

G.-Nr. SEI-236/14
A.-Nr. 81 11 57 71 99
Datum 03.09.2014
Zeichen Spe

**TÜV NORD Systems
GmbH & Co. KG**
Bereich Energietechnik
Gruppe Immissionsschutz
Langemarckstraße 20
45141 Essen

Tel.: 0201/825-33 68
Fax: 0201/825-33 77

www.tuev-nord.de

Amtsgericht Hamburg
HRA 102137

Geschäftsführung
Rudolf Wieland (Sprecher)
Dr. Ralf Jung
Bernward Hartje
Ulf Theike

TÜV®

Gutachten

Geräuschemissionen und –immissionen der Mikrowindanlage Skywind NG bei Dachmontagen in Wohngebieten

Auftraggeber FuSystems SkyWind UG
Bayernstraße 3
30855 Langenhagen

Betreff Immissionsschutz - Lärm

Umfang 14 Seiten
davon 2 Seiten Anhang

Für den Inhalt



Dipl.-Phys.Ing. Georg Spellerberg

Gewerbelärm

Verkehrslärm

Fluglärm

Sport-/Freizeitlärm

Geräuschemissionen

Bau- und Raumakustik

Lärm am Arbeitsplatz

Erschütterungen

Thermografie, Luftdichtheit

Olfaktometrie

Umweltverträglichkeit

Inhalt	Seite
1 Aufgabenstellung.....	3
2 Beurteilungsgrundlagen.....	3
3 Emissionen.....	6
3.1 Emissionskennwerte.....	6
3.2 Emissionen der Mikrowindanlage	7
4 Immissionen	8
4.1 Ausbreitungsmodell	8
4.2 Immissionen in unterschiedlichen Entfernungen	9
5 Beurteilung	10

Anhang

Die Abteilung Gebäudetechnik der TÜV Nord Systems GmbH & Co KG wird bei der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS) unter der Akkreditierungsnummer D-PL-11074-01 als Prüflabor nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 für Maschinen- und Bauakustik sowie für Geräusche am Arbeitsplatz und in der Nachbarschaft geführt.

Darüber hinaus ist die Abteilung bekanntgegebene Messstelle nach § 26 BImSchG für die Ermittlung der Emissionen und Immissionen von Geräuschen und Gerüchen.

1 Aufgabenstellung

Die Mikrowindanlage **SkyWind NG** der Firma FuSystems SkyWind mit einer Nennlast von 1,0 kW und einem Rotordurchmesser von ca. 1,5 m soll häufig auf Dächern von Wohnhäusern montiert werden.

Wegen der oft unmittelbaren Nähe anderer Wohnhäuser machen in besonders kritischen Fällen die Genehmigungsbehörden ihre Zustimmung zu dieser Anlage u. A. von den Ergebnissen einer Einhaltung der Immissionsrichtwerte nach TA Lärm abhängig.

Aufgabe der vorliegenden Untersuchung ist die Ermittlung und Beurteilung der Geräuschimmissionen der Anlage für verschiedene Abstände der nächstbenachbarten Fenster von Aufenthaltsräumen in der Nachbarschaft.

2 Beurteilungsgrundlagen

Ermittlung und Beurteilung der Geräuschimmissionen erfolgen nach

- [1] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (**TA Lärm**) vom 26.08.98 (Gemeinsames Ministerialblatt 1998, Nr. 26, Seite 503 ff).

Der **Schallausbreitungsrechnung** wird zugrunde gelegt

- [2] **DIN ISO 9613-2**, Ausgabe Oktober 1999
Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien
Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren.

Der

- [3] Erlass für die Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen und Hinweise für die Zielsetzung und Anwendung (**Windenergie-Erlass NRW**)
Gem. RdErl. des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz, des Ministerium für Wirtschaft, Energie, Wohnen und Verkehr sowie der Staatskanzlei des Landes Nordrhein-Westfalen vom 11.07.2011

regelt die Vorgehensweise bei der Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen. Danach sind Windenergieanlagen genehmigungspflichtige Anlagen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes.

Die Bestimmung ihrer Emissionskenngrößen erfolgt gemäß Erlass nach der

- [4] Technischen Richtlinie für Windkraftanlagen
Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte
Rev. 18, Stand 01.02.2008 der Fördergesellschaft für Windenergie e.V.(FGW), Berlin

in einem sehr aufwändigen und kostenintensiven Verfahren.

Im Fokus des Windenergie-Erlasses und der FGW-Richtlinie standen dabei Windenergieanlagen mit Masthöhen von mehr als 50 m und Rotordurchmessern von mehr als 40 m sowie Windparks mit einer Vielzahl einzelner Windenergieanlagen ähnlicher Größe.

Für Mikrowindanlagen, wie den hier geplanten Typ FuSystems SkyWind NG, für die Dachmontage auf Wohnhäusern mit einem Rotordurchmesser von ca. 1,5 m und einer Nennleistung von 1000 W, erscheint uns die im Windenergie-Erlass beschriebene immissionsschutzrechtliche Einstufung und die daraus resultierende Vorgehensweise nicht angemessen, auch wenn Mikrowindanlagen bislang nicht explizit aus dem Geltungsbereich ausgenommen sind.

Daher werden im vorliegenden Fall die Ergebnisse der Emissionsmessungen des Herstellers einer Ausbreitungsrechnung für verschiedene Aufpunktentfernungen und einer anschließenden Beurteilung nach TA Lärm zugrunde gelegt.

In der TA Lärm werden die folgenden *Immissionsrichtwerte* genannt:

Gebietsausweisung		Immissionsrichtwerte	
		Tageszeit dB(A)	Nachtzeit dB(A)
Reines Wohngebiet	WR	50	35
Allgemeines Wohngebiet	WA	55	40
Mischgebiet	MI	60	45
Gewerbegebiet	GE	65	50
Industriegebiet	GI	70	70

Wenn die Gesamtbelastung aller Anlagen, die in den Geltungsbereich der TA Lärm fallen, diese Richtwerte nicht überschreitet, ist im Regelfall der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche sichergestellt. Wenn in der Nachbarschaft keine Geräusche anderer Anlagen einwirken, kann eine geplante Mikrowindanlage die Immissionsrichtwerte ausschöpfen.

Die Tageszeit beginnt nach Punkt 6.4 TA Lärm um 6 Uhr und endet um 22 Uhr, die Nachtzeit beginnt um 22 Uhr und endet um 6 Uhr. Die Geräuscheinwirkungen sind zur Tageszeit über die o.g. 16-stündige Zeitspanne und zur Nachtzeit über diejenige volle Stunde zu mitteln, in der die höchsten Beurteilungspegel auftreten.

In Wohngebieten (WR, WA) sind Geräuscheinwirkungen nach Punkt 6.5 TA Lärm in den folgenden **Zeiten mit einer erhöhten Empfindlichkeit** durch einen Zuschlag von 6 dB(A) zu berücksichtigen:

werktags 06:00 .. 07:00 Uhr und 20:00 .. 22:00 Uhr
sonn-/feiertags 06:00 .. 09:00 Uhr, 13:00 .. 15:00 Uhr und 20:00 .. 22:00 Uhr

In Misch-/Kern- und Dorfgebieten (MI/MK/MD) entfällt dieser Zuschlag.

Einzelne **kurzzeitige Geräuschspitzen** dürfen nach Punkt 6.1 TA Lärm die Immissionsrichtwerte am Tage um nicht mehr als 30 dB(A) und in der Nacht um nicht mehr als 20 dB(A) überschreiten.

3 Emissionen

3.1 Emissionskennwerte

Die Emissionen von Quellen im Freien werden im Allgemeinen durch Schalleistungspegel L_{WA} beschrieben, die sich nach folgenden Beziehungen berechnen:

$$L_{WA} = L_{AFm} + 10 \cdot \log (S / 1 \text{ m}^2)$$

bzw. bei vollkugelförmiger Ausbreitung

$$L_{WA} = L_{AFm} + 20 \cdot \log (s_m / 1 \text{ m}) + 11$$

mit L_{AFm} mittl. Schalldruckpegel auf Hüllfläche oder in definiertem Abstand
 S Größe der Hüllfläche
 s_m mittlerer Abstand des Messpunktes zur Quelle.

Einwirkungen in den Zeiten einer erhöhten Empfindlichkeit werden, wenn sich die Immissionspunkte in einem Wohngebiet befinden, durch einen Zuschlag von 6 dB(A) für die Dauer der Einwirkung berücksichtigt. Von einer Pegelerhöhung von 6 dB(A) kann bei einer Vervierfachung der Einwirkdauer bzw. der Anzahl der Fahrzeugbewegungen ausgegangen werden¹. Im Umkehrschluss kann damit der Einfluss des Zuschlages auf den Mittelungspegel über die Tageszeit durch eine fiktive Vervierfachung der Einwirkdauer bestimmt werden:

$$L_{WA,TB} = L_{WA} + 10 \cdot \lg \left(\frac{T_n + 4 \cdot T_R}{T_B} \right)$$

mit L_{WA} Schalleistungspegel während Geräuscheinwirkung
 T_n Dauer der Geräuscheinwirkung innerhalb der „normalen“ Tageszeit
 T_R Dauer der Geräuscheinwirkung innerhalb der Ruhezeit
 T_B Dauer des Beurteilungszeitraumes.

¹ mathematischer Nachweis: $10^{0,1 \cdot (L+6)} = 10^{0,1 \cdot L} \cdot 10^{0,1 \cdot 6} = 10^{0,1 \cdot L} \cdot 4$

3.2 Emissionen der Mikrowindanlage

Vom Hersteller der Mikrowindanlage FuSystems SkyWind NG wurden uns für eine Nabenhöhe von 11 m in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit v_{Wind} die folgenden Mittelungspegel L_{AFeq} bei einer Mikrofonhöhe von 1 m und einem Abstand von 4 m zum Mast genannt²:

v_{Wind}	m/s	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
L_{AFeq}	dB(A)	24	27	31	34	36	39	41	42	43	44	45

Als Voraussetzungen für diesen Emissionsansatz wurden vom Hersteller genannt:

- korrekte Montage des Windrades
- entkoppelte Montage des Mastes sowie
- Einsatz eines von FuSystems geprüftes und korrekt eingestellten Energienutzungssystems.

Bei den oben genannten geometrischen Bedingungen errechnet sich bei einer Vollkugelausbreitung nach der im vorigen Abschnitt beschriebenen Beziehung eine Abstandskorrektur

$$A_s = 20 \cdot \lg [(4^2 + (11-1)^2)^{1/2}] + 11 = 32 \text{ dB(A)}.$$

Damit ergeben sich in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit die folgenden Schallleistungspegel L_{WA} für die Geräuschemissionen der Mikrowindanlage:

v_{Wind}	m/s	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
L_W	dB(A)	56	59	63	66	68	71	73	74	75	76	77

² Nach dem Windenergie-Erlass sind der Beurteilung die Immissionen bei $v_{Wind} = 10$ m/s zugrunde zu legen. Die Angaben für diese Windgeschwindigkeit sind daher hier und im Folgenden durch Fettdruck hervorgehoben.

4 Immissionen

4.1 Ausbreitungsmodell

Die Berechnung der Immissionen einer Quelle erfolgt gemäß DIN ISO 9613-2 nach der Beziehung

$$L_{AT}(DW) = L_{WA} + D_c - A_{div} - A_{gr} - A_{atm} - A_{bar}$$

mit	$L_{AT}(DW)$	Immissionsanteil einer Quelle bei Mitwind
	L_{WA}	Schalleistungspegel
	D_c	Richtwirkungskorrektur
	A	Dämpfung aufgrund ..
	A_{div}	.. geometrischer Ausbreitung
	A_{gr}	.. des Bodeneffektes
	A_{atm}	.. von Luftabsorption
	A_{bar}	.. von Abschirmung

Das Rechenmodell der DIN ISO 9613-2 führt zu einem Immissionspegel, der mittelfristig dem energetischen Mittelwert bei leichtem Mitwind und leichter Temperaturinversion entspricht (*Mitwind-Mittelungspegel* $L_{AT}(DW)$).

Bei den üblicherweise in Wohngebieten vorliegenden geringen Entfernungen und den relativ großen Ausbreitungshöhen können die Dämpfungen durch Bodeneffekte und Luftabsorption vernachlässigt werden. Nicht auszuschließende teilweise Abschirmungen auf dem Ausbreitungsweg sind bei den üblicherweise bestehenden Ausbreitungsbedingungen nur sehr schwer zu quantifizieren. Sie werden daher im Sinne einer Maximalwertabschätzung vernachlässigt.

Im Allgemeinfall reduziert sich danach die Immissionsberechnung bei vollkugelförmiger Ausbreitung auf die Gleichung

$$L_{AFeq} = L_{WA} - 20 \cdot \log (s_m / 1 \text{ m}) - 11$$

mit	L_{AFm}	mittl. Schalldruckpegel am Immissionsort
	L_{WA}	Schalleistungspegel der Mikrowindanlage
	s_m	mittlerer Abstand des Immissionsortes von der Quelle.

4.2 Immissionen in unterschiedlichen Entfernungen

Die Mittelungspegel an den umliegenden Wohngebäuden sind bei gleicher Windgeschwindigkeit lediglich vom Abstand abhängig, da lokale Abschirmungen vernachlässigt werden. Die folgende Aufstellung zeigt die zu erwartenden Mittelungspegel in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit und vom Abstand s_m :

		Mittelungspegel $L_{AT}(DW)$ in dB(A)										
→ v_{Wind} m/s		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
↓ Abstand s_m												
5	m	31	34	38	41	43	46	48	49	50	51	52
7,5	m	27	30	34	37	39	42	44	45	46	47	48
10	m	25	28	32	35	37	40	42	43	44	45	46
12,5	m	23	26	30	33	35	38	40	41	42	43	44
15	m	21	24	28	31	33	36	38	39	40	41	42
17,5	m	20	23	27	30	32	35	37	38	39	40	41
20	m	19	22	26	29	31	34	36	37	38	39	40
25	m	17	20	24	27	29	32	34	35	36	37	38
30	m	15	18	22	25	27	30	32	33	34	35	36
35	m	14	17	21	24	26	29	31	32	33	34	35
40	m	13	16	20	23	25	28	30	31	32	33	34
50	m	11	14	18	21	23	26	28	29	30	31	32

5 Beurteilung

Die Bestimmung des Beurteilungspegels erfolgt gemäß TA Lärm nach der Beziehung

$$L_r = L_{Aeq} - C_{met} + K_T + K_I + K_R$$

- mit L_{Aeq} (Mitwind-)Mittelungspegel des Anlagengeräusches
 C_{met} meteorolog. Korrektur zur Bestimmung des Langzeit-Mittelungspegels
 K_T Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit (Nr. A.2.5.2)
 K_I Zuschlag für Impulshaltigkeit (Nr. A.2.5.3)
 K_R Zuschlag für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit (Nr. 6.5).

Bei den üblicherweise in Wohngebieten vorliegenden geringen Abständen ist die Meteorologie ohne Einfluss auf die Schallausbreitung. Die Anlagenräsche sind nicht ton-, informations- oder impulshaltig. Die entsprechenden Korrekturen C_{met} , K_I und K_T sind damit nicht erforderlich.

Bei einem kontinuierlichen Betrieb der Mikrowindanlage während der 13-stündigen Tageszeit und des insgesamt 3-stündigen Zeitraumes mit erhöhter Empfindlichkeit errechnet sich für den Tageszeitraum eine Korrektur

$$\Delta L = 10 \cdot \lg [(13 \text{ h} + 4 \cdot 3 \text{ h}) / 16 \text{ h}] = 1,9 \text{ dB(A)}.$$

Für Sonntage mit einer 9-stündigen „Tages“zeit und einer 7-stündigen „Ruhe“zeit ergibt sich eine Korrektur

$$\Delta L = 10 \cdot \lg [(9 \text{ h} + 4 \cdot 7 \text{ h}) / 16 \text{ h}] = 3,6 \text{ dB(A)}.$$

Zur Nachtzeit sind keine Zeiten mit einer erhöhten Empfindlichkeit definiert. Hier wird das erhöhte Schutzbedürfnis bereits durch einen 15 dB(A) niedrigeren Schalldruckpegel und eine Mittelung über die lauteste volle Nachtstunde berücksichtigt.

Die folgende Aufstellung zeigt die so berechneten Beurteilungspegel für die **Tageszeit** bei einem üblichen Abstand des nächstbenachbarten Fensters von 10 m:

v_{Wind}	m/s	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
L_r	dB(A)	27	28	32	35	37	40	42	43	44	45	46

An **Sonn- und Feiertagen** sind die Beurteilungspegel nochmal 2 dB(A) höher:

v_{Wind}	m/s	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
L_r	dB(A)	29	28	32	35	37	40	42	43	44	45	46

Der Immissionsrichtwert für ein allgemeines Wohngebiet von 55 dB(A) wird damit sowohl werktags als auch sonntags zur Tageszeit auch bei geringen Abständen des nächsten Fensters eines Aufenthaltsraumes bei einer Windgeschwindigkeit $v_{\text{wind}} = 10 \text{ m/s}$ weit unterschritten.

Die Beurteilungspegel für die **lauteste Nachtstunde** den verschiedenen Windgeschwindigkeiten für eine typische Entfernung des nächsten Fensters zur Anlage von 10 m können der folgenden Aufstellung entnommen werden:

v_{Wind}	m/s	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
L_r	dB(A)	25	28	32	35	37	40	42	43	44	45	46

Damit wird der Immissionsrichtwert für die Nachtzeit von 40 dB(A) bei Windgeschwindigkeiten $v_{\text{Wind}} \geq 9 \text{ m/s}$ überschritten.


Die gemachten Aussagen beziehen sich auf einen typischen Abstand des nächsten Fensters von 10 m bei einer Ausweisung als allgemeinem Wohngebiet. Aussagen zu anderen Entfernungen und andere Ausweisungen lassen sich aus Tabelle 1 im Anhang ableiten.

Bei einer Beurteilung dieser Überschreitungen und den hierfür erforderlichen Voraussetzungen sind unseres Erachtens folgende zusätzliche Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

- Überschreitungen des Beurteilungspegels für WA-Gebiete sind lediglich in Nächten mit Windgeschwindigkeiten $v_{\text{Wind}} \geq 9 \text{ m/s}$ zu erwarten. Bei geringeren Windgeschwindigkeiten, wie sie in den meisten Nächten vorliegen, wird der Richtwert auch zur Nachtzeit eingehalten.
- Bei der Festlegung der Immissionsrichtwerte der TA Lärm wurde davon ausgegangen, dass ein ausreichender Schallschutz bei geöffneten Fenstern einzuhalten ist. Bei den höheren Windgeschwindigkeiten ist erfahrungsgemäß davon auszugehen, dass Fenster von Schlafräumen geschlossen werden.

- Bei Windgeschwindigkeiten in dieser Höhe sind die durch den Wind an Bewuchs hervorgerufenen Geräusche in aller Regel höher als die Geräusche der Anlage, so dass in vielen Fällen von einer vollständigen Verdeckung der Anlagengeräusche durch Fremdgeräusche gemäß Punkt 3.2.1(5) TA Lärm auszugehen ist. In diesen Fällen sind keine zusätzlichen schädlichen Einwirkungen durch die zu beurteilende Anlage zu erwarten.
- Bei der Berechnung wurde von einer ungehinderten Schallausbreitung ausgegangen. Lokale Abschirmungen, wie sie zum Beispiel durch Gebäude- und Dachkanten hervorgerufen werden, konnten bei dieser allgemeinen Betrachtung nicht berücksichtigt werden.

Für den Inhalt

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Spellerberg". The signature is fluid and cursive, with a long horizontal stroke at the bottom.

Dipl.-Phys.Ing. Georg Spellerberg

Bild 1: Messaufbau

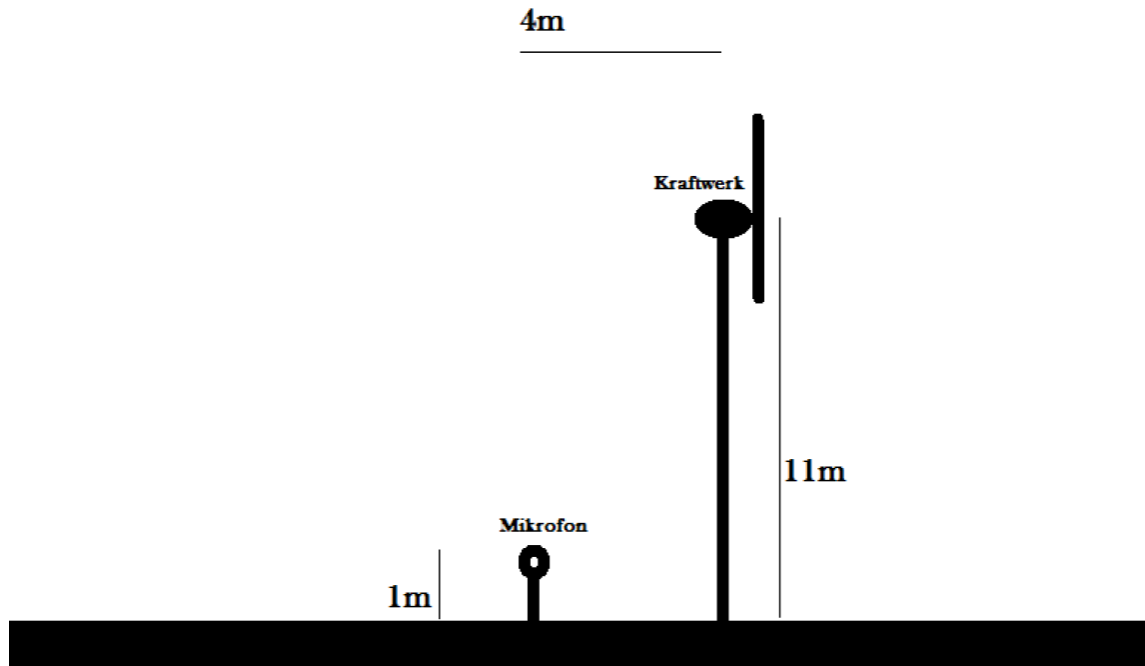


Diagramm 1: Darstellung der gemessenen Geräuschemissionen

