



Erich Gasber
Am Trimmelter Hof 181
54296 Trier



NGU

Kammer der Beratenden
Ingenieure Rheinland-Pfalz
Nr. 63/211/0791

Tel. 0651 8108 300
Fax 0651 8108 308

Immissionsprognose

Bauvorhaben: **Windkraftanlagen Boxberg**
Errichtung von 2 Windkraftanlagen
Südwind S 70

Auftraggeber:



Bemerkungen:

Der Berechnung liegen zugrunde:

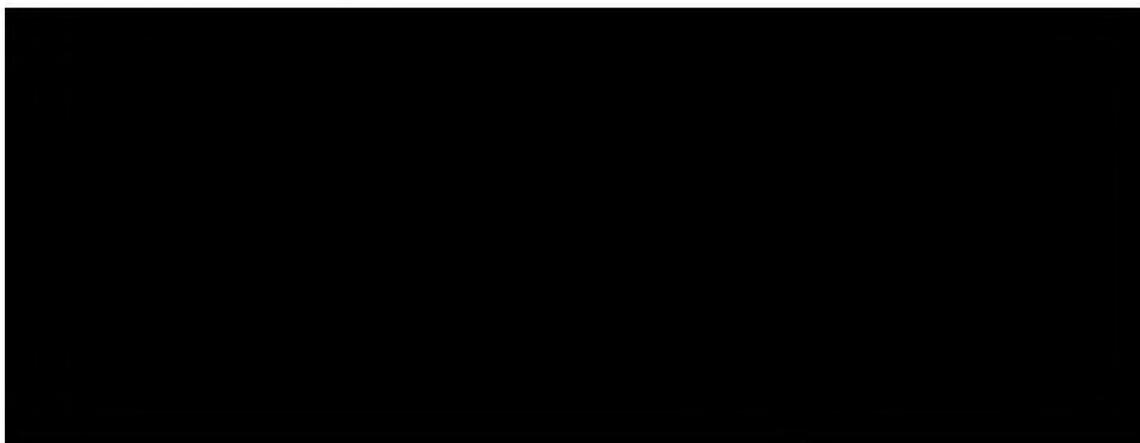
1. Topographische Karte, 1:25000
2. TA-Lärm
3. Ministerialblatt vom 19.03.1999
4. WINDPRO

Siehe besondere
Auflagen

Anlagen:

- Grundlagen der Immissionsberechnungen
 - Basisdaten und Übersichtsplan im Maßstab 1:5000
 - 1. Windgeschwindigkeit: 8m/s
 - 2. Windgeschwindigkeit: 10m/s
 - 3. Schattenwurfuntersuchung
- Der Nachweis umfaßt 20 Seiten

aufgestellt:
Trier, den 06.07.2000



1.0 Allgemein

Entsprechend den v.g. Richtlinien wurden die Immissionsberechnungen mit EDV durchgeführt.

Grundlage der Berechnungen ist die ISO 9613-2 i.V.m. der TA Lärm.

Es wurden folgende Berechnungen durchgeführt:

1. Windgeschwindigkeit: 8m/s
2. Windgeschwindigkeit: 10m/s

Die Schalleistungspegel wurden den Herstellerangaben entnommen. Diese Angaben verweisen auf die entsprechenden Prüfergebnisse.

2.0 Berechnungen

Die Berechnungen wurde für 2 Bereiche durchgeführt.

1. Ortslage Boxberg im Südosten
2. Hof im Süden
3. Ortslage Gelenberg im Norden

Die Immissionsrichtwerte wurden anlog der VV -MinBl. vom 19.03.1999 FM 3275-4531, Nr.9, für Dorf- und Mischgebiete, Nachtwert, mit 45 dB festgelegt.

3.0 Zusammenfassung:

Die Berechnungen zu den Windgeschwindigkeiten 8 und 10 m/s ergeben, daß Immissionen für die schallkritischen Gebiete über die veranschlagten 45 dB(A) hinaus nicht zu erwarten sind.

Weiterhin wird keine Beeinträchtigung durch Schattenwurf in den ausgewiesenen Bereichen auftreten.

.....

Projekt:
boxberg3

Gedruckte Seite(n)
11.07.00 18:24 / 1

Lizenziert für:
Ingenieurbüro Gasber
Am Trimmelter Hof 181
D-54296 Trier
+49 (0)651 998 35 98

Berechnet:
11.07.00 18:24/1.7.0.10

BASIS - Projektdaten Überblick

Staat: Germany

Karten

Name Format Pfad
Boxberg3 Bitmap-Datei C:\Programme\emd\WindPRO\Boxberg3.bmi

Standortzentrum: GK R.wert: 2.561.723 H.wert: 5.571.682

WKA

	X	Y	Z	Reihendaten/ Beschreibung	WKA Typ									
					Quelle	Gültig	Hersteller	Typ	Leistung	Rotord.	Höhe			
1	2.561.778	5.571.624	575	SÜDWIND	1500/ 400 kW	Nab.: 85,0 m	Neu	User	Nein	SÜDWIND	S 70	1500/ 400	70,0	85,0
2	2.561.570	5.571.686	570	SÜDWIND	1500/ 400 kW	Nab.: 85,0 m	Neu	User	Nein	SÜDWIND	S 70	1500/ 400	70,0	85,0

Schallkritisches Gebiet

	X	Y	Z	Objektname	Schall Grenzwert	Abstand	Typ
					[dB(A)]	Forderung	
						[m]	
A	2.562.404	5.571.362	545	Schallkritisches Gebiet: 45 dB Abst.: 200 m	45,0	200	Gebiet
B	2.561.754	5.572.988	520	Gelenberg	45,0	200	Gebiet
C	2.561.823	5.570.842	530	Tannenhof	45,0	200	Gebiet

Schatten Rezeptor

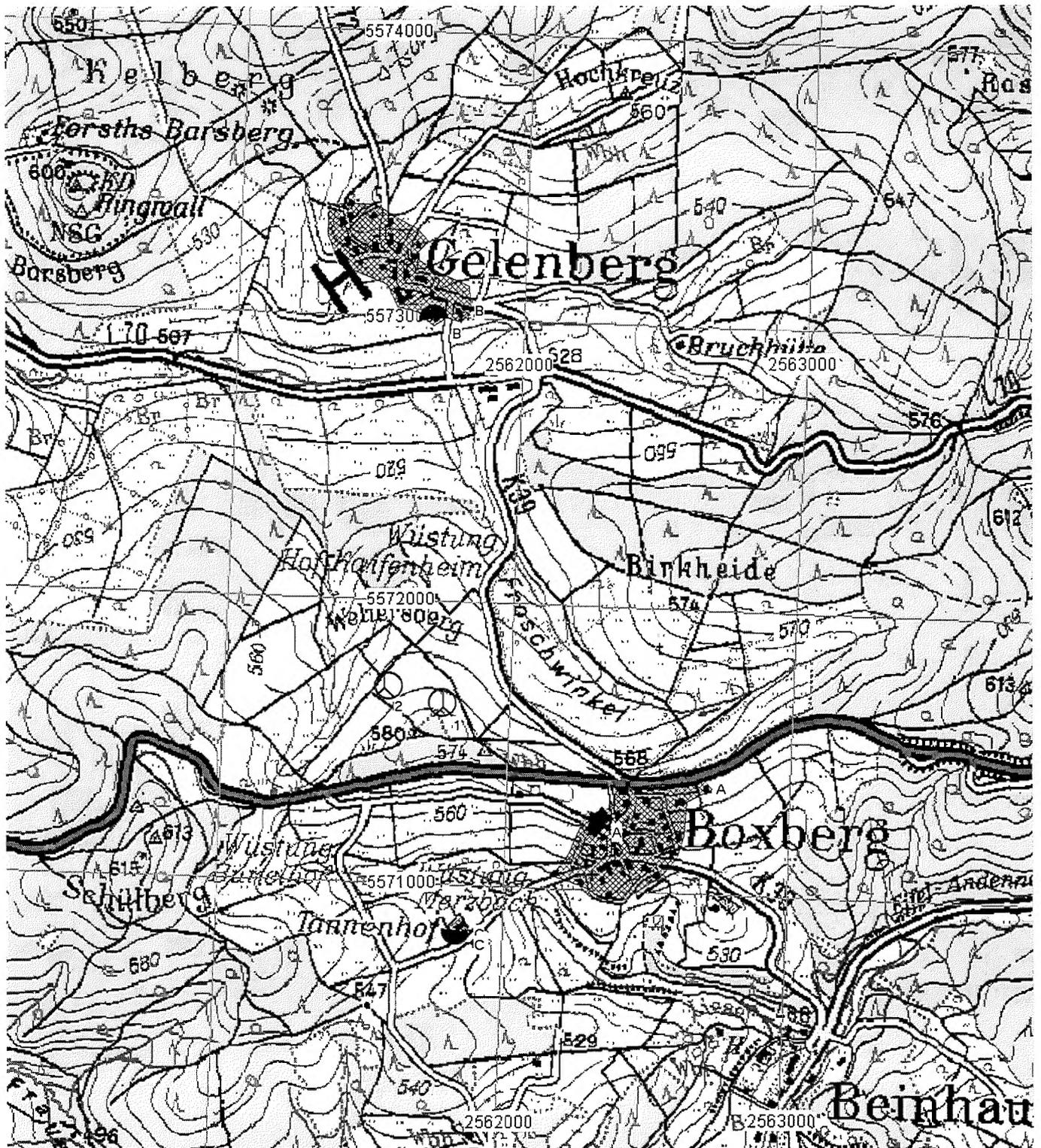
	X	Y	Z	Objektname	Ausrichtung	Länge	Höhe	Höhe über Grund	Winkel
					[°]	[m]	[m]	[m]	[°]
A	2.562.323	5.571.250	545	Ortslage Boxberg	-54,5	1,0	1,0	0,0	90,0
B	2.561.691	5.572.986	52	Ortslage Gelenberg	173,2	1,0	1,0	0,0	90,0
C	2.561.851	5.570.836	535	Tannenhof	7,2	1,0	1,0	0,0	90,0

Linien-Objekt(e)

	X	Y	Z	Datei
				[m]
A	2.559.700	5.573.345	0	C:\Programme\emd\WindPRO\Standards\Boxberg3-Höhen.wpo

BASIS - Boxberg3

Datei: Boxberg3.bmi



Karte: Boxberg3, Druckmaßstab 1:20.000, Kartenzentrum GK R.wert: 2.562.022 H.wert: 5.572.092

- ⊙ Neue WKA
- Schallkritisches Geb
- ⊙ Schatten Rezeptor



Germanischer Lloyd

Germanischer Lloyd AG - Postfach 11 11 08 - D-20416 Hamburg

pro + pro Energiesysteme GmbH & Co. KG
Herrn M. Schubert
Mühlenstraße 9
24768 Rendsburg

Hauptverwaltung Hamburg
Vorbesitz 22
D-20458 Hamburg

Telefon: (0 40) 3 61 49-0
Telefax: (0 40) 3 61 49-1730
Telex: 212828 gllh d

Vorab per Fax:
04331/131399

Ihr Zeichen	Ihre Nachricht vom	Unser Zeichen / Tgb.-Nr.	Tel. - Durchwahl	Datum
	2000-07-03	58556/00/Std-LoMe	(0 40) 3 61 49-609	2000-07-05

Typenbezeichnungen der protec MD

Sehr geehrter Herr Schubert,

wir haben für Ihre Windenergieanlage protec MD Gutachtliche Stellungnahmen für die Typenprüfung erstellt und im Unterauftrag der Baubehörde Hamburg die Typenprüfungen für einen Turm NH 65m mit Flachgründung sowie einen Turm NH 80 bzw. 85 m mit Flachgründung durchgeführt.

Für die Windenergieanlage protec MD werden die alternativen Typenbezeichnungen MD 70 (von Ihren Lizenznehmern bzw. Fuhrländer und Jacobs Energie) und S-70 (von Ihrem Lizenznehmer Südwind Energietechnik) verwendet.

Wir bestätigen, dass die von uns ausgestellten Gutachten für die Anlage mit beiden o.g. alternativen Typenbezeichnungen gelten, auch wenn dies in den Gutachten nicht entsprechend aufgeführt ist.

Mit freundlichen Grüßen

Germanischer Lloyd

T. Frese

i.A.
J.-D. Schnelder

Fax



pro + pro Energiesysteme GmbH & Co. KG
Mühlenstr. 9 - 24768 Rendsburg - Germany
Tel.: + 49 - 43 31 - 13 13 90 - Fax: 13 13 99

An / to: Jacobs Energie GmbH
z. Hd. / attn: Olaf Struck
An / to: bwu GmbH
z. Hd. / attn: H. J. Knaak
An / to: Fuhrländer GmbH
z. Hd. / attn: Jan Roß
An / to: Südwind B.E. GmbH
z. Hd. / attn: W. Hecking
Fax-No.: Gruppe 91

von / from:

Matthias Schubert

Datum / date:

28. März 2000

Seiten / pages:

1

inkl dieser Seite / incl. this page

Kopie / copy:

Mit der Bitte um / please:

- Kenntnisnahme / note
- Stellungnahme / comment
- Erledigung / action
- Rückruf / call back
- Genehmigung / approval
- Überprüfung / check

Betrifft / reference: Schallemission protec MD

Sehr geehrte Herren,

wir haben heute die Prototypenanlage mit einer neuen Software von SEG und MITA in Betrieb genommen, die uns zahlreiche Möglichkeiten z.B. zum schalloptimierten oder leistungsbegrenzten Betrieb der Anlage ermöglicht.

Wir werden dieses baldmöglichst erproben und Sie über die Ergebnisse informieren. Zunächst wollen wir Schallpegel und Leistungskurve des neu installierten NOI-Rotors im "Normalbetrieb" aufnehmen.

Rein rechnerisch erwarten wir folgenden Zusammenhang zwischen Schallreduktion und Ertragsminderung:

Schallreduktion: -1 dB	Ertragsminderung: 1,5 %
-2 dB	3 %
-3 dB	5 %
-4 dB	8 %

Dabei gehen wir davon aus, daß die Anlage ständig im schallreduzierten Betrieb läuft.

Wiederum rein rechnerisch ermittelt erwarten wir für die Anlage mit 77 m Durchmesser einen Schallpegel, der 0,5 - 1 dB höher als bei der 70m-Anlage ist. (Zum Vergleich: VESTAS prognostiziert für die V-80 im "Normalbetrieb" 106,5 dB).

Wir müssen darauf hinweisen, daß dies nach bestem Wissen ermittelte Prognosen, jedoch keine garantierten Werte sind.

Aufgrund einer entsprechenden Anfrage durch Fuhrländer erläutern wir nochmals, daß der gemessene Tonhaltigkeitszuschlag von 3 dB (zu 104 dB) nach einem entsprechenden Meßbericht von WINDTEST bei Entfernungen größer 300 m nicht relevant ist. Dieses Schreiben von WINDTEST vom 18.02.00 liegt Ihnen vor.

Mit freundlichem Gruß

pro + pro Energiesysteme GmbH & Co. KG

Matthias Schubert



Technische Daten der Windenergieanlage:

Typ:..... Protec MD70
 Hersteller:..... Jacobs Energie GmbH
 Nennleistung:..... 1500 kW
 Nabenhöhe über Grund:..... 66,5 m
 Nabenhöhe über Fundamentober-
 kante:..... 65 m
 Leistungsregelung:..... pitch
 Turmbauart:..... konischer Rohrturm
 Rotordurchmesser:..... 70,3 m
 Rotorblattanzahl:..... 3
 Rotorblatthersteller:..... LM Glasfiber A/S
 Rotorblatttyp:..... LM 34.0
 Rotordrehzahl(-bereich):..... 10,5 - 19 min⁻¹
 Getriebehersteller/-typ:..... Flender, PEAC 440
 Generatorhersteller/-typ:..... Loher, JFFA-580LB-04A
 Generatormannndrehzahl:..... 1000 - 1800 min⁻¹
 Messung vom:..... 1999-08-04

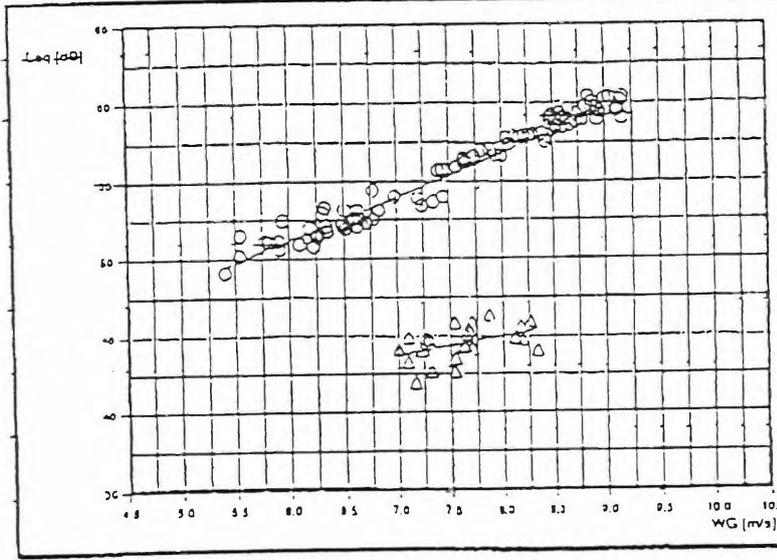
Meßgeometrie:

Meßentfernung R₀:..... 100 m
 Fundamenthöhe h_f:..... 1,5 m
 Mikrofonhöhe h_m:..... 0 m
 Rotationsebene ⇒ Turmmittelpkt. d:..... 3,2 m

Meßbedingungen:

Windgeschwindigkeit in 10m
 Höhe, 1-s-Werte, VVG_{10m}:..... 3,4 - 11,4 m/s
 Windrichtung WR:..... SW
 Elektrische Wirkleistung,
 1-s-Werte, P_{el}:..... 148 - 1596 kW
 Luftdruck P_{Luft}:..... 1005 hPa
 Lufttemperatur T_{Luft}:..... 15 °C
 Luftfeuchte:..... 78 % rel.

Bestimmung der Schalleistung nach FGW-Richtlinie:



Betrieb: (○)
 34,329 dB = 2,805 * X dB/(m/s)
 Betriebsdaten: 159 min
 (m/s berechnet)

Hintergrund: (△)
 35,015 dB = 1,247 * X dB/(m/s)
 Hintergrunddaten: 29 min
 Korrekturfaktor k: 1,091
 (m/s berechnet)

Klasse	Klassengrenzen	Werte Betrieb	hintergrundkorr. Mittelungspegel L _{aeq,c} für Klasse:	hintergrundkorr. Schalleistungspegel L _{WA,c} für Klasse:
[m/s]	[m/s]	[-]	[dB]	[dB]
6	5,5 - 6,5	21	50,8	98,1
7	6,5 - 7,5	22	53,4	98,9
8	7,5 - 8,5	23	57,1	102,6
9	8,5 - 9,5	54	59,2	104,8
10*	9,5 - 10,5	-	59,4	104,9

* bzw. 95% der Nennleistung entsprechend 1425 kW

Bemerkungen:

Die Ermittlung des Schalleistungspegels beruht auf 1-min-Mittelwerten. Der Wert für 95% der Nennleistung liegt im 9 m/s BIN, d.h. das 95% der Nennleistung bereits bei 9,11 m/s erreicht werden.

Die Impulshaltigkeitsermittlung erfolgt richtlinienkonform auf Basis von 5-s-Werten. Daher ergibt sich hierfür eine größere Anzahl von Werten bzw. eine Verschiebung der BIN-Werte

..... pro Dokumenten-Nummer Rev. 1

T-1.1-VM. SM. 01-A

..... Datum 01.07.99

Impulshaltigkeit nach FGW-Richtlinie/DIN 45645 T1 für Referenzbedingungen:

Klasse [m/s]	Klassengrenzen [m/s]	Klassenmitte [m/s]	Anzahl der Werte [t]	Mittelwertpegel L_{Aeq} [dB]	Taktmaximalpegel $L_{A,TM}$ [dB]	Impulszuschlag K_{W} [dB]
6	5,5 - 6,5	6,08	393	51,7	53,1	1,4
7	6,5 - 7,5	7,03	378	53,6	54,7	1,1
8	7,5 - 8,5	8,06	452	57,4	58,7	1,3
9	8,5 - 9,5 *	8,91	403	59,6	61,0	1,5
10 *	-	9,11 *	-	59,8	61,3	1,5

* bzw. 95% der Nennleistung entsprechend 1425 kW

Terzanalyse für Betrieb bei 95 % der Nennleistung:

26	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
65,9	66,6	70,1	77,7	79,0	84,1	93,7	94,2	94,9	94,8	91,3	92,7	92,8	92,2	94,8
800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000			
96,8	91,6	88,2	88,8	87,5	87,1	86,7	86,0	84,7	83,3	81,0	76,6			

Oktavanalyse für Betrieb bei 95 % der Nennleistung:

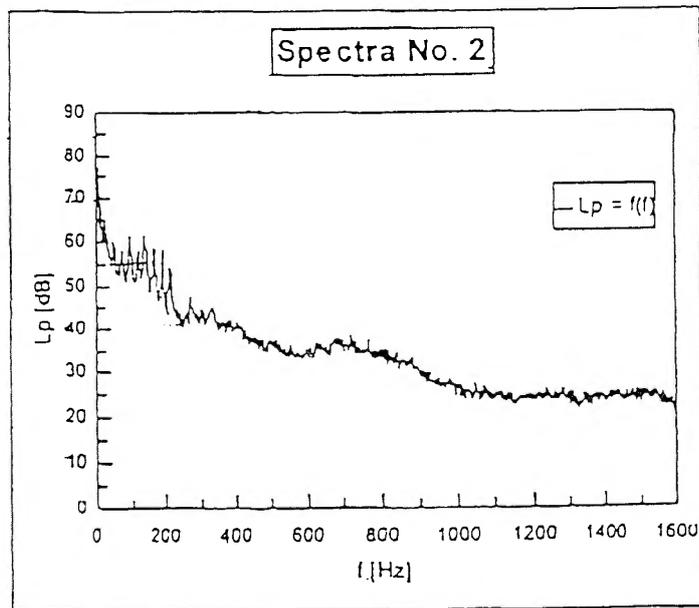
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
72,7	86,0	99,1	97,9	98,2	98,2	92,6	90,6	85,9

Bestimmung der Tonhaltigkeit nach FGW-Richtlinie / EDIN 45681:

Ergebnistabelle:

Bereich $W_{G_{10m}}$ [m/s]	5,5 bis 6,5	6,5 bis 7,5	7,5 bis 8,5	8,5 bis 9,5 *	9,5 bis 10,5
Klassenmitte $W_{G_{10m}}$	-	-	-	9,11	-
Anzahl der Spektren	-	-	-	12	-
Tonfrequenz f_T	-	-	-	135 bis 140	-
Pegeldifferenz ΔL	-	-	-	0,40 bis 4,27	-
Tonzuschlag nach FGW-Richtlinie	-	-	-	2	-

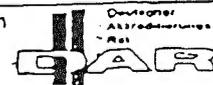
* bzw. 95% der Nennleistung entsprechend 1425 kW, für sonst. WG-Bereiche keine Auswertung gem. Vorgaben.



K. Buchmann
i. A. Dipl.-Ing. K. Buchmann

J. Clausen
i. A. Dipl.-Ing. J. Clausen

Durch das DAP Deutsches Akkreditierungssystem
Prüfwesen akkreditiertes Prüflaboratorium
Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde
aufgeführten Prüfverfahren



DAP-P-01.556-00-97-00

Kaiser-Wilhelm-Koog, 2000-02-03

In der *Baunutzungsverordnung* (BauNVO, 1990) sind die **Baugebietsarten** nach einer Immissionsschutz-Rangfolge festgelegt. So gelten folgende Grenzwerte (nachts):

- 35 dB für reines Wohngebiet oder Kurgebiet
- 40 dB für allgemeines Wohngebiet (vorwiegend Wohnungen)
- 45 dB für Kern-, Misch- und Dorfgebiete ohne Überwiegen einer Nutzungsart
- 50 dB für Gewerbegebiet (vorwiegend gewerbliche Anlagen)
- 70 dB für Industriegebiet

In der Regel sind für WKA-Projekte im Außenbereich Grenzwerte von 45 dB (Mischgebiete) anzusetzen. Ob und in welcher Höhe Einzeltonzuschläge berücksichtigt oder Sicherheitsabschläge getroffen werden müssen, hängt von den lokalen und den in den Bundesländern geltenden Regelungen ab.

Die Prognosen werden anhand der VDI-Richtlinie 2714 "Schallausbreitung im Freien" erstellt. Als Grundlage der Abschätzung der Schallimmissionen wird im vereinfachten Verfahren der A-bewertete Schalleistungspegel der Quelle (WKA) zugrunde gelegt. Der Schalldruckpegel in Abhängigkeit des Abstandes S zwischen WKA und Immissionspunkt berechnet sich danach wie folgt:

$$L_S = L_w + D_I + K_O - D_S - D_L - D_{BM} - D_D - D_G \text{ in dB(A)}$$

- | | | | |
|-------|--|---|---------------------------------------|
| L_S | : Schalldruckpegel im Abstand S | D_{BM} | : Boden- und Meteorologiedämpfungsmaß |
| L_w | : Schalleistungspegel der WKA | $D_{BM} = \text{Max}(0, 4.8 - (h_q + h_A)/S(17+300/S))$ | |
| D_I | : Richtwirkungsmaß (= 0) | h_q | : Nabenhöhe |
| K_O | : Raumwinkelmaß (= 3 dB) | h_A | : Aufpunkthöhe IP (= 5m) |
| D_S | : Abstandsmaß $D_S = 10 \log(4 \pi S^2)$ | D_D | : Bewuchsdämpfungsmaß (= 0) |
| D_L | : Luftabsorptionsmaß $D_L = \alpha_L S$ | D_G | : Bebauungsdämpfungsmaß (= 0) |
| | $\alpha_L = 0.00209 \text{ dB/m}$ | | |

Die Schallabstrahlung einer WKA ist nie konstant, sondern stark von der Leistung und somit von der Windgeschwindigkeit abhängig. So rechnet man mit ca. 1 dB (A) Pegelzuwachs pro 1 m/s Zunahme der Windgeschwindigkeit. Der immissionsrelevante Schalleistungspegel wird in der Regel bei einer Windgeschwindigkeit von 8 m/s angegeben. Ab dieser Windgeschwindigkeit übertönen im allgemeinen die Windgeräusche die Anlagengeräusche, da sie mit wachsender Windgeschwindigkeit stärker als die Anlagengeräusche zunehmen (ca. 2,5 dB(A) pro m/s Windgeschwindigkeitszunahme). Bei 8 m/s Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe maskieren die Umgebungsgeräusche in der Regel die WKA-Geräusche, so daß die Geräuschimmission durch die WKA an Bedeutung verlieren.

In Klammern sind einzelnen Parametern bereits Werte zugeordnet. Dies entspricht den üblichen Annahmen ('worst case'), die für derartige Berechnungen getroffen werden. In der Praxis dämpfen u.U. Bebauung und Bewuchs den Schall ($D_D, D_G > 0$), so daß die tatsächlichen Immissionswerte unter jenen der Prognose liegen.

Liegen den Berechnungen mehrere Schallquellen (u.a. Windpark) zugrunde, so überlagern sich die einzelnen Schallwellen entsprechend der Abstände zum betrachteten Immissionspunkt. In der Bewertung der Lärmimmission nach der TA-Lärm ist der aus allen Schallquellen resultierende Schalldruckpegel zu ermitteln.

Projekt:

boxberg3

Gedruckte Seite(n)

11.07.00 18:32 / 1

Lizenziert für:

Ingenieurbüro Gasber

Am Trimmelter Hof 181

D-54296 Trier

+49 (0)651 998 35 98

Berechnet:

11.07.00 18:32/1.7.0.10

DECIBEL - Hauptergebnis

Detaillierte Prognose nach TA-Lärm / DIN ISO 9613-2

Die Berechnung der Lärmimmissionen richtet sich nach der ISO-Norm 9613-2 für die 'Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien'.

Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe: 8,0 m/s

Faktor für Meteorologischer Dämpfungskoeffizient, C0: 0,0 dB

Die derzeit gültigen Immissionsrichtwerte richten sich nach der VDI 2058 und TA-Lärm jeweils für die entsprechenden Nachtwerte:

Industriegebiet: 70 dB

Gewerbegebiet: 50 dB

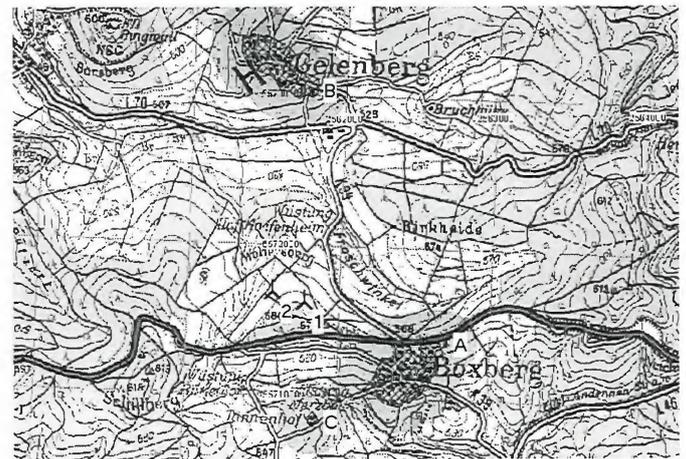
Dorf- und Mischgebiet: 45 dB

Allgemeines Wohngebiet: 40 dB

Reines Wohngebiet: 35 dB

Kur-/Feriengebiet: 35 dB

Liegen Einzeltöne (Ton-/Impulshaltigkeit) bei einzelnen WKA vor, wird für die WKA ein Zuschlag je nach Auffälligkeit ein Wert von 0, 3 dB oder 6 dB angesetzt.



▲ Neue WKA

□ Schallkritisches Gebiet

WKA

X	Y	Z	Reihendaten/ Beschreibung	WKA Typ				Schallwerte						
				Quelle	Gültig	Hersteller	Typ	Leistung	Rotord.	Höhe	Quelle/Datum	LWA,Ref.	Einzeltöne	Oktavbandabh. Daten
			[m]				[kW]	[m]	[m]		[dB(A)]			
1	2.561.778	5.571.624	575	User	Nein	SÜDWIND	S 70	1500/ 400	70,0	85,0	Benutzerdefiniert	102,6	Nein	Nein
2	2.561.570	5.571.686	570	User	Nein	SÜDWIND	S 70	1500/ 400	70,0	85,0	Benutzerdefiniert	102,6	Nein	Nein

Berechnungsergebnisse

Beurteilungspegel

Schallkritisches Gebiet

Bez.	Name	X	Y	Z	Anforderungen		Beurteilungspegel Berechnet [dB(A)]	Anforderungen erfüllt?		
					Schall [dB(A)]	Abstand [m]		Schall	Abstand	Beides
A	Schallkritisches Gebiet: 45 dB	2.562.302	5.571.276	545	45,0	200	36,6	Ja	Ja	Ja
B	Gelenberg	2.561.692	5.572.962	520	45,0	200	29,1	Ja	Ja	Ja
C	Tannenhof	2.561.876	5.570.888	530	45,0	200	35,2	Ja	Ja	Ja

Abstände (m)

SKG	WKA	
	1	2
A	629	839
B	1341	1282
C	743	855

Projekt:

boxberg3

Gedruckte Seite(n)

11.07.00 18:33 / 1

Lizensiert für:

Ingenieurbüro Gasber
 Am Trimmelter Hof 181
 D-54296 Trier
 +49 (0)651 998 35 98

Berechnet:

11.07.00 18:32/1.7.0.10

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Voraussetzungen

Beurteilungspegel $L(DW) = LWA_{ref} + K + Dc - (Adiv + Aatm + Agr + Abar + Amisc) - Cmet$
 (wenn mit Bodendämpfung gerechnet wird, dann ist $Dc = D\omega$)

LWA,ref:	Schalleistungspegel WKA
K:	Einzelöne
Dc:	Richtwirkungskorrektur
Adiv:	die Dämpfung aufgrund geometrischer Ausbreitung
Aatm:	die Dämpfung aufgrund von Luftabsorption
Agr:	die Dämpfung aufgrund des Bodeneffekts
Abar:	die Dämpfung aufgrund von Abschirmung
Amisc:	die Dämpfung aufgrund verschiedener anderer Effekte
Cmet:	Meteorologische Korrektur

Berechnungsergebnisse

Schallkritisches Gebiet: Schallkritisches Gebiet: 45 dB Abst.: 200 m

WKA

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	629	639	34,94	102,6	3,00	67,11	1,21	2,34	0,00	0,00	70,66	0,00
2	839	846	31,50	102,6	3,01	69,54	1,61	2,95	0,00	0,00	74,10	0,00
Summe			36,57									

Schallkritisches Gebiet: Gelenberg

WKA

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	1.341	1.348	25,81	102,6	3,01	73,59	2,56	3,65	0,00	0,00	79,80	0,00
2	1.282	1.288	26,36	102,6	3,01	73,20	2,45	3,60	0,00	0,00	79,25	0,00
Summe			29,10									

Schallkritisches Gebiet: Tannenhof

WKA

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	743	753	32,91	102,6	3,00	68,54	1,43	2,72	0,00	0,00	72,69	0,00
2	855	863	31,25	102,6	3,01	69,72	1,64	2,99	0,00	0,00	74,36	0,00
Summe			35,17									

Projekt:

boxberg3

Gedruckte Seite(n)

11.07.00 18:36 / 1

Lizensiert für:

Ingenieurbüro Gasber

Am Trimmelter Hof 181

D-54296 Trier

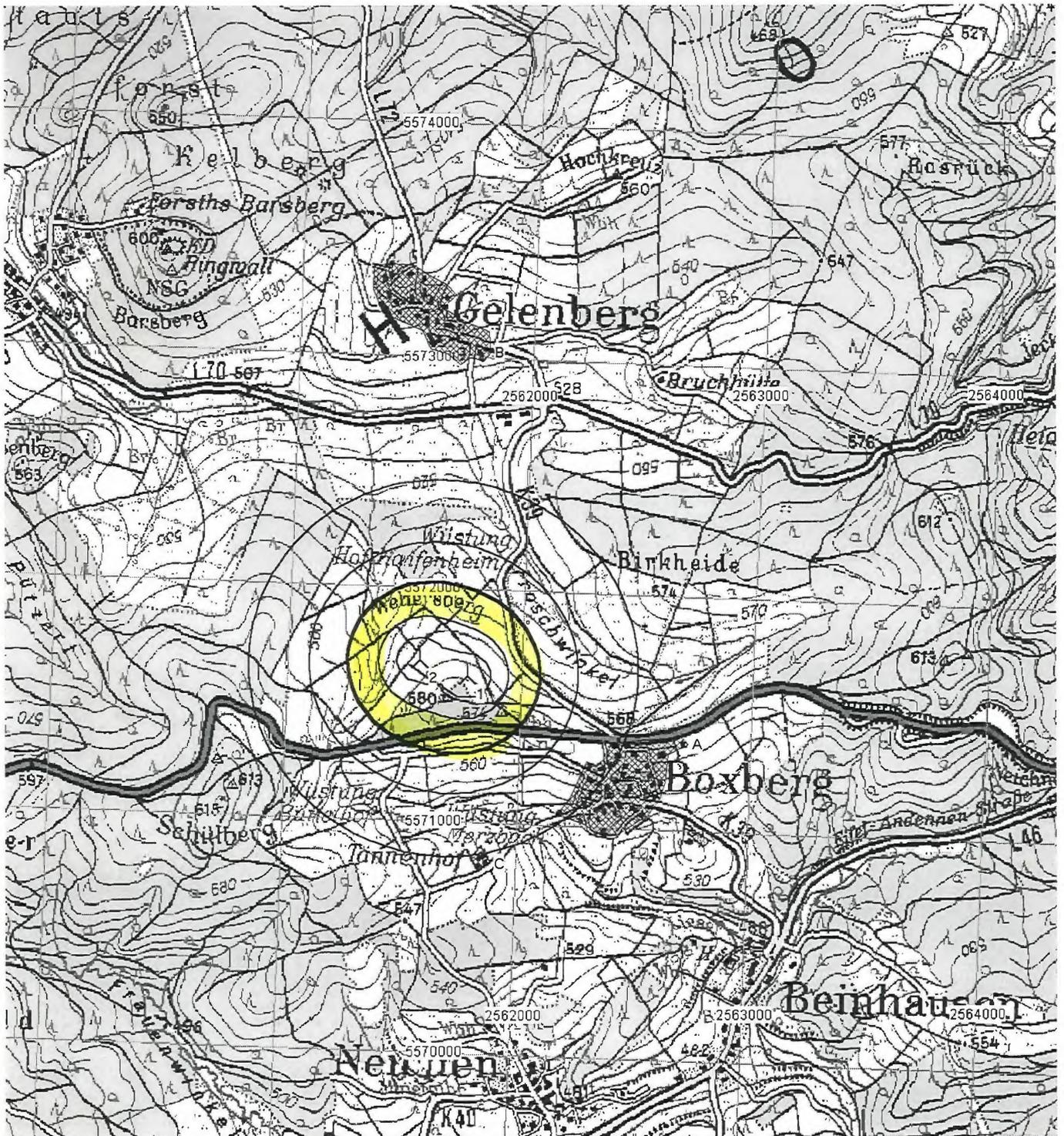
+49 (0)651 998 35 98

Berechnet:

11.07.00 18:32/1.7.0.10

DECIBEL - Boxberg3

Datei: Boxberg3.bmi



Karte: Boxberg3, Druckmaßstab 1:25.000, Kartenzentrum GK R.wert: 2.562.022 H.wert: 5.572.092

▲ Neue WKA

□ Schallkritisches Gebiet

Höhe über Meeresspiegel: 660,0 m

— 35 dB

— 40 dB

— 45 dB

— 50 dB

— 55 dB

Projekt:

boxberg3

Gedruckte Seite(n)

11.07.00 18:46 / 1

Lizenziert für:

Ingenieurbüro Gasber
Am Trimmelter Hof 181
D-54296 Trier
+49 (0)651 998 35 98

Berechnet:

11.07.00 18:46/1.7.0.10

DECIBEL - Hauptergebnis

Detaillierte Prognose nach TA-Lärm / DIN ISO 9613-2

Die Berechnung der Lärmimmissionen richtet sich nach der ISO-Norm 9613-2 für die 'Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien'.

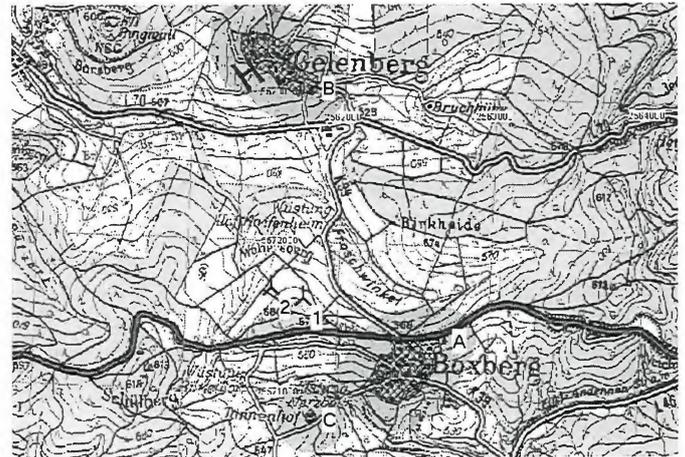
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe: 10,0 m/s

Faktor für Meteorologischer Dämpfungskoeffizient, C0: 0,0 dB

Die derzeit gültigen Immissionsrichtwerte richten sich nach der VDI 2058 und TA-Lärm jeweils für die entsprechenden Nachtwerte:

- Industriegebiet: 70 dB
- Gewerbegebiet: 50 dB
- Dorf- und Mischgebiet: 45 dB
- Allgemeines Wohngebiet: 40 dB
- Reines Wohngebiet: 35 dB
- Kur-/Feriengebiet: 35 dB

Liegen Einzeltöne (Ton-/Impulshaltigkeit) bei einzelnen WKA vor, wird für die WKA ein Zuschlag je nach Auffälligkeit ein Wert von 0, 3 dB oder 6 dB angesetzt.



Maßstab 1:50.000

△ Neue WKA

□ Schallkritisches Gebiet

WKA

X	Y	Z	Reihendaten/ Beschreibung	WKA Typ				Leistung	Rotord.	Höhe	Schallwerte		LWA,Ref.	Einzeltöne	Oktavbandabh. Daten
				Quelle	Gültig	Hersteller	Typ				Quelle/Datum	[dB(A)]			
1	2.561.778	5.571.624	575	User	Nein	SÜDWIND	S 70	1500/	400	70,0	85,0	Benutzerdefiniert	104,9	Nein	Nein
2	2.561.570	5.571.686	570	User	Nein	SÜDWIND	S 70	1500/	400	70,0	85,0	Benutzerdefiniert	104,9	Nein	Nein

Berechnungsergebnisse

Beurteilungspegel

Schallkritisches Gebiet

Bez.	Name	X	Y	Z	Anforderungen		Beurteilungspegel Berechnet	Anforderungen erfüllt?		
					Schall [dB(A)]	Abstand [m]		Schall	Abstand	Beides
A	Schallkritisches Gebiet: 45 dB	2.562.302	5.571.276	545	45,0	200	38,9	Ja	Ja	Ja
B	Gelenberg	2.561.692	5.572.962	520	45,0	200	31,4	Ja	Ja	Ja
C	Tannenhof	2.561.876	5.570.888	530	45,0	200	37,5	Ja	Ja	Ja

Abstände (m)

WKA

SKG	1	2
A	629	839
B	1341	1282
C	743	855

Projekt:

boxberg3

Gedruckte Seite(n)

11.07.00 18:48 / 1

Lizensiert für:

Ingenieurbüro Gasber
Am Trimmelter Hof 181
D-54296 Trier
+49 (0)651 998 35 98

Berechnet:

11.07.00 18:46/1.7.0.10

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Voraussetzungen

Beurteilungspegel $L(DW) = LWA_{ref} + K + Dc - (Adiv + Aatm + Agr + Abar + Amisc) - Cmet$
(wenn mit Bodendämpfung gerechnet wird, dann ist $Dc = Domega$)

LWA _{ref} :	Schalleistungspegel WKA
K:	Einzelöne
Dc:	Richtwirkungskorrektur
Adiv:	die Dämpfung aufgrund geometrischer Ausbreitung
Aatm:	die Dämpfung aufgrund von Luftabsorption
Agr:	die Dämpfung aufgrund des Bodeneffekts
Abar:	die Dämpfung aufgrund von Abschirmung
Amisc:	die Dämpfung aufgrund verschiedener anderer Effekte
Cmet:	Meteorologische Korrektur

Berechnungsergebnisse

Schallkritisches Gebiet: Schallkritisches Gebiet: 45 dB Abst.: 200 m

WKA

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	629	639	37,24	104,9	3,00	67,11	1,21	2,34	0,00	0,00	70,66	0,00
2	839	846	33,80	104,9	3,01	69,54	1,61	2,95	0,00	0,00	74,10	0,00
Summe			38,87									

Schallkritisches Gebiet: Gelenberg

WKA

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	1.341	1.348	28,11	104,9	3,01	73,59	2,56	3,65	0,00	0,00	79,80	0,00
2	1.282	1.288	28,66	104,9	3,01	73,20	2,45	3,60	0,00	0,00	79,25	0,00
Summe			31,40									

Schallkritisches Gebiet: Tannenhof

WKA

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	743	753	35,21	104,9	3,00	68,54	1,43	2,72	0,00	0,00	72,69	0,00
2	855	863	33,55	104,9	3,01	69,72	1,64	2,99	0,00	0,00	74,36	0,00
Summe			37,47									

Projekt:

boxberg3

Gedruckte Seite(n)

11.07.00 18:50 / 1

Lizenziert für:

Ingenieurbüro Gasber

Am Trimmelter Hof 181

D-54296 Trier

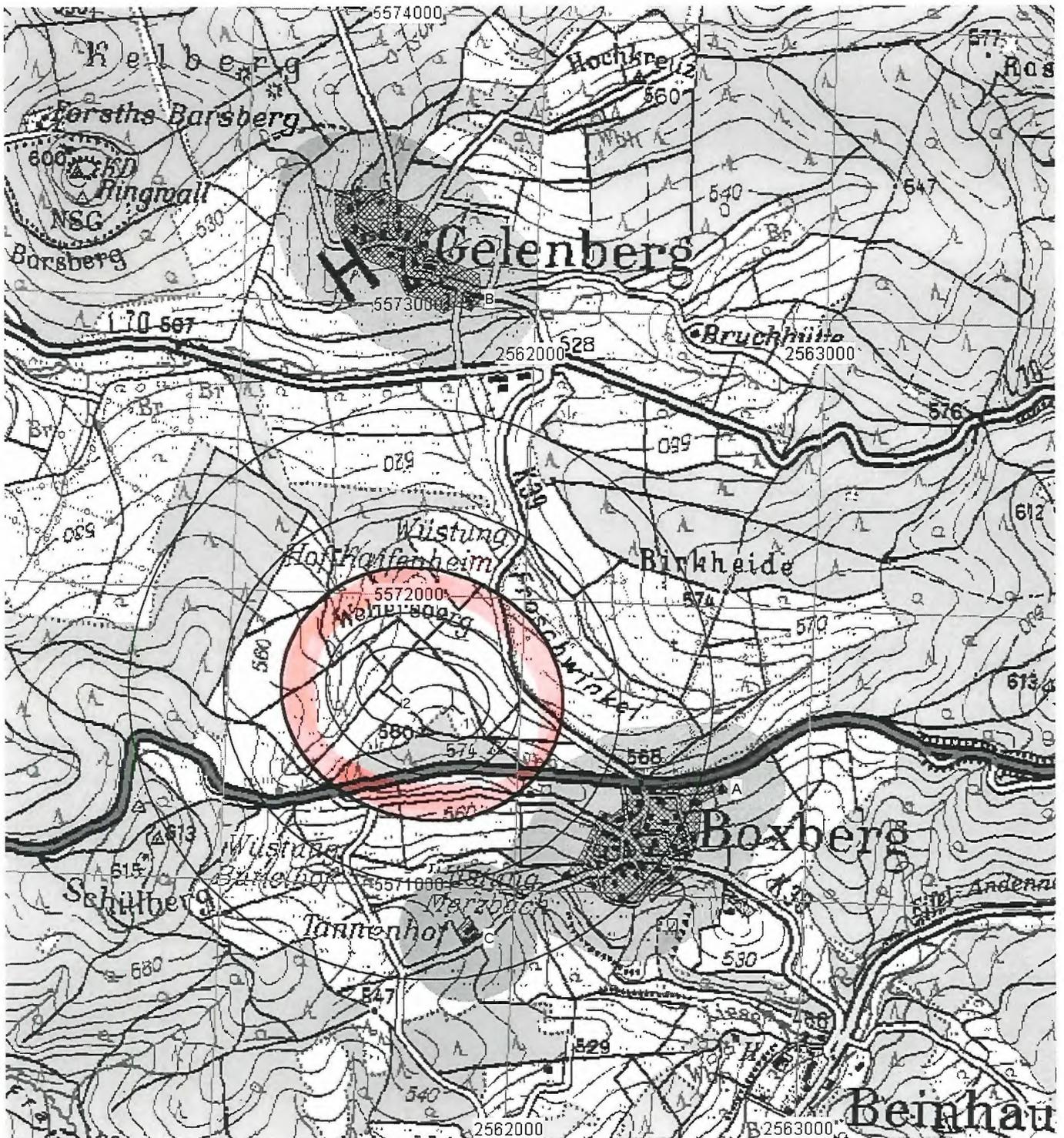
+49 (0)651 998 35 98

Berechnet:

11.07.00 18:46/1.7.0.10

DECIBEL - Boxberg3

Datei: Boxberg3.bmi



Karte: Boxberg3, Druckmaßstab 1:20.000, Kartenzentrum GK R.wert: 2.562.022 H.wert: 5.572.092

▲ Neue WKA

□ Schallkritisches Gebiet

Höhe über Meeresspiegel: 660,0 m

— 35 dB

— 40 dB

— 45 dB

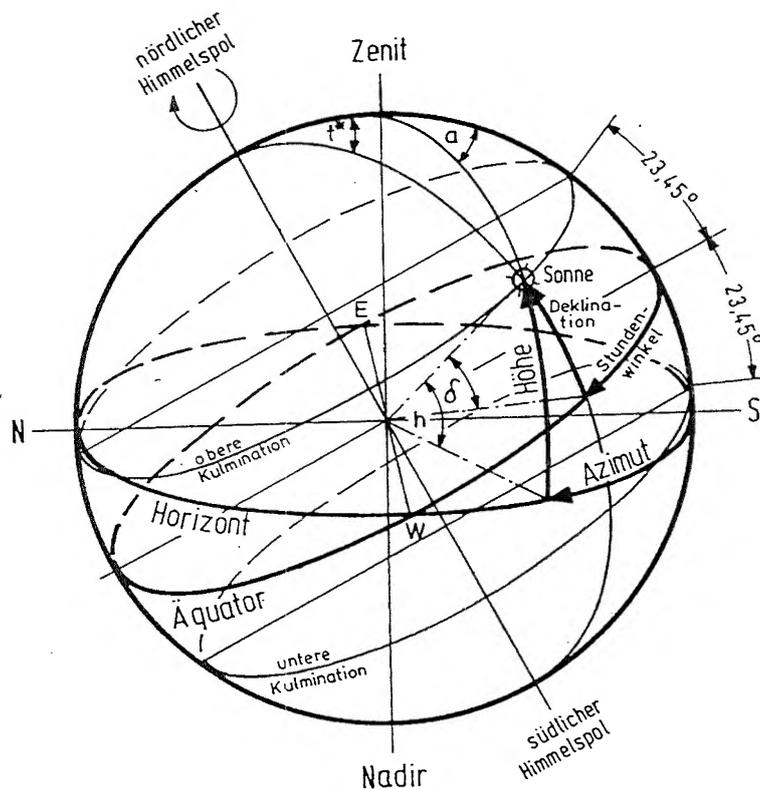
— 50 dB

— 55 dB

2.1.1 Grundlagen

Sonnenstand:

Der Sonnenstand bildet die Grundlage für die Berechnung des Schattenwurfs. Der Stand der Sonne ist im wesentlichen von der Erdrotation, der Neigung der Erdachse und der elliptischen Laufbahn der Erde um die Sonne abhängig. Weiterhin müssen für jeden beliebigen Standort die geographischen, jahreszeitlichen und tageszeitlichen Daten berücksichtigt werden.

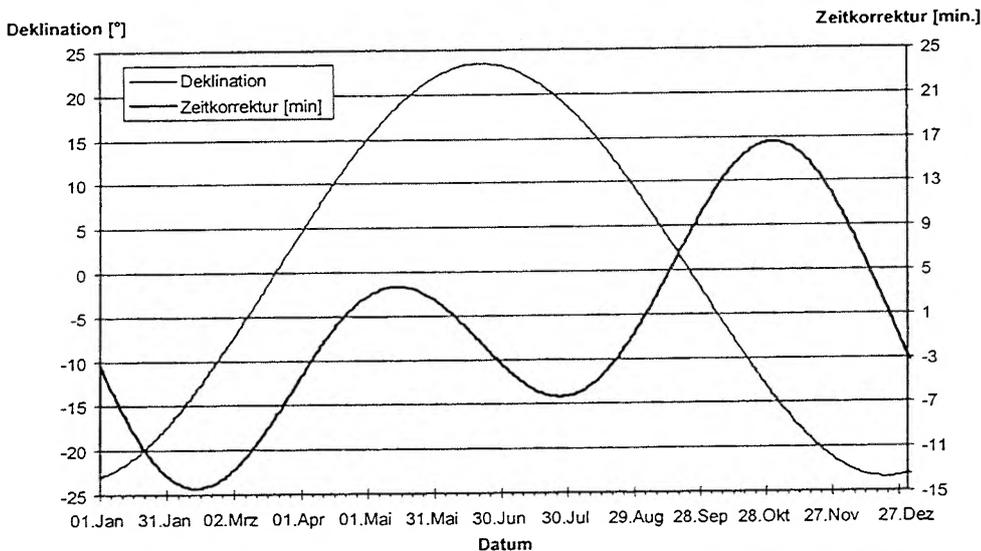


Figur 11: Winkelzusammenhänge des Sonnenstands an einem Betrachtungspunkt

Mit diesen Daten werden die Deklination δ , der Stundenwinkel ω , die Sonnenhöhe h der Azimut γ und der Sonnenauf- und Untergang berechnet. Die Begriffe bedeuten (siehe Abb. oben):

- ▶ Deklination δ : Jahresgang der Sonne. Winkel, um den die Sonne im Verlauf der Jahreszeiten um den Zenit am Äquator schwankt. (Winteranfang (21.12.) $-23,45^\circ$, Sommeranfang (21.6.) $23,45^\circ$ und Herbst- (23.9.) sowie Frühlingsanfang (21.3.) 0°);
- ▶ Sonnenhöhe h : Einfallswinkel der Sonne gegenüber einer horizontalen Fläche;
- ▶ Stundenwinkel ω : Winkel zwischen dem Sonnenhöchststand und dem aktuellen Sonnenstand.
- ▶ Azimut γ : Winkel zwischen der Südrichtung und dem auf die horizontale Ebene projizierten Sonnenstand. Im Uhrzeigersinn vor der südlichen Richtung positiv und danach negativ.
- ▶ Sonnenaufgang t_a , Sonnenuntergang t_u : Aufgang/Untergang, wenn der Sonnenmittelpunkt über die horizontale Fläche morgens/abends am Horizont sichtbar/verdeckt wird.

Die Berechnungen berücksichtigen die sich verändernde Dauer eines Tages von dem vorherigen Sonnenhöchststand zum nächsten Sonnenhöchststand, die wegen der elliptischen Umlaufbahn der Erde um die Sonne um bis zu 16 Minuten variiert. In der folgenden Abbildung ist die Abweichung (Zeitkorrektur) der Tagesdauer von dem "24-Stunden Tag" sowie die Deklination abgebildet.



Figur 12: Deklination und Zeitkorrektur über ein Jahr

Da die Ergebnisse nicht nur für ein Jahr gültig sein sollen, wird in den Berechnungen die Tagesanzahl im Jahr auf 365,25 Tage gemittelt. Dadurch verschieben sich aber die Ergebnisse in dem Zeitraum über alle vier Jahre um bis zu einem Tag.

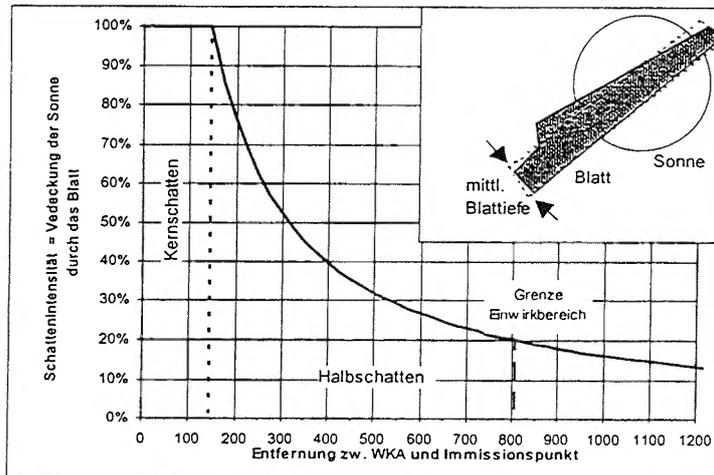
Schatten

Im allgemeinen wird beim Schattenwurf zwischen dem Kern- und dem Halbschatten unterschieden. Der Unterschied kommt dadurch zustande, daß die Sonne keine Punktlichtquelle sondern eine riesige Kugel ist (Durchmesser von 1.390.000 km). Bei einem mittleren Abstand von 150.000.000 km zur Sonne beträgt der Einstrahlungswinkel $0,531^\circ$. Der Kernschatten entspricht dem Bereich, in dem die direkten Sonnenstrahlen durch das Hindernis vollständig verdeckt werden. Der Halbschatten ist der Bereich, auf den nur ein Teil des Sonnenlichts auftrifft. Da Windkraftanlagen schmale Flügel besitzen ist der Kernschatten nur sehr kurz und deshalb nicht relevant.

Bei einer mittleren Rotorblattbreite z.B. von 1,5 m beträgt die Länge des Kernschattens 145 m und ist geringer als der Mindestabstand, der sonst bei WKA eingehalten werden muß. Die Intensität des noch relevanten Halbschattens nimmt mit zunehmender Entfernung ab. Dadurch reduzieren sich auch die Helligkeitsschwankungen die durch den Schattenwurf des sich drehenden Rotors verursacht werden (s. linksstehende Abbildung). Bei dem oben erwähnten Rotorblatt beträgt die Schattenintensität in 800 m Entfernung nur noch 20% gegenüber dem Kernschatten.

Theoretisch existiert bei minimaler Sonnenhöhe ein unendlich weiter Schattenwurf, der aber in der Praxis wegen der Trübung des Himmels nur „schwach“ auftritt. Mit abnehmender Sonnenhöhe nimmt der Anteil der direkten Strahlung exponentiell ab, da die Sonnenstrahlen zunehmend einen längeren Weg durch die Atmosphärenschichten zurücklegen müssen.

Theoretische und praktische Untersuchungen haben ergeben, daß selbst an klaren Tagen aufgrund der Trübung des Himmels bis zu einer Sonnenhöhe von 3° kein relevanter Schattenwurf existiert.



Figur 13: Schattenintensität hinter WKA-Rotoren

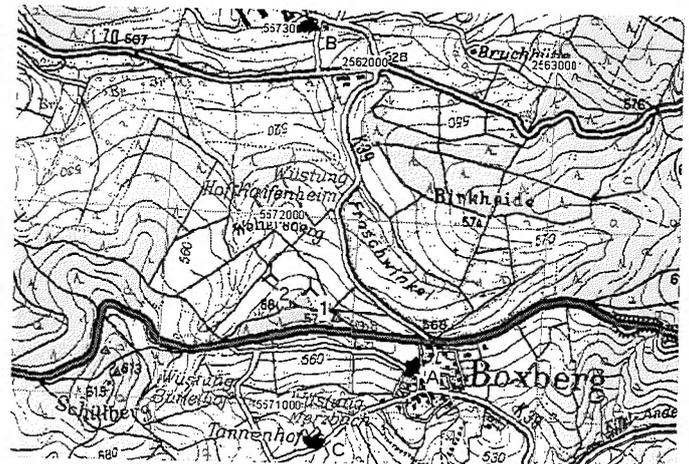
Die Trübung des Himmels ist auf die Rayleigh-Streuung an den Molekülen und Mie-Streuung an den wesentlich größeren Aerosolen (Staub und andere Verunreinigungen in der Luft) zurückzuführen. Die Trübung des Himmels ist zudem von der Jahreszeit, vom Wetter und von der Art der Besiedlung und des Bewuchses abhängig. Die Trübung des Himmels wird durch den Linke Trübungsfaktor T_L beschrieben.

Ab welcher Sonnenhöhe die Sonne tatsächlich über dem Horizont steht, hängt natürlich weiterhin von der Orographie (Hügel, Berge), der Bebauung und dem Bewuchs um den WKA-Standort ab.

SHADOW - Hauptergebnis

Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

Einwirkungsbereich des Schattens 3.000 m
 Min. Sonnenhöhe (Grenzwinkel Sonnenstand) 3 °
 Tage zwischen Berechnungen 1 Tag(e)
 Berechnungszeitsprung 2 Minute(n)
 Der berechnete Zeitraum für Schattenwurf stellt eine "worst case"-Betrachtung mit folgenden Voraussetzungen dar:
 Die Sonne scheint den ganzen Tag, an allen Tagen im Jahr (wolkenloser Himmel).
 Die Windrichtung entspricht dem Azimutwinkel der Sonne, d.h. die Sonneneinstrahlung steht senkrecht zur Rotorkreisfläche (max. Schatten).
 Die Windkraftanlage(n) ist/sind in Betrieb und drehen sich.



▲ Neue WKA

Maßstab 1:40.000
 ☉ Schatten Rezeptor

WKA

X	Y	Z	Reihendaten/ Beschreibung	WKA Typ									
			[m]	Quelle	Gültig	Hersteller	Typ	Leistung [kW]	Rotord. [m]	Höhe [m]	Drehzahl [Drehzahl]		
1	2.561.778	5.571.624	575 SÜDWIND	1500/ 400 kW	Nab.: 85,0 m	User	Nein	SÜDWIND	S 70	1500/ 400	70,0	85,0	0,0
2	2.561.570	5.571.686	570 SÜDWIND	1500/ 400 kW	Nab.: 85,0 m	User	Nein	SÜDWIND	S 70	1500/ 400	70,0	85,0	0,0

Schatten Rezeptor-Eingabe

Bez.	Name	X	Y	Z	Breite [m]	Höhe [m]	Höhe über Grund [m]	Azimutwinkel (von Süd) [°]	Ausrichtung des Fensters [°]
A	Ortslage Boxberg	2.562.323	5.571.250	545	1,0	1,0	0,0	-234,5	90,0
B	Ortslage Gellenberg	2.561.691	5.572.986	52	1,0	1,0	0,0	-6,8	90,0
C	Tannenhof	2.561.851	5.570.836	535	1,0	1,0	0,0	-172,8	90,0

Berechnungsergebnisse

Bez.	Name	Schattenwurf, 'Worst Case'		
		Gesamtdauer [Std./Jahr]	Anzahl der Tage mit Schatten [Tage/Jahr]	Schattendauer, Maximum [Std./Tag]
A	Ortslage Boxberg	0:00	0	0:00
B	Ortslage Gellenberg	4:44	23	0:22
C	Tannenhof	0:00	0	0:00

SHADOW - Kalender

Schatten Rezeptor: B - Ortslage Gelenberg

Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

Einwirkungsbereich des Schattens 3.000 m
Min. Sonnenhöhe (Grenzwinkel Sonnenstand) 3 °
Tage zwischen Berechnungen 1 Tag(e)
Berechnungszeitsprung 2 Minute(n)

Der berechnete Zeitraum für Schattenwurf stellt eine "worst case"-Betrachtung mit folgenden Voraussetzungen dar:
Die Sonne scheint den ganzen Tag, an allen Tagen im Jahr (wolkenloser Himmel).

Die Windrichtung entspricht dem Azimutwinkel der Sonne, d.h. die Sonneneinstrahlung steht senkrecht zur Rotorkreisfläche (max. Schatten).
Die Windkraftanlage(n) ist/sind in Betrieb und drehen sich.

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
1	08:33 16:40	08:09 17:25		07:19 18:13	06:10 20:04	05:28 20:51	05:26 21:34	06:00 21:47	06:46 21:18	07:32 20:19		
2	08:33 16:41	08:07 17:27	4	12:38 (1) 07:17 12:42 (1) 18:15	07:09 20:05	06:08 20:53	05:27 21:35	05:27 21:47	06:01 21:16	06:48 20:17	19:13	
3	08:33 16:42	08:06 17:28	8	12:37 (1) 07:15 12:45 (1) 18:17	07:07 20:07	06:07 20:54	05:27 21:36	05:27 21:47	06:03 21:15	06:49 20:15	19:11	
4	08:33 16:43	08:04 17:30	10	12:35 (1) 07:12 12:45 (1) 18:18	07:05 20:09	06:05 20:56	05:26 21:37	05:28 21:46	06:04 21:13	06:51 20:13	19:07	
5	08:33 16:44	08:03 17:32	10	12:35 (1) 07:10 12:45 (1) 18:20	07:03 20:10	06:03 20:57	05:25 21:38	05:29 21:46	06:06 21:12	06:52 20:11	19:05	
6	08:32 16:45	08:01 17:34	16	12:36 (1) 07:08 13:18 (2) 18:22	07:01 20:12	06:02 20:59	05:25 21:39	05:29 21:45	06:07 21:10	06:54 20:09	19:02	
7	08:32 16:46	08:00 17:35	20	12:36 (1) 07:06 13:20 (2) 18:23	06:59 20:13	06:00 21:01	05:24 21:40	05:30 21:45	06:09 21:08	06:55 20:06	19:01	
8	08:32 16:48	07:58 17:37	22	12:36 (1) 07:04 13:20 (2) 18:25	06:56 20:15	05:58 21:02	05:24 21:40	05:31 21:44	06:10 21:07	06:57 20:04	19:00	
9	08:31 16:49	07:56 17:39	18	12:38 (1) 07:02 13:20 (2) 18:27	06:54 20:17	05:57 21:04	05:23 21:41	05:32 21:44	06:12 21:05	06:58 20:02	19:02	
10	08:31 16:50	07:55 17:41	12	13:09 (2) 07:00 13:21 (2) 18:28	06:52 20:18	05:55 21:05	05:23 21:42	05:33 21:43	06:13 21:03	07:00 20:00	19:00	
11	08:30 16:52	07:53 17:42	12	13:21 (2) 06:58 13:21 (2) 18:30	06:50 20:20	05:53 21:07	05:23 21:43	05:34 21:42	06:14 21:01	07:01 19:58	18:58	
12	08:30 16:53	07:51 17:44	8	13:11 (2) 06:55 13:19 (2) 18:32	06:48 20:21	05:52 21:08	05:22 21:43	05:35 21:42	06:16 20:59	07:03 19:56	18:50	
13	08:29 16:54	07:50 17:46		06:53 18:33	06:46 20:23	05:50 21:09	05:22 21:44	05:36 21:41	06:17 20:58	07:04 19:53	18:48	
14	08:28 16:56	07:48 17:48		06:51 18:35	06:44 20:24	05:49 21:11	05:22 21:45	05:37 21:40	06:19 20:56	07:06 19:51	18:45	
15	08:28 16:57	07:46 17:49		06:49 18:37	06:42 20:26	05:47 21:12	05:22 21:45	05:38 21:39	06:20 20:54	07:07 19:49	18:43	
16	08:27 16:59	07:44 17:51		06:47 18:38	06:40 20:28	05:46 21:14	05:22 21:46	05:39 21:38	06:22 20:52	07:09 19:47	18:41	
17	08:26 17:00	07:42 17:53		06:45 18:40	06:38 20:29	05:45 21:15	05:22 21:46	05:40 21:37	06:23 20:50	07:10 19:44	18:39	
18	08:25 17:02	07:40 17:55		06:42 18:41	06:35 20:31	05:43 21:17	05:22 21:46	05:42 21:36	06:25 20:48	07:12 19:42	18:37	
19	08:24 17:03	07:39 17:56		06:40 18:43	06:33 20:32	05:42 21:18	05:22 21:47	05:43 21:35	06:26 20:46	07:13 19:40	18:35	
20	08:23 17:05	07:37 17:58		06:38 18:45	06:31 20:34	05:41 21:19	05:22 21:47	05:44 21:34	06:28 20:44	07:15 19:38	18:33	
21	08:22 17:07	07:35 18:00		06:36 18:46	06:29 20:36	05:39 21:21	05:22 21:47	05:45 21:33	06:29 20:42	07:16 19:36	18:31	
22	08:21 17:08	07:33 18:01		06:34 18:48	06:27 20:37	05:38 21:22	05:22 21:48	05:46 21:32	06:31 20:40	07:18 19:33	18:29	
23	08:20 17:10	07:31 18:03		06:31 18:49	06:25 20:39	05:37 21:23	05:22 21:48	05:48 21:30	06:32 20:38	07:19 19:31	18:27	
24	08:19 17:11	07:29 18:05		06:29 18:51	06:23 20:40	05:36 21:25	05:23 21:48	05:49 21:29	06:34 20:36	07:21 19:29	18:25	
25	08:18 17:13	07:27 18:07		06:27 18:53	06:22 20:42	05:35 21:26	05:23 21:48	05:50 21:28	06:36 20:34	07:22 19:27	18:24	
26	08:17 17:15	07:25 18:08		06:25 18:54	06:20 20:43	05:34 21:27	05:23 21:48	05:52 21:27	06:37 20:32	07:24 19:24	18:22	
27	08:16 17:16	07:23 18:10		06:23 18:56	06:18 20:45	05:33 21:28	05:24 21:48	05:53 21:25	06:39 20:30	07:26 19:22	18:20	
28	08:14 17:18	07:21 18:12		06:20 18:57	06:16 20:47	05:32 21:29	05:24 21:48	05:54 21:24	06:40 20:28	07:27 19:20	18:18	
29	08:13 17:20			07:18 19:59	06:14 20:48	05:31 21:31	05:25 21:48	05:56 21:22	06:42 20:26	07:29 19:18	18:16	
30	08:12 17:22			07:16 20:01	06:12 20:50	05:30 21:32	05:25 21:47	05:57 21:21	06:43 20:24	07:30 19:16	18:14	
31	08:10 17:23			07:14 20:02	06:10 21:33	05:29 21:33	05:24 21:47	05:58 21:19	06:45 20:22	07:30 17:13	18:13	
Stunden mit Sonnenschein	266	281		368	413	478	490	494	449	380	334	272
Summe, 'worst case'			140							22		122

Jahreskalender (Sommerzeit wie Bezugsjahr): An jedem Tag in jedem Monat erscheint folgende Matrix:

Tag im Monat	Sonnenaufgang (SS:MM)	Sonnenuntergang (SS:MM)	Minuten mit Schatten	Zeitpunkt (SS:MM) Schatten Anfang	Zeitpunkt (SS:MM) Schatten Ende	(WKA mit erstem Schatten)	(WKA mit letztem Schatten)
--------------	-----------------------	-------------------------	----------------------	-----------------------------------	---------------------------------	---------------------------	----------------------------