9	4,74	1,994	5,8																																																																																																																
5 SSO	3,59	3,20	1,744	6,1	4,01	1,768	6,1																																																																																																																
6 S	4,30	3,84	1,693	7,7	4,67	1,673	7,6																																																																																																																
7 SSW	6,38	5,65	2,029	14,7	6,92	2,028	14,1																																																																																																																
8 WSW	6,68	5,92	2,334	16,8	7,29	2,310	16,6																																																																																																																
9 W	5,97	5,29	1,982	11,7	6,65	2,029	12,2																																																																																																																
10 WNW	4,71	4,18	1,873	6,9	5,45	1,845	7,3																																																																																																																
11 NNW	3,91	3,48	1,811	5,2	4,61	1,851	5,3																																																																																																																
Gesamt	4,99	4,44	1,748	100,0	5,62	1,812	100,0																																																																																																																

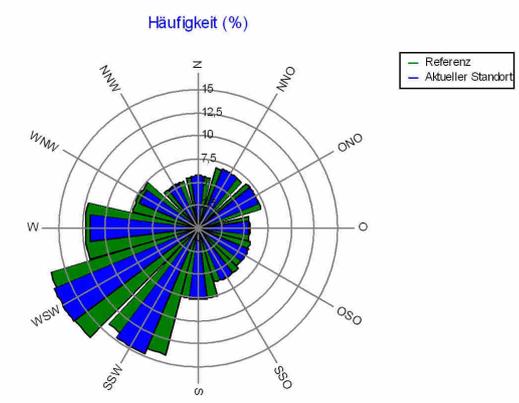
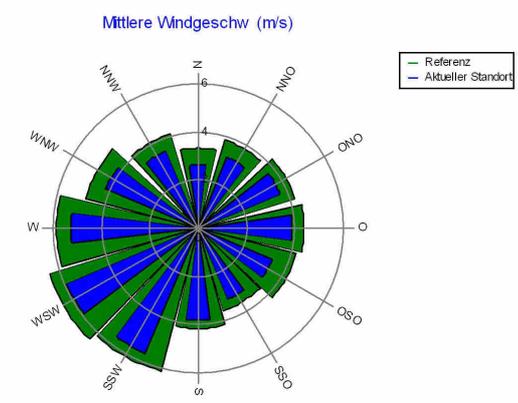
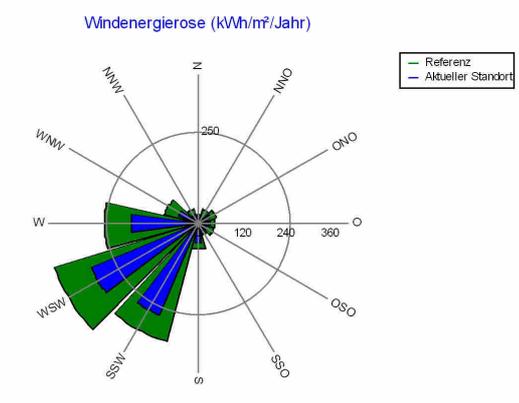
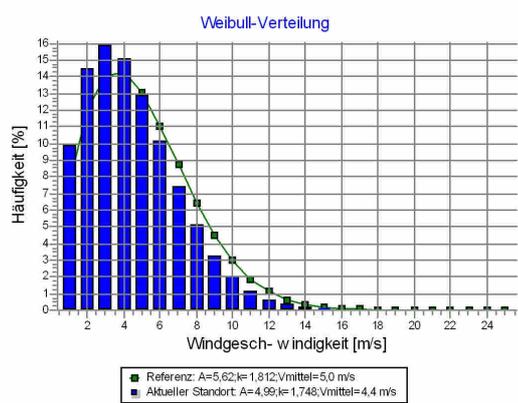


Abbildung Anhang 6: Windverhältnisse in 23,5 m Höhe – nach Zubau NVM