



**Schalltechnisches Gutachten
für die Errichtung und den Betrieb
von zwölf Windenergieanlagen
am Standort Kranenburg**

Bericht Nr. 3701-16-L3

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz

Schalltechnisches Gutachten für die Errichtung und den Betrieb von zwölf Windenergieanlagen am Standort Kranenburg

Bericht Nr.: 3701-16-L3

Auftraggeber: ABO Wind AG
Unter den Eichen 7
65195 Wiesbaden

Auftragnehmer: IEL GmbH
Kirchdorfer Straße 26
26603 Aurich
Telefon: 04941 - 9558-0
Telefax: 04941 - 9558-11
email: mail@iel-gmbh.de

Bearbeiter: Monika Bünting
(Sachbearbeiterin Schallschutz)

Prüfer: Volker Gemmel (Dipl.-Ing. (FH))
(Technischer Leiter Schallschutz)

Textteil: 17 Seiten (inkl. Deckblätter)
Anhang: siehe Anhangsverzeichnis

Datum: 19. April 2016



Messstelle nach § 29b BImSchG

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	4
2.	Örtliche Beschreibung.....	4
3.	Kartenmaterial und Koordinaten-Bezugssystem	5
4.	Aufgabenstellung.....	6
5.	Beurteilungsgrundlagen.....	6
	5.1 Berechnungs- und Beurteilungsverfahren	6
	5.2 Meteorologie.....	7
	5.3 Schalltechnische Anforderungen.....	8
6.	Beschreibung der geplanten Windenergieanlagen.....	8
	6.1 Anlagenbeschreibung	8
	6.2 Ton-, Impuls- und Informationshaltigkeit.....	10
	6.3 Tieffrequente Geräusche / Infraschall	11
	6.4 Kurzzeitige Geräuschspitzen	11
	6.5 Zusammenfassung der schalltechnischen Kennwerte	11
7.	Vorbelastung	12
8.	Ermittlung der maßgeblichen Immissionspunkte	13
	8.1 Einwirkungsbereiche der geplanten Windenergieanlagen	13
	8.2 Immissionspunkte.....	13
9.	Rechenergebnisse und Beurteilung.....	14
10.	Qualität der Prognose und Beurteilung	16
11.	Zusammenfassung	17

Anhang

1. Einleitung

Der Auftraggeber plant am Standort Kranenburg die Errichtung und den Betrieb von zwölf Windenergieanlagen (WEA 01 - WEA 12) vom Typ Vestas V126-3.45 MW mit 137 m Nabenhöhe und einer Nennleistung von 3.450 kW.

Für die zwölf geplanten Windenergieanlagen wurde im November 2015 das Schalltechnische Gutachten (Bericht Nr. 3701-15-L1) erstellt. Aufgrund geänderter Fundamenthöhen wurde mit Datum vom 14.01.2016 ein Nachtrag zum Gutachten (Bericht Nr. 3701-16-L2) erstellt. Aktuell sollen die Ergebnisse des Nachtrags in ein überarbeitetes Gutachten einfließen.

Als genehmigungsbedürftige Anlagen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) sind Windenergieanlagen so zu errichten und zu betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft nicht hervorgerufen werden können. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn zur Vorsorge Maßnahmen getroffen werden, die dem Stand der Technik entsprechen.

Dieses Gutachten dient dem Lärmschutznachweis im Rahmen des Genehmigungsverfahrens gemäß Bundes-Immissionsschutzgesetz. Für die maßgeblichen Immissionspunkte werden die Beurteilungspegel rechnerisch ermittelt und den dort geltenden Immissionsrichtwerten gegenüber gestellt.

2. Örtliche Beschreibung

Der Standort der zwölf geplanten Windenergieanlagen befindet sich in Nordrhein-Westfalen, im Kreis Kleve, auf dem Gebiet der Gemeinde Kranenburg.

Die geplanten Windenergieanlagen sollen südlich bis südwestlich des Ortsteils Frasselt (Gemeinde Kranenburg), in einem Waldgebiet errichtet werden. Südlich und westlich des Standortes verläuft die deutsch-niederländische Staatsgrenze.

Die nächstgelegene Wohnbebauung befindet sich westlich und südlich des Standortes. Hierbei handelt es sich um einzelne Wohnhäuser im Außenbereich. Diese liegen teilweise bereits auf dem Gebiet der Niederlande.

In dem Ortsteil Frasselt, ca. 3 Kilometer nördlich bis nordöstlich der geplanten Windenergieanlagen, befindet sich bereits eine Windenergieanlage vom Typ Seewind (WEA 13) in Betrieb. Diese wird bei den Berechnungen als schalltechnische Vorbelastung berücksichtigt.

Neben der bereits bestehenden Windenergieanlage ist für den maßgeblichen Beurteilungszeitraum „Nacht“ nach Kenntnisstand des Gutachters keine weitere schalltechnisch relevante Vorbelastung zu berücksichtigen. Dies wurde auch durch die am 22.07.2015 durchgeführte Standortbesichtigung bestätigt.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich auf Höhen von ca. 10 bis 80 m ü. N.N. Die Standorte der Windenergieanlagen und der Immissionspunkte befinden sich auf einem Höhenniveau von ca. 10 - 40 m ü. N.N. Zur Berücksichtigung der Höhenunterschiede wird bei den Berechnungen ein digitales Geländemodell verwendet.

In der nachfolgenden Karte ist das Untersuchungsgebiet dargestellt.

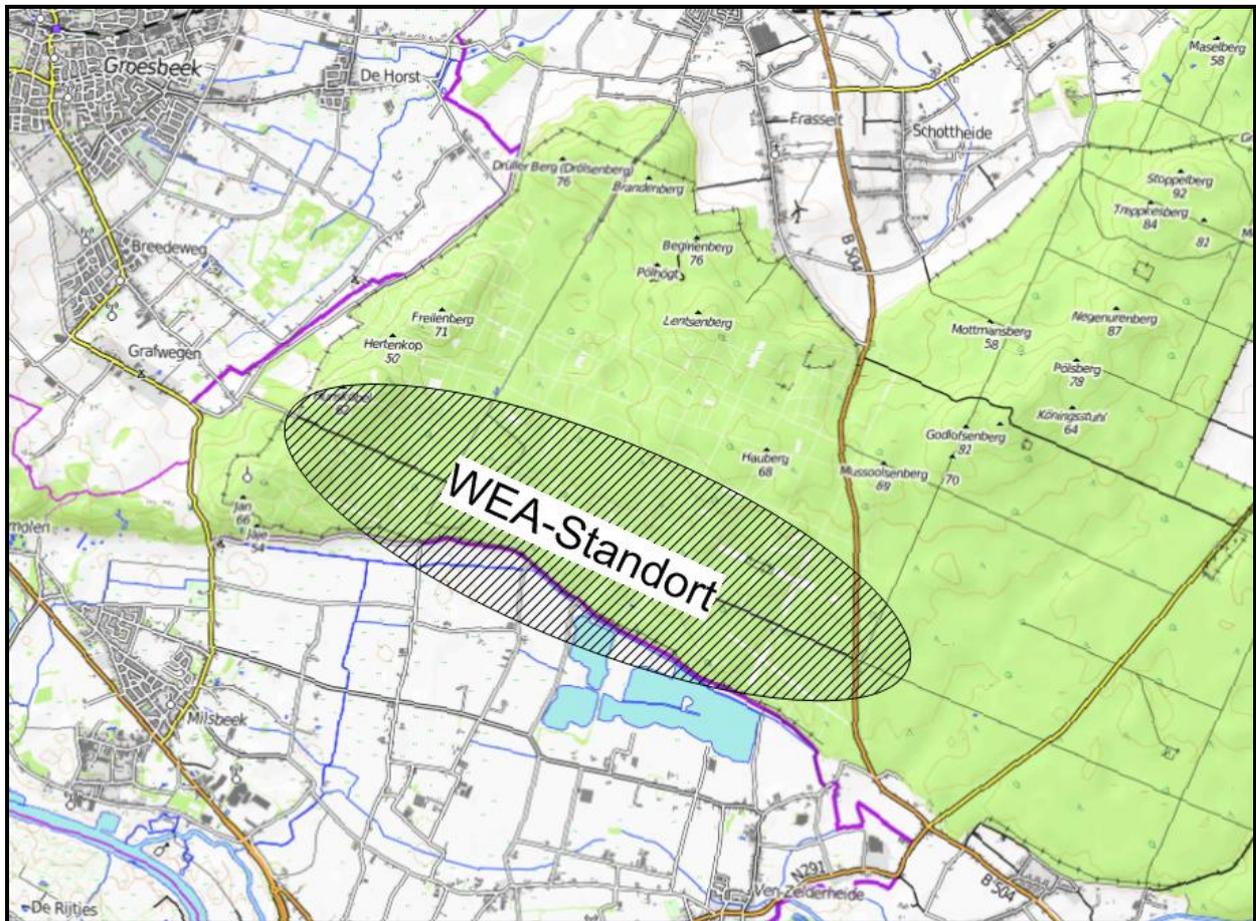


Bild 1: Übersichtskarte

3. Kartenmaterial und Koordinaten-Bezugssystem

Die Koordinaten der Windenergieanlagen wurden vom Auftraggeber im Koordinatensystem UTM WGS84 zur Verfügung gestellt. Die Koordinaten der Immissionspunkte sind den digitalen Karten entnommen. Alle Koordinaten sind im Koordinatensystem UTM WGS84 Zone 32 und ermöglichen somit eine Kontrolle mit dem amtlichen Kartenmaterial. Die verwendeten Karten sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

	Kartenart
1	Auszüge aus der DTK 25
2	Auszüge aus den Topographischen Karten Top 50
3	Auszüge aus OpenTopoMaps

Tabelle 1: Kartenmaterial

4. Aufgabenstellung

Die geplanten Windenergieanlagen sollen zu allen Tag- und Nachtzeiten betrieben werden. Als Beurteilungssituation gilt für den Betrieb der WEA daher i. d. R. die lauteste Stunde der Nacht, da hier die niedrigsten Richtwerte gelten.

Die geplanten Windenergieanlagen (WEA 01 bis WEA 12) werden der Zusatzbelastung gemäß TA-Lärm Nr. 2.4, Absatz 2^{3.)}, zugeordnet. Als schalltechnische Vorbelastung wird eine weitere Windenergieanlage (WEA 13) berücksichtigt.

Gemäß TA-Lärm Nr. 3.2.1, Abs. 6^{3.)} ist die Bestimmung der Vorbelastung in der Regel nach Nr. A.1.2 des Anhangs zur TA-Lärm durchzuführen. Die Nr. A.1.2 des Anhangs der TA-Lärm legt fest, dass die Vorbelastung nach Nr. A.3 zu ermitteln ist (Immissionsmessung an dem maßgeblichen Immissionsort). Unter bestimmten Bedingungen sind Ersatzmessungen nach Nr. A.3.4 zulässig. Möglichkeiten für Ersatzmessungen sind Rundummessungen und Schalleistungsmessungen mit anschließender Schallausbreitungsrechnung. Zur Ermittlung der Vorbelastung wird bei diesem Projekt auf schalltechnische Daten zurückgegriffen, die vom Auftraggeber übermittelt wurden.

Ziel dieses Gutachtens ist es, die aus Sicht des Lärmschutzes resultierenden Umwelteinwirkungen aus dem Betrieb der Windenergieanlagen zu berechnen und hinsichtlich immissionsschutzrechtlicher Kriterien zu beurteilen.

5. Beurteilungsgrundlagen

5.1 Berechnungs- und Beurteilungsverfahren

Die schalltechnischen Berechnungen werden gemäß der TA-Lärm^{3.)} durchgeführt. In der TA-Lärm sind grundsätzlich zwei Prognoseverfahren, die überschlägige und die detaillierte Prognose, angegeben. Die überschlägige Prognose vernachlässigt die Luftabsorption, das Boden- und Meteorologiedämpfungsmaß und weitgehend alle Abschirmungseffekte. Die Berechnungen erfolgen bei der überschlägigen Prognose frequenzunabhängig. Für eine detaillierte Prognose kann neben einer frequenzabhängigen Berechnung auch eine frequenzunabhängige Berechnung mit A-bewerteten Schalldruckpegeln erfolgen.

Die Berechnungen erfolgen frequenzunabhängig als detaillierte Prognose für freie Schallausbreitung. Die Bodendämpfung A_{gr} wird dabei gemäß DIN ISO 9613-2^{4.)}, Nr. 7.3.2 „Alternatives Verfahren zur Berechnung A-bewerteter Schalldruckpegel“ berechnet. Abschirmung und Dämpfung durch Bebauung und Bewuchs bleiben unberücksichtigt. Die Berechnungen werden mit dem Programmsystem IMMI[©] (Version 2015 [405]) durchgeführt, welches die Anwendung der erforderlichen Berechnungsmethoden ermöglicht.

Für die schalltechnische Beurteilung werden die vom Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) empfohlenen „Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windenergie-

anlagen^{10.)}, das „Windenergiehandbuch“^{25.)} (Windenergiehandbuch, M. Agatz, Stand Dezember 2015) sowie der „Windenergie-Erlass Nordrhein-Westfalen“^{11.)} berücksichtigt.

Hinweis 1:

In einer Studie hat das LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz) Nordrhein-Westfalen jetzt die Schallausbreitung von Windenergieanlagen untersucht, um die Qualität der Geräuschimmissionsprognosen hoher Anlagen zu überprüfen und gegebenenfalls zu verbessern. Im Rahmen der Untersuchung wurden die Emissionen und Immissionen im Umfeld zweier Anlagen der 2 MW-Klasse mit einer Nabenhöhe von 98 m messtechnisch ermittelt und mit den gemäß dem „Alternativen Verfahren“ berechneten Pegeln verglichen. In einem nächsten Schritt wird nun geprüft, ob das bisher angewendete Prognoseverfahren in konkreten Genehmigungsverfahren zukünftig geändert werden soll. Für die Praxis der Genehmigungsbehörden ergeben sich zum jetzigen Zeitpunkt keine Änderungen.

5.2 Meteorologie

Für die Berechnungen werden folgende meteorologische Parameter berücksichtigt:

Temperatur	T	=	10° C
Luftfeuchte	F	=	70 %

Die Bestimmung der meteorologischen Dämpfung C_{met} erfolgt gemäß den „Empfehlungen des LANUV NRW zu C_{met} “, Stand 26.09.2012^{29.)}. Für die Berechnungen werden die Daten der Station „Bochholt“ zugrunde gelegt. Die sich gemäß ^{29.)} für die einzelnen Windrichtungen ergebenden Meteorologiefaktoren C_0 werden in das Schallberechnungsprogramm IMMI[®] implementiert. Die Software berechnet in Abhängigkeit der Windrichtung und der Entfernung zwischen einzelner Schallquelle und Immissionsort das C_{met} .

Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die meteorologische Korrektur C_{met} abhängig ist von der Entfernung zwischen Quelle (hier: WEA) und Immissionspunkt. Es gilt gemäß DIN ISO 9613-2^{4.)}:

$$C_{met} = 0 \quad \text{wenn} \quad d_p \leq 10 * (h_s + h_r)$$

$$C_{met} = C_0 * [1 - 10 * (h_s + h_r) / d_p] \quad \text{wenn} \quad d_p > 10 * (h_s + h_r)$$

Dabei ist:

h_s die Höhe der Quelle (hier: WEA) in Metern;

h_r die Höhe des Aufpunktes (hier: Immissionspunkt) in Metern;

d_p horizontaler Abstand zwischen Quelle und Aufpunkt in Metern;

Beispiel: Bei einer Nabenhöhe von 137 m und einer Immissionspunkthöhe von 5 m erreicht die meteorologische Korrektur C_{met} erst ab einer Entfernung von > 1.420 m einen Wert von > 0 .

5.3 Schalltechnische Anforderungen

Die maßgeblichen Immissionspunkte gemäß TA-Lärm Nr. 2.3 liegen nach A.1.3 bei bebauten Flächen 0,5 m außerhalb vor der Mitte des geöffneten Fensters des am stärksten betroffenen schutzbedürftigen Raumes.

Gemäß TA-Lärm sind für die schalltechnische Beurteilung außerhalb von Gebäuden folgende Immissionsrichtwerte heranzuziehen:

Nutzung	Immissionsrichtwert [dB(A)]	
	Tag (06.00 - 22.00 Uhr)	Nacht (22.00 - 06.00 Uhr)
Gewerbegebiete (GE)	65	50
Kern- (MK), Dorf- (MD) und Mischgebiete (MI)	60	45
Allgemeine Wohngebiete (WA) und Kleinsiedlungsgebiete (WS)	55	40
Reine Wohngebiete (WR)	50	35

Tabelle 2: Immissionsrichtwerte

Während der Beurteilungszeit „Tag“ ist der Beurteilungspegel auf einen Zeitraum von 16 Stunden zu beziehen, während der Beurteilungszeit „Nacht“ auf eine Stunde. Der Beurteilungspegel L_r ist der aus dem Schallimmissionspegel L_s des zu beurteilenden Geräusches und gegebenenfalls aus Zuschlägen für Ton- und Informationshaltigkeit und für Impulshaltigkeit gebildete Wert zur Kennzeichnung der mittleren Geräuschbelastung während der Beurteilungszeit. Zusätzlich müssen für Immissionsorte, die bezüglich der Schutzbedürftigkeit als „Kleinsiedlungsgebiet (WS)“, „Allgemeines Wohngebiet (WA)“ bzw. „Reines Wohngebiet (WR)“ oder „Kurgebiet“ eingestuft werden, Zuschläge für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit (Werktage: 06.00 - 07.00 Uhr und 20.00 - 22.00 Uhr; Sonn- und Feiertage: 06.00 - 09.00 Uhr, 13.00 - 15.00 Uhr und 20.00 - 22.00 Uhr) vorgenommen werden (TA-Lärm Nr. 6.5).

Gemäß TA-Lärm dürfen kurzzeitige Geräuschspitzen die Immissionsrichtwerte am Tag um nicht mehr als 30 dB und in der Nacht um nicht mehr als 20 dB überschreiten.

Die zulässigen Immissionsrichtwerte für die Wohnbebauung dürfen durch die Gesamtbelastung nicht überschritten werden. Diese setzt sich aus der Vor- und der Zusatzbelastung zusammen. Die Vorbelastung ist die Belastung eines Ortes mit Geräuschimmissionen von Anlagen für die die TA-Lärm gilt, allerdings ohne den Immissionsbeitrag der zu beurteilenden Anlage. Die Zusatzbelastung ist der Immissionsbeitrag, der an einem Immissionsort durch die zu beurteilende Anlage hervorgerufen wird.

6. Beschreibung der geplanten Windenergieanlagen

6.1 Anlagenbeschreibung

Der Auftraggeber plant am Standort Kranenburg die Errichtung und den Betrieb von zwölf Windenergieanlagen des Herstellers Vestas.

Nachfolgend werden die Hauptabmessungen und schalltechnischen Daten des geplanten Anlagentyps zusammengefasst:

Anlagentyp:	Vestas V126-3.45 MW mit Sägezahn-Hinterkante
Nabenhöhe:	137 m
Rotordurchmesser:	126 m
Nennleistung:	3.450 kW
Leistungsregelung:	pitch

Die bisher vorliegenden schalltechnischen Daten für den Anlagentyp V126-3.45 MW sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Betriebsmodus	Messstelle	Bericht Nr.	Nennleistung [kW]	höchster Messwert L_{WA} [dB(A)]	Herstellerangabe L_{WA} [dB(A)]
0	Windtest grevenbroich gmbh	SE15022B1	3.450	106,0	106,0
	Windtest grevenbroich gmbh	SE15022B8N1		105,1	

Tabelle 3: Schalltechnische Daten / Vestas V126-3.45 MW mit Sägezahn-Hinterkante

Für den geplanten Anlagentyp Vestas V126-3.45 MW liegen für den uneingeschränkten Betrieb im „Betriebsmodus 0“ derzeit zwei schalltechnische Vermessungen (siehe Tabelle 3 und beigefügte Messberichte) vor. Der Hersteller gibt für diesen Betriebsmodus einen Schalleistungspegel von $L_{WA} = 106,0$ dB(A) an (siehe anliegende Herstellerangabe).

Für den uneingeschränkten Betrieb während der Tages- und Nachtzeit wird für die geplanten Windenergieanlagen ein Schalleistungspegel von $L_{WA,90} = 108,5$ dB(A) [Herstellerangabe $L_{WA} = 106,0$ dB(A) für den „Betriebsmodus 0“ zzgl. 2,5 dB Zuschlag für den oberen Vertrauensbereich] berücksichtigt.

Der Zuschlag für den oberen Vertrauensbereich von 2,5 dB ergibt sich aus den folgenden Parametern:

- Unsicherheit des Prognosemodells mit $\sigma_{prog} = 1,5$ dB
- die Serienstreuung mit $\sigma_P = 1,2$ dB
- die Ungenauigkeit der Schallemissions-Vermessung mit $\sigma_R = 0,5$ dB (Standardwert für FGW-konform vermessene Windenergieanlagen)

und berechnet sich wie folgt:

$$z = 1,28 * \sigma_{ges} \quad (1)$$

mit

$$\sigma_{ges} = \sqrt{\sigma_{prog}^2 + \sigma_P^2 + \sigma_R^2} \quad (2)$$

Hinweis 2:

In der Regel wird im Genehmigungsbescheid ein maximal zulässiger Emissionswert (Schalleistungspegel) für jede geplante Windenergieanlage festgesetzt, der aus dem schalltechnischen Gutachten hervorgeht. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass der für die nachfolgenden Berechnungen verwendete Schalleistungspegel $L_{WA,90}$ einen Zuschlag für den oberen Vertrauensbereich beinhaltet, der die Unsicherheit des Prognosemodells für die Schallausbreitungsberechnung berücksichtigt.

Gemäß „Windenergie-Erlass Nordrhein-Westfalen“^{11.)} ergibt sich der zulässige Emissionswert $L_{e,max}$ aus dem in der Prognose verwendeten Schalleistungspegel L_{WA} unter Berücksichtigung der Serienstreuung.

Der zulässige Emissionswert $L_{e,max}$ der geplanten Windenergieanlagen errechnet sich wie folgt:

$$L_{e,max} = L_{WA} + 1,28 * \sigma_P \quad (3)$$

Für den geplanten Anlagentyp Vestas V126-3.45 MW ergibt sich hieraus ein zulässiger Emissionswert von $L_{e,max} = 107,5$ dB(A) für den „Betriebsmodus 0“.

Hinweis 3:

Die letztendliche Entscheidung zur Festlegung eines maximal zulässigen Emissionswertes obliegt der Genehmigungsbehörde (hier: Kreis Kleve).

6.2 Ton-, Impuls- und Informationshaltigkeit

Gemäß „Windenergie-Erlass Nordrhein-Westfalen“^{11.)} können im Nahbereich auftretende Tonhaltigkeiten von $K_{TN} < 2$ dB unberücksichtigt bleiben.

Gemäß den vorliegenden Messberichten für den Anlagentyp Vestas V126-3.45 MW treten bei dem Betrieb keine immissionsrelevanten ton- und impulshaltigen Geräusche auf. Darüber hinaus liegen auch keine Erkenntnisse über eine generelle Impulshaltigkeit des Anlagentyps vor.

Es wird als sachgerecht vorausgesetzt, dass Windenergieanlagen mit einer immissionsrelevanten Tonhaltigkeit nicht dem Stand der Lärminderungstechnik entsprechen und daher nicht genehmigungsfähig sind. Hierzu gibt es jedoch auch einzelne abweichende Auffassungen.

Bei dem Betrieb von WEA treten keine informationshaltigen Geräusche auf, sodass eine besondere Berücksichtigung nicht notwendig ist.

6.3 Tieffrequente Geräusche / Infraschall

Allgemein kann gesagt werden, dass Windenergieanlagen keine Geräusche im Infraschallbereich (vergl. DIN 45680)^{5.)} hervorrufen, die hinsichtlich möglicher schädlicher Umwelteinwirkungen gesondert zu prüfen wären. Die von modernen Windenergieanlagen hervorgerufenen Schallpegel im Infraschallbereich liegen unterhalb der Wahrnehmungsschwelle des Menschen. Auch neuere Empfehlungen zur Beurteilung von Infraschalleinwirkungen der Größenordnung, wie sie in der Nachbarschaft von Windenergieanlagen bislang nachgewiesen wurden, gehen davon aus, dass sie ursächlich nicht zu Störungen, erheblichen Belästigungen oder Geräuschbeeinträchtigungen führen^{18.) 24.) 25.) 26.) 32.) 34.)}. In^{40.)} wird der messtechnische Nachweis geführt, dass der von Windenergieanlagen mit einer Leistung von 1.800 kW bis 3.200 kW bewirkte Infraschallpegel auch im Nahbereich der Windenergieanlagen (Abstände bis zu 300 m) deutlich unterhalb der menschlichen Hör- bzw. Wahrnehmungsschwelle liegt. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass sich bereits ab einer Entfernung von 700 m der Infraschallpegel durch das Einschalten der Windenergieanlagen nicht wesentlich erhöht.

Derzeit wird in der öffentlichen Diskussion verstärkt das Thema „Infraschall in Verbindung mit Windenergieanlagen“ diskutiert. Dabei wird von einigen Diskussionsteilnehmern insbesondere auf die unkalkulierbaren Gesundheitsgefahren durch den von Windenergieanlagen verursachten Infraschall hingewiesen und ausgeführt, dass diese durch Studien bewiesen seien. Für eine negative Auswirkung von Infraschall unterhalb der Wahrnehmungsschwelle konnten bislang jedoch keine wissenschaftlich gesicherten Erkenntnisse gefunden werden (siehe auch^{41.)}), auch wenn zahlreiche Forschungsbeiträge entsprechende Hypothesen postulieren.

6.4 Kurzzeitige Geräuschspitzen

Spitzenpegel von Windenergieanlagen können u. U. durch kurzzeitig auftretende Vorgänge beim Gieren (Betrieb der Windnachführung) oder Bremsen (z. B. wegen Überdrehzahl) auftreten. Sie dürfen gem. TA-Lärm Nr. 6.1 in der Nacht die Richtwerte um nicht mehr als 20 dB überschreiten. Üblicherweise sind bei Windenergieanlagen keine Spitzenpegel zu erwarten, die zu einer Überschreitung dieser Vorgabe führen.

6.5 Zusammenfassung der schalltechnischen Kennwerte

Die Lage der geplanten Windenergieanlagen ist den Übersichtskarten des Anhangs zu entnehmen.

In der nachfolgenden Tabelle 4 werden die Koordinaten und die schalltechnischen Daten der geplanten Windenergieanlagen zusammengefasst.

Bezeichnung	Nabenhöhe [m]	UTM WGS84 Zone 32		Schalleistungspegel* L _{WA,90} [dB(A)]	
		Rechtswert	Hochwert	Tag	Nacht
WEA 01 V126-3.45 MW	137,0	295.555	5.735.752	108,5	108,5
WEA 02 V126-3.45 MW	137,0	295.189	5.735.146	108,5	108,5
WEA 03 V126-3.45 MW	137,0	294.977	5.735.493	108,5	108,5
WEA 04 V126-3.45 MW	137,0	294.518	5.735.628	108,5	108,5
WEA 05 V126-3.45 MW	137,0	294.148	5.735.878	108,5	108,5
WEA 06 V126-3.45 MW	137,0	293.733	5.736.030	108,5	108,5
WEA 07 V126-3.45 MW	137,0	293.230	5.736.140	108,5	108,5
WEA 08 V126-3.45 MW	137,0	292.798	5.736.321	108,5	108,5
WEA 09 V126-3.45 MW	137,0	292.459	5.736.596	108,5	108,5
WEA 10 V126-3.45 MW	137,0	292.046	5.736.810	108,5	108,5
WEA 11 V126-3.45 MW	137,0	291.594	5.737.013	108,5	108,5
WEA 12 V126-3.45 MW	137,0	291.098	5.737.086	108,5	108,5

Tabelle 4: Daten der geplanten Windenergieanlagen / Zusatzbelastung

* inkl. 2,5 dB Zuschlag für den oberen Vertrauensbereich gemäß Abschnitt 6.1

7. Vorbelastung

Als schalltechnische Vorbelastung wird im vorliegenden Fall eine bestehende Windenergieanlage (WEA 13) vom Typ Seewind 20/100 berücksichtigt.

Die Koordinaten und die Nabenhöhe der Anlage wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Vom Kreis Kleve wurde dem Auftraggeber mitgeteilt, dass für diese Anlage ein Schalleistungspegel von $L_{WA,90} = 101,1$ dB(A) [Schalleistungspegel $L_{WA} = 98,6$ dB(A) zzgl. 2,5 dB Zuschlag für den oberen Vertrauensbereich] zu berücksichtigen ist.

In der nachfolgenden Tabelle werden die Koordinaten (UTM WGS84) und die schalltechnischen Kennwerte der weiteren Windenergieanlage zusammengefasst.

Bezeichnung	Nabenhöhe [m]	UTM WGS84 Zone 32		Schalleistungspegel* [dB(A)]	
		Rechtswert	Hochwert	Tag	Nacht
WEA 13 Seewind 20/110	34,2	294.884	5.739.126	101,1	101,1

Tabelle 5: Schalltechnische Kennwerte der weiteren WEA / Vorbelastung

* inkl. 2,5 dB Zuschlag für den oberen Vertrauensbereich

8. Ermittlung der maßgeblichen Immissionspunkte

8.1 Einwirkungsbereiche der geplanten Windenergieanlagen

Gemäß TA-Lärm Nr. 2.2 sind die Flächen dem Einwirkungsbereich zuzuordnen, in denen die von der Anlage ausgehenden Geräusche einen Beurteilungspegel verursachen, der weniger als 10 dB unter dem für diese Fläche maßgebenden Immissionsrichtwert (IRW) liegt. Das zusätzliche Kriterium der Geräuschspitzen muss im vorliegenden Fall nicht berücksichtigt werden.

Im Anhang sind die Einwirkungsbereiche der geplanten Windenergieanlagen für WR-Gebiete (Reine Wohngebiete), WA-Gebiete (Allgemeine Wohngebiete) und MI/MD-Gebiete (Misch-Dorfgebiete) dargestellt.

Bei den Berechnungen werden insgesamt elf Immissionspunkte berücksichtigt. Sechs der betrachteten Immissionspunkte (IP 06 bis IP 11) befinden sich auf Gebiet der Niederlande.

Die Lage der Immissionspunkte wurde am 22.07.2015 im Rahmen der Standortaufnahme durch Mitarbeiter der IEL GmbH geprüft. Bei der Standortaufnahme wurde festgestellt, dass keine Gebäudeanordnungen gegeben sind, die zu möglichen Schallreflexionen führen.

8.2 Immissionspunkte

Die Immissionspunkte befinden sich westlich bis südlich und nördlich der geplanten Windenergieanlagen, überwiegend im unbeplanten Außenbereich.

Die Immissionspunkte IP 01 bis IP 03 befinden sich westlich der geplanten Windenergieanlagen. Die Immissionspunkte IP 01 und IP 02 liegen an der „Grafwegener Straße“ und der Immissionspunkt IP 03 am „Kartenspielerweg“.

Nördlich der geplanten Windenergieanlagen befindet sich der Immissionspunkt IP 04, an der Straße „Treppkesweg“, am südlichen Ortsrand von Frasselt. Dieser Immissionspunkt liegt bereits außerhalb des Einwirkungsbereiches der geplanten Windenergieanlagen. Er befindet sich in der Nähe der bestehenden Windenergieanlage WEA 13, die als schalltechnische Vorbelastung berücksichtigt wird.

Südlich der geplanten Windenergieanlagen befindet sich im Gebiet der Stadt Goch der Immissionspunkt IP 05. Er liegt an der Straße „Sandsteg“.

Die Immissionspunkte IP 06 bis IP 11 befinden sich in den Niederlanden. Die Immissionspunkte IP 06 bis IP 08 liegen südlich der geplanten Windenergieanlagen. Die Immissionspunkte IP 09 und IP 10 befinden sich südwestlich der geplanten Windenergieanlagen. Der Immissionspunkt IP 09 liegt am „Eethuis de Diepen“ und der Immissionspunkt IP 10 am angrenzenden Caravanstellplatz. Der Immissionspunkt IP 11 befindet sich nördlich der Immissionspunkte IP 09 und IP 10.

Für die Nachtzeit (22.00 - 06.00 Uhr) wird in der schalltechnischen Beurteilung für die untersuchten Immissionspunkte IP 01 bis IP 11 ein Immissionsrichtwert von 45 dB(A), entsprechend der Schutzbedürftigkeit von "Misch- bzw. Dorfgebieten" berücksichtigt. Während der Tageszeit (06.00 - 22.00 Uhr) gelten für alle Immissionspunkte 15 dB höhere Immissionsrichtwerte.

Die Bezeichnung der Immissionspunkte, die dazugehörigen Koordinaten und die Immissionsrichtwerte (IRW) sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Bezeichnung	UTM WGS84 Zone 32		Höhe über Gelände [m]	IRW [dB(A)] Tag / Nacht
	Rechtswert	Hochwert		
IP 01 Grafwegener Straße 32	289.852	5.737.416	5	60 / 45
IP 02 Grafwegener Straße 9	290.057	5.737.506	5	60 / 45
IP 03 Kartenspielerweg 7	290.204	5.737.555	5	60 / 45
IP 04 Treppkesweg 2	294.840	5.738.774	5	60 / 45
IP 05 Sandsteg 27	295.256	5.734.341	5	60 / 45
IP 06 Speksestraat 6	294.098	5.734.412	5	60 / 45
IP 07 Violenberg 2	292.419	5.735.591	5	60 / 45
IP 08 Hondsiepsebaan13	291.547	5.735.811	5	60 / 45
IP 09 Zwarteweg 60	289.815	5.736.259	5	60 / 45
IP 10 Caravan-Stellplatz	289.914	5.736.336	5	60 / 45
IP 11 Sint Jansberg 1	289.618	5.736.639	5	60 / 45

Tabelle 6: Immissionspunkte

Der Auftraggeber, die ABO Wind AG, wurde im Rahmen eines Scoping-Termines am 15.06.2015 darüber informiert, dass die Dörfer Breedeweg, Milsbeek und Ven-Zelderheide in den Niederlanden als sogenannte „Stillgebiete“ mit einem Immissionsrichtwert von 35 dB(A) nachts berücksichtigt werden sollen. Hierauf wird in Abschnitt 9 eingegangen.

9. Rechenergebnisse und Beurteilung

Gemäß TA-Lärm muss zur schalltechnischen Beurteilung die Gesamtbelastung an dem jeweiligen Immissionspunkt ermittelt werden (Abschnitt 2.4 der TA-Lärm). Sie setzt sich aus der Vorbelastung (hier: eine bestehende WEA) und der Zusatzbelastung (hier: zwölf geplante WEA) zusammen.

In der nachfolgenden Tabelle 7 werden die Beurteilungspegel für die Nachtzeit für die Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung aufgelistet.

Immissionspunkt	IRW-Nacht [dB(A)]	Vor- belastung [dB(A)]	Zusatz- belastung [dB(A)]	Gesamt- belastung [dB(A)]
IP 01 Grafwegener Straße 32	45	0,9	34,7	34,7
IP 02 Grafwegener Straße 9	45	1,7	36,4	36,4
IP 03 Kartenspielerweg 7	45	2,4	37,7	37,7
IP 04 Treppkesweg 2	45	38,6	29,4	39,1
IP 05 Sandsteg 27	45	3,2	41,4	41,4
IP 06 Speksestraat 6	45	3,1	39,5	39,5
IP 07 Violenberg 2	45	4,7	43,4	43,4
IP 08 Hondsiepsebaan13	45	3,1	41,0	41,0
IP 09 Zwarteweg 60	45	- 1,0	33,2	33,2
IP 10 Caravan-Stellplatz	45	- 0,5	33,3	33,3
IP 11 Sint Jansberg 1	45	- 0,9	32,6	32,6

Tabelle 7: Berechnungsergebnisse / Nacht

In der nachfolgenden Tabelle werden die Beurteilungspegel (gerundet) der Gesamtbelastung (GB) gebildet und den zulässigen Immissionsrichtwerten gegenübergestellt.

Immissionspunkt	IRW Nacht [dB(A)]	Gesamt- belastung [dB(A)]	Beurteilungspegel GB gerundet [dB(A)]	Reserve zum IRW [dB]
IP 01 Grafwegener Straße 32	45	34,7	35	10
IP 02 Grafwegener Straße 9	45	36,4	36	9
IP 03 Kartenspielerweg 7	45	37,7	38	7
IP 04 Treppkesweg 2	45	39,1	39	6
IP 05 Sandsteg 27	45	41,4	41	4
IP 06 Speksestraat 6	45	39,5	40	5
IP 07 Violenberg 2	45	43,4	43	2
IP 08 Hondsiepsebaan13	45	41,0	41	4
IP 09 Zwarteweg 60	45	33,2	33	12
IP 10 Caravan-Stellplatz	45	33,3	33	12
IP 11 Sint Jansberg 1	45	32,6	33	12

Tabelle 8: Bildung der Beurteilungspegel / Nacht

Wie den Ergebnissen in Tabelle 8 zu entnehmen ist, wird während der Nachtzeit der zulässige Immissionsrichtwert durch den Beurteilungspegel der Gesamtbelastung an allen Immissionspunkten um mindestens 2 dB unterschritten.

Aus der Darstellung der Einwirkungsbereiche (siehe Anhang-Übersichtskarten) wird ersichtlich, dass innerhalb der geschlossenen Wohnbebauung in den Niederlanden ein

Schallimmissionspegel von 35 dB(A) im Bereich von Ven-Zelderheide und von 30 dB(A) im Bereich der Ortschaften Breedeweg, Milsbeek und Ottersum unterschritten wird.

Während der Tageszeit (Sonntag) liegen die Beurteilungspegel der Gesamtbelastung (WEA) an allen untersuchten Immissionspunkten um mindestens 16,6 dB unter dem jeweils zulässigen Immissionsrichtwert (vgl. Zusammenfassung im Anhang).

Aus Sicht des Schallimmissionsschutzes bestehen unter den dargestellten Bedingungen keine Bedenken gegen die Errichtung und den uneingeschränkten Betrieb der geplanten Windenergieanlagen während der Tages- und Nachtzeit.

Anmerkung:

Die dargestellten Ergebnisse und Beurteilungen gelten nur für die hier betrachteten Konfigurationen. Sollten sich Änderungen hinsichtlich der zu berücksichtigenden Vorbelastung bzw. den zu beurteilenden Immissionspunkten ergeben, sind die ermittelten Ergebnisse nicht mehr gültig und es sind neue Berechnungen notwendig.

10. Qualität der Prognose und Beurteilung

Für eine Schallimmissionsprognose fordert die TA-Lärm eine Aussage zur Prognosequalität. Anforderungen an Art und Umfang der Prognosequalität werden nicht näher beschrieben. Dies hat zur Konsequenz, dass die Beurteilung einer Schallimmissionsprognose bei Genehmigungsbehörden unterschiedlich gehandhabt wird.

Aus diesem Grund wird in ^{10.)} gefordert, dass bei einer Schallimmissionsprognose der Nachweis zu führen ist, dass die obere Vertrauensbereichsgrenze aller Unsicherheiten (Emissionsdaten und Ausbreitungsrechnung) der nach TA-Lärm ermittelten Beurteilungspegel mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 % den jeweils zulässigen Immissionsrichtwert einhält. Die Ermittlung der oberen Vertrauensbereichsgrenze erfolgte entsprechend der in dem „Windenergiehandbuch“ (Windenergie-Handbuch, M. Agatz, Stand Dezember 2015) beschriebenen Vorgehensweise für das Standardverfahren (Merkblatt „Qualität der Prognose“).

Für alle berücksichtigten Windenergieanlagen wurde ein Zuschlag von 2,5 dB für den oberen Vertrauensbereich berücksichtigt.

Unter den dargestellten Bedingungen ist von einer ausreichenden Prognosesicherheit auszugehen.

11. Zusammenfassung

Der Auftraggeber plant am Standort Kranenburg die Errichtung und den Betrieb von zwölf Windenergieanlagen (WEA 01 bis WEA 12) vom Typ Vestas V126-3.45 MW mit 137 m Nabenhöhe und einer Nennleistung von 3.450 kW.

Als schalltechnische Vorbelastung wird im vorliegenden Fall eine bestehende Windenergieanlage vom Typ Seewind 20/110 (WEA 13) berücksichtigt.

Für den geplanten Anlagentyp Vestas V126-3.45 MW liegen für den uneingeschränkten Betrieb im „Betriebsmodus 0“ derzeit zwei schalltechnische Vermessungen (siehe Tabelle 3 und beigefügte Messberichte) vor. Der Hersteller gibt für diesen Betriebsmodus einen Schalleistungspegel von $L_{WA} = 106,0$ dB(A) an.

Für den uneingeschränkten Betrieb während der Tages- und Nachtzeit wird für die geplanten Windenergieanlagen ein Schalleistungspegel von $L_{WA,90} = 108,5$ dB(A) [Herstellerangabe bzw. höchster Messwert für den Betriebsmodus 0 zzgl. 2,5 dB Zuschlag für den oberen Vertrauensbereich] berücksichtigt.

Unter Berücksichtigung des o. g. Schalleistungspegels wurde für insgesamt elf Immissionspunkte die durch die geplanten Windenergieanlagen bewirkte Zusatzbelastung prognostiziert. Mit der ebenfalls rechnerisch ermittelten Vorbelastung wurde die Gesamtbelastung bestimmt.

Wie den Ergebnissen in Tabelle 8 zu entnehmen ist, wird der zulässige Immissionsrichtwert während der Nachtzeit durch den Beurteilungspegel der Gesamtbelastung an allen Immissionspunkten um mindestens 2 dB unterschritten.

Während der Tageszeit (Sonntag) liegen die Beurteilungspegel der Gesamtbelastung (WEA) an allen untersuchten Immissionspunkten um mindestens 16,6 dB unter dem jeweils zulässigen Immissionsrichtwert (vgl. Zusammenfassung im Anhang).

Damit ist der Nachweis geführt, dass unter den dargestellten Bedingungen keine Bedenken gegen die Errichtung und den uneingeschränkten Betrieb der geplanten Windenergieanlagen während der Tages- und Nachtzeit bestehen.

Alle Berechnungsergebnisse und Beurteilungen gelten nur für die gewählte Konfiguration. Dieses Gutachten (Textteil und Anhang) darf nur in seiner Gesamtheit verwendet werden.

Aurich, den 19. April 2016

Bericht verfasst durch



Monika Bünting
(Sachbearbeiterin Schallschutz)

Geprüft und freigegeben durch



Volker Gemmel (Dipl.-Ing.(FH))
(Technischer Leiter Schallschutz)

Anhang

Übersichtskarten

- Darstellung der Einwirkungsbereiche der geplanten Windenergieanlagen (1 Seite - DIN A3)
- Windenergieanlagen und Immissionspunkte (1 Seite - DIN A3)

Datensatz (4 Seiten)

Berechnungsergebnisse

- Zusammenfassung (1 Seite)
- Zusatzbelastung (4 Seiten)
- Schallimmissionsraster / Zusatzbelastung (1 Seite)
- Gesamtbelastung (4 Seiten)
- Schallimmissionsraster / Gesamtbelastung (1 Seite)

Legende zu den Berechnungsergebnissen (1 Seite)

Schalltechnische Daten Vestas V126-3.3/3.45 MW

- Allgemeine Spezifikation
Dokument Nr. 0038-6039 V07, 08.07.2015 (65 Seiten)
- Schalltechnisches Gutachten gemäß FGW TR 1,
windtest grevenbroich gmbh SE15022B1, 03.08.2015 (43 Seiten)
- Schalltechnisches Gutachten gemäß FGW TR 1,
windtest grevenbroich gmbh SE15022B8N1, 07.10.2015 (75 Seiten)

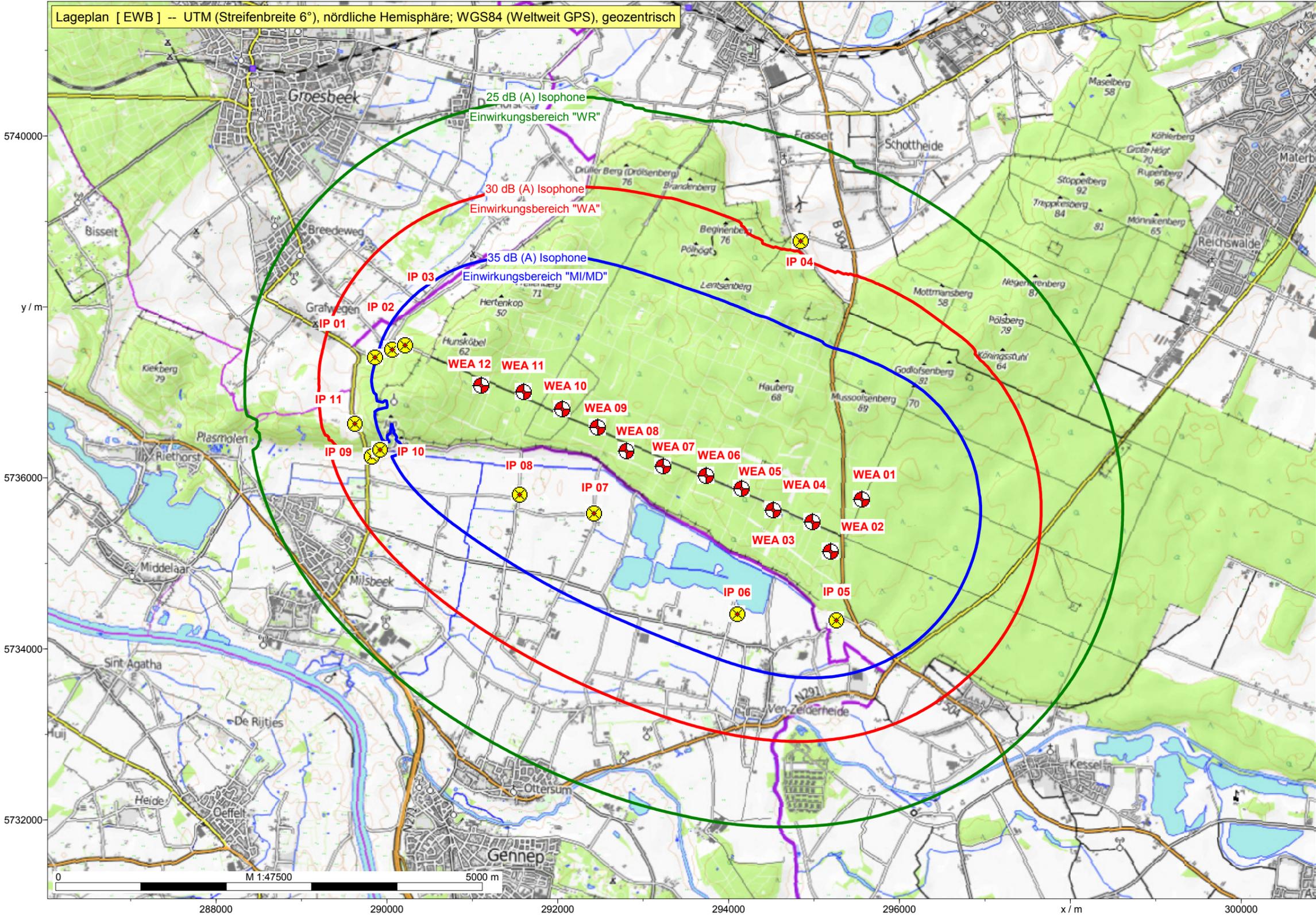
Literaturverzeichnis (4 Seiten)



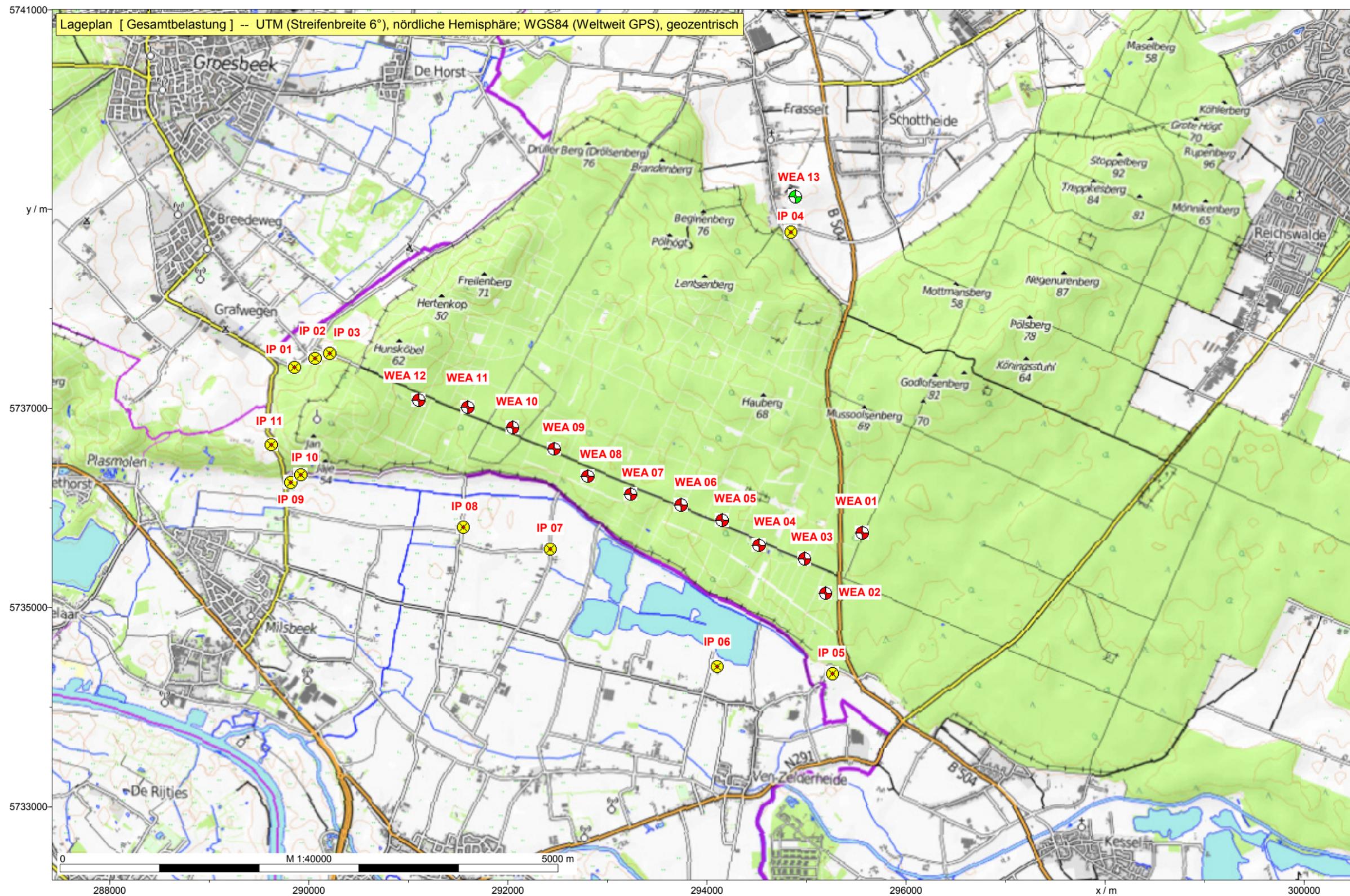
Übersichtskarten

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz

Standort: Kranenburg
 Übersichtskarte: Darstellung der Einwirkungsbereiche der geplanten Windenergieanlagen



Standort: Kranenburg
Übersichtskarte: Windenergieanlagen und Immissionspunkte





Datensatz

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz

Projekt Eigenschaften			
Prognosetyp:	Lärm		
Prognoseart:	Lärm (nationale Normen)		
Beurteilung nach:	TA Lärm (1998)		

Zuordnung von Elementgruppen zu den Varianten						
Elementgruppen	Basislastfall	EWB	Vorbelastung	Zusatzbelastung	Gesamtbelastung	
Immissionspunkte	+	+	+	+	+	
WEA Planung	+	+		+	+	
weitere WEA	+		+		+	
Geländehöhen	+	+	+	+	+	

Globale Parameter					
Voreinstellung von G außerhalb von DBOD-Elementen					0.00
Temperatur /°					10
Pauschale Meteorologie (Directive 2002/49/EC):		Tag	Abend	Nacht	
Pauschale Meteorologie (Directive 2002/49/EC):		0.00	0.00	0.00	

Parameter der Bibliothek: ISO 9613	
Mit-Wind Wetterlage	Nein
C0 pauschal verwenden	Nein
Region	Bochholt
Vereinfachte Formel (Nr. 7.3.2) für Bodendämpfung bei frequenzabhängiger Berechnung	Nein
frequenzunabhängiger Berechnung	Ja

Beurteilungszeiträume			
T1	Werktag (6h-22h)		
T2	Sonntag (6h-22h)		
T3	Nacht (22h-6h)		

Immissionspunkt (11)								Basislastfall	
	Bezeichnung	Gruppe	Richtwerte /dB(A)	Nutzung	T1	T2	T3		
			Geometrie: x /m	y /m	z(abs) /m		z(rel) /m		
IPkt001	IP 01 Grafweg.Str 32	Immissionspunkte	Richtwerte /dB(A)	Kern/Dorf/Misch	60.00	60.00	45.00		
			Geometrie: 289852.00	5737416.00	34.36		5.00		
IPkt002	IP 02 Grafweg.Str 9	Immissionspunkte	Richtwerte /dB(A)	Kern/Dorf/Misch	60.00	60.00	45.00		
			Geometrie: 290057.00	5737506.00	37.00		5.00		
IPkt003	IP 03 Kartens.-weg 7	Immissionspunkte	Richtwerte /dB(A)	Kern/Dorf/Misch	60.00	60.00	45.00		
			Geometrie: 290204.00	5737555.00	41.73		5.00		
IPkt004	IP 04 Treppkesweg 2	Immissionspunkte	Richtwerte /dB(A)	Kern/Dorf/Misch	60.00	60.00	45.00		
			Geometrie: 294840.00	5738774.00	40.00		5.00		
IPkt005	IP 05 Sandsteg 27	Immissionspunkte	Richtwerte /dB(A)	Kern/Dorf/Misch	60.00	60.00	45.00		
			Geometrie: 295256.00	5734341.00	21.22		5.00		
IPkt006	IP 06 Speksestraat 6	Immissionspunkte	Richtwerte /dB(A)	Kern/Dorf/Misch	60.00	60.00	45.00		
			Geometrie: 294098.00	5734412.00	19.00		5.00		
IPkt007	IP 07 Violenberg 2	Immissionspunkte	Richtwerte /dB(A)	Kern/Dorf/Misch	60.00	60.00	45.00		
			Geometrie: 292419.00	5735591.00	17.00		5.00		
IPkt008	IP 08 Hondsiepseb.13	Immissionspunkte	Richtwerte /dB(A)	Kern/Dorf/Misch	60.00	60.00	45.00		
			Geometrie: 291547.00	5735811.00	17.08		5.00		
IPkt009	IP 09 Zwartweg 60	Immissionspunkte	Richtwerte /dB(A)	Kern/Dorf/Misch	60.00	60.00	45.00		
			Geometrie: 289815.00	5736259.00	17.32		5.00		
IPkt010	IP 10 Caravan-Stellp	Immissionspunkte	Richtwerte /dB(A)	Kern/Dorf/Misch	60.00	60.00	45.00		
			Geometrie: 289914.00	5736336.00	18.46		5.00		
IPkt011	IP 11 Sint Jansb. 1	Immissionspunkte	Richtwerte /dB(A)	Kern/Dorf/Misch	60.00	60.00	45.00		
			Geometrie: 289618.00	5736639.00	45.00		5.00		

Punkt-SQ /ISO 9613 (13)								Basislastfall		
EZQI001	Bezeichnung	WEA 01 V126-3.45 MW		Wirkradius /m		99999.00				
	Gruppe	WEA Planung		D0		0.00				
	Knotenzahl	1		Hohe Quelle		Nein				
	Länge /m	---		Emission ist		Schallleistungspegel (Lw)				
	Länge /m (2D)	---		Emi.Variante	Emission	Dämmung	Zuschlag	Lw		
	Fläche /m²	---			dB(A)	dB	dB	dB(A)		
				Tag	106.00	-	2.50	108.50		
				Nacht	106.00	-	2.50	108.50		
				Ruhe	106.00	-	2.50	108.50		
	Geometrie		Nr	x/m	y/m		z(abs) /m	! z(rel) /m		
			Geometrie:	295555.00	5735752.00		170.00	137.00		
	EZQI002	Bezeichnung	WEA 02 V126-3.45 MW		Wirkradius /m		99999.00			
		Gruppe	WEA Planung		D0		0.00			
Knotenzahl		1		Hohe Quelle		Nein				
Länge /m		---		Emission ist		Schallleistungspegel (Lw)				
Länge /m (2D)		---		Emi.Variante	Emission	Dämmung	Zuschlag	Lw		
Fläche /m²		---			dB(A)	dB	dB	dB(A)		
				Tag	106.00	-	2.50	108.50		
				Nacht	106.00	-	2.50	108.50		
				Ruhe	106.00	-	2.50	108.50		
Geometrie			Nr	x/m	y/m		z(abs) /m	! z(rel) /m		
			Geometrie:	295189.00	5735146.00		163.80	137.00		
EZQI003		Bezeichnung	WEA 03 V126-3.45 MW		Wirkradius /m		99999.00			
		Gruppe	WEA Planung		D0		0.00			
	Knotenzahl	1		Hohe Quelle		Nein				
	Länge /m	---		Emission ist		Schallleistungspegel (Lw)				
	Länge /m (2D)	---		Emi.Variante	Emission	Dämmung	Zuschlag	Lw		
	Fläche /m²	---			dB(A)	dB	dB	dB(A)		
				Tag	106.00	-	2.50	108.50		
				Nacht	106.00	-	2.50	108.50		
				Ruhe	106.00	-	2.50	108.50		
	Geometrie		Nr	x/m	y/m		z(abs) /m	! z(rel) /m		
			Geometrie:	294977.00	5735493.00		168.30	137.00		
	EZQI004	Bezeichnung	WEA 04 V126-3.45 MW		Wirkradius /m		99999.00			
		Gruppe	WEA Planung		D0		0.00			
Knotenzahl		1		Hohe Quelle		Nein				
Länge /m		---		Emission ist		Schallleistungspegel (Lw)				
Länge /m (2D)		---		Emi.Variante	Emission	Dämmung	Zuschlag	Lw		
Fläche /m²		---			dB(A)	dB	dB	dB(A)		
				Tag	106.00	-	2.50	108.50		
				Nacht	106.00	-	2.50	108.50		
				Ruhe	106.00	-	2.50	108.50		
Geometrie			Nr	x/m	y/m		z(abs) /m	! z(rel) /m		
			Geometrie:	294518.00	5735628.00		164.90	137.00		
EZQI005		Bezeichnung	WEA 05 V126-3.45 MW		Wirkradius /m		99999.00			
		Gruppe	WEA Planung		D0		0.00			
	Knotenzahl	1		Hohe Quelle		Nein				
	Länge /m	---		Emission ist		Schallleistungspegel (Lw)				
	Länge /m (2D)	---		Emi.Variante	Emission	Dämmung	Zuschlag	Lw		
	Fläche /m²	---			dB(A)	dB	dB	dB(A)		
				Tag	106.00	-	2.50	108.50		
				Nacht	106.00	-	2.50	108.50		
				Ruhe	106.00	-	2.50	108.50		
	Geometrie		Nr	x/m	y/m		z(abs) /m	! z(rel) /m		
			Geometrie:	294148.00	5735678.00		166.55	137.00		
	EZQI006	Bezeichnung	WEA 06 V126-3.45 MW		Wirkradius /m		99999.00			
		Gruppe	WEA Planung		D0		0.00			
Knotenzahl		1		Hohe Quelle		Nein				
Länge /m		---		Emission ist		Schallleistungspegel (Lw)				
Länge /m (2D)		---		Emi.Variante	Emission	Dämmung	Zuschlag	Lw		
Fläche /m²		---			dB(A)	dB	dB	dB(A)		
				Tag	106.00	-	2.50	108.50		
				Nacht	106.00	-	2.50	108.50		
				Ruhe	106.00	-	2.50	108.50		
Geometrie			Nr	x/m	y/m		z(abs) /m	! z(rel) /m		
			Geometrie:	293733.00	5736030.00		162.80	137.00		
EZQI007		Bezeichnung	WEA 07 V126-3.45 MW		Wirkradius /m		99999.00			
		Gruppe	WEA Planung		D0		0.00			

	Knotenzahl	1			Hohe Quelle			Nein		
	Länge /m	---			Emission ist			Schalleistungspegel (Lw)		
	Länge /m (2D)	---			Emi.Variante	Emission	Dämmung	Zuschlag	Lw	
	Fläche /m²	---				dB(A)	dB	dB	dB(A)	
					Tag	106.00	-	2.50	108.50	
					Nacht	106.00	-	2.50	108.50	
					Ruhe	106.00	-	2.50	108.50	
	Geometrie				Nr	x/m	y/m	z(abs) /m	! z(rel) /m	
					Geometrie:	293230.00	5736140.00	162.00	137.00	
EZQi008	Bezeichnung	WEA 08 V126-3.45 MW			Wirkradius /m			99999.00		
	Gruppe	WEA Planung			D0			0.00		
	Knotenzahl	1			Hohe Quelle			Nein		
	Länge /m	---			Emission ist			Schalleistungspegel (Lw)		
	Länge /m (2D)	---			Emi.Variante	Emission	Dämmung	Zuschlag	Lw	
	Fläche /m²	---				dB(A)	dB	dB	dB(A)	
					Tag	106.00	-	2.50	108.50	
					Nacht	106.00	-	2.50	108.50	
					Ruhe	106.00	-	2.50	108.50	
	Werktag,RZ(20h-22h)	2.00	Ruhe	108.5	1.00	2.00000	-9.03			
	Sonntag (6h-22h)	16.00							108.5	
	So, RZ(6h-9h/20h-22h)	5.00	Ruhe	108.5	1.00	5.00000	-5.05			
	So (9h-13h/15h-20h)	9.00	Tag	108.5	1.00	9.00000	-2.50			
	So, RZ(13h-15h)	2.00	Ruhe	108.5	1.00	2.00000	-9.03			
	Nacht (22h-6h)	1.00	Nacht	108.5	1.00	1.00000	0.00		108.5	
	Geometrie				Nr	x/m	y/m	z(abs) /m	! z(rel) /m	
					Geometrie:	292798.00	5736321.00	163.80	137.00	
EZQi009	Bezeichnung	WEA 09 V126-3.45 MW			Wirkradius /m			99999.00		
	Gruppe	WEA Planung			D0			0.00		
	Knotenzahl	1			Hohe Quelle			Nein		
	Länge /m	---			Emission ist			Schalleistungspegel (Lw)		
	Länge /m (2D)	---			Emi.Variante	Emission	Dämmung	Zuschlag	Lw	
	Fläche /m²	---				dB(A)	dB	dB	dB(A)	
					Tag	106.00	-	2.50	108.50	
					Nacht	106.00	-	2.50	108.50	
					Ruhe	106.00	-	2.50	108.50	
	Geometrie				Nr	x/m	y/m	z(abs) /m	! z(rel) /m	
					Geometrie:	292459.00	5736596.00	163.90	137.00	
EZQi010	Bezeichnung	WEA 10 V126-3.45 MW			Wirkradius /m			99999.00		
	Gruppe	WEA Planung			D0			0.00		
	Knotenzahl	1			Hohe Quelle			Nein		
	Länge /m	---			Emission ist			Schalleistungspegel (Lw)		
	Länge /m (2D)	---			Emi.Variante	Emission	Dämmung	Zuschlag	Lw	
	Fläche /m²	---				dB(A)	dB	dB	dB(A)	
					Tag	106.00	-	2.50	108.50	
					Nacht	106.00	-	2.50	108.50	
					Ruhe	106.00	-	2.50	108.50	
	Geometrie				Nr	x/m	y/m	z(abs) /m	! z(rel) /m	
					Geometrie:	292046.00	5736810.00	162.30	137.00	
EZQi011	Bezeichnung	WEA 11 V126-3.45 MW			Wirkradius /m			99999.00		
	Gruppe	WEA Planung			D0			0.00		
	Knotenzahl	1			Hohe Quelle			Nein		
	Länge /m	---			Emission ist			Schalleistungspegel (Lw)		
	Länge /m (2D)	---			Emi.Variante	Emission	Dämmung	Zuschlag	Lw	
	Fläche /m²	---				dB(A)	dB	dB	dB(A)	
					Tag	106.00	-	2.50	108.50	
					Nacht	106.00	-	2.50	108.50	
					Ruhe	106.00	-	2.50	108.50	
	Geometrie				Nr	x/m	y/m	z(abs) /m	! z(rel) /m	
					Geometrie:	291594.00	5737013.00	157.80	137.00	
EZQi012	Bezeichnung	WEA 12 V126-3.45 MW			Wirkradius /m			99999.00		
	Gruppe	WEA Planung			D0			0.00		
	Knotenzahl	1			Hohe Quelle			Nein		
	Länge /m	---			Emission ist			Schalleistungspegel (Lw)		
	Länge /m (2D)	---			Emi.Variante	Emission	Dämmung	Zuschlag	Lw	
	Fläche /m²	---				dB(A)	dB	dB	dB(A)	
					Tag	106.00	-	2.50	108.50	
					Nacht	106.00	-	2.50	108.50	
					Ruhe	106.00	-	2.50	108.50	
	Geometrie				Nr	x/m	y/m	z(abs) /m	! z(rel) /m	

		Geometrie:	291098.00	5737086.00	165.30	137.00		
EZQI013	Bezeichnung	WEA 13 Seewind20/110	Wirkradius /m			99999.00		
	Gruppe	weitere WEA	D0			0.00		
	Knotenzahl	1	Hohe Quelle			Nein		
	Länge /m	---	Emission ist			Schallleistungspegel (Lw)		
	Länge /m (2D)	---	Emi.Variante	Emission	Dämmung	Zuschlag	Lw	
	Fläche /m²	---		dB(A)	dB	dB	dB(A)	
			Tag	101.10	-	-	101.10	
			Nacht	101.10	-	-	101.10	
			Ruhe	101.10	-	-	101.10	
	Geometrie		Nr	x/m	y/m	z(abs) /m	! z(rel) /m	
		Geometrie:		294884.00	5739126.00	74.20	34.20	



Berechnungsergebnisse

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz

IEL GmbH

Projekt: Kranenburg

Kirchdorfer Straße 26

U:\ ... 3701-16-L3.IPR

26603 Aurich

Zusammenfassung

Immissionsberechnung [Letzte direkte Eingabe]				Beurteilung nach TA Lärm (1998)						
Immissionspunkt	x /m	y /m	z /m	Variante	Werktag (6h-22h)		Sonntag (6h-22h)		Nacht (22h-6h)	
					IRW /dB(A)	Ges-Peg. /dB(A)	IRW /dB(A)	Ges-Peg. /dB(A)	IRW /dB(A)	Ges-Peg. /dB(A)
IP 01 Grafweg.Str 32	289852,00	5737416,00	34,36	Vorbelastung	60,0	0,9	60,0	0,9	45,0	0,9
IP 02 Grafweg.Str 9	290057,00	5737506,00	37,00	Vorbelastung	60,0	1,7	60,0	1,7	45,0	1,7
IP 03 Kartens.-weg 7	290204,00	5737555,00	41,73	Vorbelastung	60,0	2,4	60,0	2,4	45,0	2,4
IP 04 Treppkesweg 2	294840,00	5738774,00	40,00	Vorbelastung	60,0	38,6	60,0	38,6	45,0	38,6
IP 05 Sandsteg 27	295256,00	5734341,00	21,22	Vorbelastung	60,0	3,2	60,0	3,2	45,0	3,2
IP 06 Speksestraat 6	294098,00	5734412,00	19,00	Vorbelastung	60,0	3,1	60,0	3,1	45,0	3,1
IP 07 Violenberg 2	292419,00	5735591,00	17,00	Vorbelastung	60,0	4,7	60,0	4,7	45,0	4,7
IP 08 Hondsiepseb.13	291547,00	5735811,00	17,08	Vorbelastung	60,0	3,1	60,0	3,1	45,0	3,1
IP 09 Zwartweg 60	289815,00	5736259,00	17,32	Vorbelastung	60,0	-1,0	60,0	-1,0	45,0	-1,0
IP 10 Caravan-Stellp	289914,00	5736336,00	18,46	Vorbelastung	60,0	-0,5	60,0	-0,5	45,0	-0,5
IP 11 Sint Jansb. 1	289618,00	5736639,00	45,00	Vorbelastung	60,0	-0,9	60,0	-0,9	45,0	-0,9
IP 01 Grafweg.Str 32	289852,00	5737416,00	34,36	Zusatzbelastung	60,0	34,7	60,0	34,7	45,0	34,7
IP 02 Grafweg.Str 9	290057,00	5737506,00	37,00	Zusatzbelastung	60,0	36,4	60,0	36,4	45,0	36,4
IP 03 Kartens.-weg 7	290204,00	5737555,00	41,73	Zusatzbelastung	60,0	37,7	60,0	37,7	45,0	37,7
IP 04 Treppkesweg 2	294840,00	5738774,00	40,00	Zusatzbelastung	60,0	29,4	60,0	29,4	45,0	29,4
IP 05 Sandsteg 27	295256,00	5734341,00	21,22	Zusatzbelastung	60,0	41,4	60,0	41,4	45,0	41,4
IP 06 Speksestraat 6	294098,00	5734412,00	19,00	Zusatzbelastung	60,0	39,5	60,0	39,5	45,0	39,5
IP 07 Violenberg 2	292419,00	5735591,00	17,00	Zusatzbelastung	60,0	43,4	60,0	43,4	45,0	43,4
IP 08 Hondsiepseb.13	291547,00	5735811,00	17,08	Zusatzbelastung	60,0	41,0	60,0	41,0	45,0	41,0
IP 09 Zwartweg 60	289815,00	5736259,00	17,32	Zusatzbelastung	60,0	33,2	60,0	33,2	45,0	33,2
IP 10 Caravan-Stellp	289914,00	5736336,00	18,46	Zusatzbelastung	60,0	33,3	60,0	33,3	45,0	33,3
IP 11 Sint Jansb. 1	289618,00	5736639,00	45,00	Zusatzbelastung	60,0	32,6	60,0	32,6	45,0	32,6
IP 01 Grafweg.Str 32	289852,00	5737416,00	34,36	Gesamtbelastung	60,0	34,7	60,0	34,7	45,0	34,7
IP 02 Grafweg.Str 9	290057,00	5737506,00	37,00	Gesamtbelastung	60,0	36,4	60,0	36,4	45,0	36,4
IP 03 Kartens.-weg 7	290204,00	5737555,00	41,73	Gesamtbelastung	60,0	37,7	60,0	37,7	45,0	37,7
IP 04 Treppkesweg 2	294840,00	5738774,00	40,00	Gesamtbelastung	60,0	39,1	60,0	39,1	45,0	39,1
IP 05 Sandsteg 27	295256,00	5734341,00	21,22	Gesamtbelastung	60,0	41,4	60,0	41,4	45,0	41,4
IP 06 Speksestraat 6	294098,00	5734412,00	19,00	Gesamtbelastung	60,0	39,5	60,0	39,5	45,0	39,5
IP 07 Violenberg 2	292419,00	5735591,00	17,00	Gesamtbelastung	60,0	43,4	60,0	43,4	45,0	43,4
IP 08 Hondsiepseb.13	291547,00	5735811,00	17,08	Gesamtbelastung	60,0	41,0	60,0	41,0	45,0	41,0
IP 09 Zwartweg 60	289815,00	5736259,00	17,32	Gesamtbelastung	60,0	33,2	60,0	33,2	45,0	33,2
IP 10 Caravan-Stellp	289914,00	5736336,00	18,46	Gesamtbelastung	60,0	33,3	60,0	33,3	45,0	33,3
IP 11 Sint Jansb. 1	289618,00	5736639,00	45,00	Gesamtbelastung	60,0	32,6	60,0	32,6	45,0	32,6

IEL GmbH

Projekt: Kranenburg

Kirchdorfer Straße 26

U:\ ... 3701-16-L3.IPR

26603 Aurich

Zusatzbelastung

Einzelpunktberechnung	Immissionsort: IP 01 Grafweg.Str 32 X = 289852,00 Y = 5737416,00 Variante: Zusatzbelastung	Emissionsvariante: Nacht Z = 34,36
-----------------------	---	---------------------------------------

Elementtyp: Einzelschallquelle (ISO 9613)		Schallimmissionsberechnung nach ISO 9613													
		LFT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet													
Element	Bezeichnung	Lw / dB(A)	Dc / dB	Abstand / m	Adiv / dB	Aatm / dB	Agr / dB	Afol / dB	Ahous / dB	Abar / dB	Cmet / dB	LFT / dB	LFT / dB(A)	LAT ges / dB(A)	
EZQi001	WEA 01 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5942,3	86,5	11,4	4,4	0,0	0,0	0,4	1,9		7,0		
EZQi002	WEA 02 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5801,1	86,3	11,2	4,4	0,0	0,0	0,4	1,8		7,5		
EZQi003	WEA 03 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5475,5	85,8	10,5	4,4	0,0	0,0	0,4	1,8		8,7		
EZQi004	WEA 04 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4998,6	85,0	9,6	4,3	0,0	0,0	0,5	1,7		10,4		
EZQi005	WEA 05 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4564,9	84,2	8,8	4,3	0,0	0,0	0,5	1,7		12,1		
EZQi006	WEA 06 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4123,1	83,3	7,9	4,2	0,0	0,0	0,5	1,6		13,9		
EZQi007	WEA 07 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3613,2	82,2	7,0	4,2	0,0	0,0	0,6	1,5		16,2		
EZQi008	WEA 08 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3145,6	81,0	6,1	4,1	0,0	0,0	0,7	1,3		18,4		
EZQi009	WEA 09 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2736,0	79,7	5,3	4,0	0,0	0,0	0,0	1,2		21,4		
EZQi010	WEA 10 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2279,7	78,2	4,4	3,8	0,0	0,0	0,0	0,9		24,2		
EZQi011	WEA 11 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1792,3	76,1	3,4	3,7	0,0	0,0	0,0	0,5		27,8		
EZQi012	WEA 12 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1295,6	73,2	2,5	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0		32,5		
													34,7		

Einzelpunktberechnung	Immissionsort: IP 02 Grafweg.Str 9 X = 290057,00 Y = 5737506,00 Variante: Zusatzbelastung	Emissionsvariante: Nacht Z = 37,00
-----------------------	--	---------------------------------------

Elementtyp: Einzelschallquelle (ISO 9613)		Schallimmissionsberechnung nach ISO 9613													
		LFT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet													
Element	Bezeichnung	Lw / dB(A)	Dc / dB	Abstand / m	Adiv / dB	Aatm / dB	Agr / dB	Afol / dB	Ahous / dB	Abar / dB	Cmet / dB	LFT / dB	LFT / dB(A)	LAT ges / dB(A)	
EZQi001	WEA 01 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5772,5	86,2	11,1	4,4	0,0	0,0	0,4	1,8		7,6		
EZQi002	WEA 02 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5650,1	86,0	10,9	4,4	0,0	0,0	0,4	1,7		8,1		
EZQi003	WEA 03 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5317,5	85,5	10,2	4,3	0,0	0,0	0,4	1,7		9,3		
EZQi004	WEA 04 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4841,9	84,7	9,3	4,3	0,0	0,0	0,5	1,7		11,1		
EZQi005	WEA 05 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4404,9	83,9	8,5	4,2	0,0	0,0	0,5	1,6		12,8		
EZQi006	WEA 06 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3963,3	83,0	7,6	4,2	0,0	0,0	0,6	1,5		14,6		
EZQi007	WEA 07 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3456,8	81,8	6,7	4,1	0,0	0,0	0,7	1,4		16,9		
EZQi008	WEA 08 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2988,9	80,5	5,8	4,0	0,0	0,0	0,0	1,2		20,0		
EZQi009	WEA 09 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2571,7	79,2	4,9	3,9	0,0	0,0	0,0	1,1		22,4		
EZQi010	WEA 10 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2111,0	77,5	4,1	3,7	0,0	0,0	0,0	0,8		25,5		
EZQi011	WEA 11 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1618,6	75,2	3,1	3,5	0,0	0,0	0,0	0,3		29,4		
EZQi012	WEA 12 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1129,8	72,1	2,2	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0		34,3		
													36,4		

Einzelpunktberechnung	Immissionsort: IP 03 Kartens.-weg 7 X = 290204,00 Y = 5737555,00 Variante: Zusatzbelastung	Emissionsvariante: Nacht Z = 41,73
-----------------------	---	---------------------------------------

Elementtyp: Einzelschallquelle (ISO 9613)		Schallimmissionsberechnung nach ISO 9613													
		LFT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet													
Element	Bezeichnung	Lw / dB(A)	Dc / dB	Abstand / m	Adiv / dB	Aatm / dB	Agr / dB	Afol / dB	Ahous / dB	Abar / dB	Cmet / dB	LFT / dB	LFT / dB(A)	LAT ges / dB(A)	
EZQi001	WEA 01 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5648,0	86,0	10,9	4,3	0,0	0,0	0,0	1,8		8,4		
EZQi002	WEA 02 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5537,9	85,9	10,7	4,3	0,0	0,0	0,0	1,7		8,9		
EZQi003	WEA 03 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5200,9	85,3	10,0	4,3	0,0	0,0	0,0	1,7		10,2		
EZQi004	WEA 04 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4726,4	84,5	9,1	4,3	0,0	0,0	0,0	1,6		12,0		
EZQi005	WEA 05 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4287,5	83,6	8,2	4,2	0,0	0,0	0,0	1,6		13,8		
EZQi006	WEA 06 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3846,3	82,7	7,4	4,1	0,0	0,0	0,0	1,5		15,8		
EZQi007	WEA 07 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3342,7	81,5	6,4	4,1	0,0	0,0	0,0	1,3		18,2		
EZQi008	WEA 08 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2875,2	80,2	5,5	3,9	0,0	0,0	0,0	1,2		20,7		
EZQi009	WEA 09 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2453,5	78,8	4,7	3,8	0,0	0,0	0,0	1,0		23,2		
EZQi010	WEA 10 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1990,6	77,0	3,8	3,6	0,0	0,0	0,0	0,7		26,4		
EZQi011	WEA 11 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1496,4	74,5	2,9	3,3	0,0	0,0	0,0	0,1		30,7		
EZQi012	WEA 12 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1017,1	71,1	2,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0		35,8		
													37,7		

IEL GmbH

Projekt: Kranenburg

Kirchdorfer Straße 26

U:\ ... 3701-16-L3.IPR

26603 Aurich

Zusatzbelastung

Einzelpunktberechnung	Immissionsort: IP 04 Treppkesweg 2 X = 294840,00 Y = 5738774,00 Variante: Zusatzbelastung	Emissionsvariante: Nacht Z = 40,00
-----------------------	--	---------------------------------------

Elementtyp: Einzelschallquelle (ISO 9613)		Schallimmissionsberechnung nach ISO 9613													
		LFT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet													
Element	Bezeichnung	Lw / dB(A)	Dc / dB	Abstand / m	Adiv / dB	Aatm / dB	Agr / dB	Afol / dB	Ahous / dB	Abar / dB	Cmet / dB	LFT / dB	LFT / dB(A)	LAT ges / dB(A)	
EZQi001	WEA 01 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3108,2	80,9	6,0	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	19,6		
EZQi002	WEA 02 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3646,8	82,2	7,0	4,3	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	17,0		
EZQi003	WEA 03 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3286,4	81,3	6,3	4,2	0,0	0,0	0,0	0,9	0,9	18,7		
EZQi004	WEA 04 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3164,9	81,0	6,1	4,2	0,0	0,0	0,0	0,9	0,9	19,3		
EZQi005	WEA 05 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2980,2	80,5	5,7	4,2	0,0	0,0	0,0	0,8	0,8	20,3		
EZQi006	WEA 06 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2961,4	80,4	5,7	4,2	0,0	0,0	0,6	0,8	0,8	19,8		
EZQi007	WEA 07 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3089,5	80,8	5,9	4,2	0,0	0,0	0,6	0,8	0,8	19,2		
EZQi008	WEA 08 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3194,1	81,1	6,1	4,2	0,0	0,0	0,6	0,8	0,8	18,7		
EZQi009	WEA 09 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3229,3	81,2	6,2	4,2	0,0	0,0	0,6	0,8	0,8	18,5		
EZQi010	WEA 10 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3417,4	81,7	6,6	4,2	0,0	0,0	0,6	0,9	0,9	17,6		
EZQi011	WEA 11 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3694,8	82,4	7,1	4,3	0,0	0,0	0,5	0,9	0,9	16,4		
EZQi012	WEA 12 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4107,0	83,3	7,9	4,3	0,0	0,0	0,5	1,0	1,0	14,6		
													29,4		

Einzelpunktberechnung	Immissionsort: IP 05 Sandsteg 27 X = 295256,00 Y = 5734341,00 Variante: Zusatzbelastung	Emissionsvariante: Nacht Z = 21,22
-----------------------	--	---------------------------------------

Elementtyp: Einzelschallquelle (ISO 9613)		Schallimmissionsberechnung nach ISO 9613													
		LFT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet													
Element	Bezeichnung	Lw / dB(A)	Dc / dB	Abstand / m	Adiv / dB	Aatm / dB	Agr / dB	Afol / dB	Ahous / dB	Abar / dB	Cmet / dB	LFT / dB	LFT / dB(A)	LAT ges / dB(A)	
EZQi001	WEA 01 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1450,0	74,2	2,8	3,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	31,3		
EZQi002	WEA 02 V126-3.45 MW	108,5	3,0	820,3	69,3	1,6	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,8		
EZQi003	WEA 03 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1194,4	72,5	2,3	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,9		
EZQi004	WEA 04 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1490,5	74,5	2,9	3,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	30,9		
EZQi005	WEA 05 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1900,3	76,6	3,7	3,6	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	27,2		
EZQi006	WEA 06 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2278,7	78,2	4,4	3,8	0,0	0,0	0,0	0,7	0,7	24,5		
EZQi007	WEA 07 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2713,1	79,7	5,2	3,9	0,0	0,0	0,0	0,9	0,9	21,8		
EZQi008	WEA 08 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3159,5	81,0	6,1	4,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	19,4		
EZQi009	WEA 09 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3595,6	82,1	6,9	4,1	0,0	0,0	0,0	1,1	1,1	17,2		
EZQi010	WEA 10 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4052,2	83,2	7,8	4,2	0,0	0,0	0,0	1,2	1,2	15,2		
EZQi011	WEA 11 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4535,2	84,1	8,7	4,3	0,0	0,0	0,0	1,3	1,3	13,1		
EZQi012	WEA 12 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4984,5	85,0	9,6	4,3	0,0	0,0	0,0	1,3	1,3	11,4		
													41,4		

Einzelpunktberechnung	Immissionsort: IP 06 Speksestraat 6 X = 294098,00 Y = 5734412,00 Variante: Zusatzbelastung	Emissionsvariante: Nacht Z = 19,00
-----------------------	---	---------------------------------------

Elementtyp: Einzelschallquelle (ISO 9613)		Schallimmissionsberechnung nach ISO 9613													
		LFT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet													
Element	Bezeichnung	Lw / dB(A)	Dc / dB	Abstand / m	Adiv / dB	Aatm / dB	Agr / dB	Afol / dB	Ahous / dB	Abar / dB	Cmet / dB	LFT / dB	LFT / dB(A)	LAT ges / dB(A)	
EZQi001	WEA 01 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1985,3	77,0	3,8	3,6	0,0	0,0	0,0	0,8	0,8	26,3		
EZQi002	WEA 02 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1322,9	73,4	2,5	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,6		
EZQi003	WEA 03 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1401,2	73,9	2,7	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,9		
EZQi004	WEA 04 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1294,7	73,2	2,5	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,9		
EZQi005	WEA 05 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1474,3	74,4	2,8	3,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	31,1		
EZQi006	WEA 06 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1664,9	75,4	3,2	3,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	29,2		
EZQi007	WEA 07 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1939,0	76,8	3,7	3,5	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6	27,0		
EZQi008	WEA 08 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2314,1	78,3	4,5	3,7	0,0	0,0	0,0	0,8	0,8	24,3		
EZQi009	WEA 09 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2734,4	79,7	5,3	3,9	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	21,7		
EZQi010	WEA 10 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3159,4	81,0	6,1	4,0	0,0	0,0	0,0	1,1	1,1	19,4		
EZQi011	WEA 11 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3613,1	82,2	7,0	4,1	0,0	0,0	0,0	1,2	1,2	17,1		
EZQi012	WEA 12 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4021,4	83,1	7,7	4,2	0,0	0,0	0,0	1,2	1,2	15,3		
													39,5		

IEL GmbH

Projekt: Kranenburg

Kirchdorfer Straße 26

U:\ ... 3701-16-L3.IPR

26603 Aurich

Zusatzbelastung

Einzelpunktberechnung	Immissionsort: IP 07 Violenberg 2 X = 292419,00 Y = 5735591,00 Variante: Zusatzbelastung	Emissionsvariante: Nacht Z = 17,00
-----------------------	---	---------------------------------------

Elementtyp: Einzelschallquelle (ISO 9613)		Schallimmissionsberechnung nach ISO 9613													
		LFT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet													
Element	Bezeichnung	Lw / dB(A)	Dc / dB	Abstand / m	Adiv / dB	Aatm / dB	Agr / dB	Afol / dB	Ahous / dB	Abar / dB	Cmet / dB	LFT / dB	LFT / dB(A)	LAT ges / dB(A)	
EZQi001	WEA 01 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3143,9	80,9	6,0	4,0	0,0	0,0	0,0	1,5		19,0		
EZQi002	WEA 02 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2809,4	80,0	5,4	3,9	0,0	0,0	0,0	1,3		20,9		
EZQi003	WEA 03 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2564,3	79,2	4,9	3,8	0,0	0,0	0,0	1,2		22,4		
EZQi004	WEA 04 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2104,5	77,5	4,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,9		25,5		
EZQi005	WEA 05 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1759,0	75,9	3,4	3,4	0,0	0,0	0,0	0,5		28,3		
EZQi006	WEA 06 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1393,0	73,9	2,7	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0		31,9		
EZQi007	WEA 07 V126-3.45 MW	108,5	3,0	990,0	70,9	1,9	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0		36,4		
EZQi008	WEA 08 V126-3.45 MW	108,5	3,0	835,5	69,4	1,6	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0		38,7		
EZQi009	WEA 09 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1016,5	71,1	2,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0		36,1		
EZQi010	WEA 10 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1283,0	73,2	2,5	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0		33,0		
EZQi011	WEA 11 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1650,0	75,3	3,2	3,3	0,0	0,0	0,0	0,3		29,4		
EZQi012	WEA 12 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2000,5	77,0	3,8	3,5	0,0	0,0	0,0	0,6		26,5		
													43,4		

Einzelpunktberechnung	Immissionsort: IP 08 Hondsiepseb.13 X = 291547,00 Y = 5735811,00 Variante: Zusatzbelastung	Emissionsvariante: Nacht Z = 17,08
-----------------------	---	---------------------------------------

Elementtyp: Einzelschallquelle (ISO 9613)		Schallimmissionsberechnung nach ISO 9613													
		LFT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet													
Element	Bezeichnung	Lw / dB(A)	Dc / dB	Abstand / m	Adiv / dB	Aatm / dB	Agr / dB	Afol / dB	Ahous / dB	Abar / dB	Cmet / dB	LFT / dB	LFT / dB(A)	LAT ges / dB(A)	
EZQi001	WEA 01 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4011,3	83,1	7,7	4,2	0,0	0,0	0,0	1,8		14,8		
EZQi002	WEA 02 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3705,1	82,4	7,1	4,1	0,0	0,0	0,0	1,6		16,3		
EZQi003	WEA 03 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3448,0	81,8	6,6	4,1	0,0	0,0	0,0	1,6		17,5		
EZQi004	WEA 04 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2980,3	80,5	5,7	4,0	0,0	0,0	0,0	1,4		19,9		
EZQi005	WEA 05 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2606,2	79,3	5,0	3,8	0,0	0,0	0,0	1,2		22,1		
EZQi006	WEA 06 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2201,8	77,9	4,2	3,7	0,0	0,0	0,0	1,0		24,8		
EZQi007	WEA 07 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1721,0	75,7	3,3	3,3	0,0	0,0	0,0	0,5		28,7		
EZQi008	WEA 08 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1358,9	73,7	2,6	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0		32,3		
EZQi009	WEA 09 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1212,2	72,7	2,3	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0		33,8		
EZQi010	WEA 10 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1126,1	72,0	2,2	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0		34,7		
EZQi011	WEA 11 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1211,1	72,7	2,3	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0		33,7		
EZQi012	WEA 12 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1359,9	73,7	2,6	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0		32,2		
													41,0		

Einzelpunktberechnung	Immissionsort: IP 09 Zwarteweg 60 X = 289815,00 Y = 5736259,00 Variante: Zusatzbelastung	Emissionsvariante: Nacht Z = 17,32
-----------------------	---	---------------------------------------

Elementtyp: Einzelschallquelle (ISO 9613)		Schallimmissionsberechnung nach ISO 9613													
		LFT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet													
Element	Bezeichnung	Lw / dB(A)	Dc / dB	Abstand / m	Adiv / dB	Aatm / dB	Agr / dB	Afol / dB	Ahous / dB	Abar / dB	Cmet / dB	LFT / dB	LFT / dB(A)	LAT ges / dB(A)	
EZQi001	WEA 01 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5764,4	86,2	11,1	4,4	0,0	0,0	0,0	2,0		7,8		
EZQi002	WEA 02 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5490,0	85,8	10,6	4,3	0,0	0,0	0,0	1,9		8,9		
EZQi003	WEA 03 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5220,7	85,4	10,0	4,3	0,0	0,0	0,0	1,9		9,9		
EZQi004	WEA 04 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4747,4	84,5	9,1	4,3	0,0	0,0	0,0	1,8		11,8		
EZQi005	WEA 05 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4352,3	83,8	8,4	4,2	0,0	0,0	0,0	1,8		13,4		
EZQi006	WEA 06 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3927,4	82,9	7,6	4,2	0,0	0,0	0,0	1,7		15,2		
EZQi007	WEA 07 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3420,1	81,7	6,6	4,1	0,0	0,0	0,0	1,6		17,6		
EZQi008	WEA 08 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2987,2	80,5	5,7	3,9	0,0	0,0	0,0	1,4		19,9		
EZQi009	WEA 09 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2669,4	79,5	5,1	3,9	0,0	0,0	0,0	1,3		21,6		
EZQi010	WEA 10 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2302,6	78,2	4,4	3,8	0,0	0,0	0,0	1,1		23,9		
EZQi011	WEA 11 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1937,3	76,7	3,7	3,8	0,0	0,0	0,0	0,8		26,5		
EZQi012	WEA 12 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1533,6	74,7	3,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,2		30,0		
													33,2		

IEL GmbH

Projekt: Kranenburg

Kirchdorfer Straße 26

U:\ ... 3701-16-L3.IPR

26603 Aurich

Zusatzbelastung

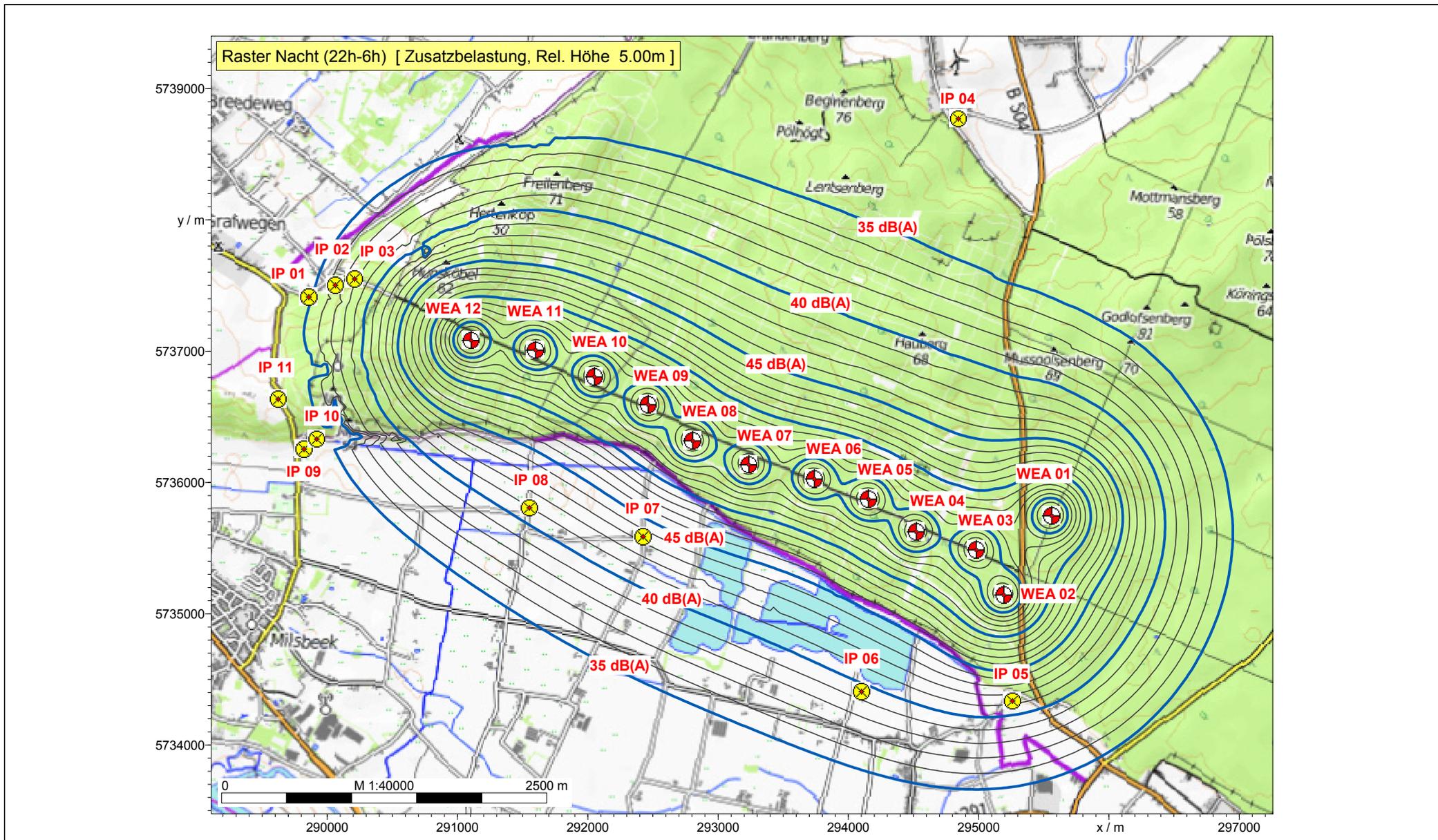
Einzelpunktberechnung	Immissionsort: IP 10 Caravan-Stellp X = 289914,00 Y = 5736336,00 Variante: Zusatzbelastung	Emissionsvariante: Nacht Z = 18,46
-----------------------	---	---------------------------------------

Elementtyp: Einzelschallquelle (ISO 9613)		Schallimmissionsberechnung nach ISO 9613													
		LFT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet													
Element	Bezeichnung	Lw / dB(A)	Dc / dB	Abstand / m	Adiv / dB	Aatm / dB	Agr / dB	Afol / dB	Ahous / dB	Abar / dB	Cmet / dB	LFT / dB	LFT / dB(A)	LAT ges / dB(A)	
EZQi001	WEA 01 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5673,2	86,1	10,9	4,4	0,0	0,0	0,0	2,0		8,2		
EZQi002	WEA 02 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5409,5	85,7	10,4	4,3	0,0	0,0	0,0	1,9		9,2		
EZQi003	WEA 03 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5134,9	85,2	9,9	4,3	0,0	0,0	0,0	1,9		10,3		
EZQi004	WEA 04 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4660,4	84,4	9,0	4,2	0,0	0,0	0,0	1,8		12,1		
EZQi005	WEA 05 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4261,3	83,6	8,2	4,2	0,0	0,0	0,0	1,8		13,8		
EZQi006	WEA 06 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3834,0	82,7	7,4	4,1	0,0	0,0	0,0	1,7		15,7		
EZQi007	WEA 07 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3324,9	81,4	6,4	4,0	0,0	0,0	0,0	1,5		18,1		
EZQi008	WEA 08 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2887,7	80,2	5,6	3,9	0,0	0,0	0,0	1,4		20,4		
EZQi009	WEA 09 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2562,4	79,2	4,9	3,9	0,0	0,0	0,0	1,2		22,3		
EZQi010	WEA 10 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2188,8	77,8	4,2	3,8	0,0	0,0	1,0	1,0		23,7		
EZQi011	WEA 11 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1816,6	76,2	3,5	3,7	0,0	0,0	1,0	0,6		26,4		
EZQi012	WEA 12 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1409,2	74,0	2,7	3,5	0,0	0,0	1,3	0,0		30,0		
														33,3	

Einzelpunktberechnung	Immissionsort: IP 11 Sint Jansb. 1 X = 289618,00 Y = 5736639,00 Variante: Zusatzbelastung	Emissionsvariante: Nacht Z = 45,00
-----------------------	--	---------------------------------------

Elementtyp: Einzelschallquelle (ISO 9613)		Schallimmissionsberechnung nach ISO 9613													
		LFT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet													
Element	Bezeichnung	Lw / dB(A)	Dc / dB	Abstand / m	Adiv / dB	Aatm / dB	Agr / dB	Afol / dB	Ahous / dB	Abar / dB	Cmet / dB	LFT / dB	LFT / dB(A)	LAT ges / dB(A)	
EZQi001	WEA 01 V126-3.45 MW	108,5	3,0	6004,2	86,6	11,6	4,3	0,0	0,0	0,4	2,0		6,6		
EZQi002	WEA 02 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5768,8	86,2	11,1	4,3	0,0	0,0	0,0	1,9		8,0		
EZQi003	WEA 03 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5481,6	85,8	10,5	4,3	0,0	0,0	0,5	1,9		8,5		
EZQi004	WEA 04 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5004,6	85,0	9,6	4,2	0,0	0,0	0,5	1,8		10,3		
EZQi005	WEA 05 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4595,1	84,2	8,8	4,2	0,0	0,0	0,6	1,8		11,9		
EZQi006	WEA 06 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4161,5	83,4	8,0	4,2	0,0	0,0	0,6	1,7		13,6		
EZQi007	WEA 07 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3648,2	82,2	7,0	4,1	0,0	0,0	0,0	1,6		16,6		
EZQi008	WEA 08 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3198,1	81,1	6,2	4,0	0,0	0,0	0,0	1,5		18,8		
EZQi009	WEA 09 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2843,8	80,1	5,5	3,9	0,0	0,0	0,8	1,4		19,8		
EZQi010	WEA 10 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2436,8	78,7	4,7	3,9	0,0	0,0	0,9	1,2		22,2		
EZQi011	WEA 11 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2014,2	77,1	3,9	3,8	0,0	0,0	0,0	0,8		25,9		
EZQi012	WEA 12 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1550,7	74,8	3,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,2		29,9		
														32,6	

Standort: Kranenburg Schallimmissionsraster / Zusatzbelastung



IEL GmbH

Projekt: Kranenburg

Kirchdorfer Straße 26

U:\ ... 3701-16-L3.IPR

26603 Aurich

Gesamtbelastung

Einzelpunktberechnung	Immissionsort: IP 01 Grafweg.Str 32 X = 289852,00 Y = 5737416,00 Variante: Gesamtbelastung	Emissionsvariante: Nacht Z = 34,36
-----------------------	---	---------------------------------------

Elementtyp: Einzelschallquelle (ISO 9613)		Schallimmissionsberechnung nach ISO 9613												
		LFT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet												
Element	Bezeichnung	Lw / dB(A)	Dc / dB	Abstand / m	Adiv / dB	Aatm / dB	Agr / dB	Afol / dB	Ahous / dB	Abar / dB	Cmet / dB	LFT / dB	LFT / dB(A)	LAT ges / dB(A)
EZQi001	WEA 01 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5942,3	86,5	11,4	4,4	0,0	0,0	0,4	1,9		7,0	
EZQi002	WEA 02 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5801,1	86,3	11,2	4,4	0,0	0,0	0,4	1,8		7,5	
EZQi003	WEA 03 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5475,5	85,8	10,5	4,4	0,0	0,0	0,4	1,8		8,7	
EZQi004	WEA 04 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4998,6	85,0	9,6	4,3	0,0	0,0	0,5	1,7		10,4	
EZQi005	WEA 05 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4564,9	84,2	8,8	4,3	0,0	0,0	0,5	1,7		12,1	
EZQi006	WEA 06 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4123,1	83,3	7,9	4,2	0,0	0,0	0,5	1,6		13,9	
EZQi007	WEA 07 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3613,2	82,2	7,0	4,2	0,0	0,0	0,6	1,5		16,2	
EZQi008	WEA 08 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3145,6	81,0	6,1	4,1	0,0	0,0	0,7	1,3		18,4	
EZQi009	WEA 09 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2736,0	79,7	5,3	4,0	0,0	0,0	0,0	1,2		21,4	
EZQi010	WEA 10 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2279,7	78,2	4,4	3,8	0,0	0,0	0,0	0,9		24,2	
EZQi011	WEA 11 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1792,3	76,1	3,4	3,7	0,0	0,0	0,0	0,5		27,8	
EZQi012	WEA 12 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1295,6	73,2	2,5	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0		32,5	
EZQi013	WEA 13 Seewind20/110	101,1	3,0	5314,8	85,5	10,2	4,7	0,0	0,0	0,1	2,7		0,9	
													34,7	

Einzelpunktberechnung	Immissionsort: IP 02 Grafweg.Str 9 X = 290057,00 Y = 5737506,00 Variante: Gesamtbelastung	Emissionsvariante: Nacht Z = 37,00
-----------------------	--	---------------------------------------

Elementtyp: Einzelschallquelle (ISO 9613)		Schallimmissionsberechnung nach ISO 9613												
		LFT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet												
Element	Bezeichnung	Lw / dB(A)	Dc / dB	Abstand / m	Adiv / dB	Aatm / dB	Agr / dB	Afol / dB	Ahous / dB	Abar / dB	Cmet / dB	LFT / dB	LFT / dB(A)	LAT ges / dB(A)
EZQi001	WEA 01 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5772,5	86,2	11,1	4,4	0,0	0,0	0,4	1,8		7,6	
EZQi002	WEA 02 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5650,1	86,0	10,9	4,4	0,0	0,0	0,4	1,7		8,1	
EZQi003	WEA 03 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5317,5	85,5	10,2	4,3	0,0	0,0	0,4	1,7		9,3	
EZQi004	WEA 04 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4841,9	84,7	9,3	4,3	0,0	0,0	0,5	1,7		11,1	
EZQi005	WEA 05 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4404,9	83,9	8,5	4,2	0,0	0,0	0,5	1,6		12,8	
EZQi006	WEA 06 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3963,3	83,0	7,6	4,2	0,0	0,0	0,6	1,5		14,6	
EZQi007	WEA 07 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3456,8	81,8	6,7	4,1	0,0	0,0	0,7	1,4		16,9	
EZQi008	WEA 08 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2988,9	80,5	5,8	4,0	0,0	0,0	0,0	1,2		20,0	
EZQi009	WEA 09 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2571,7	79,2	4,9	3,9	0,0	0,0	0,0	1,1		22,4	
EZQi010	WEA 10 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2111,0	77,5	4,1	3,7	0,0	0,0	0,0	0,8		25,5	
EZQi011	WEA 11 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1618,6	75,2	3,1	3,5	0,0	0,0	0,0	0,3		29,4	
EZQi012	WEA 12 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1129,8	72,1	2,2	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0		34,3	
EZQi013	WEA 13 Seewind20/110	101,1	3,0	5091,7	85,1	9,8	4,7	0,0	0,0	0,1	2,7		1,7	
													36,4	

Einzelpunktberechnung	Immissionsort: IP 03 Kartens.-weg 7 X = 290204,00 Y = 5737555,00 Variante: Gesamtbelastung	Emissionsvariante: Nacht Z = 41,73
-----------------------	---	---------------------------------------

Elementtyp: Einzelschallquelle (ISO 9613)		Schallimmissionsberechnung nach ISO 9613												
		LFT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet												
Element	Bezeichnung	Lw / dB(A)	Dc / dB	Abstand / m	Adiv / dB	Aatm / dB	Agr / dB	Afol / dB	Ahous / dB	Abar / dB	Cmet / dB	LFT / dB	LFT / dB(A)	LAT ges / dB(A)
EZQi001	WEA 01 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5648,0	86,0	10,9	4,3	0,0	0,0	0,0	1,8		8,4	
EZQi002	WEA 02 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5537,9	85,9	10,7	4,3	0,0	0,0	0,0	1,7		8,9	
EZQi003	WEA 03 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5200,9	85,3	10,0	4,3	0,0	0,0	0,0	1,7		10,2	
EZQi004	WEA 04 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4726,4	84,5	9,1	4,3	0,0	0,0	0,0	1,6		12,0	
EZQi005	WEA 05 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4287,5	83,6	8,2	4,2	0,0	0,0	0,0	1,6		13,8	
EZQi006	WEA 06 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3846,3	82,7	7,4	4,1	0,0	0,0	0,0	1,5		15,8	
EZQi007	WEA 07 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3342,7	81,5	6,4	4,1	0,0	0,0	0,0	1,3		18,2	
EZQi008	WEA 08 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2875,2	80,2	5,5	3,9	0,0	0,0	0,0	1,2		20,7	
EZQi009	WEA 09 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2453,5	78,8	4,7	3,8	0,0	0,0	0,0	1,0		23,2	
EZQi010	WEA 10 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1990,6	77,0	3,8	3,6	0,0	0,0	0,0	0,7		26,4	
EZQi011	WEA 11 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1496,4	74,5	2,9	3,3	0,0	0,0	0,0	0,1		30,7	
EZQi012	WEA 12 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1017,1	71,1	2,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0		35,8	
EZQi013	WEA 13 Seewind20/110	101,1	3,0	4936,7	84,9	9,5	4,7	0,0	0,0	0,0	2,7		2,4	
													37,7	

IEL GmbH

Projekt: Kranenburg

Kirchdorfer Straße 26

U:\ ... 3701-16-L3.IPR

26603 Aurich

Gesamtbelastung

Einzelpunktberechnung	Immissionsort: IP 04 Treppkesweg 2 X = 294840,00 Y = 5738774,00 Variante: Gesamtbelastung	Emissionsvariante: Nacht Z = 40,00
-----------------------	--	---------------------------------------

Elementtyp: Einzelschallquelle (ISO 9613)		Schallimmissionsberechnung nach ISO 9613												
		LFT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet												
Element	Bezeichnung	Lw / dB(A)	Dc / dB	Abstand / m	Adiv / dB	Aatm / dB	Agr / dB	Afol / dB	Ahous / dB	Abar / dB	Cmet / dB	LFT / dB	LFT / dB(A)	LAT ges / dB(A)
EZQi001	WEA 01 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3108,2	80,9	6,0	4,1	0,0	0,0	0,0	0,9		19,6	
EZQi002	WEA 02 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3646,8	82,2	7,0	4,3	0,0	0,0	0,0	1,0		17,0	
EZQi003	WEA 03 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3286,4	81,3	6,3	4,2	0,0	0,0	0,0	0,9		18,7	
EZQi004	WEA 04 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3164,9	81,0	6,1	4,2	0,0	0,0	0,0	0,9		19,3	
EZQi005	WEA 05 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2980,2	80,5	5,7	4,2	0,0	0,0	0,0	0,8		20,3	
EZQi006	WEA 06 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2961,4	80,4	5,7	4,2	0,0	0,0	0,6	0,8		19,8	
EZQi007	WEA 07 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3089,5	80,8	5,9	4,2	0,0	0,0	0,6	0,8		19,2	
EZQi008	WEA 08 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3194,1	81,1	6,1	4,2	0,0	0,0	0,6	0,8		18,7	
EZQi009	WEA 09 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3229,3	81,2	6,2	4,2	0,0	0,0	0,6	0,8		18,5	
EZQi010	WEA 10 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3417,4	81,7	6,6	4,2	0,0	0,0	0,6	0,9		17,6	
EZQi011	WEA 11 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3694,8	82,4	7,1	4,3	0,0	0,0	0,5	0,9		16,4	
EZQi012	WEA 12 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4107,0	83,3	7,9	4,3	0,0	0,0	0,5	1,0		14,6	
EZQi013	WEA 13 Seewind20/110	101,1	3,0	356,4	62,0	0,7	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0		38,6	
													39,1	

Einzelpunktberechnung	Immissionsort: IP 05 Sandsteg 27 X = 295256,00 Y = 5734341,00 Variante: Gesamtbelastung	Emissionsvariante: Nacht Z = 21,22
-----------------------	--	---------------------------------------

Elementtyp: Einzelschallquelle (ISO 9613)		Schallimmissionsberechnung nach ISO 9613												
		LFT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet												
Element	Bezeichnung	Lw / dB(A)	Dc / dB	Abstand / m	Adiv / dB	Aatm / dB	Agr / dB	Afol / dB	Ahous / dB	Abar / dB	Cmet / dB	LFT / dB	LFT / dB(A)	LAT ges / dB(A)
EZQi001	WEA 01 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1450,0	74,2	2,8	3,2	0,0	0,0	0,0	0,1		31,3	
EZQi002	WEA 02 V126-3.45 MW	108,5	3,0	820,3	69,3	1,6	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0		38,8	
EZQi003	WEA 03 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1194,4	72,5	2,3	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0		33,9	
EZQi004	WEA 04 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1490,5	74,5	2,9	3,2	0,0	0,0	0,0	0,1		30,9	
EZQi005	WEA 05 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1900,3	76,6	3,7	3,6	0,0	0,0	0,0	0,5		27,2	
EZQi006	WEA 06 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2278,7	78,2	4,4	3,8	0,0	0,0	0,0	0,7		24,5	
EZQi007	WEA 07 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2713,1	79,7	5,2	3,9	0,0	0,0	0,0	0,9		21,8	
EZQi008	WEA 08 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3159,5	81,0	6,1	4,0	0,0	0,0	0,0	1,0		19,4	
EZQi009	WEA 09 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3595,6	82,1	6,9	4,1	0,0	0,0	0,0	1,1		17,2	
EZQi010	WEA 10 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4052,2	83,2	7,8	4,2	0,0	0,0	0,0	1,2		15,2	
EZQi011	WEA 11 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4535,2	84,1	8,7	4,3	0,0	0,0	0,0	1,3		13,1	
EZQi012	WEA 12 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4984,5	85,0	9,6	4,3	0,0	0,0	0,0	1,3		11,4	
EZQi013	WEA 13 Seewind20/110	101,1	3,0	4799,7	84,6	9,2	4,7	0,0	0,0	0,0	2,3		3,2	
													41,4	

Einzelpunktberechnung	Immissionsort: IP 06 Spekestraat 6 X = 294098,00 Y = 5734412,00 Variante: Gesamtbelastung	Emissionsvariante: Nacht Z = 19,00
-----------------------	--	---------------------------------------

Elementtyp: Einzelschallquelle (ISO 9613)		Schallimmissionsberechnung nach ISO 9613												
		LFT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet												
Element	Bezeichnung	Lw / dB(A)	Dc / dB	Abstand / m	Adiv / dB	Aatm / dB	Agr / dB	Afol / dB	Ahous / dB	Abar / dB	Cmet / dB	LFT / dB	LFT / dB(A)	LAT ges / dB(A)
EZQi001	WEA 01 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1985,3	77,0	3,8	3,6	0,0	0,0	0,0	0,8		26,3	
EZQi002	WEA 02 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1322,9	73,4	2,5	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0		32,6	
EZQi003	WEA 03 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1401,2	73,9	2,7	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0		31,9	
EZQi004	WEA 04 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1294,7	73,2	2,5	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0		32,9	
EZQi005	WEA 05 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1474,3	74,4	2,8	3,1	0,0	0,0	0,0	0,1		31,1	
EZQi006	WEA 06 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1664,9	75,4	3,2	3,3	0,0	0,0	0,0	0,3		29,2	
EZQi007	WEA 07 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1939,0	76,8	3,7	3,5	0,0	0,0	0,0	0,6		27,0	
EZQi008	WEA 08 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2314,1	78,3	4,5	3,7	0,0	0,0	0,0	0,8		24,3	
EZQi009	WEA 09 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2734,4	79,7	5,3	3,9	0,0	0,0	0,0	1,0		21,7	
EZQi010	WEA 10 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3159,4	81,0	6,1	4,0	0,0	0,0	0,0	1,1		19,4	
EZQi011	WEA 11 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3613,1	82,2	7,0	4,1	0,0	0,0	0,0	1,2		17,1	
EZQi012	WEA 12 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4021,4	83,1	7,7	4,2	0,0	0,0	0,0	1,2		15,3	
EZQi013	WEA 13 Seewind20/110	101,1	3,0	4779,4	84,6	9,2	4,7	0,0	0,0	0,0	2,5		3,1	
													39,5	

IEL GmbH

Projekt: Kranenburg

Kirchdorfer Straße 26

U:\ ... 3701-16-L3.IPR

26603 Aurich

Gesamtbelastung

Einzelpunktberechnung	Immissionsort: IP 07 Violenberg 2 X = 292419,00 Y = 5735591,00 Variante: Gesamtbelastung	Emissionsvariante: Nacht Z = 17,00
-----------------------	---	---------------------------------------

Elementtyp: Einzelschallquelle (ISO 9613)		Schallimmissionsberechnung nach ISO 9613												
		LFT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet												
Element	Bezeichnung	Lw / dB(A)	Dc / dB	Abstand / m	Adiv / dB	Aatm / dB	Agr / dB	Afol / dB	Ahous / dB	Abar / dB	Cmet / dB	LFT / dB	LFT / dB(A)	LAT ges / dB(A)
EZQi001	WEA 01 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3143,9	80,9	6,0	4,0	0,0	0,0	0,0	1,5		19,0	
EZQi002	WEA 02 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2809,4	80,0	5,4	3,9	0,0	0,0	0,0	1,3		20,9	
EZQi003	WEA 03 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2564,3	79,2	4,9	3,8	0,0	0,0	0,0	1,2		22,4	
EZQi004	WEA 04 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2104,5	77,5	4,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,9		25,5	
EZQi005	WEA 05 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1759,0	75,9	3,4	3,4	0,0	0,0	0,0	0,5		28,3	
EZQi006	WEA 06 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1393,0	73,9	2,7	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0		31,9	
EZQi007	WEA 07 V126-3.45 MW	108,5	3,0	990,0	70,9	1,9	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0		36,4	
EZQi008	WEA 08 V126-3.45 MW	108,5	3,0	835,5	69,4	1,6	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0		38,7	
EZQi009	WEA 09 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1016,5	71,1	2,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0		36,1	
EZQi010	WEA 10 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1283,0	73,2	2,5	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0		33,0	
EZQi011	WEA 11 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1650,0	75,3	3,2	3,3	0,0	0,0	0,0	0,3		29,4	
EZQi012	WEA 12 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2000,5	77,0	3,8	3,5	0,0	0,0	0,0	0,6		26,5	
EZQi013	WEA 13 Seewind20/110	101,1	3,0	4310,0	83,7	8,3	4,7	0,0	0,0	0,0	2,6		4,7	
													43,4	

Einzelpunktberechnung	Immissionsort: IP 08 Hondsiepseb.13 X = 291547,00 Y = 5735811,00 Variante: Gesamtbelastung	Emissionsvariante: Nacht Z = 17,08
-----------------------	---	---------------------------------------

Elementtyp: Einzelschallquelle (ISO 9613)		Schallimmissionsberechnung nach ISO 9613												
		LFT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet												
Element	Bezeichnung	Lw / dB(A)	Dc / dB	Abstand / m	Adiv / dB	Aatm / dB	Agr / dB	Afol / dB	Ahous / dB	Abar / dB	Cmet / dB	LFT / dB	LFT / dB(A)	LAT ges / dB(A)
EZQi001	WEA 01 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4011,3	83,1	7,7	4,2	0,0	0,0	0,0	1,8		14,8	
EZQi002	WEA 02 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3705,1	82,4	7,1	4,1	0,0	0,0	0,0	1,6		16,3	
EZQi003	WEA 03 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3448,0	81,8	6,6	4,1	0,0	0,0	0,0	1,6		17,5	
EZQi004	WEA 04 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2980,3	80,5	5,7	4,0	0,0	0,0	0,0	1,4		19,9	
EZQi005	WEA 05 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2606,2	79,3	5,0	3,8	0,0	0,0	0,0	1,2		22,1	
EZQi006	WEA 06 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2201,8	77,9	4,2	3,7	0,0	0,0	0,0	1,0		24,8	
EZQi007	WEA 07 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1721,0	75,7	3,3	3,3	0,0	0,0	0,0	0,5		28,7	
EZQi008	WEA 08 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1358,9	73,7	2,6	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0		32,3	
EZQi009	WEA 09 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1212,2	72,7	2,3	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0		33,8	
EZQi010	WEA 10 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1126,1	72,0	2,2	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0		34,7	
EZQi011	WEA 11 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1211,1	72,7	2,3	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0		33,7	
EZQi012	WEA 12 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1359,9	73,7	2,6	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0		32,2	
EZQi013	WEA 13 Seewind20/110	101,1	3,0	4704,0	84,4	9,1	4,7	0,0	0,0	0,0	2,7		3,1	
													41,0	

Einzelpunktberechnung	Immissionsort: IP 09 Zwarteweg 60 X = 289815,00 Y = 5736259,00 Variante: Gesamtbelastung	Emissionsvariante: Nacht Z = 17,32
-----------------------	---	---------------------------------------

Elementtyp: Einzelschallquelle (ISO 9613)		Schallimmissionsberechnung nach ISO 9613												
		LFT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet												
Element	Bezeichnung	Lw / dB(A)	Dc / dB	Abstand / m	Adiv / dB	Aatm / dB	Agr / dB	Afol / dB	Ahous / dB	Abar / dB	Cmet / dB	LFT / dB	LFT / dB(A)	LAT ges / dB(A)
EZQi001	WEA 01 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5764,4	86,2	11,1	4,4	0,0	0,0	0,0	2,0		7,8	
EZQi002	WEA 02 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5490,0	85,8	10,6	4,3	0,0	0,0	0,0	1,9		8,9	
EZQi003	WEA 03 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5220,7	85,4	10,0	4,3	0,0	0,0	0,0	1,9		9,9	
EZQi004	WEA 04 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4747,4	84,5	9,1	4,3	0,0	0,0	0,0	1,8		11,8	
EZQi005	WEA 05 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4352,3	83,8	8,4	4,2	0,0	0,0	0,0	1,8		13,4	
EZQi006	WEA 06 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3927,4	82,9	7,6	4,2	0,0	0,0	0,0	1,7		15,2	
EZQi007	WEA 07 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3420,1	81,7	6,6	4,1	0,0	0,0	0,0	1,6		17,6	
EZQi008	WEA 08 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2987,2	80,5	5,7	3,9	0,0	0,0	0,0	1,4		19,9	
EZQi009	WEA 09 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2669,4	79,5	5,1	3,9	0,0	0,0	0,0	1,3		21,6	
EZQi010	WEA 10 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2302,6	78,2	4,4	3,8	0,0	0,0	0,0	1,1		23,9	
EZQi011	WEA 11 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1937,3	76,7	3,7	3,8	0,0	0,0	0,0	0,8		26,5	
EZQi012	WEA 12 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1533,6	74,7	3,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,2		30,0	
EZQi013	WEA 13 Seewind20/110	101,1	3,0	5823,9	86,3	11,2	4,7	0,0	0,0	0,0	2,8		-1,0	
													33,2	

IEL GmbH

Projekt: Kranenburg

Kirchdorfer Straße 26

U:\ ... 3701-16-L3.IPR

26603 Aurich

Gesamtbelastung

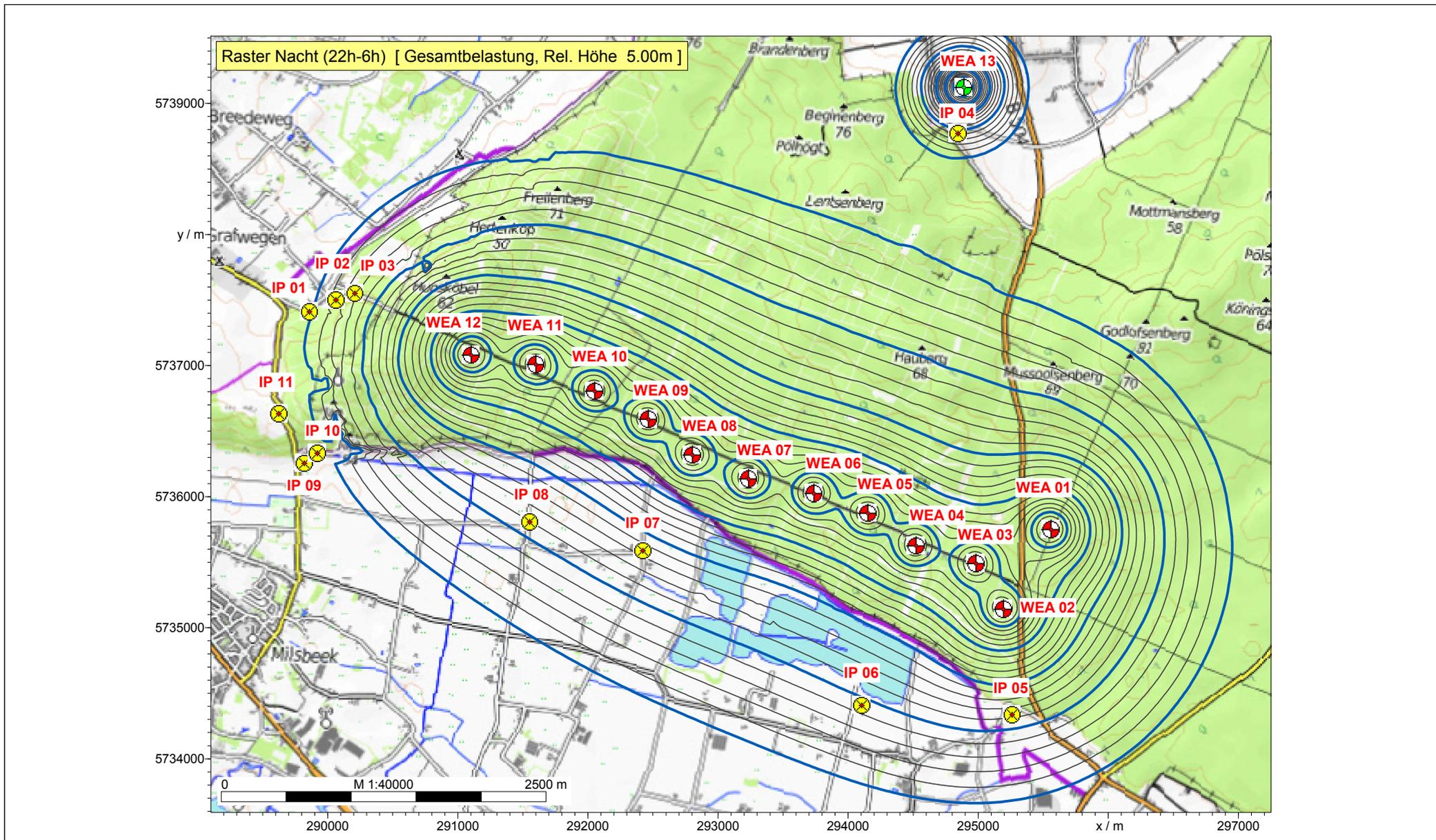
Einzelpunktberechnung	Immissionsort: IP 10 Caravan-Stellp X = 289914,00 Y = 5736336,00 Variante: Gesamtbelastung	Emissionsvariante: Nacht Z = 18,46
-----------------------	---	---------------------------------------

Elementtyp: Einzelschallquelle (ISO 9613)		Schallimmissionsberechnung nach ISO 9613												
		LFT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet												
Element	Bezeichnung	Lw / dB(A)	Dc / dB	Abstand / m	Adiv / dB	Aatm / dB	Agr / dB	Afol / dB	Ahous / dB	Abar / dB	Cmet / dB	LFT / dB	LFT / dB(A)	LAT ges / dB(A)
EZQi001	WEA 01 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5673,2	86,1	10,9	4,4	0,0	0,0	0,0	2,0		8,2	
EZQi002	WEA 02 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5409,5	85,7	10,4	4,3	0,0	0,0	0,0	1,9		9,2	
EZQi003	WEA 03 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5134,9	85,2	9,9	4,3	0,0	0,0	0,0	1,9		10,3	
EZQi004	WEA 04 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4660,4	84,4	9,0	4,2	0,0	0,0	0,0	1,8		12,1	
EZQi005	WEA 05 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4261,3	83,6	8,2	4,2	0,0	0,0	0,0	1,8		13,8	
EZQi006	WEA 06 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3834,0	82,7	7,4	4,1	0,0	0,0	0,0	1,7		15,7	
EZQi007	WEA 07 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3324,9	81,4	6,4	4,0	0,0	0,0	0,0	1,5		18,1	
EZQi008	WEA 08 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2887,7	80,2	5,6	3,9	0,0	0,0	0,0	1,4		20,4	
EZQi009	WEA 09 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2562,4	79,2	4,9	3,9	0,0	0,0	0,0	1,2		22,3	
EZQi010	WEA 10 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2188,8	77,8	4,2	3,8	0,0	0,0	1,0	1,0		23,7	
EZQi011	WEA 11 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1816,6	76,2	3,5	3,7	0,0	0,0	1,0	0,6		26,4	
EZQi012	WEA 12 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1409,2	74,0	2,7	3,5	0,0	0,0	1,3	0,0		30,0	
EZQi013	WEA 13 Seewind20/110	101,1	3,0	5699,8	86,1	11,0	4,7	0,0	0,0	0,0	2,8		-0,5	
													33,3	

Einzelpunktberechnung	Immissionsort: IP 11 Sint Jansb. 1 X = 289618,00 Y = 5736639,00 Variante: Gesamtbelastung	Emissionsvariante: Nacht Z = 45,00
-----------------------	--	---------------------------------------

Elementtyp: Einzelschallquelle (ISO 9613)		Schallimmissionsberechnung nach ISO 9613												
		LFT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet												
Element	Bezeichnung	Lw / dB(A)	Dc / dB	Abstand / m	Adiv / dB	Aatm / dB	Agr / dB	Afol / dB	Ahous / dB	Abar / dB	Cmet / dB	LFT / dB	LFT / dB(A)	LAT ges / dB(A)
EZQi001	WEA 01 V126-3.45 MW	108,5	3,0	6004,2	86,6	11,6	4,3	0,0	0,0	0,4	2,0		6,6	
EZQi002	WEA 02 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5768,8	86,2	11,1	4,3	0,0	0,0	0,0	1,9		8,0	
EZQi003	WEA 03 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5481,6	85,8	10,5	4,3	0,0	0,0	0,5	1,9		8,5	
EZQi004	WEA 04 V126-3.45 MW	108,5	3,0	5004,6	85,0	9,6	4,2	0,0	0,0	0,5	1,8		10,3	
EZQi005	WEA 05 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4595,1	84,2	8,8	4,2	0,0	0,0	0,6	1,8		11,9	
EZQi006	WEA 06 V126-3.45 MW	108,5	3,0	4161,5	83,4	8,0	4,2	0,0	0,0	0,6	1,7		13,6	
EZQi007	WEA 07 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3648,2	82,2	7,0	4,1	0,0	0,0	0,0	1,6		16,6	
EZQi008	WEA 08 V126-3.45 MW	108,5	3,0	3198,1	81,1	6,2	4,0	0,0	0,0	0,0	1,5		18,8	
EZQi009	WEA 09 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2843,8	80,1	5,5	3,9	0,0	0,0	0,8	1,4		19,8	
EZQi010	WEA 10 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2436,8	78,7	4,7	3,9	0,0	0,0	0,9	1,2		22,2	
EZQi011	WEA 11 V126-3.45 MW	108,5	3,0	2014,2	77,1	3,9	3,8	0,0	0,0	0,0	0,8		25,9	
EZQi012	WEA 12 V126-3.45 MW	108,5	3,0	1550,7	74,8	3,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,2		29,9	
EZQi013	WEA 13 Seewind20/110	101,1	3,0	5823,8	86,3	11,2	4,7	0,0	0,0	0,1	2,8		-0,9	
													32,6	

Standort: Kranenburg Schallimmissionsraster / Gesamtbelastung





Legende zu den Berechnungsergebnissen

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz

Legende zu den Berechnungsergebnissen:

ISO 9613	Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien	Legende zur Ergebnisliste (Lange Liste)
$LfT = Lw + Dc - Adiv - Aatm - Agr - Afol - Ahous - Abar - Cmet$		
"Abschnitt 1":	Bezeichnung des Teilstücks einer Linienschallquelle	
"Teil 1":	Bezeichnung einer Teilschallquelle, die durch Unterteilung einer Linien- oder Flächenschallquelle entstanden ist	
REFL001/WAND001":	Reflexionsanteil infolge des bezeichneten Elements	
Lw:	Schalldruckpegel	
Dc = D0 + DI + Domega:	Raumwinkelmaß + Richtwirkungsmaß + Bodenreflexion (freq.-unabh. Berechnung)	
Abstand:	Abstand s des Immissionsortes von der Schallquelle	
Adiv:	Abstandsmaß	
Aatm:	Luftabsorptionsmaß	
Agr:	Boden- und Meteorologiedämpfungsmaß	
Afol:	Bewuchsdämpfungsmaß	
Ahous:	Bebauungsdämpfungsmaß	
Abar:	Einfügungsdämpfungsmaß eines Schallschirms bzw. eines Geländemodells	
Cmet:	Meteorologische Korrektur	
LfT /dB:	Schalldruckpegel am Immissionsort für ein Teilstück	
LfT /dB(A)	Schalldruckpegel (A-bewertet) am Immissionsort für ein Teilstück	
LAT ges:	Schalldruckpegel am Immissionsort, summiert über alle Schallquellen	



Schalltechnische Daten
Vestas V126-3.3/3.45 MW

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz

Restricted
Dok.-Nr.: 0038-6039 V07
2015-07-08

Allgemeine Spezifikation

V126-3.3/3.45 MW 50/60 Hz



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Beschreibung	6
2	Mechanische Konstruktion	6
2.1	Rotor	6
2.2	Rotorblätter	6
2.3	Blattlager	7
2.4	Pitchsystem	7
2.5	Nabe	8
2.6	Hauptwelle	8
2.7	Hauptlagergehäuse	8
2.8	Hauptlager	8
2.9	Getriebe	9
2.10	Generatorlager	9
2.11	Kupplung der schnellen Welle	9
2.12	Azimutsystem	9
2.13	Kran	10
2.14	Türme	10
2.15	Maschinenhausrahmen und -verkleidung	11
2.16	Klimaanlage	12
2.16.1	Generator- und Umrichter Kühlung	12
2.16.2	Getriebe- und Hydraulikkühlung	12
2.16.3	Transformator Kühlung	12
2.16.4	Maschinenhauskühlung	12
2.16.5	Optionale Luken für Lufteinlass	13
3	Elektrisches System	13
3.1	Generator	13
3.2	Umrichter	13
3.3	Mittelspannungstransformator	14
3.3.1	IEC 50-Hz-/60-Hz-Version	14
3.3.2	Ecodesign – IEC 50 Hz/60 Hz-Version	16
3.3.3	IEEE 60-Hz-Version	18
3.4	Mittelspannungskabel	19
3.5	Mittelspannungsschaltanlage	20
3.5.1	IEC-50-Hz/60-Hz-Version	23
3.5.2	IEEE 60-Hz-Version	24
3.6	AUX-System	24
3.7	Windsensoren	24
3.8	VMP-(Vestas-Multiprozessor-)Steuerung	25
3.9	Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)	25
4	WEA-Schutzsysteme	26
4.1	Bremskonzept	26
4.2	Kurzschlusschutz	27
4.3	Überdrehzahlschutz	27
4.4	Lichtbogendetektor	27
4.5	Rauchmeldesystem	27
4.6	Blitzschutz von Rotorblättern, Maschinenhaus, Rotorblattnabe und Turm	28
4.7	EMV-System	28
4.8	Erdung	28
4.9	Korrosionsschutz	29
5	Sicherheit	29

5.1	Zugang	29
5.2	Fluchtwege	30
5.3	Räume/Arbeitsbereiche	30
5.4	Böden, Plattformen, Steh- und Arbeitsplätze	30
5.5	Serviceaufzug	30
5.6	Aufstiegsmöglichkeiten	30
5.7	Bewegliche Teile, Schutzeinrichtungen und Sperrvorrichtungen	30
5.8	Beleuchtung	31
5.9	Notstopp	31
5.10	Unterbrechung der Stromversorgung	31
5.11	Brandschutz/Erste Hilfe	31
5.12	Warnschilder	31
5.13	Handbücher und Warnhinweise	31
6	Umgebung	32
6.1	Chemikalien	32
7	Genehmigungen und Auslegungskriterien	32
7.1	Typenprüfungen	32
7.2	Auslegungsrichtlinien – Baukonstruktion	32
8	Farben	33
8.1	Maschinenhausfarbe	33
8.2	Turmfarbe	33
8.3	Rotorblattfarben	34
9	Leitfaden für Betriebsbereichsbedingungen und Leistungsmerkmale	34
9.1	Klima und Standortbedingungen	34
9.1.1	Komplexes Gelände	35
9.1.2	Höhenlage	35
9.1.3	Anordnung der Windenergieanlagen	35
9.2	Betriebsbereich – Temperatur und Wind	35
9.3	Betriebsbereich – Netzanschluss	37
9.4	Betriebsbereich – Blindleistungskapazität	38
9.5	Leistungsmerkmal – Durchfahren von Netzfehlern	39
9.6	Leistungsmerkmal – Blindstrombeitrag	40
9.6.1	Symmetrischer Blindstrombeitrag	40
9.6.2	Asymmetrischer Blindstrombeitrag	41
9.7	Leistungsmerkmal – Mehrfache Spannungsabfälle	41
9.8	Leistungsmerkmal – Regelung von Wirk- und Blindleistung	41
9.9	Leistungsmerkmal – Spannungsregelung	42
9.10	Leistungsmerkmal – Frequenzregelung	42
9.11	Hauptbeitragende zum Eigenbedarf	42
9.12	Betriebsumgebung – Bedingungen für Leistungskurve und Ct-Werte (in Nabenhöhe)	43
9.13	Geräuschmodi	43
10	Zeichnungen	45
10.1	Konstruktionsauslegung – Darstellung der Außenabmessungen	45
10.2	Konstruktive Ausführung – Seitenansichtszeichnung	46
11	Allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse	47
12	Anhänge	48
12.1	Betriebsmodus 0	48
12.1.1	Leistungskurven, Betriebsmodus 0	48
12.1.2	C _T -Werte, Geräuschmodus 0	49
12.1.3	Geräuschkurve, Geräuschmodus 0	50
12.2	Modus 1	51
12.2.1	Leistungskurven, Betriebsmodus 1	51
12.2.2	C _T -Werte, Geräuschmodus 1	52
12.2.3	Geräuschkurve, Geräuschmodus 1	53

12.3	Modus 2.....	54
12.3.1	Leistungskurven, Geräuschmodus 2.....	54
12.3.2	C _f -Werte, Geräuschmodus 2.....	55
12.3.3	Geräuschkurve, Geräuschmodus 2.....	56
12.4	Modus 3.....	57
12.4.1	Leistungskurve, Geräuschmodus 3.....	57
12.4.2	C _f -Werte, Geräuschmodus 3.....	58
12.4.3	Geräuschkurve, Geräuschmodus 3.....	59
12.5	Modus 4.....	60
12.5.1	Leistungskurven, Geräuschmodus 4.....	60
12.5.2	C _f -Werte, Geräuschmodus 4.....	61
12.5.3	Geräuschkurve, Geräuschmodus 4.....	62
12.6	3,45-MW-Leistungsmodus	63
12.6.1	Leistungskurven, 3,45-MW-Leistungsmodus.....	63
12.6.2	C _f -Werte, 3,45-MW-Leistungsmodus	64
12.6.3	Geräuschkurven, 3,45-MW-Leistungsmodus	65

Der Empfänger wird hiermit ausdrücklich darauf hingewiesen, dass (i) die vorliegenden allgemeinen Spezifikationen nur zu dessen Information dienen und keine Haftung, Garantien, Versprechen, Verpflichtungen oder andere Zusicherungen (Zusagen) durch Vestas Wind Systems oder eine seiner Tochtergesellschaften (Vestas) begründen bzw. darstellen. Solche werden von Vestas ausdrücklich nicht anerkannt, und (ii) sämtliche Verpflichtungen von Vestas gegenüber dem Empfänger bezüglich dieser allgemeinen Spezifikationen (oder sonstiger Inhalte des vorliegenden Dokuments), müssen in unterzeichneten, zwischen dem Empfänger und Vestas geschlossenen schriftlichen Verträgen dargelegt sein; die im vorliegenden Dokument enthaltenen Angaben sind diesbezüglich nicht verbindlich.

Vgl. hierzu allgemeine Vorbehalte, Hinweise und Haftungsausschlüsse (einschl. Abschnitt 11 auf S. 49) der vorliegenden allgemeinen Spezifikation.

1 Allgemeine Beschreibung

Die Windenergieanlage Vestas V126-3.3/3.45 MW ist eine Aufwindanlage mit Pitchregulierung, aktiver Windnachführung und Dreiblattrotor. Sie hat einen Rotordurchmesser von 126 m und eine Nennleistung von 3,3 MW bzw. 3,45 MW. Bei der WEA kommen das Konzept OptiTip[®] sowie ein Induktionsgenerator mit Vollumrichter zum Einsatz. Mit diesen Komponenten kann die Windenergieanlage den Rotor mit variabler Drehzahl betreiben. Dies ermöglicht ein Erreichen der (ungefähren) Nennleistung auch bei hohen Windgeschwindigkeiten. Bei geringen Windgeschwindigkeiten arbeiten das Konzept OptiTip[®] und das Generator-Umrichtersystem zusammen, um die abgegebene Leistung durch optimale Rotordrehzahl und richtigen Pitchwinkel zu maximieren.

Ein Betrieb der WEA im 3,45-MW-Leistungsmodus lässt sich über eine erweiterte Drosselungsstrategie sowie eine gegenüber dem 3,3-MW-Betrieb verringerte Blindleistungskapazität erzielen.

2 Mechanische Konstruktion

2.1 Rotor

Das Modell V126-3.3/3.45 MW ist mit einem 126-Meter-Rotor mit drei Rotorblättern an einer Rotorblattnabe ausgestattet. Der Anstellwinkel der Rotorblätter wird vom mikroprozessorgesteuerten Pitchsystem OptiTip[®] reguliert. Die Rotorblätter werden also je nach dem vorherrschenden Wind kontinuierlich auf den optimalen Pitchwinkel eingestellt.

Rotor	
Durchmesser	126 m
Überstrichene Fläche	12 469 m ²
Drehzahl, dynamischer Betriebsbereich	5,3-16,5
Drehrichtung	Im Uhrzeigersinn (von vorn gesehen)
Orientierung	luvwärts
Neigung	6°
Verdrillung der Rotorblätter	4°
Anzahl der Rotorblätter	3
Aerodynamische Bremsen	Volle Fahnenstellung

Tabelle 2-1: Rotordaten

2.2 Rotorblätter

Die Rotorblätter werden aus Kohle- und Glasfaser gefertigt und bestehen aus zwei strukturell eingegossenen Blattprofilschalen.

Rotorblätter	
Typbeschreibung	Strukturell eingegossene Blattprofilschalen
Rotorblattlänge	61,66 m
Material	Glasfaserverstärktes Epoxidharz, Kohlenstofffasern und massive Metallspitze (SMT)
Befestigung der Rotorblätter	Stahleinsätze zur Verankerung
Blattprofile	Auftriebsprofil
Maximale Profilsehne	4,0 m

Tabelle 2-2: Rotorblattdaten

2.3 Blattlager

Bei den Blattlagern handelt es sich um zweireihige Vierpunktkugellager.

Blattlager	
Schmierung	Fett

Tabelle 2-3: Daten zum Blattlager

2.4 Pitchsystem

Die Windenergieanlage ist mit einem Pitchsystem für jedes Rotorblatt und einem Verteilerblock in der Nabe ausgestattet. Jedes Pitchsystem ist mit flexiblen Schläuchen an den Ventilblock angeschlossen. Der Ventilblock ist mit den Rohren der Drehdurchführung für die Hydraulik in der Nabe über drei Schläuche (Druckleitung, Rücklaufleitung und Ablaufleitung) verbunden.

Jedes Pitchsystem besteht aus einem Hydraulikzylinder, der an der Nabe montiert ist. Die Kolbenstange ist über eine Momentarmwelle am Rotorblatt montiert. Ventile zum Unterstützen des Pitchzylinderbetriebs sind auf einem Pitchblock montiert, der direkt mit dem Zylinder verschraubt ist.

Pitchsystem	
Typ	Hydraulisch
Anzahl	1 pro Rotorblatt
Bewegungsbereich	-9,5° bis 90°

Tabelle 2-4: Daten zum Pitchsystem

Hydrauliksystem	
Hauptpumpe	Zwei redundante interne Getriebeölpumpen
Druck	260 bar
Filtration	3 µm (absolut)

Tabelle 2-5: Daten zum Hydrauliksystem

2.5 Nabe

Die Nabe nimmt die drei Rotorblätter auf, überträgt die Reaktionskräfte auf das Hauptlager und das Drehmoment auf das Getriebe. In der Nabe sind außerdem die Blattlager und die Pitchzylinder untergebracht.

Nabe	
Typ	Gusskugelschalennabe
Material	Gusseisen

Tabelle 2-6: Nabendaten

2.6 Hauptwelle

Die Hauptwelle überträgt die Reaktionskräfte auf das Hauptlager und das Drehmoment auf das Getriebe.

Hauptwelle	
Typbeschreibung	Hohlwelle
Material	Gusseisen

Tabelle 2-7: Daten zur Hauptwelle

2.7 Hauptlagergehäuse

Das Hauptlagergehäuse umschließt das Hauptlager und ist der erste Verbindungspunkt des Triebstrangs mit dem Maschinenhausrahmen.

Hauptlagergehäuse	
Material	Gusseisen

Tabelle 2-8: Daten zum Hauptlagergehäuse

2.8 Hauptlager

Das Hauptlager nimmt die Axiallasten auf.

Hauptlager	
Typ	Zweireihiges Pendelrollenlager
Schmierung	Automatische Fettschmierung

Tabelle 2-9: Daten zum Hauptlager

2.9 Getriebe

Das Hauptgetriebe übersetzt die Rotordrehung mit niedriger Drehzahl in eine Generator Drehung mit hoher Drehzahl.

Die Scheibenbremse ist auf der schnellen Welle installiert. Das Schmiersystem des Getriebes ist druckgespeist.

Getriebe	
Typ	Planetenstufen + eine Stirnradstufe
Material Getriebegehäuse	Guss
Schmiersystem	Druckgespeiste Ölschmierung
Ersatz-Schmiersystem	Ölsumpfbefüllung aus Falltank
Gesamt-Getriebeölvolumen	1000-1200
Ölreinheitscodes	ISO 4406-/15/12
Wellendichtringe	Labyrinth

Tabelle 2-10: Daten zum Getriebe

2.10 Generatorlager

Die Lager sind fettgeschmiert. Das Fett wird kontinuierlich von einer automatischen Schmiereinheit bereitgestellt.

2.11 Kupplung der schnellen Welle

Die Kupplung überträgt das Drehmoment der schnellen Abtriebswelle des Getriebes auf die Antriebswelle des Generators.

Die Kupplung besteht aus zwei Schichtverbundpackungen mit je vier Verschraubungsstellen und einem Glasfaser-Zwischenrohr mit zwei Metallflanschen. Die Kupplung ist über zweiarmige Flansche an der Bremsscheibe und der Generatoreingangswelle montiert.

2.12 Azimutsystem

Das Azimutsystem ist ein aktives System auf der Grundlage eines robusten, vorgespannten Gleitlagers und PETP als Reibungsmaterial.

Die Azimutgetriebe verfügen über einen Drehmomentbegrenzer.

Azimutsystem	
Typ	Gleitlagersystem

Azimutsystem	
Material	Geschmiedeter Azimutkranz, vergütet. Gleitlagerflächen aus PETP
Windnachführgeschwindigkeit (50 Hz)	0,46°/s
Windnachführgeschwindigkeit (60 Hz)	0,60°/s

Tabelle 2-11: Daten zum Azimutsystem

Azimutgetriebe	
Typ	Mehrfachstufen mit Getriebe
Übersetzungsverhältnis gesamt	944 : 1
Drehzahl bei Vollast	1,4 U/min an der Abtriebswelle

Tabelle 2-12: Daten zum Azimutgetriebe

2.13 Kran

Im Maschinenhaus ist der interne Servicekran für bis zur zulässigen Nutzlast (NL) reichende Umschlagvorgänge untergebracht. Der Servicekran ist als Einzelsystem-Kettenzug ausgeführt.

Kran	
Hubkapazität	Maximum 800 kg

Tabelle 2-13: Daten zum Servicekran

2.14 Türme

Rohrtürme mit Flanschverbindungen, zertifiziert gemäß den geltenden Typenprüfungen, sind in unterschiedlichen Standardhöhen erhältlich. Bei den Türmen wurden die meisten Innenschweißnähte durch Magnetstützen ersetzt, um eine im Wesentlichen glatte Wand zu erzielen. Magnete stützen die Last in waagerechter Richtung, und Inneneinbauten wie Plattformen, Leitern und dergleichen werden senkrecht (d. h. in Schwerkraftrichtung) durch eine mechanische Verbindung gestützt. Die glatte Turmkonstruktion reduziert die erforderliche Stahlstärke und macht den Turm im Vergleich zu Türmen mit verschweißten Inneneinbauten leichter.

Die aufgeführten Nabenhöhen enthalten einen Abstand von der Fundamentsektion zur Bodenhöhe von je nach Stärke des Bodenflansches etwa 0,2 m sowie einen Abstand vom oberen Turmflansch zur Mitte der Nabe von 2,2 m.

Türme	
Typ	Zylindrisches/konisches Rohr
Nabenhöhen	87 m/117 m/128 m/137 m/147 m/149 m

Tabelle 2-14: Daten zur Turmkonstruktion

2.15 Maschinenhausrahmen und -verkleidung

Die Maschinenhausverkleidung besteht aus GFK. Der Boden weist Luken zum Auf- oder Abkranken von Ausrüstung ins Maschinenhaus und zum Evakuieren von Personen auf. Der Dachbereich ist mit Windsensoren und Dachluken ausgestattet. Die Dachluken können vom Maschinenhausinneren geöffnet werden, um Zugang zum Dach zu erhalten, und von außen, um Zugang zum Maschinenhaus zu erhalten. Der Zugang zum Maschinenhaus vom Turm aus erfolgt durch das Azimutlagersystem hindurch.

Der Maschinenhausrahmen besteht aus zwei Teilen, einem Gusseisenteil vorn und einer Trägerkonstruktion hinten. Der Vorderteil des Maschinenhausrahmens dient als Unterbau für den Triebstrang, der die Kräfte über das Azimutsystem vom Rotor auf den Turm überträgt. Die Unterseite ist bearbeitet und mit dem Azimutlager verbunden. Die sechs Azimutgetriebe sind mit dem vorderen Maschinenhausrahmen verschraubt.

Die Kranträger sind am oberen Maschinenhausrahmen befestigt. Die unteren Träger der Trägerkonstruktion sind am hinteren Ende miteinander verbunden. Der hintere Teil des Maschinenhausrahmens dient als Unterbau für die Steuerkonsolen, das Kühlsystem und den Transformator. Die Maschinenhausverkleidung ist auf dem Maschinenhausrahmen montiert.

Typbeschreibung	Material
Maschinenhausabdeckung	GRP
Vorderer Maschinenhausrahmen	Gusseisen
Hinterer Maschinenhausrahmen	Trägerkonstruktion

Tabelle 2-15: Daten zu Maschinenhausrahmen und -verkleidung

2.16 Klimaanlage

Die Klimaanlage besteht aus wenigen, robusten Komponenten:

- Der Vestas CoolerTop[®] befindet sich oben an der Rückseite des Maschinenhauses. Der CoolerTop[®] ist ein Freistrom-Luftkühler. Dadurch ist sichergestellt, dass sich keine elektrischen Komponenten der Klimaanlage außerhalb des Maschinenhauses befinden.
- Das Flüssigkühlsystem, das das Getriebe, Hydrauliksysteme, Generator und Umrichter kühlt, wird durch ein elektrisch betriebenes Pumpensystem angetrieben.
- Die Zwangsluftkühlung für den Transformator ist mit einem Elektrolüfter ausgestattet.

2.16.1 Generator- und Umrichterkühlung

Generator- und Umrichterkühlsysteme arbeiten parallel. Ein im Kühlkreislauf des Generators montiertes dynamisches Durchflussventil teilt den Kühlstrom. Die Kühlflüssigkeit entzieht dem Generator und der Umrichtereinheit über einen Freistrom-Luftkühler an der Oberseite des Maschinenhauses Wärme. Zusätzlich zu Generator, Umrichtereinheit und Kühler beinhaltet die Umwälzanlage eine Elektropumpe und ein thermostatisches Dreiwegeventil.

2.16.2 Getriebe- und Hydraulikkühlung

Getriebe- und Hydraulikkühlung sind parallel geschaltet. Ein im Kühlkreislauf des Getriebes montiertes dynamisches Durchflussventil teilt den Kühlstrom. Die Kühlflüssigkeit entzieht dem Getriebe und der Hydraulikstation über Wärmetauscher und einen Freistrom-Luftkühler an der Oberseite des Maschinenhauses Wärme. Zusätzlich zu den Wärmetauschern und zum Kühler beinhaltet die Umwälzanlage eine Elektropumpe und ein thermostatisches Dreiwegeventil.

2.16.3 Transformator Kühlung

Der Transformator ist mit einer Zwangsluftkühlung ausgestattet. Das Lüftersystem besteht aus einem mittig platzierten Lüfter unterhalb der Serviceebene und einem Ventilationskanal, der zu Stellen unterhalb der und zwischen den Mittel- und Niederspannungswicklungen des Transformators führt.

2.16.4 Maschinenhauskühlung

Die durch mechanische und elektrische Ausrüstung erzeugte Warmluft wird mittels eines im Maschinenhaus befindlichen Gebläsesystems aus dem Maschinenhaus abgeführt.

2.16.5 Optionale Luken für Lufteinlass

Die Lufteinlässe im Maschinenhaus können optional mit Luken ausgerüstet werden, die als Teil der Wärmeregulierungsstrategie betrieben werden können. Bei einer Unterbrechung der Stromnetzverbindung der Windenergieanlage werden die Luken automatisch geschlossen.

3 Elektrisches System

3.1 Generator

In die Windenergieanlage ist ein 3-Phasen-Asynchrongenerator mit Kurzschlussläufer eingebaut, der über ein Vollumrichtersystem an das Netz angeschlossen ist.

Das Generatorgehäuse ist so beschaffen, dass innerhalb des Stators und des Rotors Kühlluft zirkulieren kann. Der Luft-Wasser-Wärmeaustausch erfolgt in einem externen Wärmetauscher, der auf dem Generator installiert ist.

Generator	
Typ	Asynchron mit Kurzschlussläufer
Nennleistung [P_N]	3650 kW
Frequenz [f_N]	0-100 Hz
Spannung, Stator [U_{NS}]	3 x 750 V (bei Nenndrehzahl)
Anzahl der Pole	4/6
Wicklungstyp	Vakuumdruckimprägniert
Wicklungsverschaltung	Stern oder Delta
Nenndrehzahl	1450-1550 U/min
Überdrehzahlgrenze gemäß IEC (2 Minuten)	2400 U/min
Generatorlager	Hybrid/Keramik
Temperatursensoren, Stator	Drei Pt100-Sensoren an kritischen Lastpunkten und drei als Reserve
Temperatursensoren, Lager	1 pro Lager
Isolierstoffklasse	F oder H
Gehäuse	IP54

Tabelle 3-1: Daten zum Generator

3.2 Umrichter

Der Umrichter ist ein Vollumrichtersystem für die Steuerung des Generators und der Qualität des in das Stromnetz gespeisten Stroms.

Das Umrichtersystem besteht aus vier Umrichtereinheiten, die im Parallelbetrieb mit einer gemeinsamen Steuerung laufen.

Der Umrichter wandelt den frequenzvariablen Strom vom Generator in Festfrequenz-Wechselstrom mit den gewünschten, für das Stromnetz geeigneten Wirk- und Blindleistungswerten (und weiteren Stromnetzanschlussparametern) um. Der Umrichter befindet sich im Maschinenhaus und hat eine netzseitige Nennspannung von 650 V. Die generatorseitige Nennspannung beträgt je nach Generatordrehzahl bis zu 750 V.

Umrichter	
Scheinnennleistung [S_N]	4000 kVA
Nennspannung im Stromnetz	650 V
Nennspannung im Generator	750 V
Generatornennstrom	3286 A
Gehäuse	IP54

Tabelle 3-2: Umrichterdaten

3.3 Mittelspannungstransformator

Der Mittelspannungstransformator befindet sich in einem separaten, verschlossenen Raum im hinteren Teil des Maschinenhauses.

Beim Transformator handelt es sich um einen dreiphasigen, selbstauslöschenden Trockentransformator mit zwei Wicklungen. Falls nichts anderes angegeben ist, sind die Wicklungen auf der Mittelspannungsseite dreieckgeschaltet.

Der Transformator ist entsprechend den unterschiedlichen Anforderungen der Zielmärkte in verschiedenen Ausführungen erhältlich.

- Für 50-Hz-Regionen ist der Transformator nach den IEC-Normen konstruiert. Auf besonderen Wunsch kann jedoch auch ein den IEC-Normen entsprechender 60-Hz-Transformator geliefert werden; vgl. Tabelle 3-3.
- Windenergieanlagen, die in Mitgliedstaaten der EU errichtet werden sollen, müssen die von der Europäischen Kommission festgelegte Ökodesign-Verordnung Nr. 548/2014 erfüllen; vgl. Tabelle 3-4.
- Für 60-Hz-Regionen ist der Transformator nach den IEEE-Normen konstruiert; in Regionen, die nicht durch die IEEE-Normen abgedeckt sind, basiert die Konstruktion allerdings ebenfalls auf Teilen der IEC-Normen; vgl. Tabelle 3-5.

3.3.1 IEC 50-Hz-/60-Hz-Version

Transformator	
Typbeschreibung	Trockengießharz-Transformator.
Grundstruktur	Dreiphasiger Transformator mit zwei Wicklungen
Normen	IEC 60076-11, IEC 60076-16, IEC 61936-1.
Kühlung	AF
Nennleistung	3750 kVA

Transformator	
Nennspannung, WEA-seitig	
U_m 1,1 kV	0,650 kV
Nennspannung, netzseitig	
U_m 12,0 kV	10,0-11,0 kV
U_m 24,0 kV	11,1-22,0 kV
U_m 36,0 kV	22,1-33,0 kV
U_m 41,5 kV	33,1-36,0 kV
Isolierung AC/LI/LIC	
U_m 1,1 kV	3 ¹ / - / - kV
U_m 12,0 kV	28 kV ¹ /75 kV/75 kV
U_m 24,0 kV	50 kV ¹ /125 kV/125 kV
U_m 36,0 kV	70 kV ¹ /170 kV/170 kV
U_m 41,5 kV	80 kV ¹ /170 kV/170 kV
Stufenschalter für den lastlosen Zustand	±2 x 2,5 %
Frequenz	50 Hz/60 Hz
Schaltgruppe	Dyn5/YNyn0
Leerlaufverlust²	5,8 kW
Nennlastverlust bei Nennleistung MS, 120 °C²	30,5 kW
Leerlaufblindleistung²	16 kVAr
Vollastblindleistung²	345 kVAr
Leerlaufstrom²	0,5 %
Positive Kurzschlussimpedanz bei Nennleistung, 120°C³	9,0 %
Positiver Kurzschlusswiderstand bei Nennleistung, 120°C²	0,8 %
Nullkurzschlussimpedanz bei Nennleistung, 120°C²	8,2 %
Nullkurzschlusswiderstand bei Nennleistung, 120°C²	0,7 %
Einschaltspitzenstrom²	
	Dyn5 6-9 x \hat{I}_n
	YNyn0 8-12 x \hat{I}_n
Halbe Scheitelwert-Zeit²	ca. 0,7 s
Schalleistungspegel	≤ 80 dB(A)
Durchschnittlicher Temperaturanstieg in max. Höhe	≤ 90 K
Maximale Höhe⁴	2000 m
Isolierklasse	155 (F)
Umweltklasse	E2
Klimaklasse	C2
Brandschutzklasse	F1
Korrosionsschutzklasse	C4
Weight (Gewicht)	≤ 8500 kg
Temperaturüberwachung	Pt100-Sensoren in Niederspannungswicklungen und Kern
Überspannungsschutz	Überspannungsableiter an Mittelspannungsklemmen
Temporäre Erdung	3 x Ø20-mm-Erdungspunkte

Tabelle 3-3: Transformator Daten für IEC 50-Hz-/60-Hz-Version

ANMERKUNG

- ¹ bei 1000 m. Gemäß IEC 60076-11 ist die Wechselstrom-Prüfspannung höhenabhängig.
- ² Basierend auf den berechneten Durchschnittswerten, über verschiedene Spannungen und Hersteller gemittelt.
- ³ Muss den Standard-Toleranzen der IEC-Norm genügen
- ⁴ Die max. Höhe des Transformators lässt sich dem Standort der WEA entsprechend einstellen.

3.3.2 Ecodesign – IEC 50 Hz/60 Hz-Version

Transformator	
Typbeschreibung	Ecodesign-Trockengießharz-Transformator
Grundstruktur	Dreiphasiger Transformator mit zwei Wicklungen
Normen	IEC 60076-11, IEC 60076-16, IEC 61936-1, Verordnung der Europäischen Kommission Nr. 548/2014.
Kühlung	AF
Nennleistung	3750 kVA
Nennspannung, WEA-seitig	
U_m 1,1 kV	0,650 kV
Nennspannung, netzseitig	
U_m 12,0 kV	10,0-11,0 kV
U_m 24,0 kV	11,1-22,0 kV
U_m 36,0 kV	22,1-33,0 kV
U_m 40,5 kV	33,1-36,0 kV
Isolierung AC/LI/LIC	
U_m 1,1 kV	3 ¹ / - / - kV
U_m 12,0 kV	28 kV ¹ /75 kV/75 kV
U_m 24,0 kV	50 kV ¹ /125 kV/125 kV
U_m 36,0 kV	70 kV ¹ /170 kV/170 kV
U_m 40,5 kV	80 kV ¹ /170 kV/170 kV
Stufenschalter für den lastlosen Zustand	±2 x 2,5 %
Frequenz	50 Hz oder 60 Hz
Schaltgruppe	Dyn5/YNyn0
Peak Efficiency Index (PEI) ²	Ecodesign-Anforderung
U_m 12,0 kV	≥ 99,348
U_m 24,0 kV	≥ 99,348
U_m 36,0 kV	≥ 99,348
U_m 40,5 kV	≥ 99,158
Leerlaufverlust ²	
U_m 12,0 kV	≤ 5,50 kW
U_m 24,0 kV	≤ 5,50 kW
U_m 36,0 kV	≤ 5,40 kW

Transformator	
	U_m 40,5 kV ≤ 6,00 kW
Nennlastverlust bei Nennleistung MS, 120 °C ²	
	U_m 12,0 kV ≤ 27,70 kW
	U_m 24,0 kV ≤ 27,70 kW
	U_m 36,0 kV ≤ 28,35 kW
	U_m 40,5 kV ≤ 25,30 kW
Leerlaufblindleistung ³	25 kVAr
Volllastblindleistung ³	370 kVAr
Leerlaufstrom ³	0,5 %
Positive Kurzschlussimpedanz bei Nennleistung, 120 °C ⁴	9,0 %
Positiver Kurzschlusswiderstand bei Nennleistung, 120°C ³	0,8 %
Nullkurzschlussimpedanz bei Nennleistung, 120°C ³	8,2 %
Nullkurzschlusswiderstand bei Nennleistung, 120°C ³	0,7 %
Einschaltspitzenstrom3	
	Dyn5 6-9 x \hat{I}_n
	YNyn0 8-12 x \hat{I}_n
Halbe Scheitelwert-Zeit ³	ca. 0,7 s
Schalleistungspegel	≤ 80 dB(A)
Durchschnittlicher Temperaturanstieg in max. Höhe	≤ 90 K
Maximale Höhe ⁵	2000 m
Isolierklasse	155 (F)
Umweltklasse	E2
Klimaklasse	C2
Brandschutzklasse	F1
Korrosionsschutzklasse	C4
Weight (Gewicht)	≤ 8800 kg
Temperaturüberwachung	Pt100-Sensoren in Niederspannungswicklungen und Kern
Überspannungsschutz	Überspannungsableiter an Mittelspannungsklemmen
Temporäre Erdung	3 x Ø20-mm-Erdungspunkte

Tabelle 3-4: Transformator Daten zur Ecodesign-IEC-50-Hz-/60-Hz-Version

ANMERKUNG

¹ bei 1000 m. Gemäß IEC 60076-11 ist die Wechselstrom-Prüfspannung höhenabhängig.

² Für Ecodesign-Transformatoren stellt PEI eine gesetzliche Anforderung dar, die gemäß der Verordnung der Europäischen Kommission auf Grundlage der Bemessungsleistung sowie von Leerlauf- und Nennlastverlust zu berechnen ist. Die aufgeführten Verluste stellen Maximalwerte dar, die bei einem gegebenen Modell nicht gleichzeitig auftreten, da dies der PEI-Anforderung widerspräche.

³ Basierend auf den berechneten Durchschnittswerten, über verschiedene Spannungen und Hersteller gemittelt.

- ⁴ Muss den Standard-Toleranzen der IEC-Norm genügen
⁵ Die max. Höhe des Transformators lässt sich dem Standort der WEA entsprechend einstellen.

3.3.3 IEEE 60-Hz-Version

Transformator	
Typbeschreibung	Trockengießharz-Transformator.
Grundstruktur	Dreiphasiger Transformator mit zwei Wicklungen
Normen	UL 1562, CSA C22.2 Nr. 47, IEEE C57.12, IEC 60076-11, IEC 60076-16, IEC 61936-1.
Kühlung	AFA
Nennleistung	3750 kVA
Nennspannung, WEA-seitig	
N_{LL} 1,2 kV	0,650 kV
Nennspannung, netzseitig	
N_{LL} 15,0 kV	10,0-15,0 kV
N_{LL} 25,0 kV	15,1-25,0 kV
N_{LL} 34,5 kV	25,1-34,5 kV
Isolierung AC/LI & LIC	
N_{LL} 1,2 kV	4 ¹ / +10 kV
N_{LL} 15,0 kV	34 ¹ / +95 kV
N_{LL} 25,0 kV	50 ¹ / +125 kV
N_{LL} 34,5 kV	70 ¹ /(+150 und -170) oder +170 kV
Stufenschalter für den lastlosen Zustand	±2 x 2,5 %
Frequenz	60 Hz
Schaltgruppe	Dyn5/YNyn0
Leerlaufverlust ²	5,8 kW
Nennlastverlust bei Nennleistung MS, 120 °C ²	30,5 kW
Leerlaufblindleistung ²	16 kVAr
Volllastblindleistung ²	345 kVAr
Leerlaufstrom ²	0,5 %
Positive Kurzschlussimpedanz bei Nennleistung, 120°C ³	9,0 %
Positiver Kurzschlusswiderstand bei Nennleistung, 120°C ²	0,7 %
Nullkurzschlussimpedanz bei Nennleistung, 120°C ²	8,3 %
Nullkurzschlusswiderstand bei Nennleistung, 120°C ²	0,7 %
Einschaltspitzenstrom ²	
Dyn5	6-9 x \hat{I}_n
YNyn0	8-12 x \hat{I}_n
Halbe Scheitelwert-Zeit ²	ca. 0,7 s
Schalleistungspegel	≤ 80 dB(A)

Transformator	
Durchschnittlicher Temperaturanstieg in max. Höhe	≤ 90 K
Maximale Höhe ⁴	2000 m
Isolierklasse	150°C
Umweltklasse	E2
Klimaklasse	C2
Brandschutzklasse	F1
Korrosionsschutzklasse	C4
Weight (Gewicht)	≤ 8500 kg
Temperaturüberwachung	Pt100-Sensoren in Niederspannungswicklungen und Kern
Überspannungsschutz	Überspannungsableiter an Mittelspannungsklemmen
Temporäre Erdung	3 x Ø20-mm-Erdungspunkte

Tabelle 3-5: Transformator Daten zur IEEE 60-Hz-Version

ANMERKUNG

- ¹ bei 1000 m. Gemäß IEEE C57.12 ist die Wechselstrom-Prüfspannung höhenabhängig.
- ² Basierend auf den berechneten Durchschnittswerten, über verschiedene Spannungen und Hersteller gemittelt.
- ³ Muss den Toleranzen der Norm IEEE-C57.12 genügen
- ⁴ Die max. Höhe des Transformators lässt sich dem Standort der WEA entsprechend einstellen.

3.4 Mittelspannungskabel

Das Mittelspannungskabel verläuft vom Transformator im Maschinenhaus am Turm hinunter zur MS-Schaltanlage in der untersten Turmsektion. Bei dem Mittelspannungskabel handelt es sich um ein halogenfreies Mittelspannungskabel mit vier Kabelseelen und einer Kautschukisolierung.

Mittelspannungskabel	
Mittelspannungskabelisolierung	Verbesserter Werkstoff EPR auf Ethylen-Propylen-(EP-)Basis oder hochmodularer bzw. Hart-Ethylen-Propylen-Kautschuk HEPR
Leiterquerschnitt	3 x 70/70 mm ²
Maximale Spannung	24 kV für 10,0-22,0 kV Nennspannung 42 kV für 22,1-36,0 kV Nennspannung

Tabelle 3-6: Daten zu den HV-Kabeln

3.5 Mittelspannungsschaltanlage

Am Grund des Turms wird als integraler Bestandteil der WEA eine gasisolierte Schaltanlage eingerichtet. Deren Regelungen sind in das Sicherungssystem der WEA integriert, das den Zustand der Schaltanlage sowie der für die Mittelspannungssicherheit relevanten Geräte innerhalb der WEA überwacht. Hierdurch ist gewährleistet, dass bei jeglicher Spannungsbeaufschlagung von Mittelspannungskomponenten der WEA sämtliche Schutzvorrichtungen zuverlässig funktionieren. Der Erdungsschalter des Leistungsschalters birgt ein Schlüsselverriegelungssystem, dessen Gegenstück an der Zugangstür zum Transformatorraum angebracht ist, um unbefugten Zutritt zum Transformatorraum bei aufgeschalteter Spannung zu verhindern.

Die Schaltanlage ist in drei Varianten mit zunehmendem Funktionsumfang erhältlich; vgl. Tabelle 3-7. Darüber hinaus lässt sich die Schaltanlage entsprechend der Zahl an Versorgungsnetzkabeln konfigurieren, die in die jeweilige WEA eintreten sollen. Die Konstruktion des Schaltanlagensystems ist dahingehend optimiert, dass solche Versorgungsnetzkabel sich noch vor Errichtung des Turms an die Schaltanlage anschließen lassen; dank ihrer gasdichten Abdichtung bietet sie dennoch bereits dann Schutz vor Niederschlag- und Kondenswasserabscheidung im Innern.

Die Schaltanlage steht in einer IEC- und in einer IEEE-Version zur Verfügung. Letztere ist allerdings nur in der höchsten Spannungsklasse erhältlich. Die elektrischen Parameter der Schaltanlage zur IEC-Version sind Tabelle 3-8, die zur IEEE-Version Tabelle 3-9 zu entnehmen.

Mittelspannungsschaltanlage			
Variante	Einfach	Optimiert	Standard
IEC-Normen	○	⊙	⊙
IEEE-Normen	⊙	○	⊙
Vakuum-Leistungsschalterkonsole	⊙	⊙	⊙
Überstrom-, Kurzschluss- und Erdungsfehlerschutz	⊙	⊙	⊙
Lasttrenner/Erdungsschalter in Leistungsschalterkonsole	⊙	⊙	⊙
Anzeigesystem für an Leistungsschalter anliegende Spannung	⊙	⊙	⊙
Anzeigesystem für an Versorgungsnetzka beln anliegende Spannung	⊙	⊙	⊙
Doppelte Versorgungsnetzka belverbindung	⊙	⊙	⊙
Dreifache Versorgungsnetzka belverbindung	⊙	○	○
Vorkonfigurierte Relaisstellungen	⊙	⊙	⊙
Integration des WEA-Sicherheitsystems	⊙	⊙	⊙
Redundante Auslösespulenkreise	⊙	⊙	⊙
Auslösespulenüberwachung	⊙	⊙	⊙
Handbedienung außerhalb des Turms	⊙	⊙	⊙
Sequenzielle Unterspannungsetzung	⊙	⊙	⊙
Wiedereinschaltblockadefunktion	⊙	⊙	⊙
Heizelement	⊙	⊙	⊙
Schlüsselverriegelungssystem für Leistungsschalterkonsole	⊙	⊙	⊙
Unterbrechungsfreie Stromversorgung für Schutzkreise	⊙	⊙	⊙
Motorbetätigung der Leistungsschalter	⊙	⊙	⊙
Kabelkonsole für Versorgungsnetzka bel (konfigurierbar)	○	⊙	⊙
Schaltungslasttrennerkonsole für Versorgungsnetzka bel – max. drei Konsolen (konfigurierbar)	○	⊙	⊙
Erdungsschalter für Versorgungsnetzka bel	○	⊙	⊙
Störlichtbogenqualifikation	○	⊙	⊙
Überwachung der Minileistungsschalter	○	⊙	⊙
Motorbetätigung der Schaltungslasttrenner	○	○	⊙
SCADA betriebsbereit	○	○	⊙
SCADA-Betätigung der Leistungsschalter	○	○	⊙

Mittelspannungsschaltanlage			
Variante	Einfach	Optimiert	Standard
SCADA-Betätigung der Schaltungslasttrenner	○	○	⊙

Tabelle 3-7: Varianten und Funktionsumfang der Mittelspannungsschaltanlage

3.5.1 IEC-50-Hz/60-Hz-Version

Mittelspannungsschaltanlage	
Typbeschreibung	Gasisolierte Schaltanlage
Normen	IEC 62271-103 IEC 62271-1, 62271-100, 62271-102, 62271-200, IEC 60694
Isoliermedium	SF ₆
Bemessungsspannung	
U_r 24,0 kV	10,0-22,0 kV
U_r 36,0 kV	22,1-33,0 kV
U_r 40,5 kV	33,1-36,0 kV
Bemessungs-Isolationspegel AC // LI Üblicher Wert / über den Isolierabstand	
U_r 24,0 kV	50 kV/60 kV // 125 kV/145 kV
U_r 36,0 kV	70 kV/80 kV // 170 kV/195 kV
U_r 40,5 kV	85 kV/90 kV // 185 kV/215 kV
Bemessungsfrequenz	50 Hz oder 60 Hz
Bemessungs-Betriebsstrom	630 A
Bemessungs-Kurzzeithaltestrom	
U_r 24,0 kV	20 kA
U_r 36,0 kV	25 kA
U_r 40,5 kV	25 kA
Bemessungs-Stehspitzenstrom 50/60 Hz	
U_r 24,0 kV	50 kA / 52 kA
U_r 36,0 kV	62,5 kA / 65 kA
U_r 40,5 kV	62,5 kA / 65 kA
Kurzschluss-Bemessungsdauer	1 s
Störlichtbogenqualifikation (optional)	
U_r 24,0 kV	IAC A FLR 20 kA/1 s
U_r 36,0 kV	IAC A FLR 25 kA, 1 s
U_r 40,5 kV	IAC A FLR 25 kA, 1 s
Anschlusschnittstelle	Außenkegel-Plug-in-Buchsen, IEC-Schnittstelle C1.
Kategorie der Betriebsverfügbarkeit (LSC)	LSC2
Eindringenschutz	
Gasvorratsbehälter	IP65
Gehäuse	IP 2X
Niederspannungs-Schaltschrank	IP 3X
Korrosionsschutzklasse	C3

Tabelle 3-8: Daten zur Mittelspannungsschaltanlage in der IEC-Version

3.5.2 IEEE 60-Hz-Version

Mittelspannungsschaltanlage	
Typbeschreibung	Gasisolierte Schaltanlage
Normen	IEEE 37.20.3, IEEE C37.20.4, IEC 62271-200, ISO 12944.
Isoliermedium	SF ₆
Bemessungsspannung	
	U_r 38,0 kV 22,1-36,0 kV
Bemessungs-Isolationspegel AC / LI	70 kV / 150 kV
Bemessungsfrequenz	60 Hz
Bemessungs-Betriebsstrom	600 A
Bemessungs-Kurzzeithaltestrom	25 kA
Bemessungs-Stehspitzenstrom	65 kA
Kurzschluss-Bemessungsdauer	1 s
Störlichtbogenqualifikation (optional)	IAC A FLR 25 kA, 1 s
Anschlusschnittstellen-Versorgungsnetz-kabel	Außenkegel-Plug-in-Buchsen, IEEE-386-Schnittstelle vom Typ Deadbreak, 600A.
Eindringschutz	
	Gasvorratsbehälter NEMA 4X / IP 65
	Gehäuse NEMA 2 / IP 2X
	Niederspannungs-Schaltschrank NEMA 2 / IP 3X
Korrosionsschutzklasse	C3

Tabelle 3-9: Daten zur Mittelspannungsschaltanlage in der IEEE-Version

3.6 AUX-System

Das AUX-(Hilfs-)System wird von einem separaten 650/400-V-Transformator gespeist, der im Maschinenhaus aufgestellt ist. Alle Motoren, Pumpen, Lüfter und Heizungen werden von diesem System versorgt.

Alle 230-V-Verbraucher werden von einem 400/230-V-Transformator gespeist, der im Turmfundament aufgestellt ist.

Stromanschlüsse	
Einphasig (Maschinenhaus und Turmplattformen)	230 V (16 A)/110 V (16 A)/ 2 x 55 V (16 A)
Dreiphasig (Maschinenhaus und Turmfundament)	3 x 400 V (16 A)

Tabelle 3-10: Daten zum Hilfssystem

3.7 Windsensoren

Die Windenergieanlage ist entweder mit zwei Ultraschallwindsensoren oder optional mit einem Ultraschallwindsensor und einer mechanischen Windfahne und Anemometer ausgestattet. Die Sensoren sind mit integrierten Heizelementen ausgerüstet, um Störungen durch Eis/Schnee zu minimieren. Da die Windsensoren redundant sind, ist die Windenergieanlage auch mit lediglich einem Sensor funktionsfähig.

3.8 VMP-(Vestas-Multiprozessor-)Steuerung

Die Windenergieanlage wird von der Steuerung VMP6000 gesteuert und überwacht.

Der VMP6000 ist eine Multiprozessorsteuerung mit vier Hauptprozessoren (Turmfuß, Maschinenhaus, Nabe und Umrichter), die durch ein optisches 2,5-Mbit-ArcNet-Netzwerk verbunden sind.

Zusätzlich zu den vier Hauptprozessoren besteht der VMP6000 aus einer Reihe von verteilten E/A-Modulen, die über ein 500-kbit-CAN-Netzwerk miteinander verbunden sind.

Die E/A-Module sind über einen seriellen Digitalbus (CTBus) mit CAN-Schnittstellenmodulen verbunden.

Die VMP6000-Steuerung erfüllt die folgenden Hauptfunktionen:

- Überwachung des Gesamtbetriebs.
- Synchronisierung des Generators mit dem Netz während des Aufschaltvorgangs.
- Betrieb der Windenergieanlage bei unterschiedlichen Fehlerzuständen
- Automatische Windnachführung des Maschinenhauses
- OptiTip®-Rotorblatt-Pitchregelung
- Blindleistungsregelung und Betrieb mit variabler Drehzahl
- Verringerung der Geräuschemissionen
- Überwachung der Umgebungsbedingungen.
- Stromnetzüberwachung
- Überwachung des Rauchmeldesystems

3.9 Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)

Bei einem Netzausfall versorgt eine USV bestimmte Komponenten mit Strom.

Das USV-System besteht aus 3 Teilsystemen:

1. der 230-V_{AC}-USV als Reservespannungsversorgung für das Maschinenhaus und die Nabensteuersysteme
2. der 24-V_{DC}-USV als Reservespannungsversorgung für die Steuerungssysteme im Turmfuß und optional für den SCADA Power Plant Controller
3. der 230-V_{AC}-USV als Reservespannungsversorgung für die Innenbeleuchtung in Turm und Maschinenhaus. Die Innenbeleuchtung in der Nabe wird durch in die Leuchten integrierte Batterien gespeist.

USV		
Backup-Zeitraum	Standard	optional
Steuerung* (230-V _{AC} - und 24-V _{DC} -USV)	15 min	Bis zu 400 min**
Innenbeleuchtung (230-V _{AC} USV)	30 min	60 min***
Optionaler SCADA Power Plant Controller (24 V _{DC} USV)	Gegenstandslos	48 Stunden****

Tabelle 3-11: USV-Daten

* Die Steuerung umfasst: die Steuerung der Windenergieanlage (VMP6000), Mittelspannungsschaltanlagenfunktionen und Fernüberwachung.

** Upgrade der 230-V_{AC}-USV für Steuerungssystem mit zusätzlichen Batterien notwendig.

*** Upgrade der 230-V_{AC}-USV für Innenbeleuchtung mit zusätzlichen Batterien notwendig.

**** Upgrade der 24-V_{DC}-USV mit zusätzlichen Batterien notwendig.

ANMERKUNG Angaben zu alternativen Backup-Zeiträumen können bei Vestas erfragt werden.

4 WEA-Schutzsysteme

4.1 Bremskonzept

Die Hauptbremse der Windenergieanlage ist aerodynamischer Art. Das Anhalten der Windenergieanlage erfolgt durch Bringen der drei Rotorblätter in volle Fahnenstellung (einzelnes Drehen der einzelnen Rotorblätter). Jedes Rotorblatt verfügt über einen Hydraulikdruckspeicher als Energieversorgung zum Drehen des Rotorblatts.

Zusätzlich ist eine mechanische Scheibenbremse an der schnellen Welle des Getriebes mit einem separaten Hydrauliksystem vorhanden. Die mechanische Bremse wird ausschließlich als Feststellbremse und beim Betätigen der Not-Stopp-Taster verwendet.

4.2 Kurzschlusschutz

Lasttrenner	Trennschalter für Eigenbedarfsversorgung. T4L 250A TMD 4P 690 V	Trennschalter für Umrichtermodule T7M1200L PR332/P LSIG 1000 A 3P 690 V
Abschaltleistung, I_{cu} , I_{cs}	70 kA bei 690 V	50 kA bei 690 V
Einschaltleistung, I_{cm}	154 kA bei 690 V	105 kA bei 690 V

Tabelle 4-1: Daten zum Kurzschlusschutz

4.3 Überdrehzahlschutz

Die Drehzahl von Generator und Hauptwelle wird von Induktionssensoren erfasst und von der WEA-Steuerung berechnet, um vor Überdrehzahl und Drehfehlern zu schützen.

Darüber hinaus ist die Windenergieanlage mit einer Sicherheits-SPS ausgestattet. Dieses separate Computermodul misst die Rotordrehzahl. Bei einer Überdrehzahl löst die Sicherheits-SPS unabhängig von der Anlagensteuerung die Notfahnenstellung (volle Fahnenstellung) der drei Rotorblätter aus.

Überdrehzahlschutz	
Sensortyp	Induktiv
Auslösewert	16,5 (Rotordrehzahl in U/min)/1871 (Generatordrehzahl in U/min)

Tabelle 4-3: Daten zum Überdrehzahlschutz

4.4 Lichtbogendetektor

Die Windenergieanlage ist mit einem Lichtbogen-Nachweissystem einschließlich mehrerer Lichtbogendetektoren ausgestattet, die im Mittelspannungs-Transformatorraum und im Stromnetz-Schnittstellenschrank angeordnet sind. Das Lichtbogen-Nachweissystem ist an das Sicherheitssystem der Windenergieanlage angeschlossen, wodurch sichergestellt wird, dass sich die Mittelspannungsschaltanlage sofort öffnet, wenn ein Lichtbogen festgestellt wird.

4.5 Rauchmeldesystem

Die Windenergieanlage ist mit einem Rauchmeldesystem ausgerüstet, das mehrere Rauchmelder im Maschinenhaus (oberhalb der Scheibenbremse), im Transformatorraum und oberhalb der Mittelspannungsschaltanlage im Turmfuß einschließt. Das Rauchmeldesystem ist an das Sicherheitssystem der Windenergieanlage angeschlossen, wodurch sichergestellt ist, dass sich die Mittelspannungsschaltanlage bei Rauchererkennung sofort öffnet.

4.6 Blitzschutz von Rotorblättern, Maschinenhaus, Rotorblattnabe und Turm

Das Lightning Protection System (Blitzschutzsystem, LPS) schützt die Windenergieanlage vor Sachschäden durch Blitzschläge. Das LPS besteht aus fünf Hauptelementen:

- Blitzrezeptoren
- Ableitungssystem (ein System, um den Blitzstrom durch die Windenergieanlage nach unten abzuleiten, um Schäden am LPS selbst oder an anderen Teilen der Windenergieanlage zu vermeiden oder zu reduzieren)
- Überspannungs- und Überstromschutz
- Abschirmung gegen magnetische und elektrische Felder
- Erdungssystem

Blitzschutzkonstruktionsparameter			Schutzklasse I
Stromspitzenwert	i_{\max}	[kA]	200
Impulsladung	Q_{impulse}	[C]	100
Langzeitladung	Q_{long}	[C]	200
Gesamtladung	Q_{total}	[C]	300
Spezifische Energie	W/R	[MJ/ Ω]	10
Durchschnittliche Steilheit	di/dt	[kA/ μs]	200

Tabelle 4-4: Blitzschutzkonstruktionsparameter

ANMERKUNG

Das Blitzschutzsystem ist nach den IEC-Normen konstruiert (vgl. 7 Genehmigungen und Auslegungskriterien auf S. 28).

4.7 EMV-System

Die Windenergieanlage und die zugehörige Ausrüstung erfüllen die europäische EMV-Richtlinie:

- RICHTLINIE 2004/108/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 15. Dezember 2004 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit und zur Aufhebung der Richtlinie 89/336/EWG.

4.8 Erdung

Das Vestas Erdungssystem besteht aus einer Reihe von einzelnen Erdungseinheiten, die zu einem gemeinsamen Erdungssystem verbunden sind.

Das Vestas Erdungssystem umfasst das TN-System und das Blitzschutzsystem für jede Windenergieanlage. Es dient als Erdungssystem für das Mittelspannungs-Verteilungssystem innerhalb des Windparks.

Das Vestas Erdungssystem ist an die unterschiedlichen Fundamentarten angepasst. Das Erdungssystem ist detailliert entsprechend der jeweiligen Fundamentart in separaten Unterlagen beschrieben.

Bezüglich des Blitzschutzes der Windenergieanlage fordert Vestas keinen bestimmten, in Ohm gemessenen Widerstand zur Bezugserde. Die Erdung der Blitzschutzsysteme basiert auf dem Aufbau und der Bauweise des Vestas Erdungssystems.

Ein wichtiger Teil des Vestas Erdungssystems ist die Haupterdungsschiene, die sich am Kabeleintritt aller Zuleitungen zur Windenergieanlage befindet. Alle Erdungselektroden sind mit dieser Haupterdungsschiene verbunden. Zusätzlich sind Potenzialausgleichsverbindungen an allen Zu- oder Ableitungen der Windenergieanlage installiert.

Die Anforderungen der Spezifikation und der Arbeitsanweisungen für das Vestas-Erdungssystem entsprechen den Mindestanforderungen von Vestas und den IEC-Normen. Lokale und nationale sowie projektspezifische Anforderungen können gegebenenfalls zusätzliche Maßnahmen erforderlich machen.

4.9 Korrosionsschutz

Die Einstufung des Korrosionsschutzes folgt der EN ISO 12944-2.

Korrosionsschutz	Außenbereiche	Innenbereiche
Maschinenhaus	C5-M	C3
Nabe	C5-M	C3
Turm	C5-I	C3

Tabelle 4-5: Daten zum Korrosionsschutz für Maschinenhaus, Nabe und Turm

5 Sicherheit

Die Sicherheitsspezifikationen in diesem Abschnitt enthalten beschränkte allgemeine Informationen zur Sicherheitsausstattung der Windenergieanlage. Sie entbinden den Käufer und seine Vertreter nicht von der Notwendigkeit, alle erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen zu treffen, zu denen u. a. Folgendes zählt: (a) Erfüllen aller geltenden Vereinbarungen, Anweisungen und Anforderungen bezüglich Sicherheit, Betrieb, Wartung und Service; (b) Erfüllen aller sicherheitsrelevanten Gesetze, Vorschriften und Verordnungen und (c) Durchführen aller erforderlichen Sicherheitsschulungen und -fortbildungen.

5.1 Zugang

Zugang zur Windenergieanlage besteht von außen über eine Tür an der Eingangsplattform ca. 3 m über dem Boden. Die Tür ist mit einem Schloss versehen. Der Zugang zur oberen Plattform im Turm erfolgt über eine Leiter oder einen Serviceaufzug. Zugang zum Maschinenhaus von der oberen Plattform aus besteht über eine Leiter. Der Zugang zum Transformatorraum im Maschinenhaus ist durch ein Schloss gesichert. Ein unberechtigter Zugriff auf Elektroschalttafeln und Stromtafeln in der Windenergieanlage ist gemäß IEC 60204-1 2006 untersagt.

5.2 Fluchtwege

Zusätzlich zu den normalen Zugangswegen gibt es alternative Fluchtwege aus dem Maschinenhaus durch die Kranluke, aus der Nabenabdeckung durch Öffnen der Spinnernase oder vom Dach des Maschinenhauses. Die Rettungsausrüstung befindet sich im Maschinenhaus.

Die Luke im Dach kann von innen und außen geöffnet werden.

Die Flucht aus dem Serviceaufzug erfolgt über die Leiter.

Ein Notfallschutzplan in der Windenergieanlage beschreibt die Evakuierung und die Fluchtwege.

5.3 Räume/Arbeitsbereiche

Turm und Maschinenhaus sind mit Stromanschlüssen für Elektrowerkzeuge zur Wartung und Instandhaltung der Windenergieanlage ausgestattet.

5.4 Böden, Plattformen, Steh- und Arbeitsplätze

Alle Plattformen weisen eine rutschfeste Oberfläche auf.

Pro Turmsektion ist ein Boden vorhanden.

Ruheplattformen sind alle 9 Meter an der Turmleiter zwischen den Plattformen angebracht.

In der Windenergieanlage sind Fußstützen für Wartungs- und Servicezwecke angebracht.

5.5 Serviceaufzug

Die Windenergieanlage wird optional mit montiertem Serviceaufzug geliefert.

5.6 Aufstiegsmöglichkeiten

Im Turm ist eine Leiter mit einem Fallsicherungssystem (fester Handlauf) montiert.

In Turm, Maschinenhaus, Nabe und auf dem Dach sind Verankerungspunkte zum Anbringen von Sicherheitsgeschirr (Auffang- und Rettungsgurt) angebracht.

Über der Kranluke befindet sich ein Verankerungspunkt für die Höhenrettungsausrüstung.

Verankerungspunkte sind gelb markiert und für 22,2 kN ausgelegt und getestet.

5.7 Bewegliche Teile, Schutzeinrichtungen und Sperrvorrichtungen

Alle beweglichen Teile im Maschinenhaus sind abgeschirmt.

Die Windenergieanlage ist mit einer Rotorarretierung zur Sperrung von Rotor und Triebstrang ausgestattet.

Die Zylinderstellung kann mit mechanischen Werkzeugen in der Nabe blockiert werden.

5.8 Beleuchtung

Die Windenergieanlage ist im Turm, im Maschinenhaus und in der Nabe beleuchtet.

Für den Fall eines Stromausfalls ist eine Notbeleuchtung vorhanden.

5.9 Notstopp

In Maschinenhaus, Nabe und in der untersten Turmsektion sind Notstopp-Taster angebracht.

5.10 Unterbrechung der Stromversorgung

Die Windenergieanlage ist mit Trennschaltern ausgestattet, die ein Abschalten der gesamten Stromzufuhr bei Inspektions- oder Wartungsmaßnahmen ermöglichen. Die Schalter sind beschildert und befinden sich im Maschinenhaus und in der untersten Turmsektion.

5.11 Brandschutz/Erste Hilfe

Im Maschinenhaus müssen während Service und Wartung ein 5- bis 6-kg-CO₂-Feuerlöscher, ein Erste-Hilfe-Kasten und eine Feuerlöschdecke vorhanden sein.

- Ein 5- bis 6-kg-CO₂-Feuerlöscher ist nur bei Service und Wartung erforderlich, es sei denn, im Maschinenhaus ist die dauerhafte Anbringung eines Feuerlöschers behördlich vorgeschrieben.
- Erste-Hilfe-Kästen sind nur bei Service und Wartung erforderlich.
- Feuerlöschdecken müssen nur bei nichtelektrischen heißen Arbeiten vorhanden sein.

5.12 Warnschilder

Im Inneren oder an der Außenseite der Windenergieanlage angebrachte Warnschilder müssen vor Betrieb oder Wartung der Windenergieanlage zur Kenntnis genommen werden.

5.13 Handbücher und Warnhinweise

Das „Vestas Firmenhandbuch zum Arbeitsschutz“ sowie Handbücher für Betrieb, Wartung und Service der Windenergieanlage bieten zusätzliche Sicherheitshinweise und -informationen für Betrieb, Wartung oder Instandhaltung der Windenergieanlage.

6 Umgebung

6.1 Chemikalien

In der Windenergieanlage verwendete Chemikalien werden gemäß dem Umweltsystem von Vestas Wind Systems A/S beurteilt, das nach ISO 14001:2004 zertifiziert ist. Innerhalb der Windenergieanlage gelangen die folgenden Chemikalien zum Einsatz:

- Frostschutzmittel zum Vermeiden eines Einfrierens des Kühlsystems
- Getriebeöl zum Schmieren des Getriebes
- Hydrauliköl zum Pitchen der Rotorblätter und Betätigen der Bremse
- Fett zum Schmieren der Lager
- Unterschiedliche Reinigungsmittel und -chemikalien zur Wartung der Windenergieanlage

7 Genehmigungen und Auslegungskriterien

7.1 Typenprüfungen

Die Windenergieanlage ist nach folgenden Zertifizierungsrichtlinien typengeprüft:

Zertifizierung	Windklasse	Nabenhöhe
IEC 61400-22	IEC IIIA	87 m
IEC 61400-22	IEC IIIB	117 m
IEC 61400-22	IEC IIIA	128 m
IEC 61400-22	IEC IIIA	137 m
DIBt 2012	WZ2, GKII, TKA	137 m
IEC 61400-22	IEC IIIA	147 m
DIBt 2012	S	149 m

Tabelle 7-1: Typenprüfungsdaten

7.2 Auslegungsrichtlinien – Baukonstruktion

Die Konstruktion der Windenergieanlage wurde u. a. gemäß den folgenden Normen entwickelt und getestet:

Auslegungsrichtlinien	
Maschinenhaus und Nabe	IEC 61400-1: Ausgabe 3 EN 50308
Turm	IEC 61400-1: Ausgabe 3 Eurocode 3
Rotorblätter	DNV-OS-J102 IEC 1024-1 IEC 60721-2-4

Auslegungsrichtlinien	
	IEC 61400 (Teile 1, 12 und 23) IEC WT 01 IEC DEFU R25 ISO 2813 DS/EN ISO 12944-2
Getriebe	ISO 81400-4
Generator	IEC 60034
Transformator	IEC 60076-11, IEC 60076-16, CENELEC HD637 S1
Blitzschutz	IEC 62305-1: 2006 IEC 62305-3: 2006 IEC 62305-4: 2006 IEC 61400-24:2010
Drehende elektrische Maschinen	IEC 34
Maschinensicherheit, sicherheitsrelevante Teile der Steuersysteme	IEC 13849-1
Maschinensicherheit – elektrische Ausrüstung von Maschinen	IEC 60204-1

Tabelle 7-2: Auslegungsrichtlinien

8 Farben

8.1 Maschinenhausfarbe

Farbe von Vestas-Maschinenhäusern	
Standard-Maschinenhausfarbe	RAL 7035 (Lichtgrau)
Standard-Logo	Vestas

Tabelle 8-1: Farbe, Maschinenhaus

8.2 Turmfarbe

Farbe von Vestas-Turmsektionen		
	Außen:	Innen:
Standard-Turmfarbe	RAL 7035 (Lichtgrau)	RAL 9001 (Cremeweiß)

Tabelle 8-2: Farbe, Turm

8.3 Rotorblattfarben

Rotorblattfarben	
Standard-Rotorblattfarbe	RAL 7035 (Lichtgrau)
Farbvarianten Rotorblattspitzen	RAL 2009 (Verkehrsorange), RAL 3020 (Verkehrsrot)
Glanzgrad	<30 % DS/EN ISO 2813

Tabelle 8-3: Farbe, Rotorblätter

9 Leitfaden für Betriebsbereichsbedingungen und Leistungsmerkmale

Die tatsächlichen Klima- und Standortbedingungen weisen viele Variablen auf und müssen bei der Bewertung der tatsächlichen Windenergieanlagenleistung berücksichtigt werden. Die Auslegungs- und Betriebsparameter in diesem Abschnitt stellen keine Garantien, Gewährleistungen und Zusicherungen bezüglich der Windenergieanlagenleistung an tatsächlichen Standorten dar.

9.1 Klima und Standortbedingungen

Die Werte beziehen sich auf die Nabenhöhe:

Auslegungsparameter – Extremwerte	
Windklima	IEC IIIA
Umgebungstemperaturbereich (Windenergieanlage für Standardtemperatur)	-40 °C bis +50 °C
Extreme Windgeschwindigkeit (10-Minuten-Durchschnitt)	37,5 m/s
Überlebenswindgeschwindigkeit (3-Sekunden-Böe)	52,5 m/s

Tabelle 9-1: Auslegungsparameter – Extremwerte

Auslegungsparameter – Mittelwerte	
Windklima	IEC IIIA/IEC S
Windgeschwindigkeit (3,3-MW-Auslegung)	7,5 m/s
A-Faktor (3,3-MW-Auslegung)	8,46 m/s
Windgeschwindigkeit (3,45-MW-Auslegung)	6,9 m/s
A-Faktor (3,45-MW-Auslegung)	7,79 m/s
Formfaktor c	2.0
Turbulenzintensität nach IEC 61400-1, einschließlich Windparkturbulenz (bei 15 m/s – 90%-Quantil)	18 %
Scherwind	0,20

Auslegungsparameter – Mittelwerte	
Windklima	IEC IIIA/IEC S
Anströmwinkel (senkrecht)	8°

Tabelle 9-2: Auslegungsparameter – Mittelwerte

9.1.1 Komplexes Gelände

Klassifikation von „komplexem“ Gelände gemäß IEC 61400-1:2005. Kapitel 11.2.

Bei Standorten, die als „komplex“ klassifiziert sind, müssen bei der Standortanalyse entsprechende Maßnahmen berücksichtigt werden.

Die Positionierung jeder Windenergieanlage muss anhand des Vestas-Baustellenprüfungsprogramms geprüft werden.

9.1.2 Höhenlage

Die Windenergieanlage ist standardmäßig für den Betrieb in Höhen bis 1000 m ü. d. M. und optional für bis zu 2000 m ü. d. M. ausgelegt.

9.1.3 Anordnung der Windenergieanlagen

Der Abstand der Windenergieanlagen muss standortspezifisch festgelegt werden. Bei einem Abstand unter zwei Rotordurchmessern (2D) kann sektorweise eine Leistungsreduzierung erforderlich sein.

ANMERKUNG

Aufgrund der Komplexität der Bewertung von Klima- und Standortbedingungen ist Vestas bei jedem Projekt zurate zu ziehen. Werden die genannten Anforderungen von den örtlichen Gegebenheiten nicht erfüllt, ist Vestas auf jeden Fall zu konsultieren.

9.2 Betriebsbereich – Temperatur und Wind

Die Werte beziehen sich auf die Nabenhöhe und hängen von den Sensoren und der Steuerung der Windenergieanlage ab.

Betriebsbereich – Temperatur und Wind	
Umgebungstemperaturbereich (Standard-WEA)	-20 °C bis +45 °C
Umgebungstemperaturbereich (Niedrigtemperatur-WEA)	-30 °C bis +45 °C
Einschaltwindgeschwindigkeit	3 m/s
Ausschaltwindgeschwindigkeit (10-Minuten-Durchschnitt)	22,5 m/s *
Wiedereinschaltwindgeschwindigkeit (10-Minuten-Durchschnitt)	20,0 m/s *

*: Für Nabenhöhen von 87 m und 128 m; diese Werte lasen sich auf Grundlage einer standortspezifischen Analyse ändern.

Tabelle 9-3: Betriebsbereich – Temperatur und Wind

ANMERKUNG

Bei Umgebungstemperaturen oberhalb von +25 °C/+30 °C erhält die Windenergieanlage die leistungsverminderte Produktion im Rahmen der Komponentenleistung (wie in Abbildung 9-1 und in Abbildung 9-2 dargestellt) aufrecht.

Die Windenergieanlage stellt die Energieerzeugung ein, sobald die Umgebungstemperaturen über +45 °C steigen.

Niedrigtemperatur-Optionen der Windenergieanlage können bei Vestas erfragt werden.

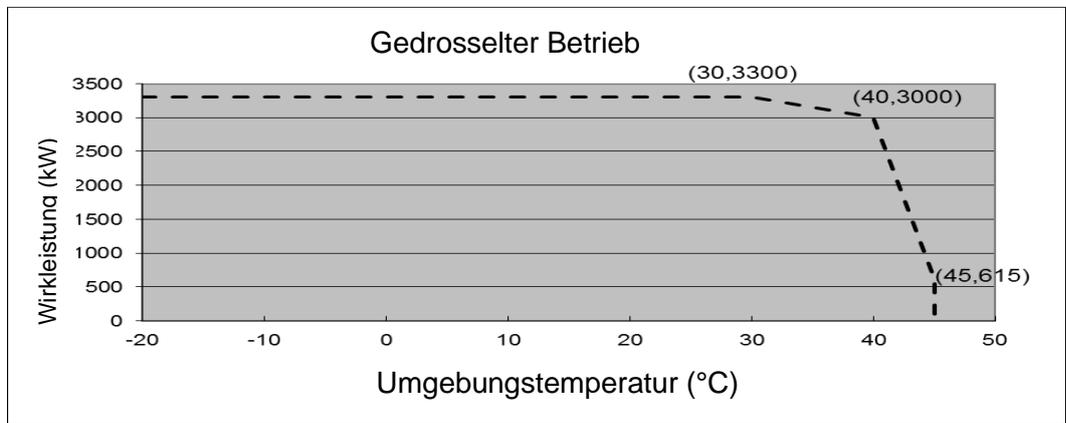


Abbildung 9-1: Heruntergeregelter Betrieb bei 3,3-MW-Bemessung

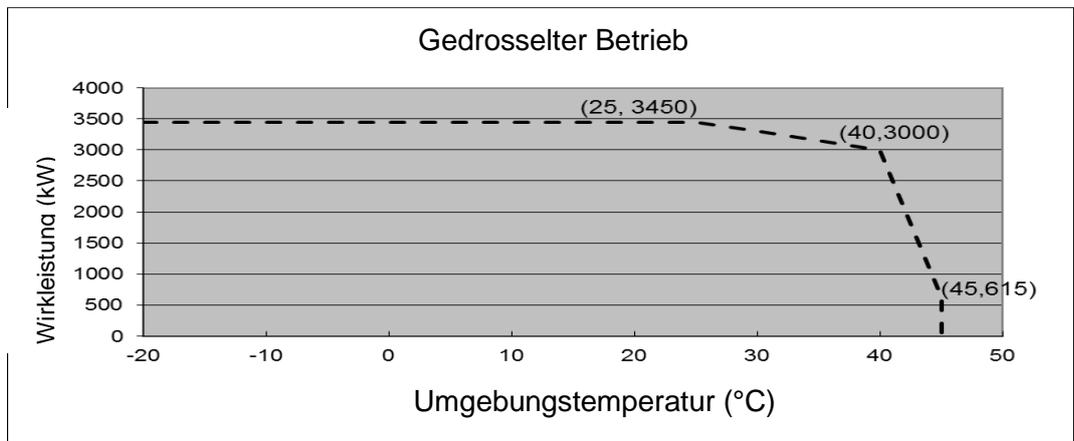


Abbildung 9-2: Heruntergeregelter Betrieb bei 3,45-MW-Bemessung

9.3 Betriebsbereich – Netzanschluss

Betriebsbereich – Netzanschluss		
Nennphasenspannung	[U _{NP}]	650 V
Nennfrequenz	[f _N]	50/60 Hz
Max. Frequenzgradient	±4 Hz/s	
Max. negative Gegenspannung	3 % (Verbindung) 2 % (Betrieb)	
Mindestens erforderliches Kurzschlussverhältnis am Mittelspannungsanschluss der Windenergieanlage	5,0	
Maximaler Kurzschlussstrom	1,05 pu (Dauerbetrieb) 1,45 pu (Spitze)	

Tabelle 9-4: Betriebsbereich – Netzanschluss

Der Generator und der Umrichter werden in folgenden Fällen getrennt:*

Schutzeinstellungen	
Spannung 3600 s lang über 110 %** des Nennwerts	715 V
Spannung 2 s lang über 121 % des Nennwerts	787 V
Spannung 0,150 s lang über 136 % des Nennwerts	884 V
Spannung 60 s lang unter 90 %** des Nennwerts	585 V
Spannung 10 s lang unter 80 % des Nennwerts	520 V
Frequenz 0,2 s lang über 106 % des Nennwerts	53 Hz/63,6 Hz
Frequenz 0,2 s lang unter 94 % des Nennwerts	47 Hz/56,4 Hz

Tabelle 9-5: Trennwerte für Generator und Umrichter

ANMERKUNG

* Über die Lebensdauer der Windenergieanlage gemittelt sollten innerhalb eines Jahres nicht mehr als 50 Netzausfälle auftreten.

** Die Windenergieanlage kann für einen dauerhaften Betrieb bei Spannungsschwankungen von ±13 % konfiguriert werden. Die Blindleistungskapazität ist für diesen breiten Einstellungsbereich begrenzt (vgl. Abschnitt „Betriebsbereich – Blindleistungskapazität“).

9.4 Betriebsbereich – Blindleistungskapazität

Die Windenergieanlage verfügt über eine Blindleistungskapazität gemäß der Darstellung:

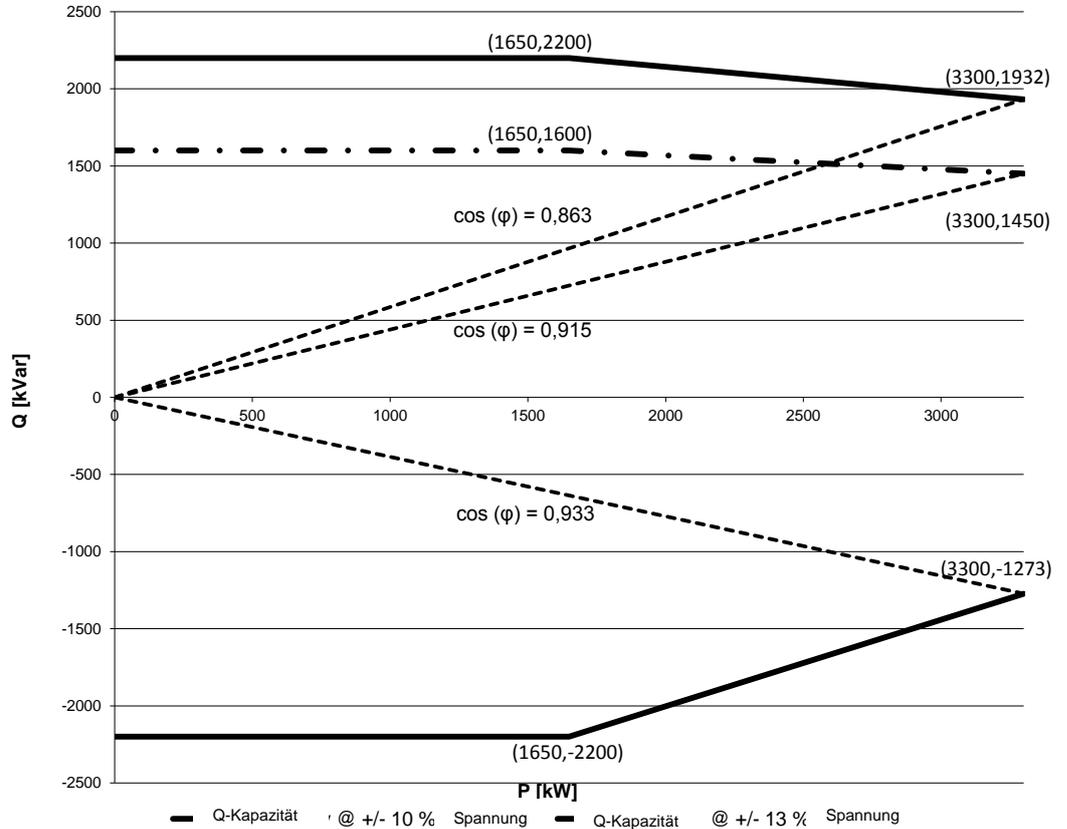


Abbildung 9-3: Blindleistungskapazität

Die Blindleistungskapazität an der Mittelspannungsseite des Mittelspannungstransformators beträgt bei Volllast ca.: $\cos \varphi = 0,90/0,88$ kapazitiv/induktiv bei Spannungsschwankungen von $\pm 10 \%$ und $0,95/0,88$ kapazitiv/induktiv bei Spannungsschwankungen von $\pm 13 \%$.

Die Blindleistungskapazität der 3,45-MW-Windenergieanlage ist in Abbildung 9-4 dargestellt.

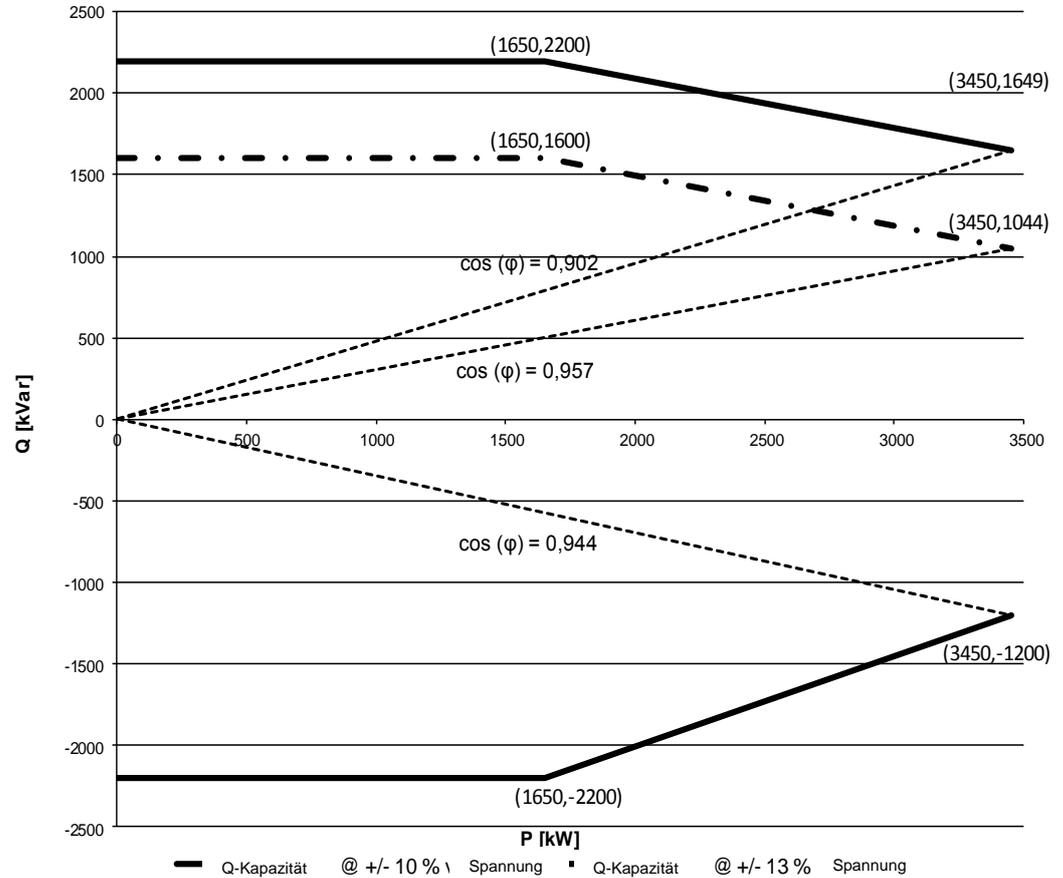


Abbildung 9-4: Blindleistungskapazität bei 3,45-MW-Bemessung

Die Blindleistungskapazität an der Mittelspannungsseite des Mittelspannungstransformators beträgt bei Vollast ca.: $\cos \varphi = 0,93/0,92$ kapazitiv/induktiv bei Spannungsschwankungen von $\pm 10 \%$ und $0,98/0,92$ kapazitiv/induktiv bei Spannungsschwankungen von $\pm 13 \%$.

Blindleistung wird durch den Vollumrichter erzeugt. Daher werden keine herkömmlichen Kondensatoren in der Windenergieanlage verwendet.

Die Windenergieanlage kann die Blindleistungskapazität bei schwachem Wind ohne erzeugte Wirkleistung halten.

9.5 Leistungsmerkmal – Durchfahren von Netzfehlern

Die Windenergieanlage ist mit einem Vollumrichter ausgestattet, damit sie bei Stromnetzstörungen besser geregelt werden kann. Die Steuerung der Windenergieanlage ist auch bei Netzstörungen voll funktionsfähig.

Die Windenergieanlage ist so ausgelegt, dass sie sich bei Stromnetzstörungen innerhalb der Spannungstoleranzkurve wie dargestellt nicht vom Stromnetz trennt:

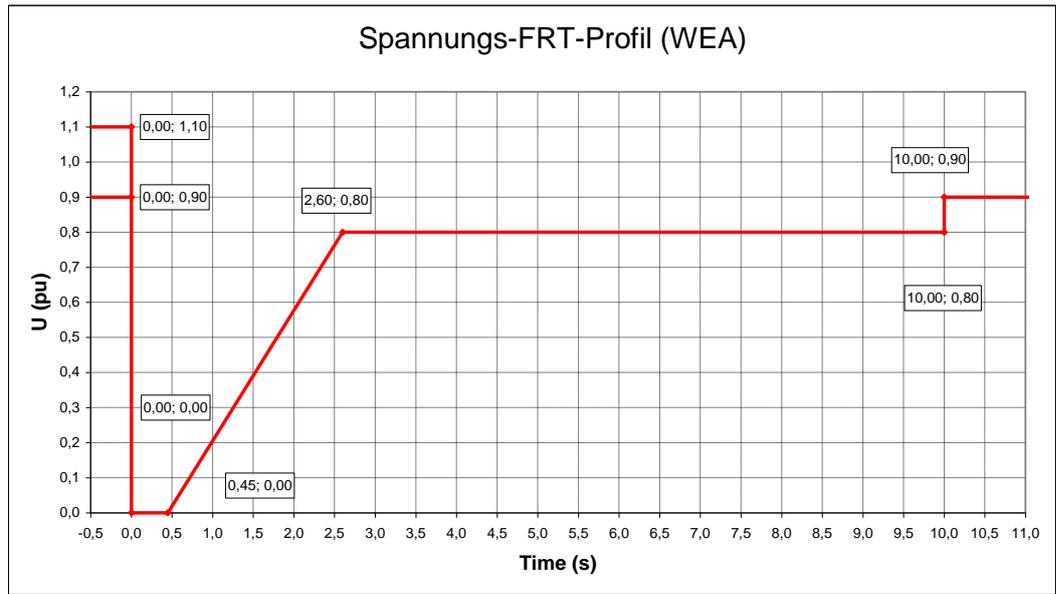


Abbildung 9-5: Niedrige Spannungstoleranzkurve für symmetrische und asymmetrische Störungen, wobei U die gemessene Spannung im Stromnetz darstellt

Bei Stromnetzstörungen außerhalb der Schutzkurve in Abbildung 9-5 wird die Windenergieanlage vom Stromnetz getrennt.

Leistungsrückgewinnungszeit	
Leistungsrückgewinnung auf 90 % des Niveaus vor einer Störung	Max. 0,1 s

Tabelle 9-6: Leistungsrückgewinnungszeit

9.6 Leistungsmerkmal – Blindstrombeitrag

Der Blindstrombeitrag hängt davon ab, ob die auf die WEA einwirkende Störung symmetrischer oder asymmetrischer Art ist.

9.6.1 Symmetrischer Blindstrombeitrag

Während symmetrischer Spannungsabfälle speist der Windpark zur Stützung der Stromnetzspannung Blindstrom ein. Der eingespeiste Blindstrom ist eine Funktion der gemessenen Stromnetzspannung.

Der Standardwert ergibt einen Blindstromanteil von 1 pu des Nennstroms an der Mittelspannungsseite des Mittelspannungstransformators. Abbildung 9-6 stellt den Blindstrombeitrag als eine Funktion der Spannung dar. Der Blindstrombeitrag ist unabhängig von den aktuellen Windbedingungen und dem Leistungsniveau vor einer Störung.

Wie in Abbildung 9- dargestellt, ist der Gradient für die Blindstromeinspeisung mit einem Blindstrom von 2 % des Nennstroms pro 1 % Spannungsfall definiert. Der Anstieg kann zur Anpassung an die standortspezifischen Anforderungen auf einen Wert von 0-10 % parametrisiert werden.

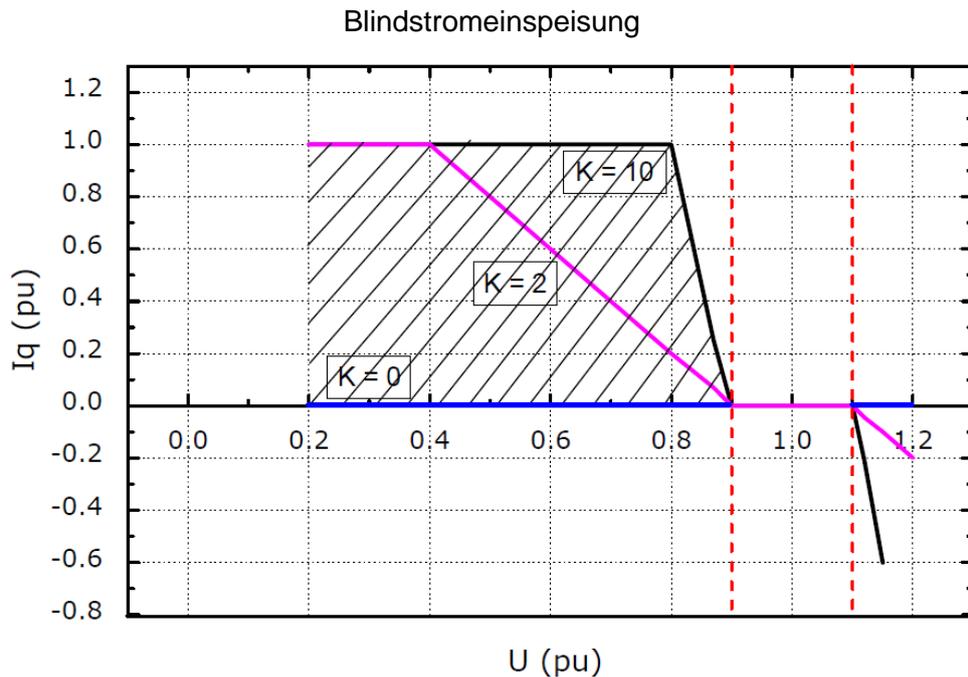


Abbildung 9-6: Blindstromeinspeisung

9.6.2 Asymmetrischer Blindstrombeitrag

Der Blindstrom beruht auf der gemessenen positiven Sequenzspannung und dem verwendeten k-Faktor. Während asymmetrischer Spannungsabfälle wird die Blindstromeinspeisung auf ca. 0,4 pu beschränkt, um einen möglichen Spannungsanstieg auf die gesunden Phasen zu begrenzen.

9.7 Leistungsmerkmal – Mehrfache Spannungsabfälle

Die Windenergieanlage ist so ausgelegt, dass sie Automatische Wiedereinschaltungen (AWE) und mehrfache Spannungsabfälle innerhalb einer kurzen Zeitspanne vertragen kann, da solche Spannungsabfälle nicht gleichmäßig über das Jahr verteilt sind. Beispielsweise stellen zehn Spannungsabfälle mit einer Dauer von 200 ms auf 20 % der Spannung innerhalb von 30 Minuten in der Regel kein Problem für die Windenergieanlage dar.

9.8 Leistungsmerkmal – Regelung von Wirk- und Blindleistung

Die Windenergieanlage kann Wirk- und Blindleistung über das VestasOnline[®]-SCADA-System regeln.

Max. Anstiegsrate für externe Steuerung	
Wirkleistung	330 kW/s (0,1 pu/s) bei max. Leistungsniveauänderung um 990 kW (0,3 pu) 990 kW/s (0,3 pu/s) bei max. Leistungsniveauänderung um 330 kW (0,1 pu)
Blindleistung	66 MVar/s (20 pu/s)

Tabelle 9-7: Anstiegsraten für Wirk-/Blindleistung

Zur Unterstützung der Stromnetzstabilität ist die Windenergieanlage in der Lage, bei Wirkleistungsreferenzen bis 10 % der Nennleistung der Windenergieanlage mit dem Stromnetz verbunden zu bleiben. Bei Wirkleistungsreferenzen unter 10 % kann sich die Windenergieanlage vom Stromnetz trennen.

9.9 Leistungsmerkmal – Spannungsregelung

Die Windenergieanlage ist für eine Integration in die Spannungsregelung VestasOnline[®] durch Ausnutzung der Blindleistungskapazität der Anlage konzipiert.

9.10 Leistungsmerkmal – Frequenzregelung

Die Windenergieanlage lässt sich zur Frequenzregelung durch Begrenzung der abgegebenen Leistung als Funktion der Netzfrequenz (Überfrequenz) konfigurieren.

Totbereich und Anstieg sind für die Frequenzregelungsfunktion einstellbar.

9.11 Hauptbeitragende zum Eigenbedarf

Der Stromverbrauch der Windenergieanlage ist als der Energiebetrag definiert, den die Windenergieanlage aufnimmt, wenn sie keine Energie an das Stromnetz liefert. Dies ist im Steuersystem als Production Generator 0 (Null) definiert. Die folgenden Komponenten haben den größten Einfluss auf den Eigenbedarf der Windenergieanlage (der durchschnittliche Eigenbedarf hängt von den vorherrschenden Bedingungen, vom Klima, von der Windenergieanlagenleistung, von den Abschaltzeiten und dergleichen ab):

Hauptbeitragende zum Eigenbedarf	
Hydraulikmotor	2 x 15 kW (Master/Slave)
Azimitmotoren	Maximal insgesamt 18 kW
Wassererwärmung	10 kW
Wasserpumpen	2,2 + 5,5 kW
Ölerwärmung	7,9 kW
Ölpumpe für Getriebschmierung	10 kW
Steuerung einschließlich Heizelementen für Hydraulik und alle	Ungefähr 3 kW

Hauptbeitragende zum Eigenbedarf	
Steuerungen	
Leerlaufverlust Mittelspannungstransformator	Siehe Abschnitt 3.3 Mittelspannungstransformator auf S. 14

Tabelle 9-8: Daten zu den Hauptbeitragenden zum Eigenbedarf

9.12 Betriebsumgebung – Bedingungen für Leistungskurve und C_t -Werte (in Nabenhöhe)

Siehe Leistungskurven und C_t -Werte in Abschnitt 12 Anhänge auf S. 43

Bedingungen für Leistungskurve und C_t -Werte (in Nabenhöhe)	
Scherwind	0,00-0,30 (10-Minuten-Durchschnitt)
Turbulenzintensität	6-12 % (10-Minuten-Durchschnitt)
Rotorblätter	Sauber
Regen	Nein
Eis/Schnee auf Rotorblättern	Nein
Vorderkante	Keine Schäden
Gelände	IEC 61400-12-1
Einströmwinkel (senkrecht)	$0 \pm 2^\circ$
Versorgungsnetzfrequenz	Nennfrequenz $\pm 0,5$ Hz

Tabelle 9-9: Bedingungen für Leistungskurve und C_t -Werte

9.13 Geräuschmodi

Die in Tabelle 9-10 aufgelisteten Geräuschmodi stehen bei der Windenergieanlage V126 zur Verfügung.

Verfügbare Geräuschmodi bei V126-3.3 MW		
Modus-Nr.	Maximaler Geräuschpegel	Standard/Option
0	108,5 dB	Standard
	106,0 dB	Option
1	105,8 dB	Option
2	104,5 dB	Option
3	102,5 dB	Option
4	98,3 dB	Option
Verfügbare Leistungsmodi bei V126		
3,45 MW	108,5 dB	Standard
	106,0 dB	Option

Tabelle 9-6: Verfügbare Geräuschmodi

ANMERKUNG

Alle optionalen geräuschreduzierten Betriebsmodi erfordern eine besondere Rotorblattkonfiguration mit Sägezahn-Hinterkante.

Weitere Informationen zu Geräuschmodi sind in Abschnitt 12 „Anhänge“ auf S. 43 aufgeführt oder über Vestas Wind Systems A/S erhältlich.

10 Zeichnungen

10.1 Konstruktionsauslegung – Darstellung der Außenabmessungen

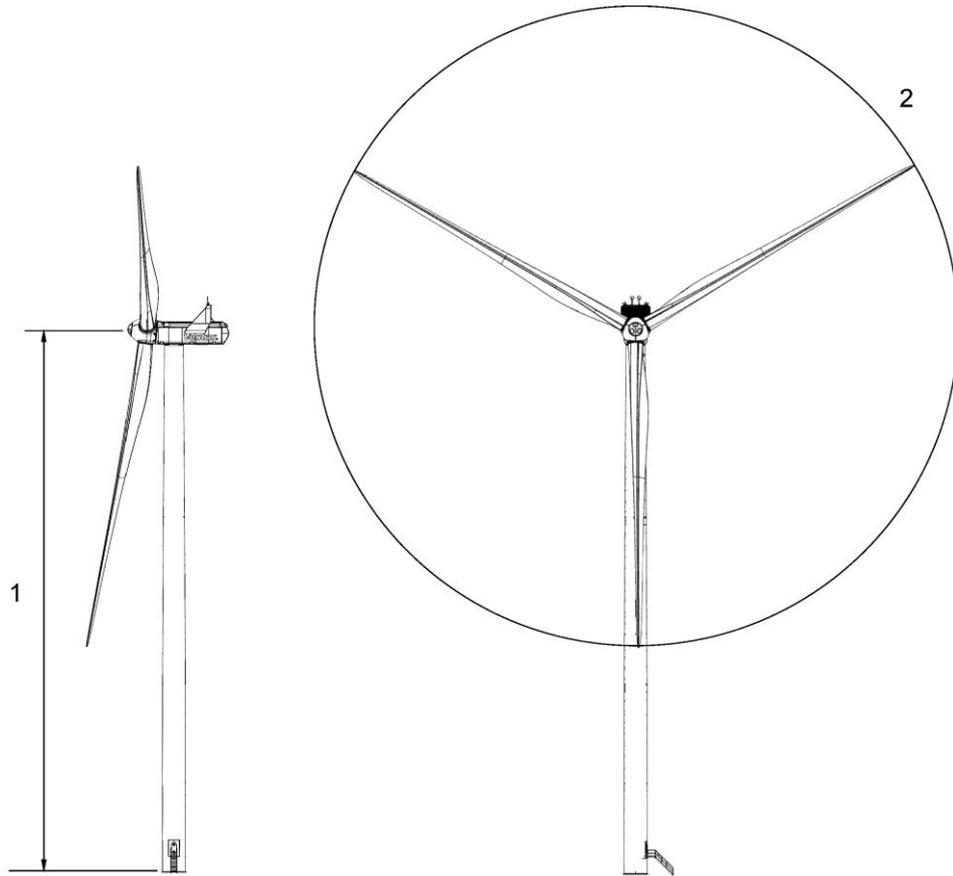


Abbildung 10-1: Konstruktionsauslegung – Darstellung der Außenabmessungen

- 1** Nabhöhe
87 m/117 m/128 m/137 m/147 m/149 m
- 2** Durchmesser: 126 m

10.2 Konstruktive Ausführung – Seitenansichtszeichnung

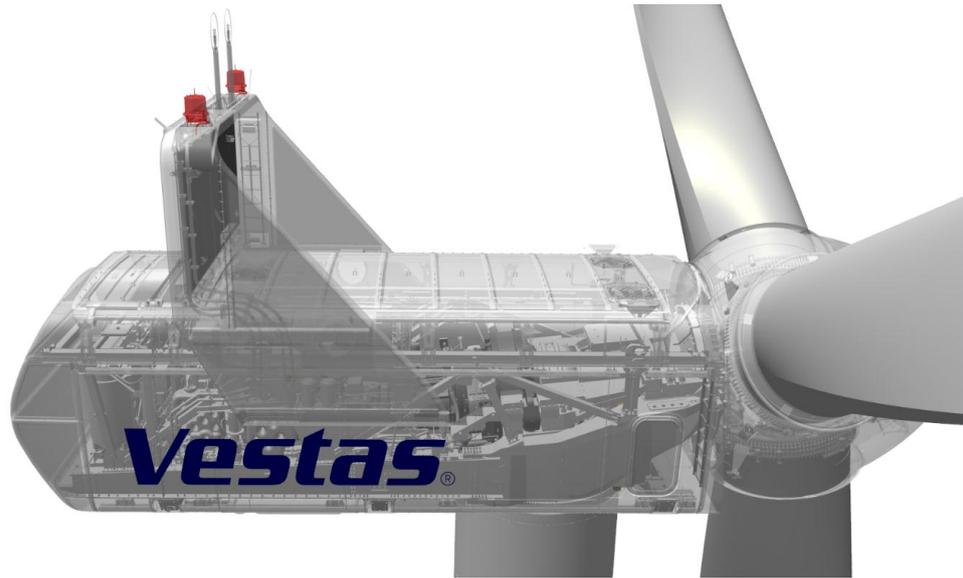


Abbildung 10-2: Seitenansichtszeichnung

11 Allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse

- © 2013 Vestas Wind Systems A/S. Das vorliegende Dokument wurde von Vestas Wind Systems A/S und/oder einer seiner Tochtergesellschaften erstellt und enthält urheberrechtlich geschütztes Material, Markenzeichen und andere geschützte Informationen. Alle Rechte vorbehalten. Das Dokument darf ohne vorherige schriftliche Erlaubnis durch Vestas Wind Systems A/S weder als Ganzes noch in Teilen reproduziert oder in irgendeiner Weise oder Form – sei es grafisch, elektronisch oder mechanisch, einschließlich Fotokopien, Bandaufzeichnungen oder mittels Datenspeicherungs- und Datenzugriffssystemen – vervielfältigt werden. Die Nutzung dieses Dokuments über den ausdrücklich von Vestas Wind Systems A/S gestatteten Umfang hinaus ist untersagt. Marken-, Urheberrechts- oder sonstige Vermerke im Dokument dürfen nicht geändert oder entfernt werden.
- Die in diesem Dokument beschriebenen allgemeinen Spezifikationen gelten für die aktuelle Version der Windenergieanlage V126-3.3/3.45 MW. Die Spezifikationen möglicher künftiger Versionen der Windenergieanlage V126-3.3/3.45 MW können hiervon abweichen. Falls Vestas eine neuere Version der Windenergieanlage V126-3.3/3.45 MW anbieten sollte, wird das Unternehmen hierzu eine aktualisierte allgemeine Spezifikation vorlegen.
- Vestas empfiehlt, dass die Frequenz- und Spannungswerte des Versorgungsnetzes so dicht wie möglich an den Nennwerten liegen.
- Im Anschluss an einen Versorgungsnetzausfall und/oder an Zeiträume mit sehr geringer Umgebungstemperatur muss ein gewisser Zeitraum für das Aufwärmen der Windenergieanlage eingeplant werden.
- Für alle angegebenen Start/Stopp-Parameter (z. B. Windgeschwindigkeiten und Temperaturen) ist eine Hysterese-Steuerung vorhanden. Dadurch kann es in bestimmten Grenzsituationen dazu kommen, dass die Windenergieanlage angehalten wird, obwohl entsprechend den Umgebungsbedingungen die angegebenen Betriebsparametergrenzwerte nicht überschritten werden.
- Das Erdungssystem muss die Mindestanforderungen von Vestas sowie die lokalen und nationalen Anforderungen und Normen erfüllen.
- Die vorliegende allgemeine Spezifikation stellt kein Verkaufsangebot dar; sie beinhaltet keine Garantie oder Zusage und auch keine Prüfung der Leistungskurve und Geräusche (einschließlich und ohne Einschränkung Prüfverfahren für Leistungskurve und Geräusche). Garantien, Zusagen und/oder Prüfungen von Leistungskurve und Geräuschen (einschließlich und ohne Einschränkung Prüfverfahren für Leistungskurve und Geräusche) müssen separat schriftlich vereinbart werden.

12 Anhänge

12.1 Betriebsmodus 0

12.1.1 Leistungskurven, Betriebsmodus 0

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte [kg/m ³]													
	1,225	0,95	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3,0	30	13	14	16	17	19	20	22	23	25	27	28	32	33
3,5	97	63	66	69	72	75	78	81	84	87	91	94	100	103
4,0	179	128	133	138	142	147	152	156	161	166	170	175	184	189
4,5	278	205	212	219	225	232	239	245	252	259	265	272	285	292
5,0	397	297	306	315	324	333	342	351	360	369	378	388	406	415
5,5	539	407	420	432	444	455	467	479	491	503	515	527	551	563
6,0	711	541	557	572	588	603	619	634	650	665	680	696	726	742
6,5	913	699	718	738	758	777	797	816	836	855	874	894	933	952
7,0	1150	884	909	933	957	982	1006	1030	1054	1078	1102	1126	1174	1198
7,5	1420	1095	1125	1155	1184	1214	1244	1273	1302	1332	1361	1390	1448	1477
8,0	1723	1336	1371	1407	1442	1478	1513	1548	1584	1619	1654	1688	1757	1791
8,5	2060	1606	1648	1690	1732	1774	1815	1857	1898	1939	1979	2020	2100	2140
9,0	2434	1906	1955	2004	2053	2102	2150	2197	2245	2293	2340	2387	2480	2526
9,5	2804	2232	2287	2343	2399	2455	2507	2559	2611	2664	2710	2757	2845	2886
10,0	3090	2574	2632	2689	2747	2805	2850	2896	2941	2987	3021	3056	3117	3143
10,5	3238	2887	2933	2980	3026	3073	3102	3131	3160	3189	3205	3221	3248	3258
11,0	3290	3100	3130	3161	3191	3222	3235	3248	3261	3275	3280	3285	3293	3295
11,5	3299	3227	3240	3254	3268	3282	3285	3289	3293	3296	3297	3298	3299	3300
12,0	3300	3277	3282	3287	3291	3296	3297	3298	3299	3300	3300	3300	3300	3300
12,5	3300	3293	3295	3296	3298	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
13,0	3300	3298	3298	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
13,5	3300	3299	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
14,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
14,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
15,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
15,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
16,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
16,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
17,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
17,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
18,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
18,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
19,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
19,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
20,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
20,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
21,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
21,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
22,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
22,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300

Tabelle 12-1: Leistungskurve, Geräuschmodus 0

12.1.2 C_t-Werte, Geräuschmodus 0

Luftdichte kg/m³

Windgeschwindigkeit [m/s]	1,225	0,950	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3,0	0,918	0,927	0,926	0,925	0,924	0,924	0,923	0,922	0,921	0,920	0,920	0,919	0,917	0,917
3,5	0,886	0,893	0,892	0,892	0,891	0,890	0,890	0,889	0,889	0,888	0,887	0,887	0,885	0,885
4,0	0,844	0,850	0,850	0,849	0,849	0,848	0,847	0,847	0,846	0,846	0,845	0,845	0,843	0,843
4,5	0,814	0,820	0,819	0,819	0,818	0,817	0,817	0,816	0,816	0,815	0,815	0,814	0,814	0,813
5,0	0,801	0,807	0,807	0,806	0,806	0,805	0,805	0,804	0,804	0,803	0,803	0,802	0,801	0,800
5,5	0,797	0,804	0,804	0,803	0,802	0,802	0,801	0,800	0,800	0,799	0,798	0,798	0,796	0,795
6,0	0,790	0,799	0,798	0,797	0,796	0,796	0,795	0,794	0,793	0,792	0,791	0,790	0,789	0,788
6,5	0,782	0,793	0,792	0,791	0,790	0,789	0,788	0,787	0,786	0,785	0,784	0,783	0,781	0,779
7,0	0,772	0,786	0,784	0,783	0,782	0,781	0,780	0,778	0,777	0,776	0,775	0,773	0,771	0,770
7,5	0,763	0,779	0,777	0,776	0,774	0,773	0,772	0,770	0,769	0,767	0,766	0,764	0,761	0,760
8,0	0,753	0,771	0,769	0,768	0,766	0,764	0,763	0,761	0,759	0,758	0,756	0,754	0,751	0,749
8,5	0,742	0,764	0,762	0,760	0,758	0,756	0,754	0,752	0,750	0,748	0,746	0,744	0,741	0,739
9,0	0,733	0,756	0,754	0,752	0,750	0,748	0,746	0,744	0,742	0,740	0,738	0,735	0,731	0,728
9,5	0,706	0,748	0,745	0,743	0,740	0,737	0,734	0,730	0,726	0,722	0,717	0,712	0,700	0,693
10,0	0,646	0,731	0,726	0,721	0,716	0,711	0,702	0,694	0,685	0,677	0,666	0,656	0,635	0,623
10,5	0,556	0,690	0,680	0,669	0,659	0,649	0,636	0,623	0,610	0,597	0,583	0,570	0,543	0,530
11,0	0,469	0,617	0,603	0,590	0,577	0,563	0,549	0,535	0,521	0,507	0,494	0,481	0,457	0,446
11,5	0,396	0,536	0,522	0,507	0,493	0,478	0,466	0,453	0,440	0,427	0,417	0,406	0,387	0,378
12,0	0,340	0,459	0,446	0,433	0,420	0,407	0,397	0,386	0,376	0,366	0,357	0,349	0,333	0,325
12,5	0,296	0,395	0,384	0,373	0,362	0,351	0,343	0,334	0,326	0,317	0,310	0,303	0,290	0,284
13,0	0,260	0,343	0,334	0,325	0,316	0,307	0,299	0,292	0,285	0,278	0,272	0,266	0,255	0,250
13,5	0,232	0,303	0,295	0,288	0,280	0,272	0,266	0,259	0,253	0,247	0,242	0,237	0,227	0,222
14,0	0,207	0,269	0,262	0,255	0,248	0,241	0,236	0,231	0,225	0,220	0,216	0,211	0,203	0,199
14,5	0,185	0,239	0,234	0,228	0,222	0,216	0,211	0,207	0,202	0,197	0,193	0,189	0,182	0,178
15,0	0,166	0,214	0,209	0,204	0,198	0,193	0,189	0,185	0,181	0,177	0,173	0,170	0,163	0,160
15,5	0,151	0,193	0,188	0,184	0,179	0,175	0,171	0,167	0,164	0,160	0,157	0,154	0,148	0,145
16,0	0,137	0,175	0,171	0,167	0,163	0,159	0,155	0,152	0,149	0,146	0,143	0,140	0,135	0,132
16,5	0,125	0,159	0,156	0,152	0,148	0,145	0,142	0,139	0,136	0,133	0,130	0,128	0,123	0,121
17,0	0,115	0,146	0,142	0,139	0,136	0,132	0,130	0,127	0,124	0,122	0,119	0,117	0,113	0,111
17,5	0,106	0,134	0,131	0,128	0,125	0,122	0,119	0,117	0,114	0,112	0,110	0,108	0,104	0,102
18,0	0,098	0,123	0,120	0,117	0,115	0,112	0,110	0,108	0,105	0,103	0,101	0,099	0,096	0,094
18,5	0,090	0,113	0,111	0,108	0,106	0,104	0,101	0,099	0,097	0,095	0,094	0,092	0,089	0,087
19,0	0,083	0,104	0,102	0,100	0,098	0,095	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,085	0,082	0,081
19,5	0,078	0,097	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,085	0,084	0,082	0,080	0,079	0,076	0,075
20,0	0,072	0,090	0,088	0,086	0,084	0,083	0,081	0,079	0,078	0,076	0,075	0,074	0,071	0,070
20,5	0,068	0,084	0,082	0,081	0,079	0,077	0,076	0,074	0,073	0,071	0,070	0,069	0,067	0,065
21,0	0,063	0,079	0,077	0,075	0,074	0,072	0,071	0,069	0,068	0,067	0,066	0,064	0,062	0,061
21,5	0,060	0,074	0,073	0,071	0,070	0,068	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058
22,0	0,056	0,070	0,068	0,067	0,065	0,064	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055
22,5	0,053	0,065	0,064	0,063	0,062	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,052	0,052

Tabelle 12-2: C_t-Werte, Geräuschmodus 0

12.1.3 Geräuschkurve, Geräuschmodus 0

Schalleistungspegel in Nabenhöhe, Geräuschmodus 0		
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Max. Turbulenz in 10 m Höhe: 16 % Anströmwinkel (senkrecht): $0 \pm 2^\circ$ Luftdichte: $1,225 \text{ kg/m}^3$	
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dBA] (Rotorblätter ohne optionale Sägezahn-Hinterkante)	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dBA] (Rotorblätter mit optionaler Sägezahn-Hinterkante)
3	94,6	93,2
4	94,8	93,2
5	95,6	93,7
6	98,4	96,4
7	101,4	99,6
8	105,1	102,7
9	107,9	105,1
10	108,5	106,0
11	108,5	106,0
12	108,5	106,0
13	108,5	106,0
14	108,5	106,0
15	108,5	106,0
16	108,5	106,0
17	108,5	106,0
18	108,5	106,0
19	108,5	106,0
20	108,5	106,0

Tabelle 12-3: Geräuschkurve, Geräuschmodus 0

12.2 Modus 1

12.2.1 Leistungskurven, Betriebsmodus 1

Luftdichte [kg/m ³]														
Windgeschwindigkeit [m/s]	1,225	0,95	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3,0	30	13	14	16	17	19	20	22	23	25	27	28	32	33
3,5	97	63	66	69	72	75	78	81	84	87	91	94	100	103
4,0	179	128	133	138	142	147	152	156	161	166	170	175	184	189
4,5	278	205	212	219	225	232	239	245	252	259	265	272	285	292
5,0	396	297	306	315	324	333	342	351	360	369	378	387	406	415
5,5	539	407	419	432	444	455	467	479	491	503	515	527	551	563
6,0	711	541	557	572	588	603	619	634	650	665	680	696	726	742
6,5	913	699	718	738	758	777	797	816	836	855	874	894	932	952
7,0	1150	884	909	933	957	982	1006	1030	1054	1078	1102	1126	1174	1198
7,5	1419	1096	1125	1155	1185	1214	1244	1273	1302	1332	1361	1390	1448	1478
8,0	1723	1336	1371	1407	1443	1478	1513	1549	1584	1619	1654	1689	1758	1792
8,5	2046	1595	1637	1679	1720	1762	1803	1844	1884	1925	1965	2005	2085	2125
9,0	2354	1849	1896	1943	1989	2036	2082	2128	2173	2219	2264	2309	2397	2441
9,5	2632	2083	2134	2186	2237	2288	2338	2388	2438	2488	2536	2584	2678	2724
10,0	2856	2288	2343	2398	2453	2508	2559	2611	2663	2715	2762	2809	2896	2937
10,5	3036	2498	2555	2612	2668	2725	2774	2823	2872	2921	2959	2998	3065	3095
11,0	3168	2728	2779	2830	2881	2932	2972	3011	3051	3090	3116	3142	3185	3203
11,5	3250	2939	2981	3023	3064	3106	3131	3157	3182	3207	3221	3235	3257	3265
12,0	3285	3114	3141	3168	3194	3221	3233	3246	3258	3270	3275	3280	3288	3290
12,5	3297	3226	3238	3251	3264	3277	3281	3285	3289	3293	3294	3296	3297	3298
13,0	3300	3279	3283	3287	3291	3295	3296	3297	3298	3299	3299	3299	3300	3300
13,5	3300	3288	3290	3292	3294	3296	3297	3298	3299	3300	3300	3300	3300	3300
14,0	3300	3296	3297	3298	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
14,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
15,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
15,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
16,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
16,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
17,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
17,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
18,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
18,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
19,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
19,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
20,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
20,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
21,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
21,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
22,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
22,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300

Tabelle 12-4: Leistungskurve, Geräuschmodus 1

12.2.2 C_f-Werte, Geräuschmodus 1

Luftdichte kg/m ³														
Windgeschwindigkeit [m/s]	1,225	0,950	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3,0	0,918	0,927	0,926	0,925	0,924	0,924	0,923	0,922	0,921	0,920	0,920	0,919	0,917	0,917
3,5	0,886	0,893	0,892	0,892	0,891	0,890	0,890	0,889	0,889	0,888	0,887	0,887	0,885	0,885
4,0	0,844	0,850	0,850	0,849	0,849	0,848	0,847	0,847	0,846	0,846	0,845	0,845	0,843	0,843
4,5	0,814	0,820	0,819	0,819	0,818	0,817	0,817	0,816	0,816	0,815	0,815	0,814	0,814	0,813
5,0	0,801	0,807	0,807	0,806	0,806	0,805	0,805	0,804	0,804	0,803	0,803	0,802	0,801	0,800
5,5	0,797	0,804	0,804	0,803	0,802	0,802	0,801	0,800	0,800	0,799	0,798	0,798	0,796	0,795
6,0	0,790	0,799	0,798	0,797	0,796	0,796	0,795	0,794	0,793	0,792	0,791	0,790	0,789	0,788
6,5	0,782	0,793	0,792	0,791	0,790	0,789	0,788	0,787	0,786	0,785	0,784	0,783	0,781	0,779
7,0	0,772	0,786	0,784	0,783	0,782	0,781	0,780	0,778	0,777	0,776	0,775	0,773	0,771	0,770
7,5	0,763	0,779	0,777	0,776	0,774	0,773	0,772	0,770	0,769	0,767	0,766	0,764	0,761	0,760
8,0	0,752	0,770	0,769	0,767	0,765	0,764	0,762	0,760	0,759	0,757	0,755	0,754	0,750	0,749
8,5	0,729	0,749	0,747	0,746	0,744	0,742	0,740	0,738	0,737	0,735	0,733	0,731	0,727	0,726
9,0	0,685	0,705	0,704	0,702	0,700	0,698	0,696	0,694	0,693	0,691	0,689	0,687	0,683	0,681
9,5	0,627	0,649	0,647	0,645	0,643	0,641	0,639	0,638	0,636	0,634	0,632	0,630	0,625	0,622
10,0	0,559	0,584	0,583	0,581	0,579	0,577	0,575	0,573	0,571	0,569	0,566	0,563	0,555	0,551
10,5	0,497	0,533	0,531	0,529	0,526	0,524	0,521	0,518	0,514	0,511	0,506	0,501	0,491	0,484
11,0	0,439	0,495	0,491	0,487	0,483	0,479	0,474	0,469	0,464	0,459	0,452	0,446	0,432	0,425
11,5	0,386	0,459	0,453	0,447	0,442	0,436	0,429	0,422	0,415	0,408	0,401	0,394	0,379	0,371
12,0	0,338	0,422	0,414	0,407	0,399	0,392	0,384	0,376	0,368	0,360	0,353	0,345	0,331	0,324
12,5	0,296	0,381	0,373	0,364	0,356	0,347	0,339	0,332	0,324	0,316	0,309	0,302	0,289	0,283
13,0	0,260	0,340	0,331	0,323	0,314	0,306	0,299	0,292	0,285	0,278	0,272	0,266	0,255	0,250
13,5	0,232	0,301	0,294	0,286	0,279	0,271	0,265	0,259	0,253	0,247	0,242	0,237	0,227	0,222
14,0	0,207	0,268	0,261	0,255	0,248	0,241	0,236	0,231	0,225	0,220	0,216	0,211	0,203	0,199
14,5	0,185	0,239	0,234	0,228	0,222	0,216	0,211	0,207	0,202	0,197	0,193	0,189	0,182	0,178
15,0	0,166	0,214	0,209	0,204	0,198	0,193	0,189	0,185	0,181	0,177	0,173	0,170	0,163	0,160
15,5	0,151	0,193	0,188	0,184	0,179	0,175	0,171	0,167	0,164	0,160	0,157	0,154	0,148	0,145
16,0	0,137	0,175	0,171	0,167	0,163	0,159	0,155	0,152	0,149	0,146	0,143	0,140	0,135	0,132
16,5	0,125	0,159	0,156	0,152	0,148	0,145	0,142	0,139	0,136	0,133	0,130	0,128	0,123	0,121
17,0	0,115	0,146	0,142	0,139	0,136	0,132	0,130	0,127	0,124	0,122	0,119	0,117	0,113	0,111
17,5	0,106	0,134	0,131	0,128	0,125	0,122	0,119	0,117	0,114	0,112	0,110	0,108	0,104	0,102
18,0	0,098	0,123	0,120	0,117	0,115	0,112	0,110	0,108	0,105	0,103	0,101	0,099	0,096	0,094
18,5	0,090	0,113	0,111	0,108	0,106	0,104	0,101	0,099	0,097	0,095	0,094	0,092	0,089	0,087
19,0	0,083	0,104	0,102	0,100	0,098	0,095	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,085	0,082	0,081
19,5	0,078	0,097	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,085	0,084	0,082	0,080	0,079	0,076	0,075
20,0	0,072	0,090	0,088	0,086	0,084	0,083	0,081	0,079	0,078	0,076	0,075	0,074	0,071	0,070
20,5	0,068	0,084	0,082	0,081	0,079	0,077	0,076	0,074	0,073	0,071	0,070	0,069	0,067	0,065
21,0	0,063	0,079	0,077	0,075	0,074	0,072	0,071	0,069	0,068	0,067	0,066	0,064	0,062	0,061
21,5	0,060	0,074	0,073	0,071	0,070	0,068	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058
22,0	0,056	0,070	0,068	0,067	0,065	0,064	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055
22,5	0,053	0,065	0,064	0,063	0,062	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,052	0,052

Tabelle 12-5: C_f-Werte, Geräuschmodus 1

12.2.3 Geräuschkurve, Geräuschmodus 1

Schalleistungspegel in Nabenhöhe, Geräuschmodus 1	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Max. Turbulenz in 10 m Höhe: 16 % Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] (Rotorblätter mit optionaler Sägezahn-Hinterkante)
3	93,2
4	93,2
5	93,7
6	96,4
7	99,6
8	102,5
9	104,4
10	105,2
11	105,6
12	105,8
13	105,8
14	105,8
15	105,8
16	105,8
17	105,8
18	105,8
19	105,8
20	105,8

Tabelle 12-6: Geräuschkurve, Geräuschmodus 1

12.3 Modus 2

12.3.1 Leistungskurven, Geräuschmodus 2

Luftdichte [kg/m ³]														
Windgeschwindigkeit [m/s]	1,225	0,95	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3,0	30	13	14	16	17	19	20	22	23	25	27	28	32	33
3,5	97	63	66	69	72	75	78	81	84	87	91	94	100	103
4,0	179	128	133	138	142	147	152	156	161	166	170	175	184	189
4,5	278	205	212	219	225	232	239	245	252	259	265	272	285	292
5,0	396	297	306	315	324	333	342	351	360	369	378	387	405	415
5,5	539	407	419	431	443	455	467	479	491	503	515	527	551	563
6,0	711	541	557	572	588	603	619	634	649	665	680	696	726	742
6,5	913	698	718	738	757	777	796	816	835	855	874	893	932	951
7,0	1146	882	906	931	955	979	1003	1027	1051	1075	1099	1123	1170	1194
7,5	1403	1085	1114	1143	1172	1201	1230	1259	1288	1317	1345	1374	1431	1460
8,0	1672	1300	1335	1369	1403	1437	1471	1505	1539	1573	1606	1639	1705	1738
8,5	1944	1520	1560	1599	1638	1677	1716	1754	1793	1831	1869	1906	1981	2018
9,0	2213	1741	1785	1828	1872	1916	1959	2002	2045	2088	2129	2171	2254	2295
9,5	2470	1964	2013	2061	2109	2158	2204	2250	2296	2342	2385	2427	2508	2546
10,0	2689	2198	2249	2301	2353	2405	2449	2494	2539	2584	2619	2654	2717	2745
10,5	2846	2441	2491	2541	2591	2640	2675	2709	2744	2778	2801	2823	2861	2876
11,0	2946	2656	2697	2738	2779	2820	2844	2867	2890	2913	2924	2935	2952	2958
11,5	3000	2834	2862	2890	2918	2946	2956	2967	2978	2989	2992	2996	3001	3003
12,0	3036	2955	2971	2986	3001	3017	3021	3025	3029	3033	3034	3035	3037	3037
12,5	3068	3026	3034	3042	3050	3059	3061	3062	3064	3066	3067	3067	3068	3068
13,0	3094	3060	3067	3073	3079	3085	3087	3089	3091	3092	3093	3093	3094	3094
13,5	3120	3098	3102	3106	3110	3114	3116	3117	3118	3119	3119	3120	3120	3120
14,0	3138	3107	3112	3118	3123	3129	3131	3132	3134	3136	3136	3137	3138	3138
14,5	3151	3113	3120	3127	3133	3140	3142	3144	3146	3148	3149	3150	3151	3152
15,0	3157	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3145	3149	3152	3154	3155	3158	3158
15,5	3163	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3152	3156	3159	3160	3162	3164	3164
16,0	3167	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3159	3162	3164	3165	3166	3168	3168
16,5	3170	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3165	3166	3168	3169	3170	3170	3171
17,0	3172	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3168	3170	3171	3171	3172	3172	3172
17,5	3173	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3170	3171	3172	3172	3173	3173	3174
18,0	3174	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3172	3173	3174	3174	3174	3174	3174
18,5	3174	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3174	3174	3174	3174	3174	3175	3175
19,0	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175
19,5	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175
20,0	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175
20,5	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175
21,0	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175
21,5	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175
22,0	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175
22,5	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175

Tabelle 12-7: Leistungskurve, Geräuschmodus 2

12.3.2 C_t-Werte, Geräuschmodus 2

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte kg/m ³													
	1,225	0,950	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3,0	0,918	0,927	0,926	0,925	0,924	0,924	0,923	0,922	0,921	0,920	0,920	0,919	0,917	0,917
3,5	0,886	0,893	0,892	0,892	0,891	0,890	0,890	0,889	0,889	0,888	0,887	0,887	0,885	0,885
4,0	0,844	0,850	0,850	0,849	0,849	0,848	0,847	0,847	0,846	0,846	0,845	0,845	0,843	0,843
4,5	0,814	0,820	0,819	0,819	0,818	0,817	0,817	0,816	0,816	0,815	0,815	0,814	0,813	0,813
5,0	0,801	0,807	0,807	0,806	0,806	0,805	0,805	0,804	0,804	0,803	0,802	0,802	0,801	0,800
5,5	0,797	0,804	0,804	0,803	0,802	0,802	0,801	0,800	0,800	0,799	0,798	0,797	0,796	0,795
6,0	0,789	0,799	0,798	0,797	0,796	0,795	0,795	0,794	0,793	0,792	0,791	0,790	0,789	0,788
6,5	0,779	0,791	0,790	0,789	0,788	0,787	0,786	0,785	0,784	0,783	0,781	0,780	0,778	0,777
7,0	0,763	0,776	0,775	0,774	0,772	0,771	0,770	0,769	0,768	0,766	0,765	0,764	0,762	0,760
7,5	0,735	0,750	0,749	0,747	0,746	0,745	0,743	0,742	0,740	0,739	0,738	0,736	0,733	0,732
8,0	0,696	0,712	0,710	0,709	0,708	0,706	0,705	0,703	0,702	0,700	0,699	0,697	0,695	0,693
8,5	0,651	0,667	0,665	0,664	0,662	0,661	0,660	0,658	0,657	0,655	0,654	0,652	0,649	0,648
9,0	0,605	0,620	0,619	0,618	0,616	0,615	0,614	0,612	0,611	0,609	0,608	0,607	0,604	0,602
9,5	0,559	0,579	0,577	0,576	0,575	0,573	0,572	0,570	0,568	0,566	0,564	0,562	0,556	0,553
10,0	0,509	0,544	0,542	0,540	0,538	0,537	0,533	0,530	0,527	0,524	0,519	0,514	0,503	0,497
10,5	0,455	0,514	0,511	0,507	0,504	0,501	0,495	0,489	0,483	0,477	0,469	0,462	0,447	0,439
11,0	0,400	0,478	0,473	0,467	0,462	0,456	0,449	0,441	0,433	0,426	0,417	0,409	0,392	0,384
11,5	0,349	0,440	0,432	0,425	0,417	0,409	0,401	0,392	0,383	0,374	0,366	0,358	0,342	0,334
12,0	0,306	0,397	0,388	0,379	0,371	0,362	0,354	0,345	0,337	0,328	0,321	0,314	0,300	0,293
12,5	0,271	0,353	0,345	0,336	0,328	0,319	0,312	0,304	0,297	0,289	0,283	0,277	0,265	0,259
13,0	0,241	0,313	0,305	0,298	0,290	0,283	0,276	0,270	0,263	0,257	0,252	0,246	0,236	0,231
13,5	0,217	0,281	0,274	0,267	0,260	0,254	0,248	0,242	0,237	0,231	0,226	0,221	0,212	0,208
14,0	0,195	0,250	0,244	0,239	0,233	0,227	0,222	0,217	0,212	0,207	0,203	0,199	0,191	0,187
14,5	0,176	0,224	0,219	0,214	0,209	0,204	0,200	0,195	0,191	0,187	0,183	0,179	0,172	0,169
15,0	0,158	0,200	0,196	0,191	0,187	0,183	0,179	0,175	0,172	0,168	0,165	0,161	0,155	0,152
15,5	0,144	0,181	0,177	0,173	0,170	0,166	0,162	0,159	0,156	0,152	0,150	0,147	0,141	0,139
16,0	0,131	0,165	0,161	0,158	0,154	0,151	0,148	0,145	0,142	0,139	0,136	0,134	0,129	0,126
16,5	0,120	0,151	0,148	0,144	0,141	0,138	0,135	0,133	0,130	0,127	0,125	0,122	0,118	0,116
17,0	0,110	0,139	0,136	0,133	0,130	0,127	0,124	0,122	0,119	0,117	0,114	0,112	0,108	0,106
17,5	0,101	0,127	0,125	0,122	0,119	0,116	0,114	0,112	0,109	0,107	0,105	0,103	0,100	0,098
18,0	0,094	0,118	0,115	0,112	0,110	0,107	0,105	0,103	0,101	0,099	0,097	0,095	0,092	0,090
18,5	0,087	0,109	0,106	0,104	0,102	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,090	0,088	0,085	0,084
19,0	0,080	0,100	0,098	0,096	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,084	0,083	0,081	0,079	0,077
19,5	0,074	0,093	0,091	0,089	0,087	0,085	0,083	0,082	0,080	0,079	0,077	0,076	0,073	0,072
20,0	0,069	0,087	0,085	0,083	0,081	0,079	0,078	0,076	0,075	0,073	0,072	0,071	0,068	0,067
20,5	0,065	0,081	0,079	0,077	0,076	0,074	0,073	0,071	0,070	0,068	0,067	0,066	0,064	0,063
21,0	0,061	0,075	0,074	0,072	0,071	0,069	0,068	0,067	0,065	0,064	0,063	0,062	0,060	0,059
21,5	0,058	0,071	0,070	0,068	0,067	0,065	0,064	0,063	0,062	0,061	0,060	0,059	0,057	0,056
22,0	0,054	0,067	0,066	0,064	0,063	0,061	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,053	0,052
22,5	0,051	0,063	0,062	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,050	0,049

Tabelle 12-8: C_t-Werte, Geräuschmodus 2

12.3.3 Geräuschkurve, Geräuschmodus 2

Schalleistungspegel in Nabenhöhe, Geräuschmodus 2	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Max. Turbulenz in 10 m Höhe: 16 % Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] (Rotorblätter mit optionaler Sägezahn-Hinterkante)
3	93,2
4	93,2
5	93,7
6	96,4
7	99,6
8	101,8
9	102,6
10	102,9
11	103,4
12	103,8
13	104,2
14	104,5
15	104,5
16	104,5
17	104,5
18	104,5
19	104,5
20	104,5

Tabelle 12-9: Geräuschkurve, Geräuschmodus 2

12.4 Modus 3

12.4.1 Leistungskurve, Geräuschmodus 3

Luftdichte [kg/m ³]														
Windgeschwindigkeit [m/s]	1,225	0,95	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3,0	30	13	14	16	17	19	20	22	23	25	27	28	32	33
3,5	97	63	66	69	72	75	78	81	84	87	91	94	100	103
4,0	179	128	133	138	142	147	152	156	161	166	170	175	184	189
4,5	278	205	212	219	225	232	239	245	252	259	265	272	285	292
5,0	396	297	306	315	324	333	342	351	360	369	378	387	405	414
5,5	535	405	417	429	440	452	464	476	488	500	511	523	547	558
6,0	696	531	546	561	576	591	606	621	636	651	666	681	711	725
6,5	873	671	690	708	727	745	764	782	800	819	837	855	891	909
7,0	1062	822	844	866	888	910	932	954	976	997	1019	1041	1084	1105
7,5	1252	974	999	1025	1051	1076	1102	1127	1152	1177	1202	1227	1277	1302
8,0	1457	1137	1166	1196	1225	1255	1284	1313	1342	1371	1400	1429	1486	1514
8,5	1688	1320	1354	1388	1422	1456	1489	1523	1556	1589	1622	1655	1720	1752
9,0	1939	1522	1561	1600	1639	1678	1716	1753	1791	1829	1865	1902	1973	2008
9,5	2182	1735	1778	1821	1864	1907	1947	1987	2028	2068	2106	2144	2216	2250
10,0	2410	1970	2016	2061	2106	2152	2192	2233	2273	2314	2346	2378	2435	2460
10,5	2572	2205	2250	2295	2340	2385	2417	2448	2480	2511	2531	2552	2586	2600
11,0	2675	2416	2453	2490	2527	2564	2584	2605	2625	2646	2655	2665	2680	2685
11,5	2733	2593	2617	2640	2664	2688	2697	2706	2715	2724	2727	2730	2734	2735
12,0	2777	2710	2723	2735	2748	2760	2764	2767	2770	2774	2775	2776	2777	2778
12,5	2818	2787	2793	2799	2805	2811	2812	2814	2815	2816	2817	2817	2818	2818
13,0	2856	2842	2845	2847	2850	2853	2854	2854	2855	2855	2855	2856	2856	2856
13,5	2894	2885	2887	2889	2890	2892	2893	2893	2893	2893	2893	2893	2893	2894
14,0	2922	2918	2919	2920	2921	2922	2922	2922	2922	2922	2922	2922	2922	2922
14,5	2944	2942	2942	2943	2943	2943	2943	2943	2944	2944	2944	2944	2944	2944
15,0	2956	2954	2955	2955	2955	2956	2956	2956	2956	2956	2956	2956	2956	2956
15,5	2965	2964	2965	2965	2965	2965	2965	2965	2965	2965	2965	2965	2965	2965
16,0	2971	2970	2970	2971	2971	2971	2971	2971	2971	2971	2971	2971	2971	2971
16,5	2974	2974	2974	2974	2974	2974	2974	2974	2974	2974	2974	2974	2974	2974
17,0	2976	2976	2976	2976	2976	2976	2976	2976	2976	2976	2976	2976	2976	2976
17,5	2978	2978	2978	2978	2978	2978	2978	2978	2978	2978	2978	2978	2978	2978
18,0	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979
18,5	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979
19,0	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979
19,5	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979
20,0	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979
20,5	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979
21,0	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979
21,5	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979
22,0	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979
22,5	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979

Tabelle 12-10: Leistungskurve, Geräuschmodus 3

12.4.2 C_t-Werte, Geräuschmodus 3

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte kg/m ³													
	1,225	0,950	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3,0	0,918	0,927	0,926	0,925	0,924	0,924	0,923	0,922	0,921	0,920	0,920	0,919	0,917	0,917
3,5	0,886	0,893	0,892	0,892	0,891	0,890	0,890	0,889	0,889	0,888	0,887	0,887	0,885	0,885
4,0	0,844	0,850	0,850	0,849	0,849	0,848	0,847	0,847	0,846	0,846	0,845	0,845	0,843	0,843
4,5	0,813	0,819	0,819	0,818	0,818	0,817	0,817	0,816	0,816	0,815	0,815	0,814	0,813	0,813
5,0	0,792	0,798	0,798	0,797	0,797	0,796	0,796	0,795	0,795	0,794	0,793	0,793	0,792	0,791
5,5	0,766	0,774	0,773	0,773	0,772	0,771	0,771	0,770	0,769	0,768	0,768	0,767	0,766	0,765
6,0	0,732	0,741	0,740	0,739	0,739	0,738	0,737	0,736	0,735	0,734	0,734	0,733	0,731	0,730
6,5	0,692	0,703	0,702	0,701	0,700	0,699	0,698	0,697	0,696	0,695	0,694	0,693	0,691	0,690
7,0	0,645	0,656	0,655	0,654	0,653	0,652	0,651	0,650	0,649	0,648	0,647	0,646	0,643	0,642
7,5	0,594	0,605	0,604	0,603	0,602	0,601	0,600	0,599	0,598	0,597	0,596	0,595	0,593	0,592
8,0	0,551	0,562	0,561	0,560	0,559	0,558	0,557	0,556	0,555	0,554	0,553	0,552	0,550	0,549
8,5	0,520	0,531	0,530	0,529	0,528	0,527	0,526	0,525	0,524	0,523	0,522	0,521	0,519	0,518
9,0	0,497	0,507	0,506	0,505	0,504	0,504	0,503	0,502	0,501	0,500	0,499	0,498	0,495	0,493
9,5	0,470	0,485	0,484	0,483	0,482	0,481	0,480	0,478	0,477	0,475	0,474	0,472	0,468	0,465
10,0	0,441	0,469	0,468	0,466	0,464	0,463	0,460	0,458	0,455	0,453	0,449	0,445	0,436	0,431
10,5	0,401	0,451	0,448	0,446	0,443	0,440	0,435	0,430	0,425	0,420	0,414	0,407	0,394	0,388
11,0	0,357	0,426	0,421	0,416	0,411	0,406	0,400	0,393	0,386	0,379	0,372	0,364	0,349	0,342
11,5	0,314	0,396	0,389	0,382	0,375	0,367	0,360	0,352	0,344	0,336	0,328	0,321	0,307	0,300
12,0	0,277	0,359	0,351	0,343	0,335	0,327	0,319	0,312	0,304	0,296	0,290	0,283	0,271	0,265
12,5	0,246	0,322	0,314	0,306	0,298	0,290	0,283	0,277	0,270	0,263	0,257	0,252	0,241	0,236
13,0	0,220	0,288	0,281	0,274	0,266	0,259	0,253	0,247	0,241	0,235	0,230	0,225	0,216	0,211
13,5	0,199	0,260	0,253	0,247	0,240	0,234	0,228	0,223	0,218	0,213	0,208	0,204	0,195	0,191
14,0	0,180	0,234	0,228	0,222	0,216	0,211	0,206	0,201	0,197	0,192	0,188	0,184	0,177	0,173
14,5	0,163	0,211	0,206	0,201	0,195	0,190	0,186	0,182	0,178	0,174	0,170	0,167	0,160	0,157
15,0	0,147	0,190	0,185	0,180	0,176	0,171	0,168	0,164	0,160	0,157	0,153	0,150	0,145	0,142
15,5	0,134	0,172	0,168	0,164	0,160	0,156	0,152	0,149	0,146	0,142	0,140	0,137	0,132	0,129
16,0	0,122	0,156	0,153	0,149	0,145	0,142	0,139	0,136	0,133	0,130	0,127	0,125	0,120	0,118
16,5	0,112	0,143	0,139	0,136	0,133	0,129	0,127	0,124	0,121	0,119	0,117	0,114	0,110	0,108
17,0	0,103	0,131	0,128	0,125	0,122	0,119	0,116	0,114	0,111	0,109	0,107	0,105	0,101	0,099
17,5	0,095	0,120	0,117	0,115	0,112	0,109	0,107	0,105	0,102	0,100	0,098	0,097	0,093	0,091
18,0	0,087	0,110	0,108	0,106	0,103	0,101	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,089	0,086	0,084
18,5	0,081	0,102	0,100	0,098	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,086	0,084	0,083	0,080	0,078
19,0	0,075	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,084	0,082	0,081	0,079	0,078	0,076	0,074	0,072
19,5	0,070	0,087	0,085	0,083	0,082	0,080	0,078	0,077	0,075	0,074	0,072	0,071	0,068	0,067
20,0	0,065	0,081	0,079	0,078	0,076	0,074	0,073	0,071	0,070	0,069	0,067	0,066	0,064	0,063
20,5	0,061	0,076	0,074	0,073	0,071	0,069	0,068	0,067	0,065	0,064	0,063	0,062	0,060	0,059
21,0	0,057	0,071	0,069	0,068	0,066	0,065	0,064	0,062	0,061	0,060	0,059	0,058	0,056	0,055
21,5	0,054	0,067	0,065	0,064	0,063	0,061	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,053	0,052
22,0	0,051	0,063	0,061	0,060	0,059	0,058	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,052	0,050	0,049
22,5	0,048	0,059	0,058	0,057	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,049	0,047	0,046

Tabelle 12-11: C_t-Werte, Geräuschmodus 3

12.4.3 Geräuschkurve, Geräuschmodus 3

Schalleistungspegel in Nabenhöhe, Geräuschmodus 3	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Max. Turbulenz in 10 m Höhe: 16 % Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] (Rotorblätter mit optionaler Sägezahn-Hinterkante)
3	93,2
4	93,2
5	93,7
6	96,3
7	98,9
8	99,8
9	100,1
10	100,5
11	101,2
12	101,7
13	102,5
14	102,5
15	102,5
16	102,5
17	102,5
18	102,5
19	102,5
20	102,5

Tabelle 12-12: Geräuschkurven, Geräuschmodus 3

12.5 Modus 4

12.5.1 Leistungskurven, Geräuschmodus 4

Luftdichte [kg/m ³]														
Windgeschwindigkeit [m/s]	1,225	0,95	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3,0	30	13	14	16	17	19	20	22	23	25	27	28	32	33
3,5	97	63	66	69	72	75	78	81	84	87	91	94	100	103
4,0	179	128	133	138	142	147	152	156	161	166	170	175	184	189
4,5	278	205	212	219	225	232	239	245	252	259	265	272	285	292
5,0	396	297	306	315	324	333	342	351	360	369	378	387	405	415
5,5	539	407	419	431	443	455	467	479	491	503	515	527	551	563
6,0	711	541	557	572	588	603	619	634	649	665	680	696	726	742
6,5	912	698	717	737	757	776	796	815	835	854	874	893	931	951
7,0	1132	879	903	927	951	975	998	1022	1045	1068	1089	1111	1149	1166
7,5	1274	1067	1092	1117	1142	1167	1184	1202	1220	1238	1250	1262	1282	1290
8,0	1318	1218	1234	1250	1266	1282	1288	1295	1302	1308	1312	1315	1320	1321
8,5	1325	1294	1300	1305	1311	1317	1318	1320	1322	1324	1324	1324	1325	1325
9,0	1325	1318	1320	1321	1323	1324	1324	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
9,5	1325	1322	1323	1323	1324	1324	1324	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
10,0	1325	1324	1324	1324	1324	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
10,5	1325	1324	1324	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
11,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
11,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
12,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
12,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
13,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
13,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
14,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
14,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
15,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
15,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
16,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
16,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
17,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
17,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
18,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
18,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
19,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
19,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
20,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
20,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
21,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
21,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
22,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
22,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325

Tabelle 12-13: Leistungskurve, Geräuschmodus 4

12.5.2 C_t-Werte, Geräuschmodus 4

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte kg/m ³													
	1,225	0,950	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3,0	0,918	0,927	0,926	0,925	0,924	0,924	0,923	0,922	0,921	0,920	0,920	0,919	0,917	0,917
3,5	0,886	0,893	0,892	0,892	0,891	0,890	0,890	0,889	0,888	0,888	0,887	0,887	0,885	0,885
4,0	0,844	0,850	0,850	0,849	0,849	0,848	0,847	0,847	0,846	0,846	0,845	0,845	0,843	0,843
4,5	0,814	0,820	0,819	0,819	0,818	0,817	0,817	0,816	0,816	0,815	0,815	0,814	0,813	0,813
5,0	0,801	0,807	0,807	0,806	0,806	0,805	0,805	0,804	0,804	0,803	0,802	0,802	0,801	0,800
5,5	0,797	0,804	0,804	0,803	0,802	0,802	0,801	0,800	0,800	0,799	0,798	0,797	0,796	0,795
6,0	0,790	0,799	0,798	0,797	0,797	0,796	0,795	0,794	0,793	0,792	0,791	0,790	0,789	0,788
6,5	0,782	0,793	0,792	0,791	0,790	0,789	0,788	0,787	0,786	0,785	0,784	0,783	0,781	0,780
7,0	0,749	0,779	0,778	0,777	0,776	0,775	0,772	0,770	0,767	0,765	0,759	0,754	0,739	0,730
7,5	0,633	0,740	0,734	0,729	0,723	0,717	0,706	0,695	0,684	0,673	0,660	0,647	0,619	0,604
8,0	0,496	0,650	0,638	0,625	0,612	0,600	0,584	0,569	0,553	0,537	0,524	0,510	0,484	0,471
8,5	0,393	0,535	0,520	0,506	0,491	0,477	0,464	0,451	0,438	0,425	0,414	0,404	0,384	0,374
9,0	0,321	0,433	0,421	0,409	0,396	0,384	0,374	0,364	0,354	0,345	0,337	0,329	0,314	0,307
9,5	0,268	0,356	0,346	0,337	0,327	0,317	0,310	0,302	0,295	0,287	0,281	0,274	0,263	0,257
10,0	0,227	0,298	0,291	0,283	0,275	0,267	0,261	0,255	0,249	0,243	0,238	0,233	0,223	0,218
10,5	0,195	0,254	0,248	0,241	0,235	0,229	0,223	0,218	0,213	0,208	0,204	0,199	0,191	0,188
11,0	0,169	0,219	0,213	0,208	0,203	0,197	0,193	0,189	0,184	0,180	0,176	0,173	0,166	0,163
11,5	0,148	0,190	0,186	0,181	0,177	0,172	0,168	0,165	0,161	0,157	0,154	0,151	0,145	0,142
12,0	0,130	0,167	0,163	0,159	0,155	0,151	0,148	0,145	0,141	0,138	0,136	0,133	0,128	0,125
12,5	0,115	0,147	0,144	0,141	0,137	0,134	0,131	0,128	0,125	0,123	0,120	0,118	0,113	0,111
13,0	0,103	0,131	0,128	0,125	0,122	0,119	0,117	0,114	0,112	0,109	0,107	0,105	0,101	0,099
13,5	0,093	0,118	0,115	0,112	0,110	0,107	0,105	0,103	0,101	0,098	0,096	0,095	0,091	0,090
14,0	0,084	0,106	0,103	0,101	0,099	0,096	0,094	0,092	0,091	0,089	0,087	0,085	0,082	0,081
14,5	0,076	0,096	0,093	0,091	0,089	0,087	0,085	0,084	0,082	0,080	0,079	0,077	0,074	0,073
15,0	0,069	0,086	0,084	0,083	0,081	0,079	0,077	0,076	0,074	0,073	0,071	0,070	0,067	0,066
15,5	0,063	0,079	0,077	0,075	0,073	0,072	0,070	0,069	0,068	0,066	0,065	0,064	0,062	0,061
16,0	0,057	0,072	0,070	0,069	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,061	0,060	0,059	0,057	0,056
16,5	0,053	0,066	0,064	0,063	0,062	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,052	0,051
17,0	0,049	0,061	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,053	0,052	0,051	0,051	0,050	0,048	0,047
17,5	0,045	0,056	0,055	0,054	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,048	0,047	0,046	0,044	0,044
18,0	0,042	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,043	0,041	0,041
18,5	0,039	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040	0,038	0,038
19,0	0,036	0,045	0,044	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035
19,5	0,034	0,042	0,041	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,034	0,033	0,033
20,0	0,032	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035	0,035	0,034	0,033	0,033	0,032	0,031	0,031
20,5	0,030	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,029	0,029
21,0	0,028	0,034	0,034	0,033	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,029	0,029	0,029	0,028	0,027
21,5	0,027	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,029	0,029	0,028	0,028	0,028	0,027	0,026	0,026
22,0	0,025	0,031	0,030	0,029	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026	0,026	0,025	0,025
22,5	0,024	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026	0,025	0,025	0,025	0,024	0,024	0,023

Tabelle 12-14: C_t-Werte, Geräuschmodus 4

12.5.3 Geräuschkurve, Geräuschmodus 4

Schalleistungspegel in Nabenhöhe, Geräuschmodus 3	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Max. Turbulenz in 10 m Höhe: 16 % Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m³
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] (Rotorblätter mit optionaler Sägezahn-Hinterkante)
3	93,2
4	93,2
5	93,7
6	96,3
7	98,2
8	98,3
9	98,3
10	98,3
11	98,3
12	98,3
13	98,3
14	98,3
15	98,3
16	98,3
17	98,3
18	98,3
19	98,3
20	98,3

Tabelle 12-15: Geräuschkurven, Geräuschmodus 4

12.6 3,45-MW-Leistungsmodus

12.6.1 Leistungskurven, 3,45-MW-Leistungsmodus

Luftdichte [kg/m ³]														
Windgeschwindigkeit [m/s]	1,225	0,95	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3,0	31	13	15	16	18	19	21	22	24	26	27	29	33	34
3,5	97	64	67	70	73	76	79	82	85	88	91	94	100	103
4,0	180	129	133	138	143	147	152	157	161	166	171	175	184	189
4,5	279	206	212	219	226	232	239	246	252	259	265	272	285	292
5,0	397	297	306	315	324	333	342	351	361	370	379	388	406	415
5,5	539	408	420	432	444	456	468	480	492	504	516	528	551	563
6,0	711	541	557	572	588	603	619	634	650	665	681	696	727	742
6,5	914	699	719	738	758	778	797	817	836	855	875	894	933	952
7,0	1151	885	909	933	958	982	1006	1030	1054	1079	1103	1127	1174	1198
7,5	1419	1096	1126	1155	1185	1214	1244	1273	1302	1332	1361	1390	1448	1477
8,0	1722	1336	1371	1407	1442	1478	1513	1548	1583	1618	1653	1687	1755	1789
8,5	2059	1606	1648	1690	1732	1774	1815	1856	1897	1938	1978	2018	2098	2138
9,0	2434	1909	1958	2007	2056	2105	2153	2200	2248	2295	2342	2388	2479	2524
9,5	2815	2239	2295	2350	2406	2462	2514	2567	2619	2672	2719	2767	2858	2901
10,0	3132	2582	2641	2699	2758	2817	2867	2916	2966	3016	3054	3093	3162	3193
10,5	3322	2902	2955	3007	3059	3112	3147	3183	3218	3254	3276	3299	3338	3354
11,0	3411	3148	3186	3224	3262	3300	3319	3339	3359	3380	3390	3401	3418	3425
11,5	3443	3320	3340	3360	3380	3400	3408	3417	3425	3433	3436	3440	3444	3446
12,0	3449	3406	3414	3422	3431	3439	3441	3443	3445	3448	3448	3448	3449	3450
12,5	3450	3439	3441	3443	3446	3448	3448	3449	3449	3450	3450	3450	3450	3450
13,0	3450	3447	3448	3448	3449	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
13,5	3450	3449	3449	3449	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
14,0	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
14,5	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
15,0	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
15,5	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
16,0	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
16,5	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
17,0	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
17,5	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
18,0	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
18,5	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
19,0	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
19,5	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
20,0	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
20,5	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
21,0	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
21,5	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
22,0	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
22,5	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450

Tabelle 12-16: Leistungskurven, 3,45-MW-Leistungsmodus

12.6.2 C_t -Werte, 3,45-MW-Leistungsmodus

Luftdichte kg/m ³														
Windgeschwindigkeit [m/s]	1,225	0,950	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3,0	0,905	0,915	0,914	0,913	0,912	0,911	0,910	0,909	0,909	0,908	0,907	0,906	0,904	0,903
3,5	0,867	0,875	0,874	0,873	0,873	0,872	0,871	0,870	0,870	0,869	0,868	0,867	0,866	0,865
4,0	0,844	0,851	0,851	0,850	0,849	0,849	0,848	0,848	0,847	0,846	0,846	0,845	0,844	0,843
4,5	0,820	0,826	0,826	0,825	0,825	0,824	0,823	0,823	0,822	0,822	0,821	0,821	0,820	0,819
5,0	0,807	0,814	0,813	0,813	0,812	0,811	0,811	0,810	0,810	0,809	0,808	0,808	0,806	0,806
5,5	0,802	0,810	0,810	0,809	0,808	0,808	0,807	0,806	0,805	0,804	0,804	0,803	0,801	0,800
6,0	0,794	0,805	0,804	0,803	0,802	0,801	0,800	0,799	0,798	0,797	0,796	0,795	0,793	0,792
6,5	0,785	0,798	0,797	0,796	0,795	0,793	0,792	0,791	0,790	0,789	0,788	0,786	0,784	0,783
7,0	0,775	0,790	0,789	0,787	0,786	0,785	0,783	0,782	0,781	0,779	0,778	0,777	0,774	0,772
7,5	0,765	0,782	0,781	0,779	0,778	0,776	0,774	0,773	0,771	0,770	0,768	0,766	0,763	0,761
8,0	0,753	0,774	0,772	0,770	0,768	0,767	0,765	0,763	0,761	0,759	0,757	0,755	0,751	0,749
8,5	0,744	0,768	0,766	0,764	0,762	0,760	0,757	0,755	0,753	0,751	0,749	0,747	0,742	0,740
9,0	0,740	0,770	0,767	0,765	0,762	0,760	0,757	0,754	0,752	0,749	0,746	0,743	0,737	0,734
9,5	0,718	0,769	0,765	0,761	0,757	0,754	0,749	0,744	0,740	0,735	0,729	0,724	0,711	0,705
10,0	0,663	0,753	0,746	0,740	0,733	0,727	0,718	0,710	0,702	0,693	0,683	0,673	0,651	0,640
10,5	0,577	0,707	0,697	0,686	0,676	0,666	0,654	0,641	0,629	0,617	0,604	0,590	0,565	0,552
11,0	0,492	0,636	0,623	0,610	0,597	0,584	0,571	0,557	0,543	0,530	0,517	0,505	0,481	0,469
11,5	0,418	0,561	0,547	0,532	0,518	0,503	0,490	0,477	0,464	0,451	0,440	0,429	0,409	0,399
12,0	0,359	0,486	0,472	0,458	0,445	0,431	0,420	0,409	0,398	0,386	0,377	0,368	0,351	0,343
12,5	0,312	0,419	0,407	0,395	0,383	0,371	0,362	0,353	0,343	0,334	0,327	0,319	0,305	0,299
13,0	0,274	0,363	0,353	0,343	0,333	0,323	0,316	0,308	0,300	0,292	0,286	0,280	0,268	0,262
13,5	0,243	0,320	0,311	0,303	0,295	0,286	0,280	0,273	0,266	0,260	0,254	0,249	0,238	0,234
14,0	0,217	0,283	0,276	0,268	0,261	0,254	0,248	0,242	0,237	0,231	0,226	0,222	0,213	0,208
14,5	0,194	0,252	0,246	0,239	0,233	0,227	0,222	0,217	0,212	0,207	0,203	0,199	0,191	0,187
15,0	0,174	0,225	0,219	0,214	0,208	0,203	0,199	0,194	0,190	0,185	0,182	0,178	0,171	0,168
15,5	0,158	0,203	0,198	0,193	0,188	0,183	0,179	0,176	0,172	0,168	0,165	0,161	0,155	0,152
16,0	0,144	0,184	0,179	0,175	0,171	0,166	0,163	0,159	0,156	0,153	0,150	0,147	0,141	0,139
16,5	0,131	0,167	0,163	0,159	0,155	0,152	0,149	0,145	0,142	0,139	0,137	0,134	0,129	0,127
17,0	0,120	0,153	0,149	0,146	0,142	0,139	0,136	0,133	0,130	0,127	0,125	0,123	0,118	0,116
17,5	0,111	0,140	0,137	0,134	0,131	0,127	0,125	0,122	0,120	0,117	0,115	0,113	0,109	0,107
18,0	0,102	0,129	0,126	0,123	0,120	0,117	0,115	0,113	0,110	0,108	0,106	0,104	0,100	0,099
18,5	0,095	0,119	0,116	0,114	0,111	0,108	0,106	0,104	0,102	0,100	0,098	0,096	0,093	0,091
19,0	0,087	0,109	0,107	0,105	0,102	0,100	0,098	0,096	0,094	0,092	0,091	0,089	0,086	0,084
19,5	0,081	0,101	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,086	0,084	0,083	0,080	0,079
20,0	0,076	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,085	0,083	0,082	0,080	0,078	0,077	0,075	0,073
20,5	0,071	0,088	0,086	0,084	0,082	0,081	0,079	0,078	0,076	0,075	0,073	0,072	0,070	0,069
21,0	0,066	0,082	0,081	0,079	0,077	0,075	0,074	0,073	0,071	0,070	0,069	0,068	0,065	0,064
21,5	0,063	0,078	0,076	0,074	0,073	0,071	0,070	0,069	0,067	0,066	0,065	0,064	0,062	0,061
22,0	0,059	0,073	0,071	0,070	0,068	0,067	0,066	0,065	0,063	0,062	0,061	0,060	0,058	0,057
22,5	0,056	0,069	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,061	0,060	0,059	0,058	0,057	0,055	0,054

Tabelle 12-17: C_t -Werte, 3,45-MW-Leistungsmodus

12.6.3 Geräuschkurven, 3,45-MW-Leistungsmodus

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe, 3,45-MW-Leistungsmodus		
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Max. Turbulenz in 10 m Höhe: 16 % Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³	
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dBA] (Rotorblätter ohne optionale Sägezahn-Hinterkante)	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dBA] (Rotorblätter mit optionaler Sägezahn-Hinterkante)
3	94,6	93,2
4	94,8	93,2
5	95,6	93,7
6	98,4	96,4
7	101,4	99,6
8	105,1	102,7
9	107,9	105,1
10	108,5	106,0
11	108,5	106,0
12	108,5	106,0
13	108,5	106,0
14	108,5	106,0
15	108,5	106,0
16	108,5	106,0
17	108,5	106,0
18	108,5	106,0
19	108,5	106,0
20	108,5	106,0

Tabelle 12-18: Geräuschkurven, 3,45-MW-Leistungsmodus



**Schalltechnisches Gutachten gemäß
FGW TR 1 zur Windenergieanlage
Vestas V126-3.45MW Ser.-Nr.: 203839
am Standort Kaufbeuren / Deutschland**

- Betriebsmodus 0 (3450 kW) -

Messung 2015-06-18

Vollständiger Bericht

2015-08-03

SE15022B1

Frimmersdorfer Str. 73a · D-41517 Grevenbroich · Phone +49 (0) 2181 2278-0 · Fax +49 (0) 2181 2278-11 · info@windtest-nrw.de · www.windtest-nrw.de

Geschäftsführerin / Managing Director: Dipl.-Geol. Monika Krämer · Handelsregister/Commercial Register: Amtsgericht Mönchengladbach HRB 7758
USt.-IdNr./VAT No.: DE 183895079 · Steuer-Nr./Tax-ID: 114/5777/0301
Bankverbindungen/Bankaccount: Sparkasse Neuss: BLZ 305 500 00, Kto.-Nr. 800 272 04 · IBAN DE: 7430550000080027204 · BIC: WELA DE DN





**Schalltechnisches Gutachten gemäß
FGW TR 1 zur Windenergieanlage
Vestas V126-3.45MW Ser.-Nr.: 203839
am Standort Kaufbeuren / Deutschland**

- Betriebsmodus 0 (3450 kW) -

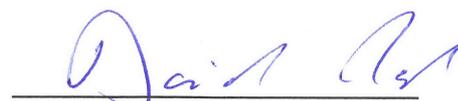
Bericht SE15022B1

Standort bzw. Messort:	Kaufbeuren / Deutschland, Ser.-Nr. 203839		
Auftraggeber:	Vestas Wind Systems A/S Hedeager 44 DK-8200 Aarhus N		
Auftragnehmer:	windtest grevenbroich gmbh Frimmersdorfer Str. 73a D-41517 Grevenbroich		
Datum der Auftragserteilung:	2015-03-13	Auftragsnummer:	15 0073 06

Prüfer:


 B.Sc. Sebastian Schmitter
 Projektleiter

Bearbeiter:


 Dipl.-Ing. David Rode
 Gruppenleiter

Grevenbroich, 2015-08-03

Dieser Bericht darf auszugsweise nur mit schriftlicher Zustimmung der windtest grevenbroich gmbh vervielfältigt werden. Er umfasst insgesamt 43 Seiten inkl. der Anlagen.



1	AUFGABENSTELLUNG	4
2	DURCHFÜHRUNG DER MESSUNG	4
2.1	Messverfahren	4
2.2	Messobjekt	4
2.3	Messort	5
2.4	Messaufbau	5
2.5	Messablauf	8
2.6	Meteorologische Bedingungen	9
3	MESSERGEBNISSE	10
3.1	Subjektives Geräuschempfinden	10
3.2	Richtcharakteristik	10
3.3	Schalldruckpegel	10
3.4	Immissionsrelevanter Schalleistungspegel	13
3.5	Impulshaltigkeit	15
3.6	Pegel von Einzelereignissen	15
3.7	Tonhaltigkeitsanalyse	15
3.7.1	Verfahren der Tonhaltigkeitsanalyse	15
3.7.2	Ergebnisse der Tonhaltigkeitsanalyse	16
3.8	Turbulenzintensität	17
3.9	Betriebszustand während der Messung	17
4	MESSUNSICHERHEIT	18
4.1	Messunsicherheit Typ A	18
4.2	Messunsicherheiten Typ B	18
4.3	Abschätzung der Gesamtmessunsicherheit U_c	19
4.4	Messunsicherheiten für Tonhaltigkeiten	19
4.5	Messunsicherheiten für Terzspektren	19
5	ABWEICHUNGEN ZUR RICHTLINIE FGW TR 1	20
6	ZUSAMMENFASSUNG	21
7	LITERATURVERZEICHNIS	22
8	VERZEICHNIS DER VERWENDETEN FORMELZEICHEN UND ABKÜRZUNGEN	23
9	BEARBEITUNGSVERLAUF	24
10	ANHANG	25

Anhang 1	Herstellerbescheinigung
Anhang 2	Leistungskennlinie
Anhang 3	Oktav- und Terzspektrum
Anhang 4	Schmalbandspektren



1 Aufgabenstellung

Die windtest grevenbroich gmbh (wtg) wurde 2015-03-13 von Vestas Wind Systems A/S beauftragt, die charakteristische Geräuschabstrahlung der Windenergieanlage (WEA) V126-3.45MW mit einer Nabenhöhe von $H = 137$ m inkl. Fundament im Betriebsmodus 0 (3450 kW) am Standort Kaufbeuren / Deutschland gemäß der aktuellen Technischen Richtlinie Teil 1 zu erfassen.

2 Durchführung der Messung

2.1 Messverfahren

Die Mess- und Beurteilungsmethoden basieren auf der Technischen Richtlinie für Windenergieanlagen, Teil 1 „Bestimmung der Schallemissionswerte“ [1], Revision 18, Stand 2008-02-01. Gemäß dieser Richtlinie ist die Tonhaltigkeitsauswertung entsprechend der IEC 61400-11 [2] durchzuführen und nach DIN 45681 [3] mit einem Tonzuschlag K_{TN} zu bewerten.

Angegeben werden der immissionsrelevante Schalleistungspegel sowie die Ton- und Impulshaltigkeit im Nahfeld der WEA im Bereich von 6 m/s bis 10 m/s in 10 m Höhe (und evtl. bei 95 % der Nennleistung, sofern diese unterhalb einer Windgeschwindigkeit von 10 m/s in 10 m Höhe erreicht wird).

2.2 Messobjekt

Beim zu vermessenden Objekt handelt es sich um eine im Dauerbetrieb betriebene Windenergieanlage des Typs V126-3.45MW. Anzumerken ist, dass die WEA über aerodynamische Zusatzkomponenten an den Rotorblättern (Serrations) verfügt.

Akustisch betrachtet setzt sich eine WEA aus mehreren Einzelschallquellen zusammen. Zu nennen sind hier z. B. Komponenten wie Generator, Getriebe und Hydraulikpumpen (falls vorhanden), Transformatoren, Umrichter und Lüfter, welche sowohl über die Öffnungen im Maschinenhaus und im Turm direkt, als auch durch Körperschallübertragung über Maschinenhaus, Blätter und Turm Geräusche abstrahlen. Diese Geräusche können tonhaltig sein.

Aerodynamisch bedingte Geräusche, verursacht durch die Rotation der Rotorblätter, stellen eine weitere wesentliche Schallquelle dar. Diese Geräusche sind in der Regel breitbandig und in erster Linie von der Blattspitzengeschwindigkeit und den Blattprofilen bzw. dem Regelverhalten (Pitch oder Stall) abhängig.

Die vermessene WEA weist die in der Tab. 1 dargestellten Eigenschaften auf. Detaillierte Angaben finden sich in der Herstellerbescheinigung im Anhang.



Tab. 1: Technische Daten der Windenergieanlage

Hersteller	Vestas Wind Systems A/S	
WEA-Typ	V126-3.45MW	
Seriennummer	203839	
Standort	Kaufbeuren / Deutschland	
Nennleistung	3.450 kW	
Leistungsregelung	pitch	
Nabenhöhe ü. Grund	137 m	
Turmbauart	zylindrisch- konischer Stahlrohrturm	
Anordnung Rotorblätter zum Turm	luv	
Anzahl der Rotorblätter	3	
Rotordurchmesser	126 m	
Blatt-Typ	Vestas 62M mit aerodynamischen Zusatzkomponenten (Serrations)	
Nennzahl/ -bereich (Rotor)	12,9 / 5,3 – 16,6 min ⁻¹	
Getriebe-Typ	Winergy PZAB 3530,1	
Generator-Typ	Vestas SFIG VND 3.5MW IG	

Abb. 1: WEA V126-3.45MW
Foto nicht vom Messtag

2.3 Messort

Die WEA befindet sich mit weiteren WEA am Standort Kaufbeuren / Deutschland. Die Umgebung der WEA wird landwirtschaftlich genutzt und war zum Zeitpunkt der Messung nicht bestellt. Weiterhin besteht die Umgebung aus zahlreich eingestreuten Bäumen und Baumreihen sowie einzelnen Waldgebieten.

2.4 Messaufbau

Die Anordnung der Messpunkte wurde gemäß [2] gewählt. Die Messung der Schallemissionen am Referenzpunkt wurde mit einem Mikrofon auf einer schallharten Platte mit einem Durchmesser von 1 m in einem Abstand zum Turmmittelpunkt der WEA von $R_{0, \text{gewählt}} = 195 \text{ m}$ durchgeführt. Der Referenzpunkt war in Mitwindrichtung zur WEA angeordnet (Abb. 2).



$$R_0 = H + \frac{D}{2} \pm 20\%$$

(H: Nabenhöhe; D: Rotordurchmesser)

Die Schalldruckpegel (Betriebs- bzw. Gesamtgeräusche und Fremdgeräusche) wurden mit Hilfe eines Mikrofons und eines Schallpegelmessers aufgezeichnet und für nachträgliche Analysen zeitgleich mit einem Audiorecorder aufgenommen. Bei der Messung wurde ein sekundärer halbkugelförmiger Windschirm (Spezifikation nach [2]) verwendet. Der Frequenzgang des Windschirms ist bekannt. Der dämpfende Einfluss beträgt 0,2 dB und wurde im Folgenden berücksichtigt.

Die eingespeiste Wirkleistung der WEA wurde von der wtg über die Anlagensteuerung aufgezeichnet.

Da die WEA V126-3.45MW auf Grund der regelbaren Drehzahl in verschiedenen Betriebsmodi betrieben werden kann, ist nach [1] vorgesehen, zur eindeutigen Charakterisierung des Betriebszustandes die Drehzahl der WEA während der Messung mit aufzuzeichnen.

Das Drehzahlsignal und das Signal der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe wurden ebenfalls von der wtg über die Anlagensteuerung aufgezeichnet.

Die Windrichtung und Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe wurden von einem Anemometer und einer Windfahne im Abstand von 80 m seitlich zur WEA erfasst (Abb. 3), digitalisiert und auf der Festplatte des Messrechners gespeichert.



Abb. 2: Aufbau Mikrofon



Abb. 3: Aufbau Windmessmast
(Foto nicht vom Messtag)

Die Erfassung der meteorologischen, akustischen und elektrischen Signale wurde mit Hilfe einer Funkuhr (DCF77) synchronisiert. Die verwendeten Messgeräte zur Erfassung aller Signale sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Um eine einwandfreie Daten- und Messsicherheit zu gewährleisten, werden alle Messgeräte in den in [2] genannten Abständen geprüft.

Die gesamte akustische Messkette wurde mit einer Prüfschallquelle vor und nach der Messung kalibriert.



Tab. 2: Messgeräte

Geräte Akustik <i>devices acoustic</i>	Hersteller / Serien-Nr. <i>manufacturer / serial number</i>	Kalibriert bis <i>calibrated until</i>	WTG-Nummer <i>wtg number</i>
Mikrofon <i>microphone</i>	Norsonic, Typ 1225, Serien-Nr. 215436 <i>Norsonic, type 1225, serial-no. 215436</i>	2017-12-31	WTGMT2785
Mikrofonvorverstärker <i>preamplifier</i>	Norsonic, Typ 1209, Serien-Nr. 20175 <i>Norsonic, type 1209, serial-no. 20175</i>	2017-12-31	WTGMT2784
Schallpegelmesser <i>sound level meter</i>	Norsonic 140, Serien-Nr. 1406096 <i>Norsonic 140, serial-no. 1406096</i>	2017-12-31	WTGMT2783
Akustischer Kalibrator <i>acoustical calibrator</i>	Norsonic, Typ 1251, Serien-Nr. 34157 <i>Norsonic, type 1251, serial-no. 34157</i>	2016-01-20	WTGMT2786
Prim. Windschirm <i>primary wind screen</i>	Norsonic <i>Norsonic</i>		
Sek. Windschirm <i>secondary wind screen</i>	windtest grevenbroich gmbh <i>windtest grevenbroich gmbh</i>		
Geräte Meteorologie <i>meteorological devices</i>	Hersteller / Serien-Nr. <i>manufacturer / serial number</i>	Kalibriert bis <i>calibrated until</i>	WTG-Nummer <i>wtg number</i>
Messmast 10 m <i>meteorological mast</i>	Teksam Clark-Mast, Typ Cot 10-6/HP, Serien-Nr. GK94289 <i>Teksam Clark-Mast, type Cot 10-6/HP, serial- no. GK94289</i>		WTGMT1806
Anemometer <i>anemometer</i>	Thies, Typ: 4.3519.00.700, Serien-Nr. 08120909 <i>Thies, type: 4.3519.00.700, serial no. 08120909</i>	2016-08-16	WTGMT2417
Windfahne <i>wind vane</i>	Thies, Typ: 4.312.30.021A, SN: 0110039 <i>Thies, type: 4.312.30.021A, SN: 0110039</i>		WTGMT1780
Messumformer <i>signal transformer</i>	Weidmüller, Typ: WAZ4 PRO DC/DC <i>Weidmüller, type: WAZ4 PRO DC/DC</i>		WTGMT1402
Messumformer <i>signal transformer</i>	Weidmüller, Typ: WAZ5 PRO RTD <i>Weidmüller, type: WAZ5 PRO RTD</i>		WTGMT1467
Thermometer und Hygrometer <i>thermometer and hygrometer</i>	Thies, 1.1005.54.241, Serien-Nr. 1002-46 <i>Thies, 1.1005.54.241, serial-no. 1002-46</i>		WTGMT2152
Barometer <i>barometer</i>	Greisinger, Typ GDH 12AN <i>Greisinger, type GDH 12AN</i>		WTGMT0563
Geräte Hard- und Software <i>devices hard- and software</i>	Hersteller / Serien-Nr. <i>manufacturer / serial number</i>	Kalibriert bis <i>calibrated until</i>	WTG-Nummer <i>wtg number</i>
Datenlogger <i>data logger</i>	IMC CS4108, Serien-Nr. 125918 <i>IMC CS4108, serial-no. 125918</i>		WTGMT2089
Datenlogger <i>data logger</i>	IMC SCI8, Serien-Nr. 888416 <i>IMC SCI8, serial-no. 888416</i>		WTGMT2090
Computer <i>Computer</i>	Toshiba Tecra R950-15F, Serien-Nr. XC130731 <i>Toshiba Tecra R950-15F, serial-no. XC130731</i>		WTGPC1146
Laserentfernungsmesser <i>laser rangefinder</i>	Yardage Pro, 1000 Serien-Nr. 027178 <i>Yardage Pro, 1000 serial-no. 027178</i>		WTGMT1050

2.5 Messablauf

Die Messung wurde 2015-06-18 von 08¹⁵ Uhr bis 14³⁰ Uhr durchgeführt. Für die Messung der Schallemissionen wurden die benachbarten WEA außer Betrieb gesetzt. Die während der Messung in 10 m Höhe aufgetretenen Windgeschwindigkeiten lagen in einem Bereich zwischen 1 m/s und 11,5 m/s (vergl. Abb. 5). Die abgegebene Wirkleistung der WEA lag zwischen 700 kW und 3.450 kW (vergl. Abb. 6). Während der Messungen des Betriebsgeräusches lief die WEA im Dauerbetrieb.

Bei der Messung wurden parallel der Schalldruckpegel, die elektrische Wirkleistung, die Generatordrehzahl, die Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe und Windgeschwindigkeit sowie Windrichtung in 10 m Höhe gemessen und aufgezeichnet.



Störgeräusche, die während der Messung auftraten (z. B. Autoverkehr, landwirtschaftlicher Verkehr, Flugverkehr), wurden für die Ermittlung der Schallemissionswerte (Betrieb und Hintergrund) ausgeschlossen.

2.6 Meteorologische Bedingungen

Die meteorologischen Bedingungen wurden während der Messzeit kontinuierlich aufgezeichnet. Es herrschten die in Tabelle 3 und Tabelle 4 dargestellten meteorologischen Bedingungen.

Tabelle 3: Meteorologische Bedingungen während der Messzeit

Bewölkung	Heiter bis wolkig
Luftdruck	924 - 926 hPa
Lufttemperatur	15,0 - 16,8 °C
Luftfeuchte	68 - 87 %



3 Messergebnisse

Grundlage aller Auswertungen (Tabellen, Grafiken) ist eine Mittelungszeit von 10 sek. für alle aufgezeichneten Signale.

3.1 Subjektives Geräuschempfinden

Aerodynamisch bedingte Geräusche traten durch die Rotation der Rotorblätter auf. Am Referenzpunkt sind schwache tonhaltige Geräusche bei etwa 4150 Hz zeitweise subjektiv wahrnehmbar. Das Anlagengeräusch ist aber insgesamt als unauffällig einzustufen.

3.2 Richtcharakteristik

Es wurde subjektiv keine ausgeprägte Richtcharakteristik für die WEA V126-3.45MW festgestellt.

3.3 Schalldruckpegel

Zur Analyse der charakteristischen Schallwerte bei den verschiedenen Windgeschwindigkeiten wurden die gemessenen Schalldruckwerte, Leistungswerte und Windgeschwindigkeiten des Messzeitraums nach Status unterschieden und analysiert.

Es wurde unterschieden zwischen den Zeiträumen Anlagenbetrieb (Betriebs- bzw. Gesamtgeräusche, Status = 1) und Anlagenstillstand (Fremdgeräusche, Status = 0,5). Status = 0 bedeutet, dass die Geräuschdaten aufgrund von Störgeräuschen oder anderen Betriebsmodi nicht für die Auswertung herangezogen werden dürfen (vgl. Abb. 4).

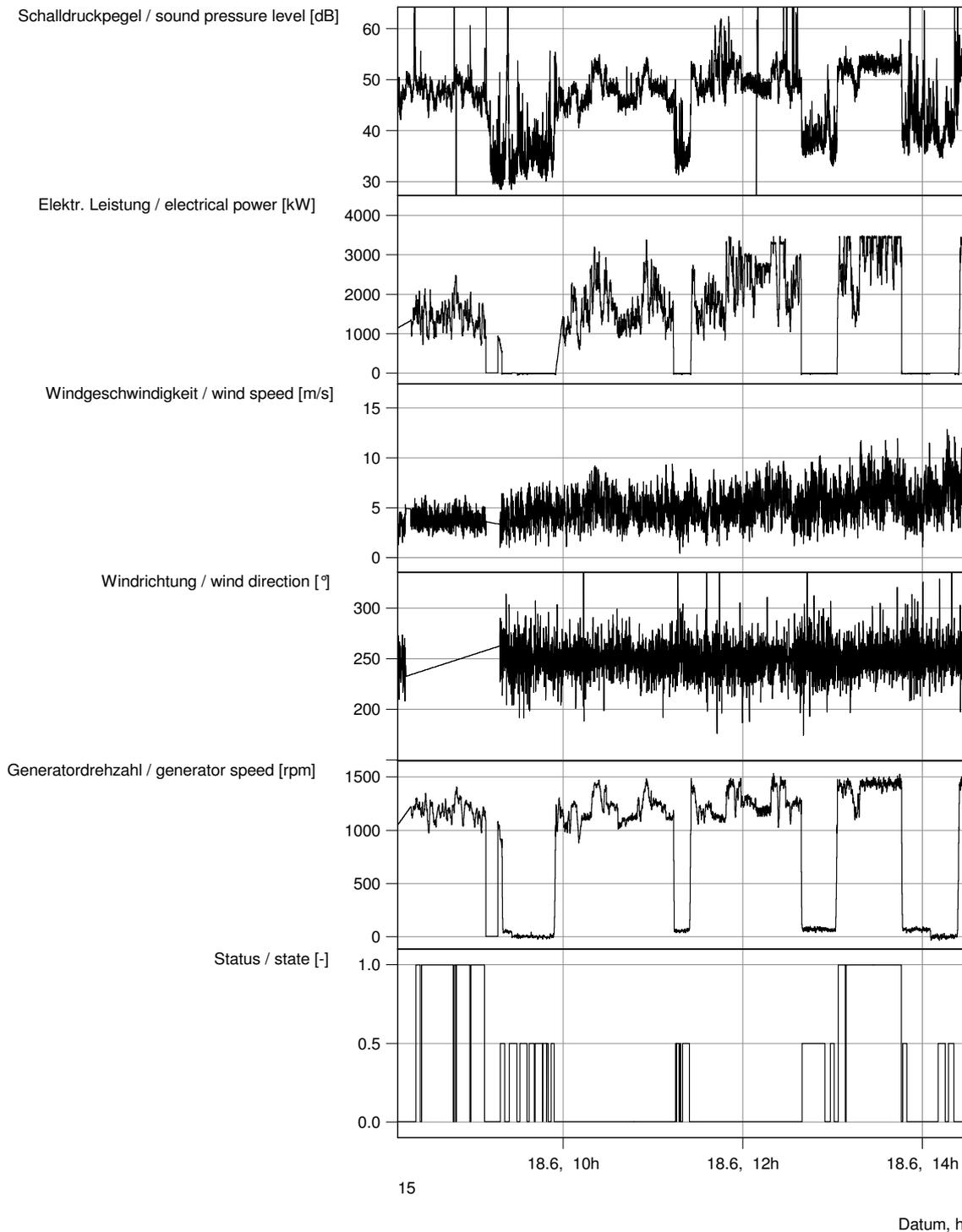


Abb. 4: Messwerte

Aus dem zeitlichen Verlauf der gemessenen Werte wurden je nach Status die Leistung, Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Schalldruckpegel gefiltert. Das arithmetische Mittel der Windgeschwindigkeit und der Leistung sowie das energetische Mittel der Schalldruckpegel über jeweils 10 sek. waren Grundlage zur Ermittlung der Regressionen für die Schalldruckpegel Betrieb und Hintergrund (vgl. Abb. 5 bis Abb. 7).

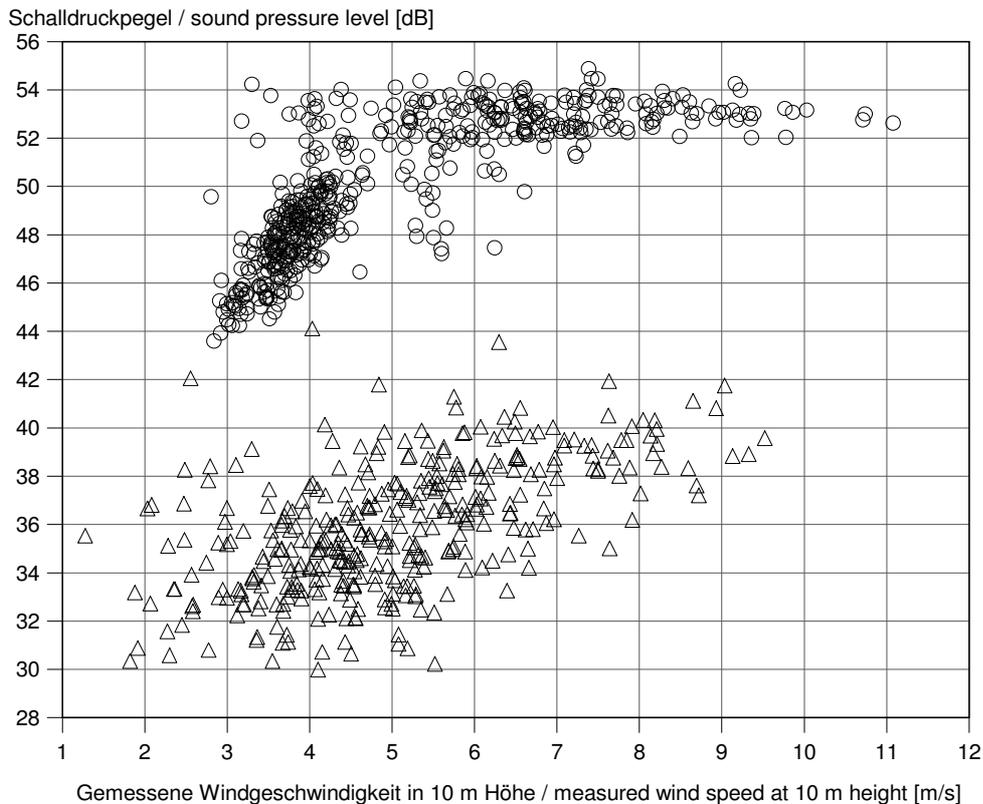


Abb. 5: Schalldruckpegel über gemessener Windgeschwindigkeit (Betrieb O und Hintergrund Δ, 10 sek. Mittelwerte)

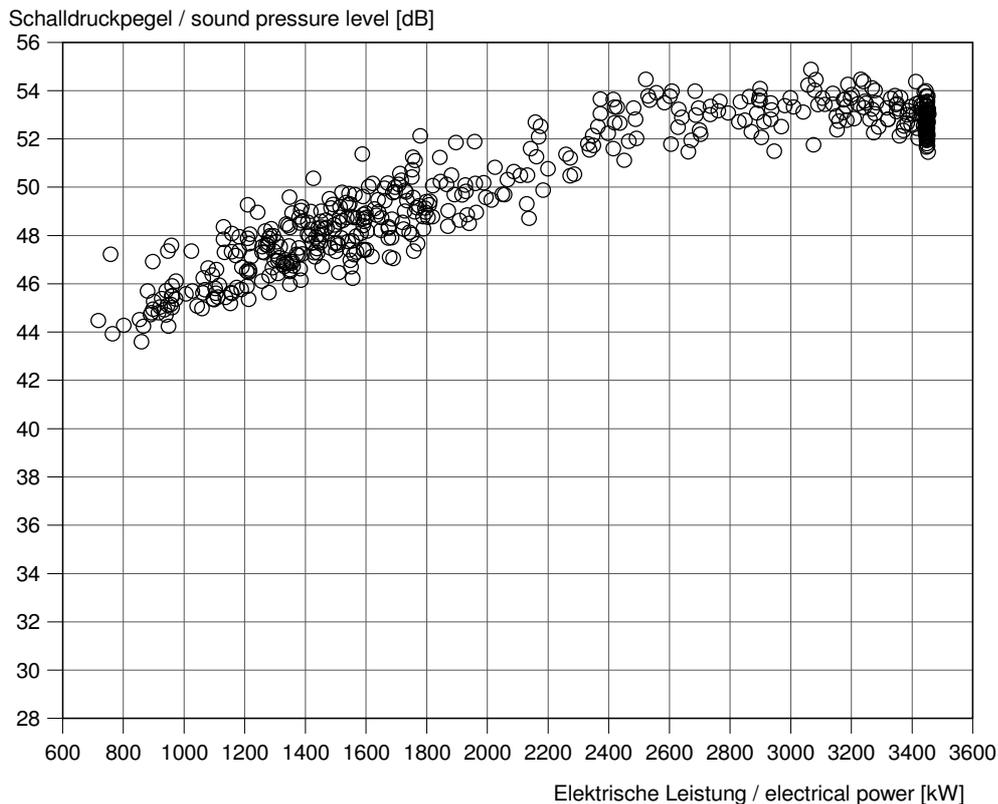


Abb. 6: Schalldruckpegel über elektrischer Leistung (10 sek. Mittelwerte)



3.4 Immissionsrelevanter Schalleistungspegel

Aus der gemessenen Wirkleistung wurde mit Hilfe der zu Grunde gelegten Leistungskurve (vgl. Anhang), einer meteorologischen Korrektur gemäß [2] und einem logarithmischen Ansatz für das Windgeschwindigkeitsprofil (Rauhigkeitslänge $z_0 = 0,05$ m) auf die standardisierte Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe geschlossen.

$$v_{p10} = v_H \cdot \frac{\ln 10 / z_0}{\ln H / z_0} \quad \text{mit } z_0 = 0,05 \text{ m, } H = 137 \text{ m}$$

Aus der standardisierten Windgeschwindigkeit und der im Betrieb der WEA gemessenen Windgeschwindigkeit wurde der Korrekturfaktor κ für die gemessene Hintergrundwindgeschwindigkeit bestimmt.

$$\kappa = \frac{v_{p10}}{v_{mess,10}} \quad \text{und} \quad v_{mess,10,korr} = \kappa \cdot v_{mess,10}$$

Es wurde ein Korrekturfaktor $\kappa = 1,29$ zur Korrektur der gemessenen Hintergrundwindgeschwindigkeiten bestimmt. Daraus ergaben sich die in der folgenden Abbildung dargestellten Regressionen. Messwerte bei mehr als 95 % der Nennleistung sind in der Abb. 7 über ihre gemessene, mit dem Korrekturfaktor κ korrigierte Windgeschwindigkeit mit quadratischen Symbolen \square dargestellt. Dabei entfallen gemäß [1] solche Messwerte, bei denen die korrigierte Windgeschwindigkeit unterhalb der Windgeschwindigkeit zu 95 % der Nennleistung liegt.

Anzumerken ist, dass abweichend zu [1] in Verbindung mit einer Mittelungszeit von 10 sek. die κ -Methode angewandt wurde um Messwerte bei mehr als 95 % Nennleistung in Windklassen einteilen zu können. In diesem Fall gibt dies eine genauere Beschreibung des Emissionsverhaltens der WEA wider, als bei Verwendung der Gondelanemometermethode.

Abweichend von [1] wurde hier eine Regression 6. Ordnung für das Betriebsgeräusch durchgeführt, da der Kurvenverlauf bei 4. Ordnung die Messwerte nicht hinreichend gut wiedergibt.

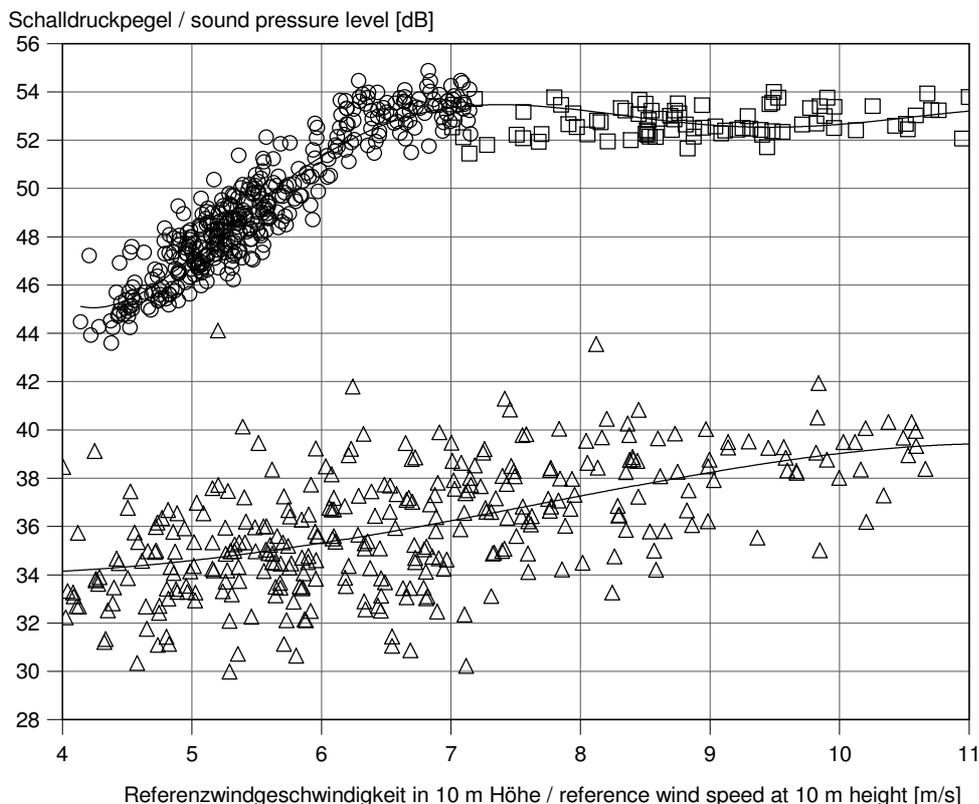


Abb. 7: Schalldruckpegel über standardisierter Windgeschwindigkeit (10 sek. Mittelwerte)

Regression Betrieb O:

$$591,02 - 441,953 * X + 140,9598 * X^2 - 22,73732 * X^3 + 1,976603 * X^4 - 0,0884064 * X^5 + 0,00159714 * X^6 \text{ [dB]}$$

Regression Hintergrund Δ:

$$35,86 - 1,103 * X + 0,1406 * X^2 + 0,01137 X^3 - 0,001125 * X^4 \text{ [dB]}$$

□ Messwerte größer 95%-Nennleistung

Zwischen den Regressionsgleichungen Schalldruckpegel Betrieb ($L_{Aeq,BG}$) und Schalldruckpegel Hintergrund ($L_{Aeq,HG}$) über der standardisierten Windgeschwindigkeit wurde der Störabstand bestimmt und anschließend der fremdgeräuschkorrigierte Schalldruckpegel ($L_{Aeq,c}$) für den Betrieb der WEA berechnet.

$$L_{Aeq,c} = 10 \lg [10^{(0,1 * L_{Aeq,BG})} - 10^{(0,1 * L_{Aeq,HG})}]$$

Aus dem fremdgeräuschkorrigierten Schalldruckpegel $L_{Aeq,c}$ wurde für die standardisierten Windgeschwindigkeiten von 5 m/s bis 10 m/s in 10 m Höhe der Schalleistungspegel L_{WA} der WEA berechnet.

$$L_{WA} = L_{Aeq,c} - 6\text{dB} + 10 \cdot \log(4\pi \cdot \frac{R_i^2}{1\text{m}^2}) \quad \text{dB}$$

$$R_i = \sqrt{(R_o + N_A)^2 + (H - h_A)^2}$$

$$R_o = 195 \text{ m}, N_A = 4,5 \text{ m}, H = 137 \text{ m}, h_A = 0 \text{ m}$$

Damit ergaben sich für die WEA V126-3.45MW in der vorliegenden Konfiguration die in der Tab. 4 dargestellten immissionsrelevanten Schalleistungspegel.



Tab. 4: Immissionsrelevanter Schalleistungspegel V126-3.45MW, Betriebsmodus 0 (3450 kW)

Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe (v_{p10}) [m/s]	BIN 5 4,5–5,5	BIN 6 5,5–6,5	6,93 ¹⁾	BIN 7 6,5–7,5	BIN 8 7,5–8,5	BIN 9 8,5–9,5	BIN 10 9,5–10,5
Gesamtgeräusch $L_{Aeq,BG}$ [dB]	47,1	51,3	53,3	53,4	53,3	52,6	52,7
Fremdgeräusch $L_{Aeq,HG}$ [dB]	34,6	35,3	36,2	36,2	37,3	38,2	39,0
Abstand ΔL [dB]	12,5	16,0	17,1	17,2	16,0	14,4	13,7
Betriebsgeräusch $L_{Aeq,c}$ [dB]	46,9	51,3	53,2	53,3	53,2	52,5	52,5
Schalleistungspegel L_{WA} [dB]	99,6	104,0	105,9	106,0	105,9	105,2	105,2
Elektrische Leistung P [kW]	1.414	2.425	3.278	3.317	3.449	3.450	3.450

1) 95 % Nennleistung

Anmerkung 1: Aus den dargestellten Messwerten oberhalb 95 % der Nennleistung (Abb. 7) wird ersichtlich, dass für diesen Anlagentyp in diesem Betriebszustand bei noch höheren Windgeschwindigkeiten nicht mit einer weiteren Erhöhung der Schallemissionswerte zu rechnen ist.

3.5 Impulshaltigkeit

Vom Gutachter wurden keine impulsartigen Auffälligkeiten festgestellt (subjektive Beurteilung nach [1]). Somit wurde hier keine detaillierte Auswertung nach DIN 45645-1 [4] vorgenommen.

3.6 Pegel von Einzelereignissen

Einzelereignisse wie das Anfahren oder Abschalten der Anlage, Quietschen der Bremsen oder Fahren des Azimut, die den Mittelungspegel um mehr als 10 dB überschritten, wurden bei der Messung nicht festgestellt.

3.7 Tonhaltigkeitsanalyse

Die Tonhaltigkeitsauswertung ist gemäß Technischer Richtlinie [1] nach IEC 61400-11 [2] durchzuführen und nach DIN 45681 [3] mit einem Tonzuschlag K_{TN} zu bewerten.

3.7.1 Verfahren der Tonhaltigkeitsanalyse

Das aufgezeichnete Geräusch (Hintergrund und Betrieb) wird zur Bestimmung der Frequenzzusammensetzung mit 40 kHz unter Verwendung eines Antialiasing-Filters mit einer Grenzfrequenz von 20 kHz digitalisiert und einer Fastfourieranalyse (FFT) unterzogen.

Je Windgeschwindigkeitsklasse (BIN) werden für das Betriebsgeräusch und das Hintergrundgeräusch jeweils zwölf Aufnahmen mit einer Länge von je 10 sek. der FFT zu Grunde gelegt. Die Frequenzauflösung beträgt 2 Hz. Für die FFT wurde ein Hanning Fenster verwendet.



Nach energetischer Mittelung der zwölf Differenzpegel ΔL und Berücksichtigung des Audibilitätsmaßes (L_a) wird ein Tonhaltigkeitszuschlag (K_{TN}) für den Nahbereich der Windenergieanlage nach [3] je BIN vergeben.

3.7.2 Ergebnisse der Tonhaltigkeitsanalyse

Das von der V126-3.45MW analysierte Betriebsgeräusch weist im Spektrum zeitweise tonale Komponenten im Bereich zwischen 4.100 Hz – 4.200 Hz auf, die nach dem genannten Verfahren jedoch nicht zu einem Tonhaltigkeitszuschlag K_{TN} für den Nahbereich der WEA führen. Die Ergebnisse der Analyse in den jeweiligen BINs sind in den Tab. 5 aufgeführt. Die Spektren sind im Anhang 4 dargestellt.

Tab. 5: Bestimmung des Tonhaltigkeitszuschlags im Bereich 4.100 Hz - 4.200 Hz:

Spektrum Nr.	BIN 5 ²⁾		BIN 6 ²⁾		BIN 7 ^{1),2)}		BIN 8 ²⁾		BIN 9		BIN 10 ²⁾	
	$\Delta L_{i,k}$ [dB]	f_T [Hz]	$\Delta L_{i,k}$ [dB]	f_T [Hz]	$\Delta L_{i,k}$ [dB]	f_T [Hz]	$\Delta L_{i,k}$ [dB]	f_T [Hz]	$\Delta L_{i,k}$ [dB]	f_T [Hz]	$\Delta L_{i,k}$ [dB]	f_T [Hz]
1	--	--	--	--	--	--	--	--	4152	-6,93	--	--
2	--	--	--	--	--	--	--	--	4150	-2,74	--	--
3	--	--	--	--	--	--	--	--	4154	-23,79	--	--
4	--	--	--	--	--	--	--	--	4154	-23,79	--	--
5	--	--	--	--	--	--	--	--	4154	-23,79	--	--
6	--	--	--	--	--	--	--	--	4152	-3,95	--	--
7	--	--	--	--	--	--	--	--	4154	-3,12	--	--
8	--	--	--	--	--	--	--	--	4154	-4,30	--	--
9	--	--	--	--	--	--	--	--	4154	-4,98	--	--
10	--	--	--	--	--	--	--	--	4154	-23,79	--	--
11	--	--	--	--	--	--	--	--	4154	-23,79	--	--
12	--	--	--	--	--	--	--	--	4154	-3,27	--	--
Energ. Mittel ΔL_k [dB]		--		--		--		--		-6,31		--
Tonalität $\Delta L_{a,k}$ [dB]		--		--		--		--		-2,01		--
K_{TN} [dB]		--		--		--		--		0		--

1) 95 % Nennleistung bei 6,93 m/s

2) Keine nennenswerten Töne nach [2] mit $\Delta L_{a,k} > -3,0$ dB

Anmerkung 1: Am Referenzpunkt sind geringfügige tonale Auffälligkeiten im Bereich 4.100 Hz - 4.200 Hz zeitweise subjektiv wahrnehmbar, die aber gemäß [1] mit keinem Tonhaltigkeitszuschlag K_{TN} zu bewerten sind.

Anmerkung 2: Die angegebenen Tonhaltigkeitszuschläge K_{TN} bezeichnen das Geräuschverhalten der WEA im Nahbereich. Diese Werte können rechnerisch nicht direkt auf immissionsrelevante Entfernungen übertragen werden.

Anmerkung 3: Es wurden alle vorweg genannten und in den Spektren (Anhang 4) erkennbaren tonalen Auffälligkeiten gemäß [1] bzw. [2] analysiert, wobei nur die Ergebnisse derjenigen Komponenten detailliert (tabellarisch) aufgeführt werden, die gemäß [2] als relevant zu erachten sind. Dies ist der Fall, wenn in einem BIN die ermittelte Tonalität ($\Delta L_{a,k}$) mindestens -3,0 dB beträgt oder diese überschreitet.



3.8 Turbulenzintensität

Die Turbulenzintensität wurde gemäß [2] aus drei repräsentativen 10 Minuten Zeitabschnitten der Windgeschwindigkeit und der zugehörigen Standardabweichung ermittelt. Die Turbulenzintensität beträgt im Durchschnitt 23 %. Dieser Wert wurde in 10 m Höhe gemessen und ist nicht direkt mit Werten an anderer Stelle, z. B. in Standortgutachten, zu vergleichen.

3.9 Betriebszustand während der Messung

In Abb. 8 wurde die Generatordrehzahl über der Leistung aufgetragen. Dieser Messdatenverlauf charakterisiert den eingestellten Betriebsmodus der WEA und kann mit Sollkurven des Herstellers verglichen werden.

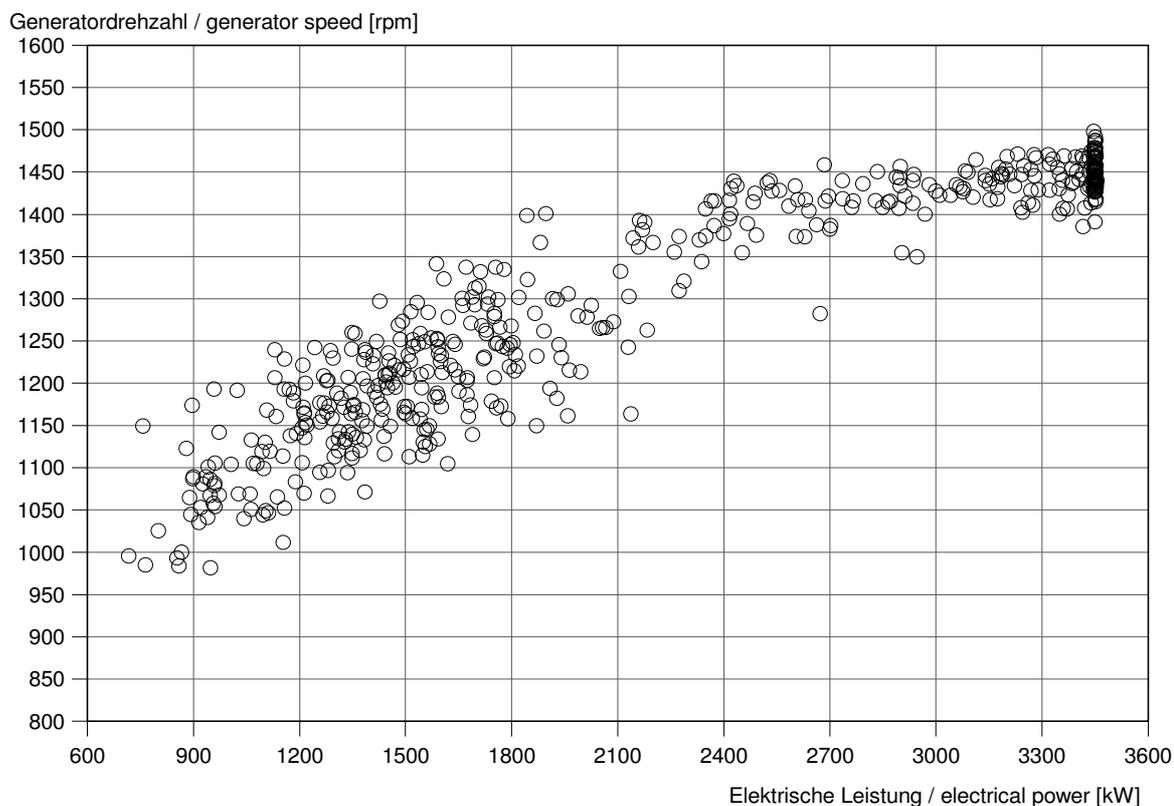


Abb. 8: Drehzahl über Leistung (10 sek. Mittelwerte)



4 Messunsicherheit

Die Messunsicherheit wird bei Schallemissionsmessungen an WEA gemäß [2] abgeschätzt. Sie setzt sich zusammen aus statistischen Unsicherheiten (Typ A) und systematischen Abweichungen (Typ B).

4.1 Messunsicherheit Typ A

Aus den gemessenen Schalldruckpegeln und den berechneten Schalldruckpegeln (Regressionsanalyse) wurde die Messunsicherheit des Typs A in 10 m Höhe bestimmt.

Die Gleichung für U_A in [1] beschreibt die Standardabweichungen der ermittelten Regressionswerte für das Betriebs- und Fremdgeräusch.

$$U_A = \sqrt{\frac{\sum (y - y_{est})^2}{N(N-2)}}$$

Die Unsicherheit des gemessenen fremdgeräuschkorrigierten Anlagenpegels $U_{A,s}$ wird wie folgt berechnet:

$$U_{A,s} = \sqrt{\frac{(U_{A,BG} * 10^{0,1 * L_{BG}})^2 + (U_{A,HG} * 10^{0,1 * L_{HG}})^2}{10^{0,1 * L_{WEA}}}}$$

Tab. 6: Messunsicherheiten Typ A

Stand. Windgeschwindigkeit	BIN 5	BIN 6	BIN 7	BIN 8	BIN 9	BIN 10
Messunsicherheit $U_{A,s}$ [dB]	0,09	0,12	0,14	0,15	0,11	0,17

4.2 Messunsicherheiten Typ B

Messunsicherheiten des Typs B wurden nach Tab. 7 abgeschätzt.

Tab. 7: Messunsicherheiten Typ B

Messunsicherheiten Typ B	Fehlergrenzen $\pm a$	Wahrscheinlicher Fehler	$U_B = a / \sqrt{3}$
Akustischer Kalibrator U_{B1}	$\pm 0,3$ dB		0,17 dB
Schallpegelmesser U_{B2}	$\pm 0,3$ dB		0,17 dB
Schallharte Platte U_{B3}	$\pm 0,5$ dB		0,29 dB
Messabstand U_{B4}	$\pm 0,1$ dB		0,06 dB
Luftimpedanz U_{B5}	$\pm 0,2$ dB		0,12 dB
Turbulenz U_{B6}	$\pm 0,7$ dB		0,40 dB
Windgeschwindigkeit U_{B7}	$\pm 0,3$ dB		0,17 dB
Windrichtung U_{B8}	$\pm 0,5$ dB		0,29 dB



4.3 Abschätzung der Gesamtmessunsicherheit U_C

Aus der berechneten Messunsicherheit des Typs A und den abgeschätzten Messunsicherheiten des Typ B ergibt sich nach [2] die kombinierte Gesamtmessunsicherheit U_C :

$$U_C = \sqrt{U_{A,s}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2 + U_{B3}^2 + U_{B4}^2 + U_{B5}^2 + U_{B6}^2 + U_{B7}^2 + U_{B8}^2}$$

Die ermittelten Gesamtmessunsicherheiten U_C sind in Tab. 8 dargestellt:

Tab. 8: Gesamtmessunsicherheit U_C für den Schalleistungspegel

Stand. Windgeschwindigkeit	BIN 5	BIN 6	BIN 7	BIN 8	BIN 9	BIN 10
Gesamtmessunsicherheit U_C [dB]	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

4.4 Messunsicherheiten für Tonhaltigkeiten

Bei der Tonhaltigkeit ist U_A für jeden Einzelton der Fehler des Mittelwertes aus den maximalen Tonpegeln. Der Wert von U_{B3} kann mit 1,7 dB abgeschätzt werden. Da es sich bei dem angegebenen Wert $\Delta L_{a,k}$ um eine Differenz handelt und des Weiteren die Windgeschwindigkeit hier von zweitrangiger Bedeutung ist, können die Werte von U_{B1} , U_{B4} und U_{B6} geringer angenommen werden als beim Schalleistungspegel L_{WA} . Die Ergebnisse der kombinierten Gesamtmessunsicherheit U_C für Tonhaltigkeiten bei ganzzahligen Windgeschwindigkeitswerten ist in Tab. 9 dargestellt:

Tab. 9: Gesamtmessunsicherheit U_C für Tonhaltigkeiten

Stand. Windgeschwindigkeit	BIN 5	BIN 6	BIN 7	BIN 8	BIN 9	BIN 10
Gesamtmessunsicherheit U_C [dB] für tonale Auffälligkeit bei 4.100 Hz - 4.200 Hz	--	--	--	--	12,02 ¹⁾	--

1) Hohe Unsicherheit, da nicht in jedem Spektrum ein Ton ermittelt wurde

4.5 Messunsicherheiten für Terzspektren

Bei der Betrachtung von Terzbändern gibt U_A die Abweichung zum jeweiligen Frequenzbandmittelungspegels in jedem Frequenzband an, welches aus der Standardabweichung mit dem Nenner $\sqrt{N-1}$ berechnet wurde, wobei N die Anzahl der gemessenen Spektren ist. Der Wert für U_{B3} muss hier im Vergleich zur Messunsicherheitsbetrachtung des Schalleistungspegels L_{WA} größer eingeschätzt werden und liegt typischerweise bei 1,7 dB. Die Gesamtunsicherheiten U_C für die Frequenzbandmittelungspegel der Terzspektren sind in den Tabellen im Anhang 3 dargestellt.



5 Abweichungen zur Richtlinie FGW TR 1

- [1] Die elektrische Wirkleistung der WEA, sowie das Drehzahlsignal und das Signal der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe wurden von der wtg über die Anlagensteuerung auf gezeichnet.
- [2] Abweichend zu [1] wurde trotz der Verwendung einer Mittelungszeit von 10 sek. zur Klassierung der Schalldruckpegelwerte oberhalb 95 % der Nennleistung die κ -Methode verwendet.
- [3] Abweichend von [1] wurde hier eine Regression 6. Ordnung für das Betriebsgeräusch durchgeführt, da der Kurvenverlauf bei 4. Ordnung die Messwerte nicht hinreichend gut wiedergibt.
- [4] Unsicherheiten des Schalleistungspegels wurden mit Hilfe der Messunsicherheit Typ U_A der Regressionswerte ermittelt, anstelle der mittleren Streuung von einzelnen Datenpunkten. Dies führt zu genaueren Ergebnissen bei den Unsicherheiten.



6 Zusammenfassung

Im Auftrag der Vestas Wind Systems A/S wurde von der Firma windtest grevenbroich gmbh die Geräuschabstrahlung der WEA V126-3.45MW mit einer Nabenhöhe von $H = 137$ m inkl. Fundament nach Technischer Richtlinie für Windenergieanlagen der FGW [1] untersucht.

Grundlage für den Messaufbau ist dabei die IEC 61400-11 [2]. Für die Bestimmung der Tonhaltigkeitszuschläge im Nahfeld der WEA ist die IEC 61400-11 bzw. die DIN 45681 [3] die Grundlage.

Die Messung wurde 2015-06-18 in Kaufbeuren / Deutschland an der WEA V126-3.45MW mit der Ser.-Nr. 203839, im Betriebsmodus 0 durchgeführt. Anzumerken ist, dass die WEA über aerodynamische Zusatzkomponenten an den Rotorblättern (Serrations) verfügt.

Eine ausgeprägte Richtungscharakteristik des Anlagengeräusches ist bei dieser Windenergieanlage nicht festgestellt worden. Einzelereignisse, die den Mittelungspegel im Betrieb der WEA um mehr als 10 dB überschreiten, traten nicht auf.

Bezüglich des Schalleistungspegels L_{WA} wurde für diese Messung eine typische Messunsicherheit von $U_C = 0,7$ dB ermittelt.

Die Tonhaltigkeitsanalyse nach IEC 61400-11 [2] für das in 195 m Entfernung gemessene Anlagengeräusch ergab nach DIN 45681 [3] keine Tonhaltigkeitszuschläge.

Nach Auswertung der gemessenen Werte in den einzelnen BINs ergeben sich für die V126-3.45MW die in Tab. 10 aufgeführten Pegel.

Tab. 10: Messergebnisse für die WEA V126-3.45MW, Betriebsmodus 0 (3450 kW)

Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe (v_{p10}) [m/s]	BIN 5 4,5–5,5	BIN 6 5,5–6,5	6,93 ¹⁾	BIN 7 6,5–7,5	BIN 8 7,5–8,5	BIN 9 8,5–9,5	BIN 10 9,5–10,5
Schalleistungspegel L_{WA} [dB]	99,6	104,0	105,9	106,0	105,9	105,2	105,2
Tonzuschlag K_{TN} [dB]	0	0	0 ²⁾	0	0	0	0
Impulshaltigkeit K_{IN} [dB]	0	0	0 ²⁾	0	0	0	0
Generatordrehzahl N [min^{-1}]	1.150	1.400	1.445	1.448	1.450	1.455	1.460
Elektrische Leistung P [kW]	1.414	2.425	3.278	3.317	3.449	3.450	3.450

1) 95 % Nennleistung

2) Übernahme des Wertes aus BIN 7, da der 95 % -Punkt innerhalb dieses BINs liegt

Es wird versichert, dass das Gutachten gemäß dem Stand der Technik, unparteiisch und nach bestem Wissen und Gewissen erstellt wurde.

Die in diesem Bericht aufgeführten Ergebnisse beziehen sich nur auf diese Anlage (vgl. Herstellerbescheinigung im Anhang).

Grevenbroich, 2015-08-03


 Dipl.-Ing. David Rode
 Gruppenleiter





7 Literaturverzeichnis

- [1] Technische Richtlinien für Windenergieanlagen, Revision 18, Stand 01.02.2008
Teil1: Bestimmung der Schallemissionswerte, Herausgeber: Fördergesellschaft
Windenergie e. V.
- [2] IEC 61400-11:2002 + A1:2006,
Wind turbine generator systems- Part 11: Acoustic noise measurement techniques
- [3] DIN 45681
Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages
für die Beurteilung von Geräuschimmissionen
August 2006



8 Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen und Abkürzungen

ΔL	- Pegeldifferenz	dB
ΔL_k	- energetisches Mittel	dB
$\Delta L_{a,k}$	- Tonalität	dB
BG	- Betriebsgeräusch	-
D	- Rotordurchmesser	m
f_T	- Tonfrequenz	Hz
H	- Höhe Rotormittelpunkt (Nabenhöhe)	m
h_A	- Aufpunkthöhe (bei Messungen gleich der Mikrofonhöhe)	m
HG	- Hintergrundgeräusch	-
$h_{N, \text{neu}}$	- Nabenhöhe für gleiche WEA, aber andere Nabenhöhe als die vermessene	m
$h_{N, \text{vermessen}}$	- Nabenhöhe der vermessenen WEA	m
κ	- Korrekturfaktor	-
K_{IN}	- Impulshaltigkeit	dB
K_{TN}	- Tonzuschlag im Nahfeld nach DIN 45681	dB
L_a	- Audibilitätsmaß	-
L_{Aeq}	- äquivalenter Dauerschallpegel, A-bewertet	dB
$L_{Aeq,c}$	- hintergrundkorrigierter Schalldruckpegel	dB
$L_{Aeq,mess}$	- gemessene Schalldruckpegel	dB
$L_{Aeq,reg}$	- aus Regression berechnete Schalldruckpegel	dB
L_T	- Tonpegel	dB
L_{WA}	- A-bewerteter Schalleistungspegel	dB
N	- Anzahl Werte	-
N_A	- Nabenabstand Rotormittelpunkt - Turmmitte	m
N_{Gen}	- Generatordrehzahl	min^{-1}
N_{Rot}	- Rotordrehzahl	min^{-1}
P	- abgegebene elektrische Wirkleistung	kW
R_0	- Messradius (= projizierter Abstand zwischen Schallquelle und Messpunkt)	m
R_i	- Abstand zwischen Schallquelle und Messpunkt (Hüllflächenradius)	m
U_A, U_B, U_C	- Messunsicherheiten	dB
v_H	- Windgeschwindigkeit aus Leistungskurve in Nabenhöhe	m/s
$v_{mess,10}$	- gemessene Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe	m/s
$v_{mess,10,korr}$	- korrigierte gemessene Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe	m/s
v_{p10}	- standardisierte Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe	m/s
$v_{10,i}$	- Windgeschwindigkeit der vermessenen WEA in 10 m Höhe	m/s
$v_{10,ref}$	- ganzzahlige Windgeschwindigkeit der WEA mit neuer Nabenhöhe	m/s
WEA	- Windenergieanlage	-
Z_0	- Rauigkeitslänge	m



9 Bearbeitungsverlauf

Fassung	Datum	Inhalt
SE15022B1	2015-08-03	Schalltechnisches Gutachten gemäß FGW TR 1 zur Windenergieanlage Vestas V126-3.45MW Ser.-Nr.: 203839 am Standort Kaufbeuren / Deutschland - Betriebsmodus 0 (3450 kW) -

Umlauf	Kopie Nr.
Auftraggeber	1
Projektordner	2
QM-Ablage	3

Kopie Nr.: _____



10 Anhang

- Anhang 1 Herstellerbescheinigung
- Anhang 2 Verwendete Leistungskurve
- Anhang 3 Oktav- und Terzspektrum
- Anhang 4 Schmalbandspektren



RESTRICTED

Herstellerbescheinigung zu spezifischen Daten einer WEA vom Typ:		Vestas [®]
Manufacturer's certificate on specific data of a WT of the type of installation:		
V126-3.45MW 50Hz in Kaufbeuren, Germany, Mode0		
		DMS: 0052-6542
1 Allgemeines		General
1	Hersteller	Vestas Wind Systems A/S manufacturer
2	Anlagenbezeichnung	V126-3.45MW 50Hz type name
3	Art (horizontale/vertikale Achse)	horizontal generic type (horizontal axis /vertical axis)
4	Nennleistung	3450 kW rated power
5	Nennspannung	650 (LV side) V rated voltage
6	Nabenhöhe über Grund	137 m hub height above ground
7	Nabenhöhe über Fundamentflansch	- m hub height above top of foundation flange
8	Nennwindgeschwindigkeit	12 m/s rated wind speed
9	Ein- und Abschaltwindgeschwindigkeit	3/22.5 m/s cut-in and cut-out wind speed
10	Beitrag zum Stoßkurzschlussstrom	4,5 kA contribution to short circuit current
2 Rotor		Rotor
1	Durchmesser	126 m diameter
2	Bestrichene Fläche	12469 m ² swept area
3	Anzahl der Blätter	3 number of blades
4	Nabenart (pendelnd/starr)	rigid generic type of hub (teetered/rigid)
5	Anordnung zum Turm (luv/lee)	luv relative position to tower (luv/lee)
6	Nennndrehzahl / -bereich	12.9 / 5.3 -16.6 1/min / rpm rated speed / speed range
7	Auslegungsschnelllaufzahl	84,4 design tip speed ratio
8	Rotorblatteinstellwinkel	Variable ° rotor blade pitch setting
9	Konuswinkel	4 ° cone angle
10	Achsneigung	6 ° tilt angle
11	Abstand Rotorflanschmittelpunkt und Turmmittellinie	4,5 m distance between rotor flange centre and tower centre line
3 Rotorblatt		Rotor blade
1	Hersteller	Vestas Wind Systems A/S manufacturer
2	Typenbezeichnung	Vestas 62M type name
3	Profile innen/außen	VA (Vestas Airfoil) and Risø blade section inner/outer
4	Material	Fibreglass reinforced epoxy, carbon fibres and Solid Metal Tip (SMT) material
5	Länge	61,65 m length
6	Profiltiefe max./min.	4 / 0,34 m chord length (max./min.)
7	Zusatzkomponenten (z.B. stall strips, Vortex-Generatoren, Turbulatoren)	Serrations on Trailing Edge additional components (e.g. stall strips, vortex generators, trip strips)
8	Extenderlänge	not used m extender length
4 Getriebe		Gear
1	Hersteller	Winergy manufacturer
2	Typenbezeichnung	PZAB 3530,1 type
3	Ausführung	2 planet - 1 parallel stage design
4	Übersetzungsverhältnis	112,632 gear ratio
5 Generator		Generator
1	Hersteller	Vestas manufacturer
2	Typenbezeichnung	SFIG VND 3.5MW IG type
3	Anzahl	1 numbers
4	Art (horizontale/vertikale Achse)	horizontal design
5	Nennleistung (en)	3500 kW rated power (s)
6	Nennscheinleistung	n.a. kVA rated apparent power
7	Nennndrehzahlen oder Drehzahlbereich	1450 1/min / rpm rated speed (s) / speed range
8	Spannung	3 x 750 (at rated speed) V voltage
9	Frequenz	72,2 Hz frequency
10	Nennschlupf	0,5 % rated slip



RESTRICTED

Herstellerbescheinigung zu spezifischen Daten einer WEA vom Typ:		
Manufacturer's certificate on specific data of a WT of the type of installation:		
V126-3.45MW 50Hz in Kaufbeuren, Germany, Mode0		
DMS: 0052-6542		
6 Turm		Tower
1 Hersteller	Vestas Wind Systems A/S	manufacturer
2 Typenbezeichnung	-	type
3 Ausführung (Gitter/Rohr, zyl./kon.)	Tubular	design (lattice/tubular, cylindrical/conical)
4 Material	Steel	material
5 Länge	134,6 m	length
7 Windrichtungsnachführung		Yaw control
1 Ausführung (aktiv/passiv)	Active	design (active/passive)
2 Antriebsart (el./mech./hydr.)	Electrical	drive (electr./mech./hydr.)
3 Dämpfungssystem während des Betriebs	Built-in friction	damping system during operation
8 Betriebsführung /Regelung		Control system/control
1 Software version Nr.	13.08.59 (2013.08.341)	software version No.
2 Art der Leistungsregelung	Pitch & Variable speed	generic type of power control
3 Antrieb der Leistungsregelung	-	actuation of power control
4 Hersteller der Betriebsführung/Regelung	Vestas Wind Systems A/S	manufacturer of control system
5 - Typenbezeichnung	VMP Global TM	- type
6 - Verwendete Steuerungskurve	-	- applied control characteristic
9 Sonstige elektrische Komponenten		Other electric installations
1 Anzahl der Kompensationsstufen	n.a.	number of compensation stages
2 Blindleistung Stufe 1	- kvar	reactive power stage 1
3 Blindleistung Stufe 2	- kvar	reactive power stage 2
4 Blindleistung Stufe _	- kvar	reactive power stage _
5 Blindleistung Stufe _	- kvar	reactive power stage _
6 Art der Netzkopplung	Full Scale Converter	generic type of interconnection
7 - Hersteller	Vestas	- manufacturer
8 - Typenbezeichnung	GridStreamer R	- type
9 Netzschutzhersteller	Vestas Wind Systems A/S	grid protection manufacturer
10 - Typenbezeichnung	VMP Global TM	- type
11 - Einstellbereiche	-	- adjustment ranges
12 Spannungssteigerungsschutz	715 V	overvoltage protection
13 Spannungsrückgangschutz	585 V	undervoltage protection
14 Frequenzsteigerungsschutz	53 Hz	overfrequency protection
15 Frequenzrückgangschutz	47 Hz	underfrequency protection
16 Typenbezeichnung der Abschalteinheit	ABB T7	circuit breaker type
17 Oberschwingungsfilter (ja/nein) (OS-Filter müssen auf den Netzverknüpfungspunkt ausgelegt sein)	Yes	harmonic filter (yes / no) (harmonic filter have to be designed for the point of common coupling)
10 Umrichter		Converter
1 Hersteller	Vestas Wind Systems A/S	converter manufacturer
2 Typenbezeichnung	GridStreamer R	converter type
3 Spannungsebene	650 (Grid)/710 V (Generator) V	voltage level
4 Nennscheinleistung	4000 kVA	converter apparent rated power
11 Transformator		Transformer
1 Hersteller	Siemens	transformer manufacturer
2 Typenbezeichnung	dry type - 4GT6667-1ZY	transformer type
3 Schaltgruppe	DYN5	transformer connection
4 Nennscheinleistung	3450 kVA	transformer apparent rated power



RESTRICTED

Herstellerbescheinigung zu spezifischen Daten einer WEA vom Typ: Manufacturer's certificate on specific data of a WT of the type of installation:		
V126-3.45MW 50Hz in Kaufbeuren, Germany, Mode0		
DMS: 0052-6542		
12 Bremssystem		Brake system
1	Bremssystem (primär/sekundär)	pitch / pitch
2	- Aktivierung	hydraulic
3	- Anordnung zum Turm (luf/lee)	luf
4	- Bremsenart	aerodynamic
5	- Bestätigung	Pause & Stop / Emergency Stop
		brake system (primary/secondary)
		- activation
		- location
		- type
		- actuation
13 Typenprüfung		Type test
1	Prüfbehörde	DNV
2	Aktenzeichen	PD-2309-1691W0N-22
		testing authority
		reference
14 Informativer Teil		Informative
1	Standort der vermessenen WEA	Kaufbeuren (Germany)
2	Koordinaten des Standortes	47°51'28.26"N 10°31'16.64"E
3	Seriennummer	
4	- WEA	203839
5	- Blätter	29001788WHD150016 29001788WHD150018 29001788WHD150017
6	- Getriebe	NFC - W - 102022
7	- Generator	103280434
		location of measured WT
		geographical coordinates of the location
		serial number of
		- WT
		- blades
		- gearbox
		- generator
Anschritt des Herstellers Address of manufacturer		Vestas Wind System A/S Hedeager 42 8200 Aarhus
		Stempel, Unterschrift stamp, signature
Der Hersteller der Windenergieanlage bestätigt, dass die WEA, deren elektrischen Eigenschaften in den Prüfberichten abgebildet sind, hinsichtlich ihrer technischen Daten mit den o.g. Positionen identisch ist.		
The manufacturer of the wind turbine (WT) confirms that the WT whose power quality is measured and depicted in the test reports, is identical with the above entries with regard to it-s technical data		

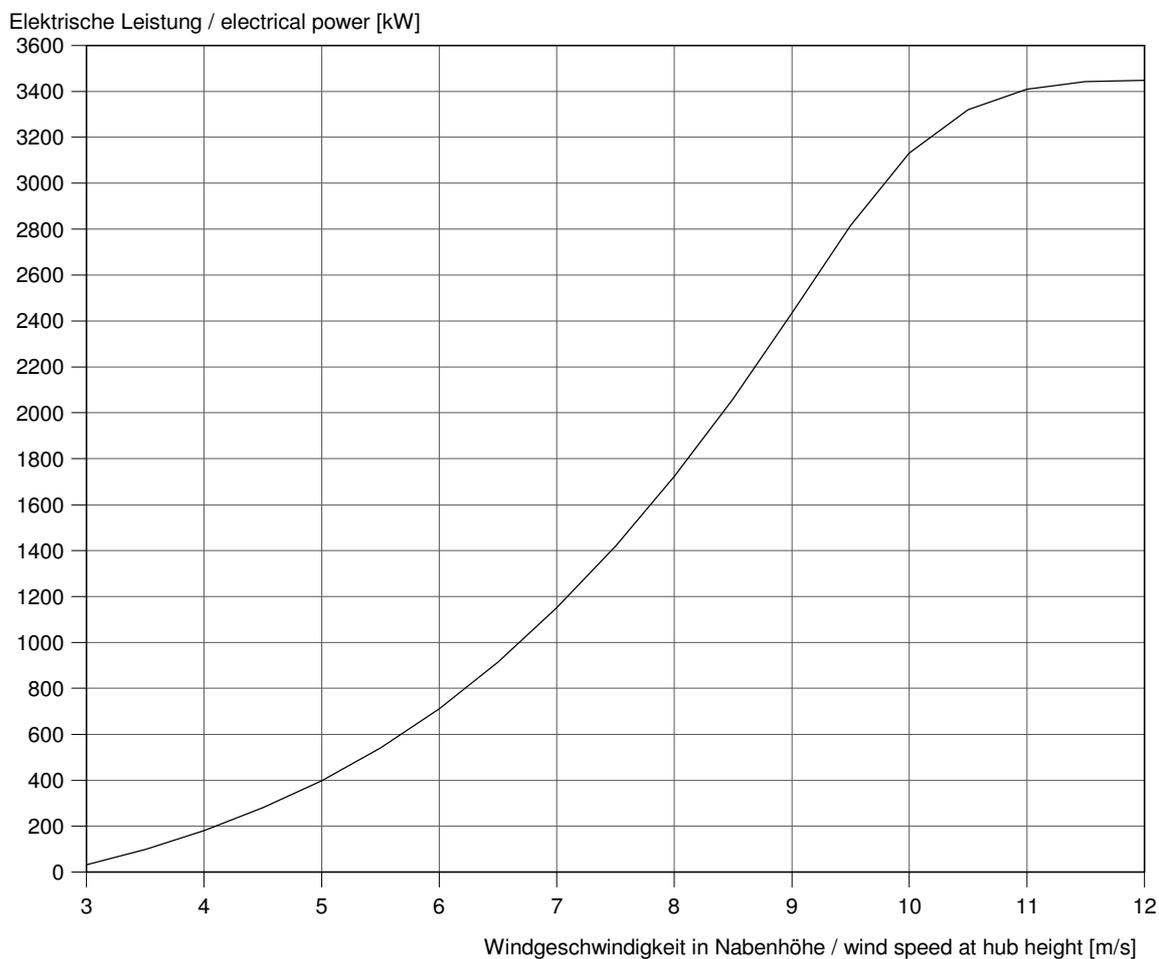
T02 0052-6542 Ver 00 - Approved - Exported from DMS: 2015-06-22 by NCN

T05 0053-7792 Ver 00 - Approved - Exported from DMS: 2015-09-14 by BERIE



Leistungskennlinie V126-3.45MW, Mode 0

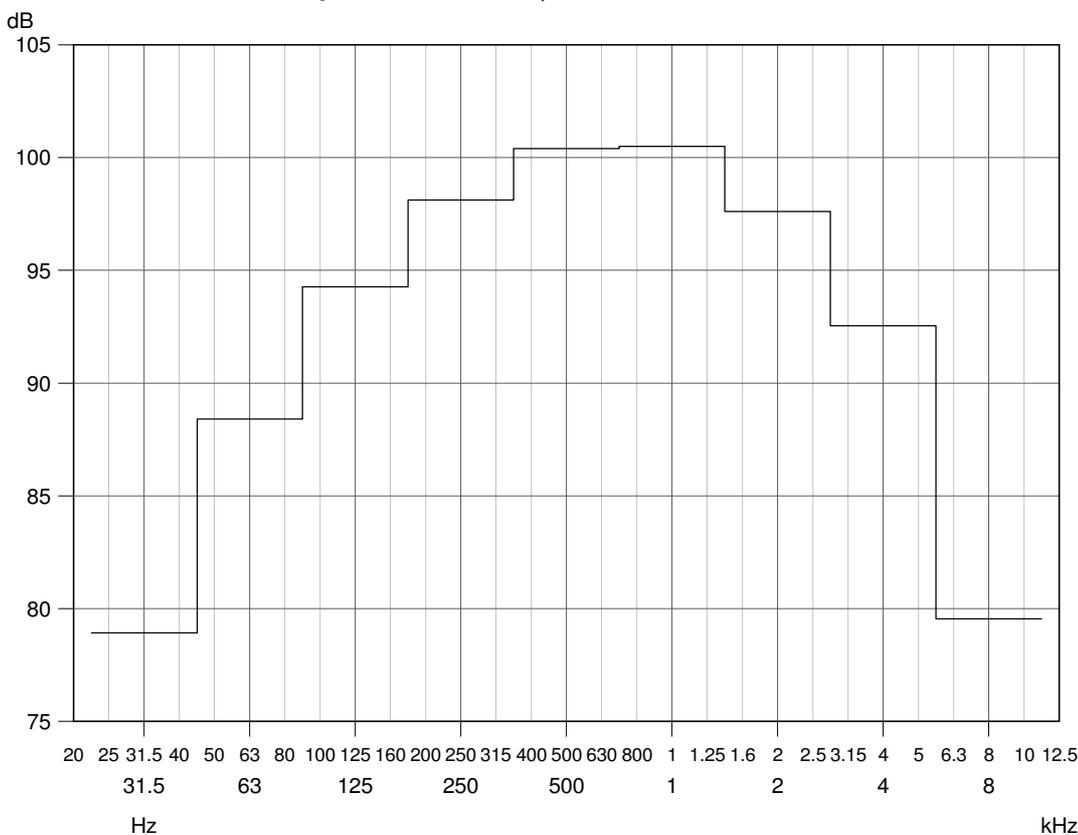
Quelle: Vestas, Dokumenten-Nr.: 0049-6098 VER 01



v_H [m/s]	P [kW]	v_H [m/s]	P [kW]
3	31	10	3.132
4	180	11	3.411
5	397	12	3.449
6	711	13	3450
7	1.151	14	3450
8	1.722	15	3450
9	2.434	16	3450



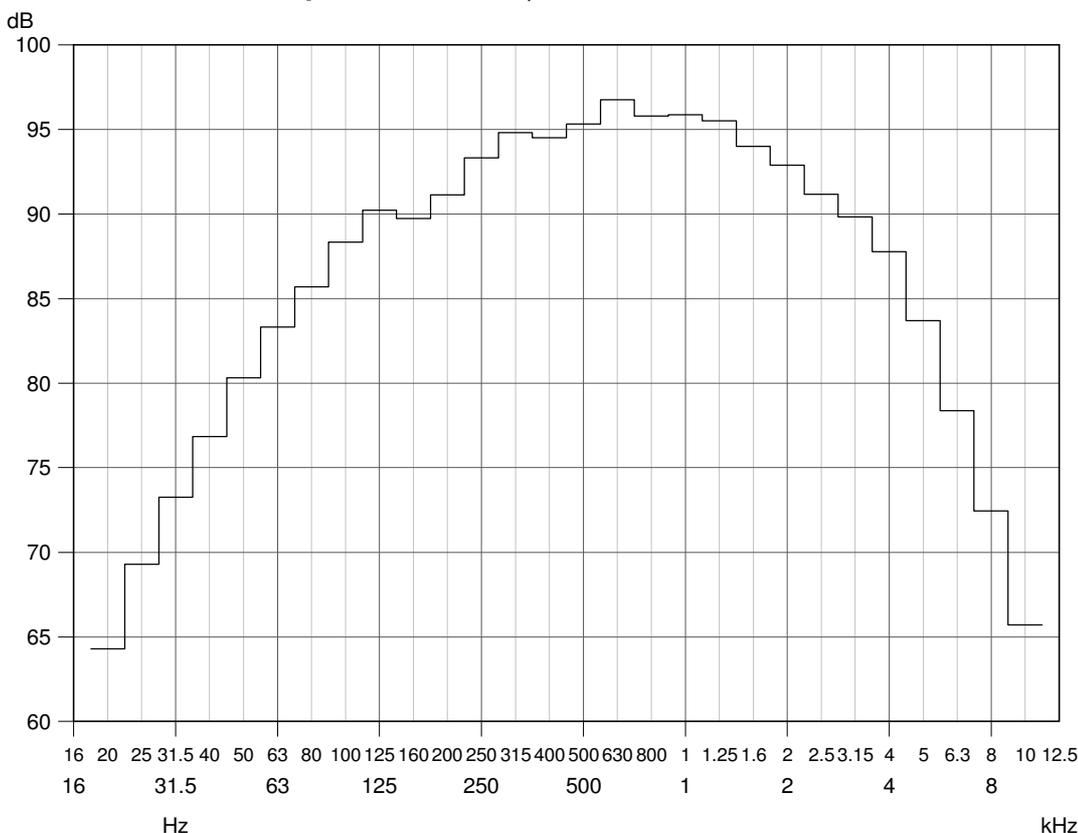
Oktavspektrum für $L_{WA,max}$ innerhalb BIN 5 - 10



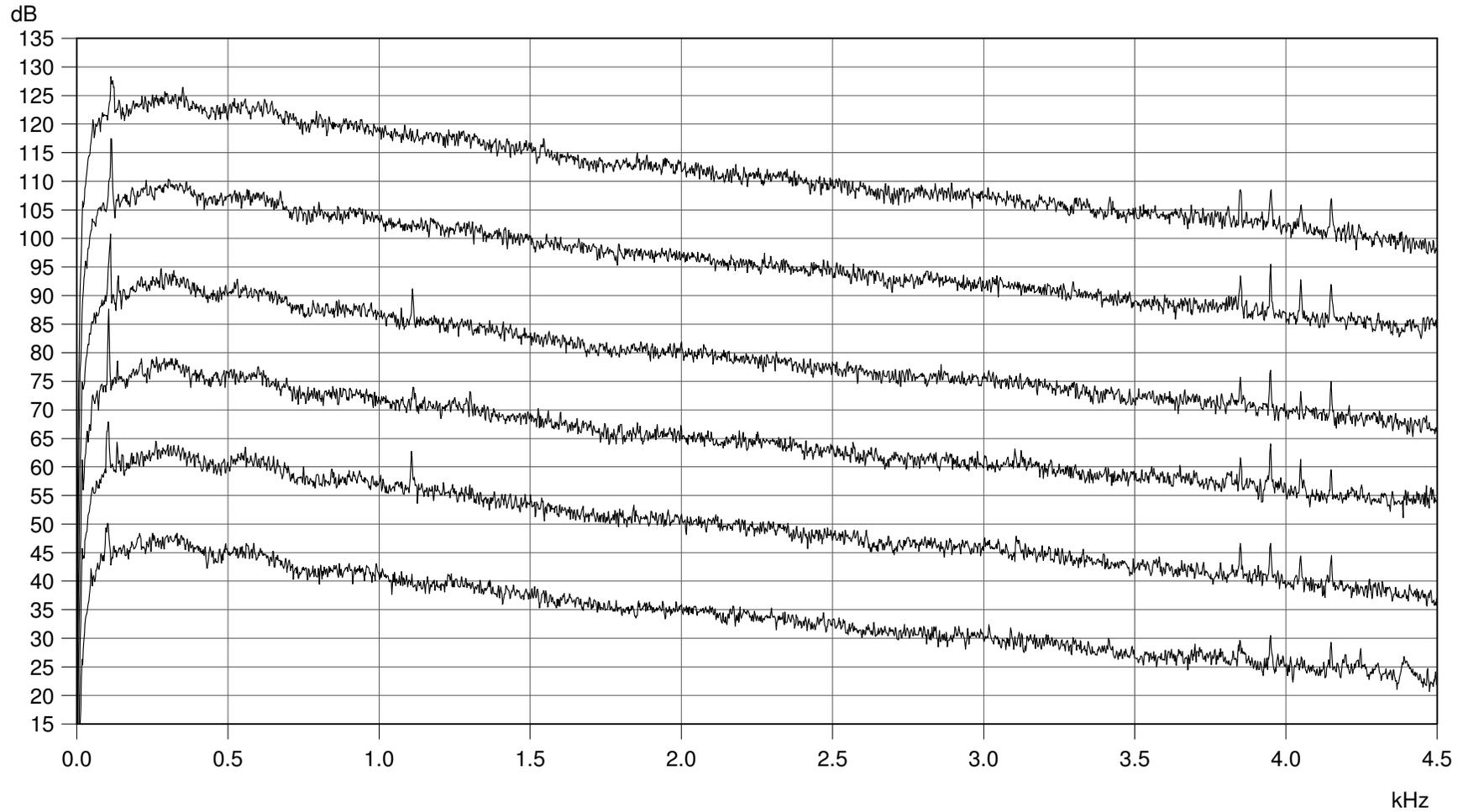
Oktavpegel für 7 m/s, Summenpegel = 106,0 dB			
Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]
31,5	78,92	1000	100,51
63	88,40	2000	97,61
125	94,27	4000	92,54
250	98,11	8000	79,54
500	100,41		



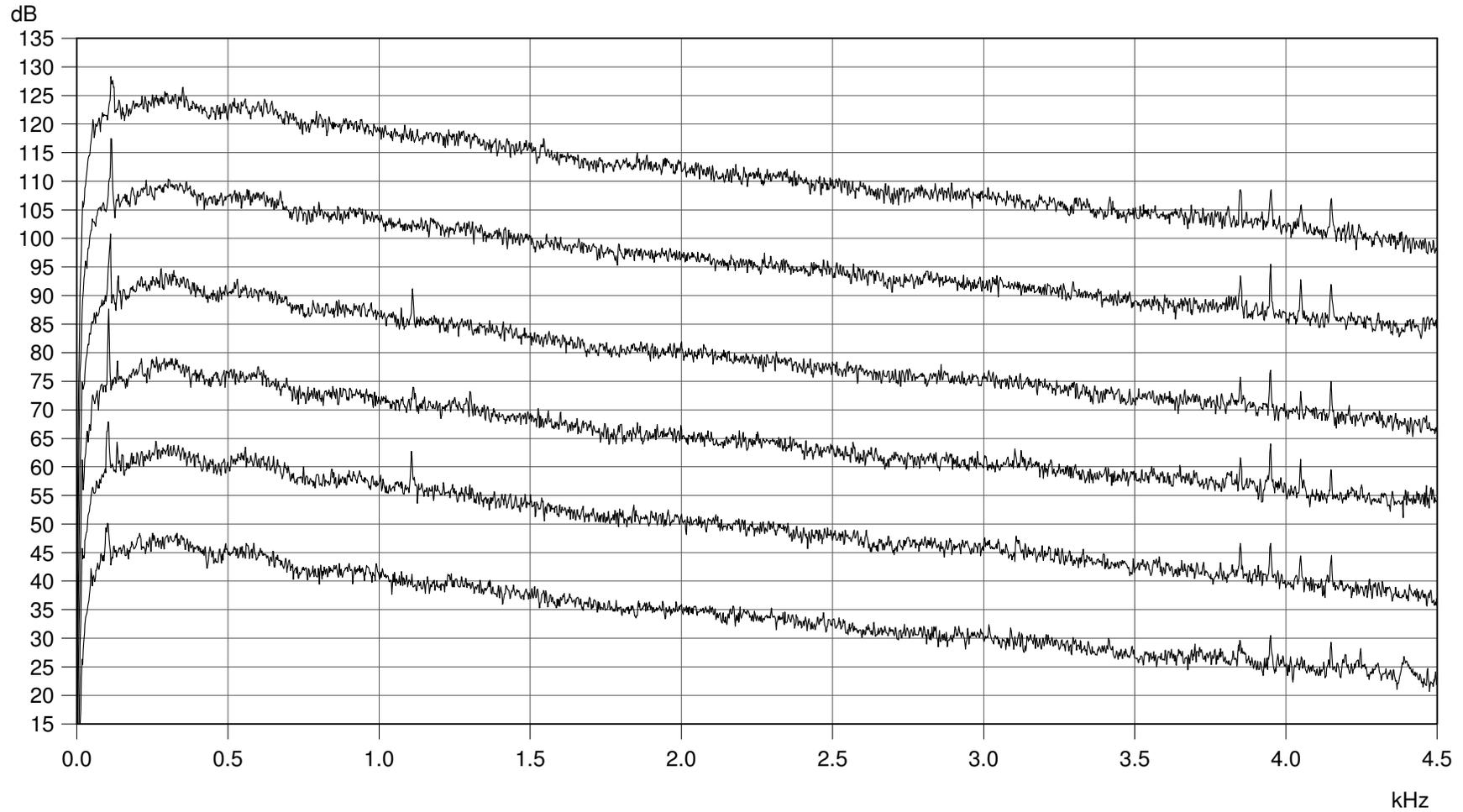
Terzspektrum für $L_{WA,max}$ innerhalb BIN 6 – 10



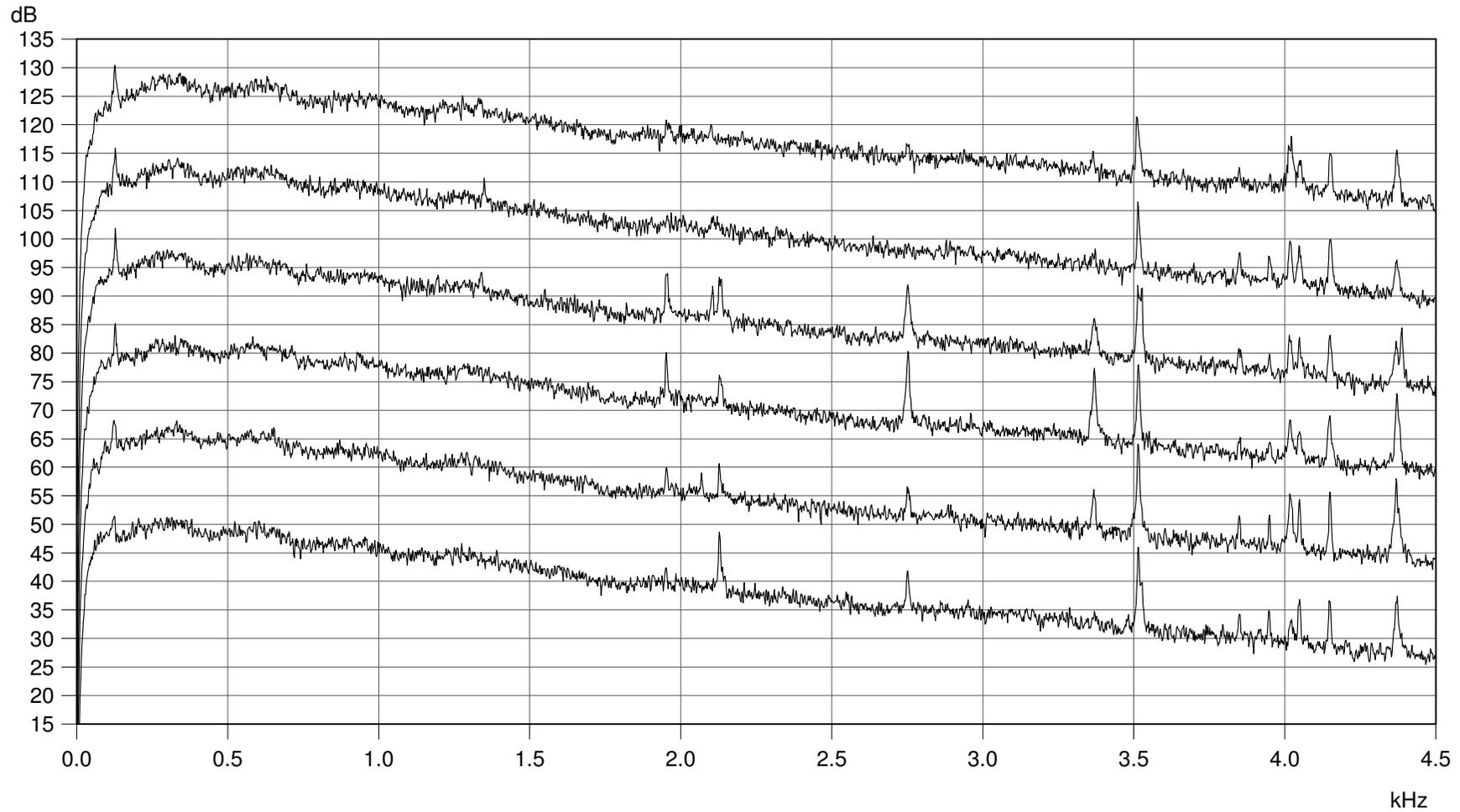
Terzpegel für 7 m/s, Summenpegel = 106,0 dB					
Terzmittenfrequenz [Hz]	Schalleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]	Terzmittenfrequenz [Hz]	Schalleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]
20	64,28	2,06	500	95,34	1,87
25	69,28	2,04	630	96,76	1,88
31,5	73,25	2,09	800	95,80	1,89
40	76,84	1,95	1000	95,88	1,88
50	80,31	1,99	1250	95,52	1,88
63	83,32	1,95	1600	94,00	1,88
80	85,69	1,93	2000	92,90	1,90
100	88,34	2,02	2500	91,19	1,92
125	90,22	1,89	3150	89,84	2,02
160	89,74	1,90	4000	87,77	2,14
200	91,15	1,88	5000	83,71	2,52
250	93,32	1,89	6300	78,37	3,17
315	94,81	1,88	8000	72,45	4,09
400	94,50	1,88	10000	65,70	4,46



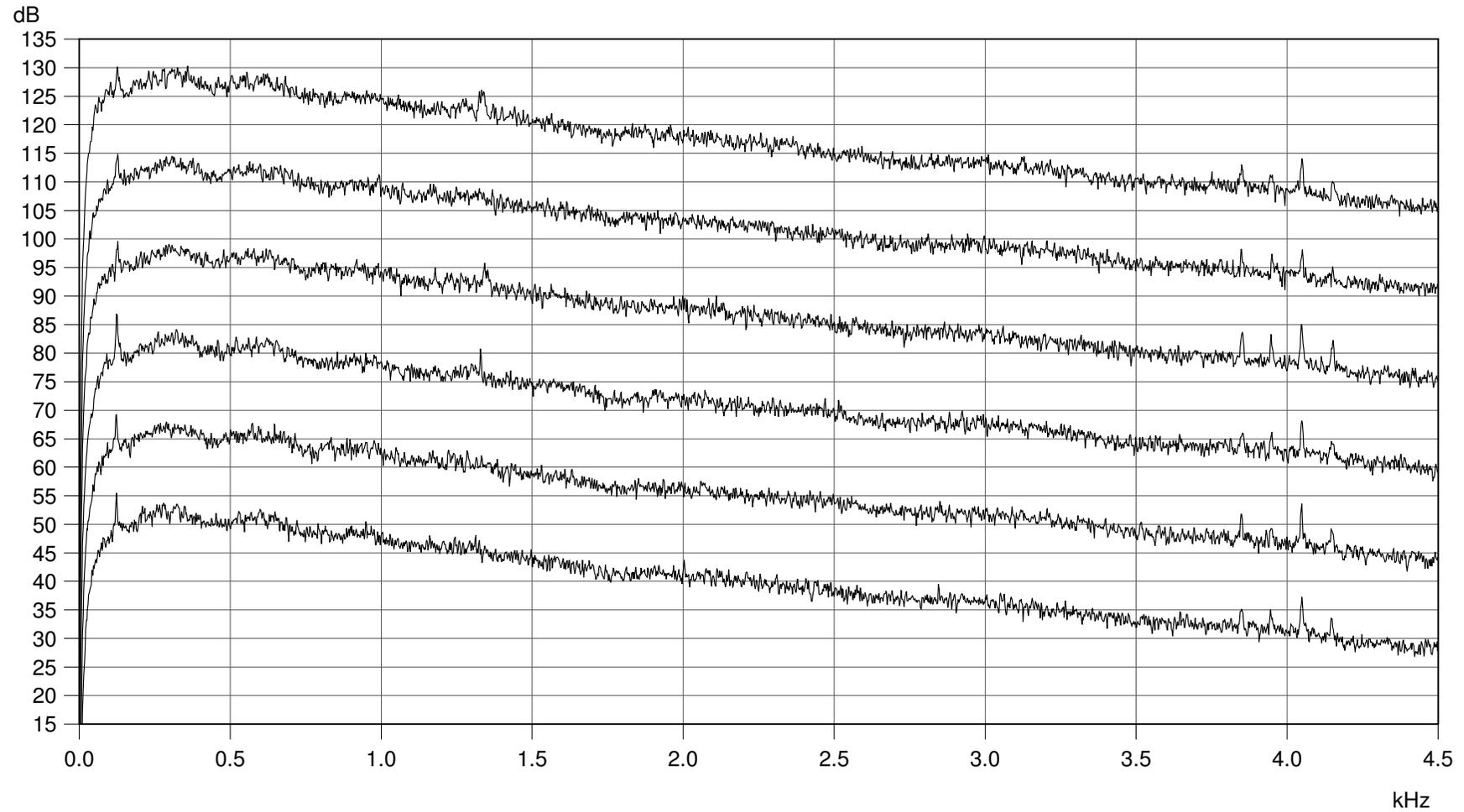
Spektren 1 – 6 aus BIN 5 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 1 ganz oben)



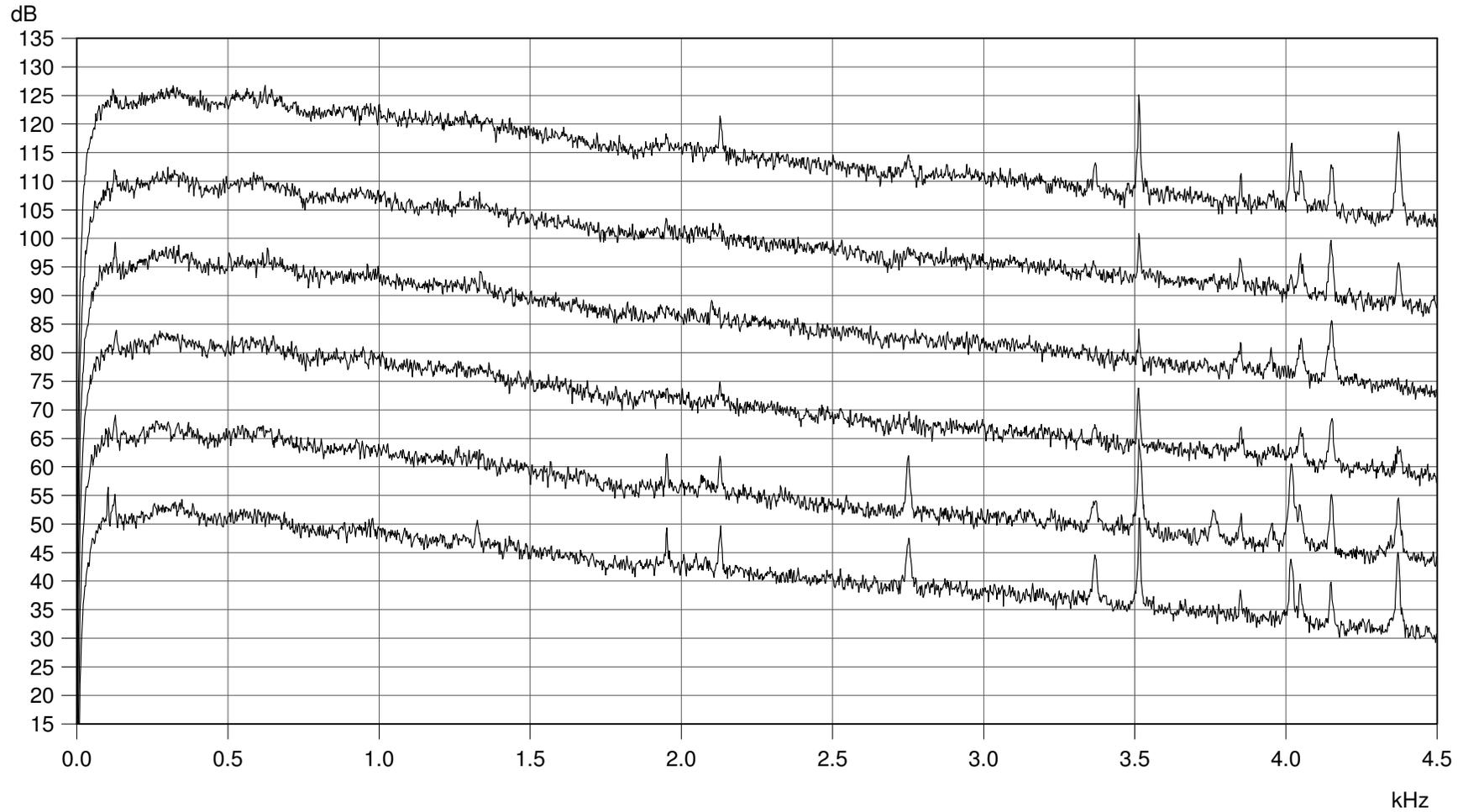
Spektren 7 – 12 aus BIN 5 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 7 ganz oben)



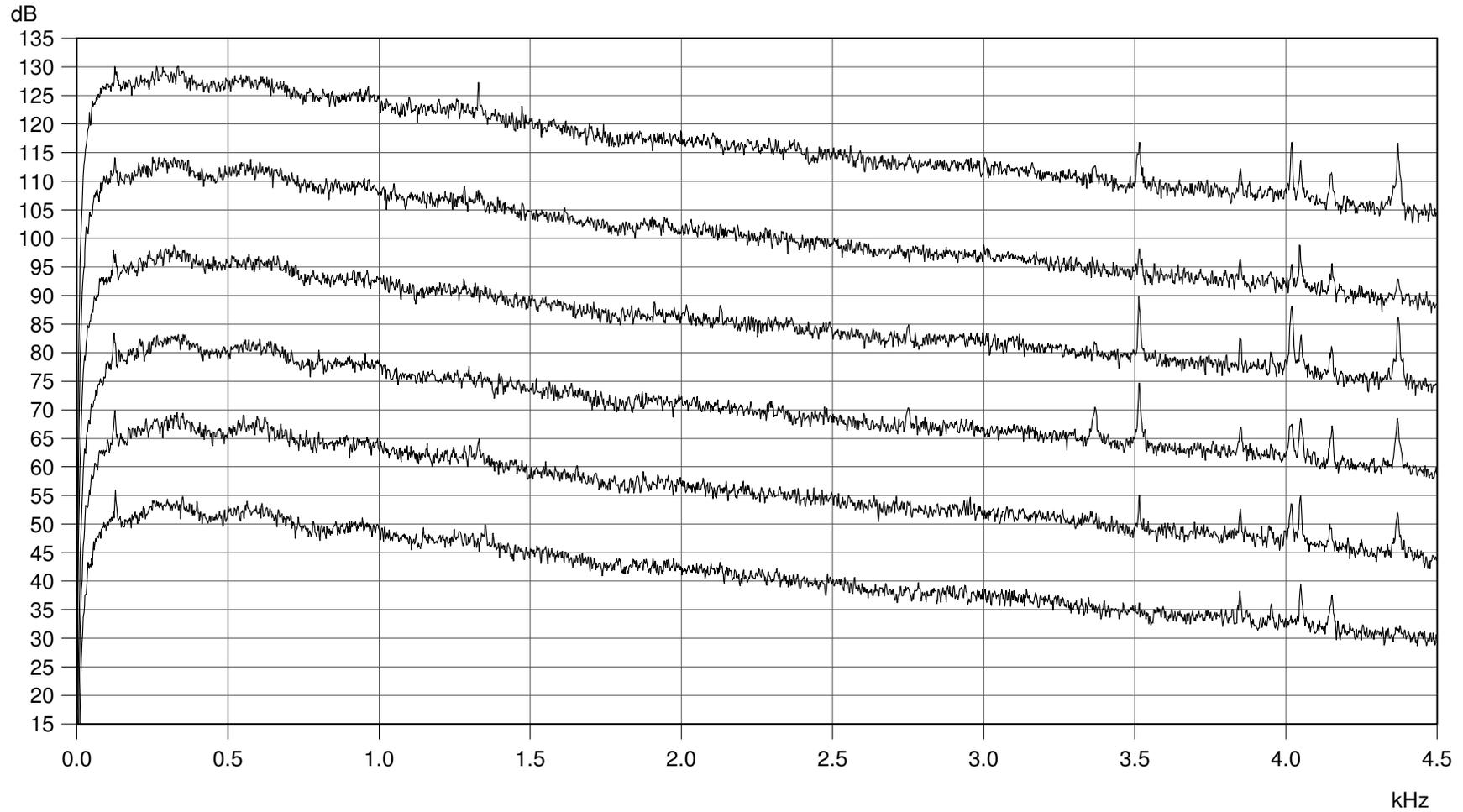
Spektren 1 – 6 aus BIN 6 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 1 ganz oben)



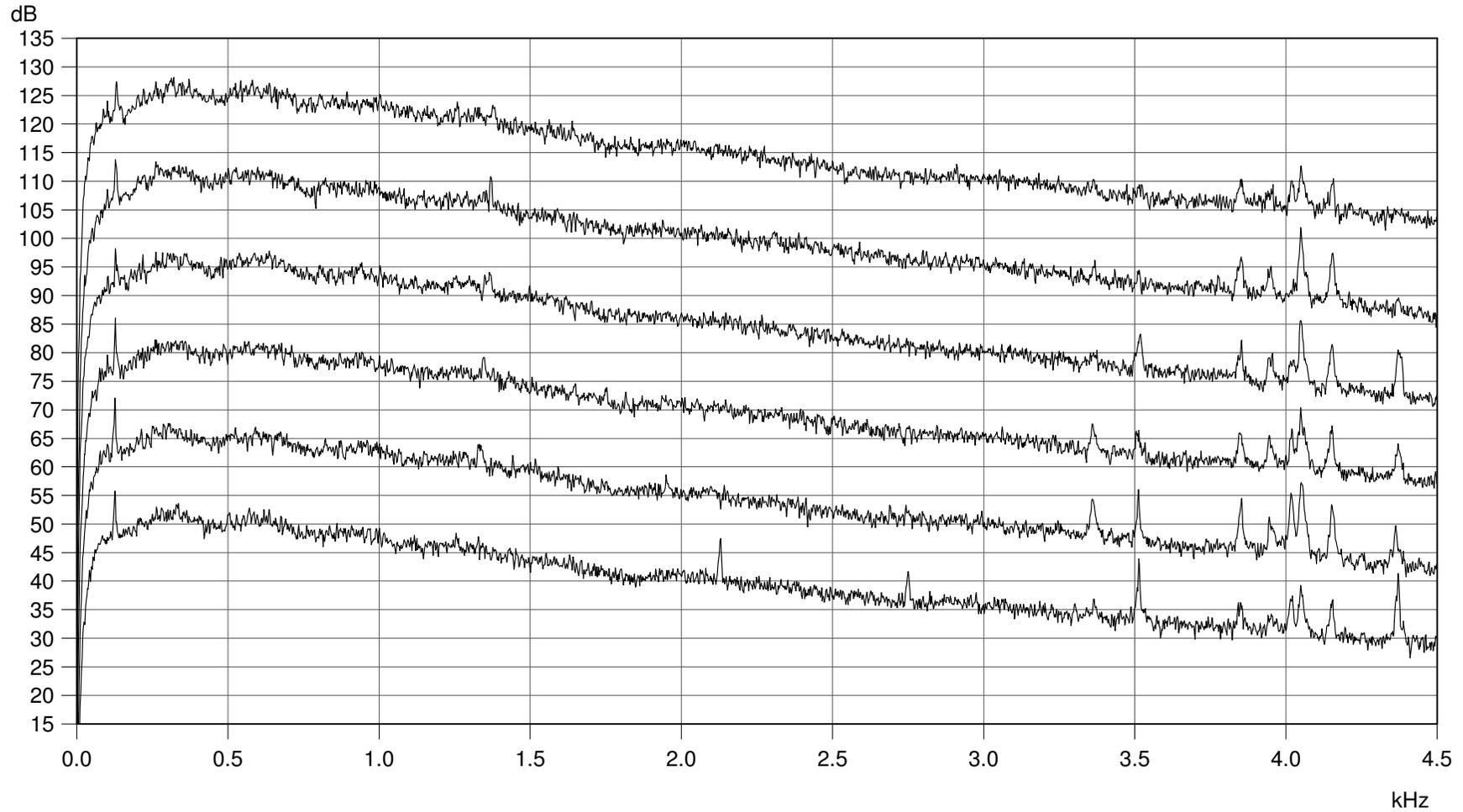
Spektren 7 – 12 aus BIN 6 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 7 ganz oben)



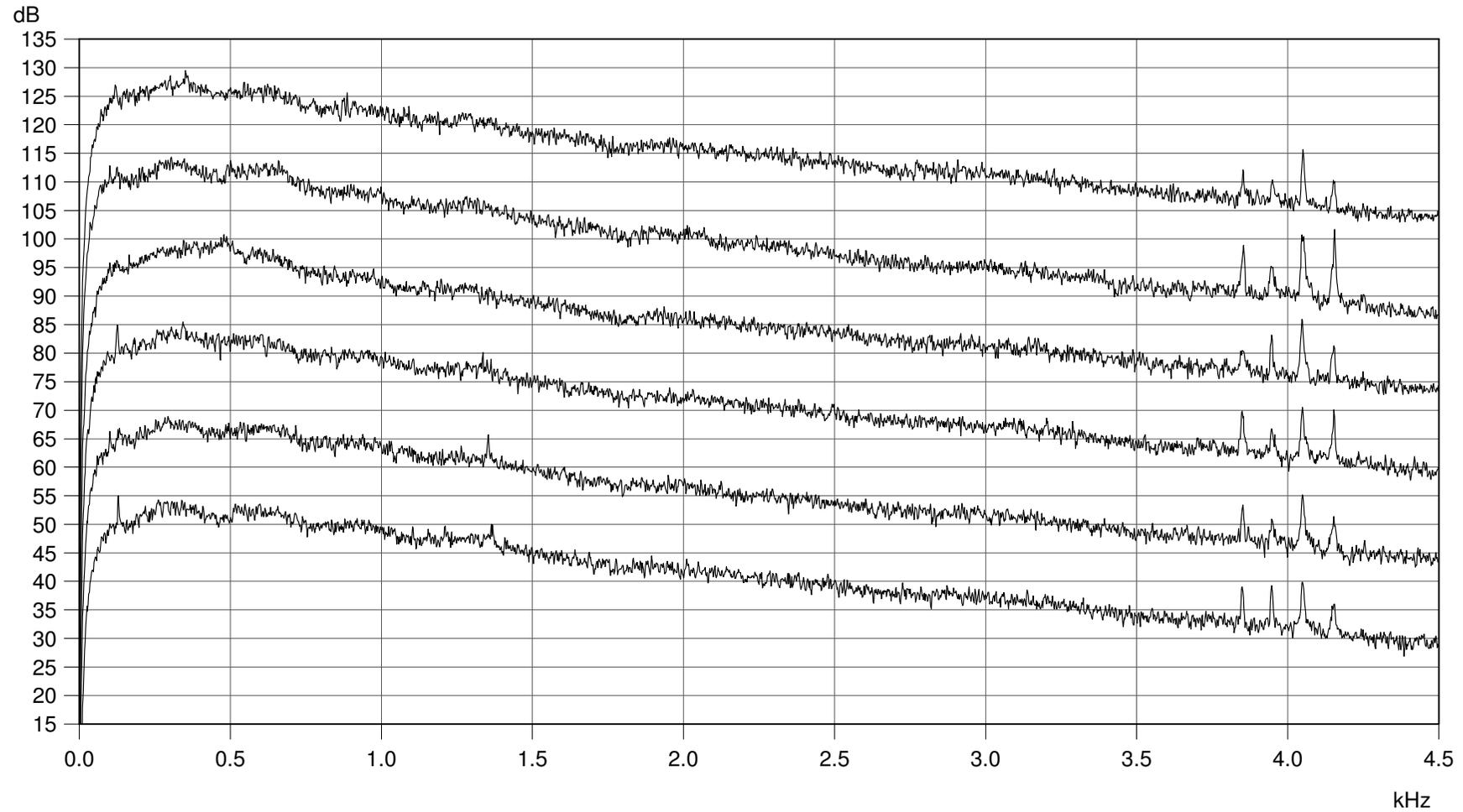
Spektren 1 – 6 aus BIN 7 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 1 ganz oben)



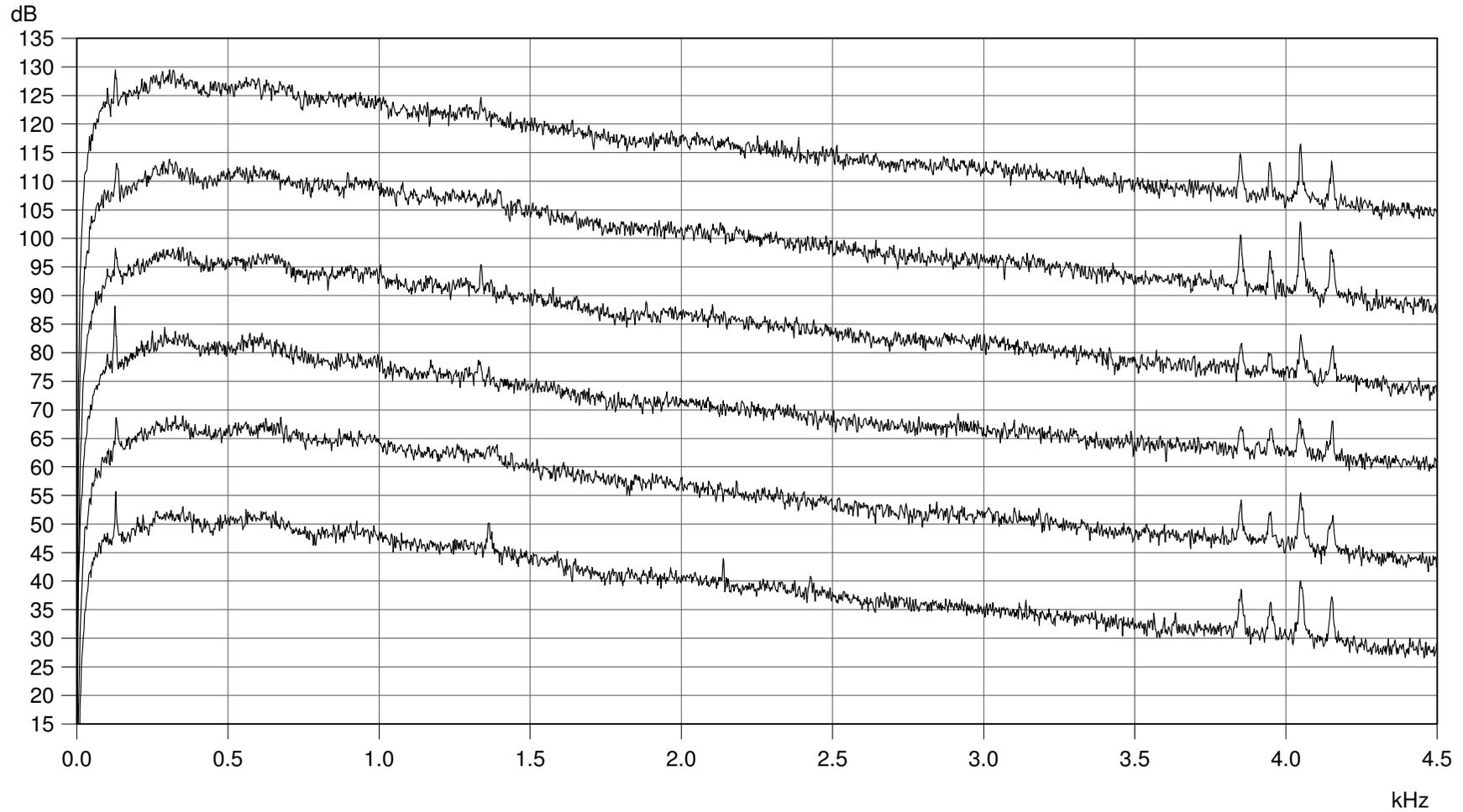
Spektren 7 – 12 aus BIN 7 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 7 ganz oben)



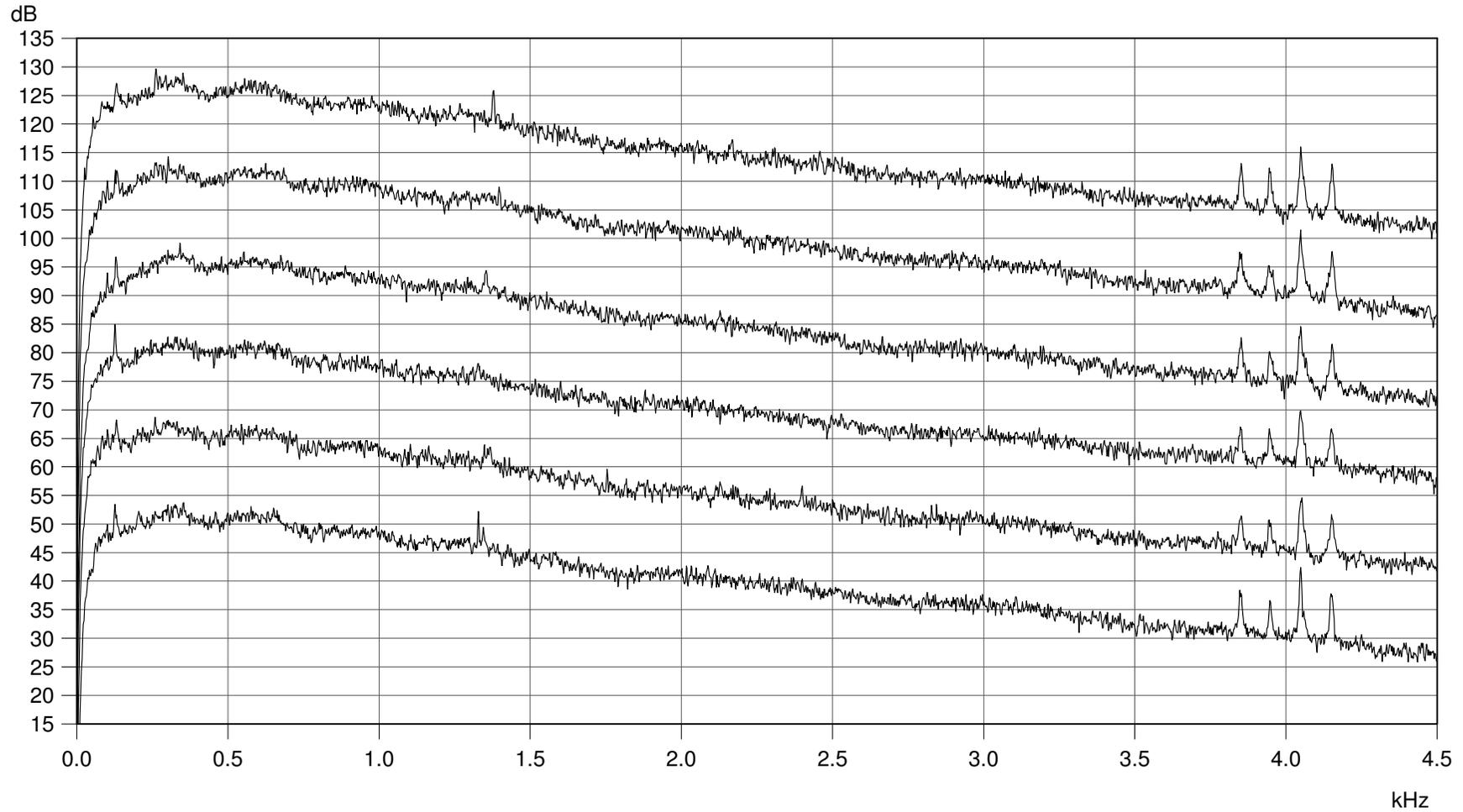
Spektren 1 – 6 aus BIN 8 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 1 ganz oben)



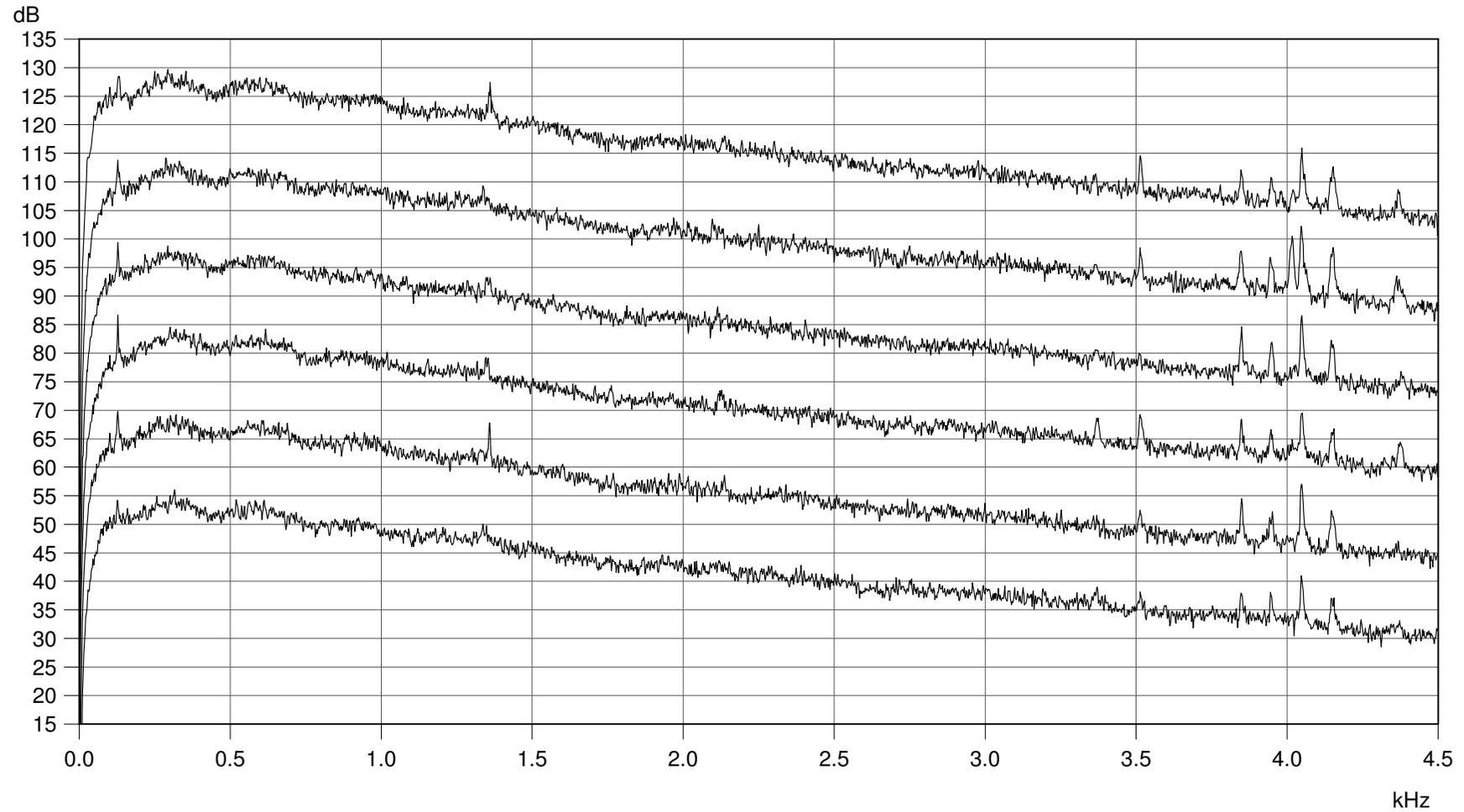
Spektren 7 – 12 aus BIN 8 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 7 ganz oben)



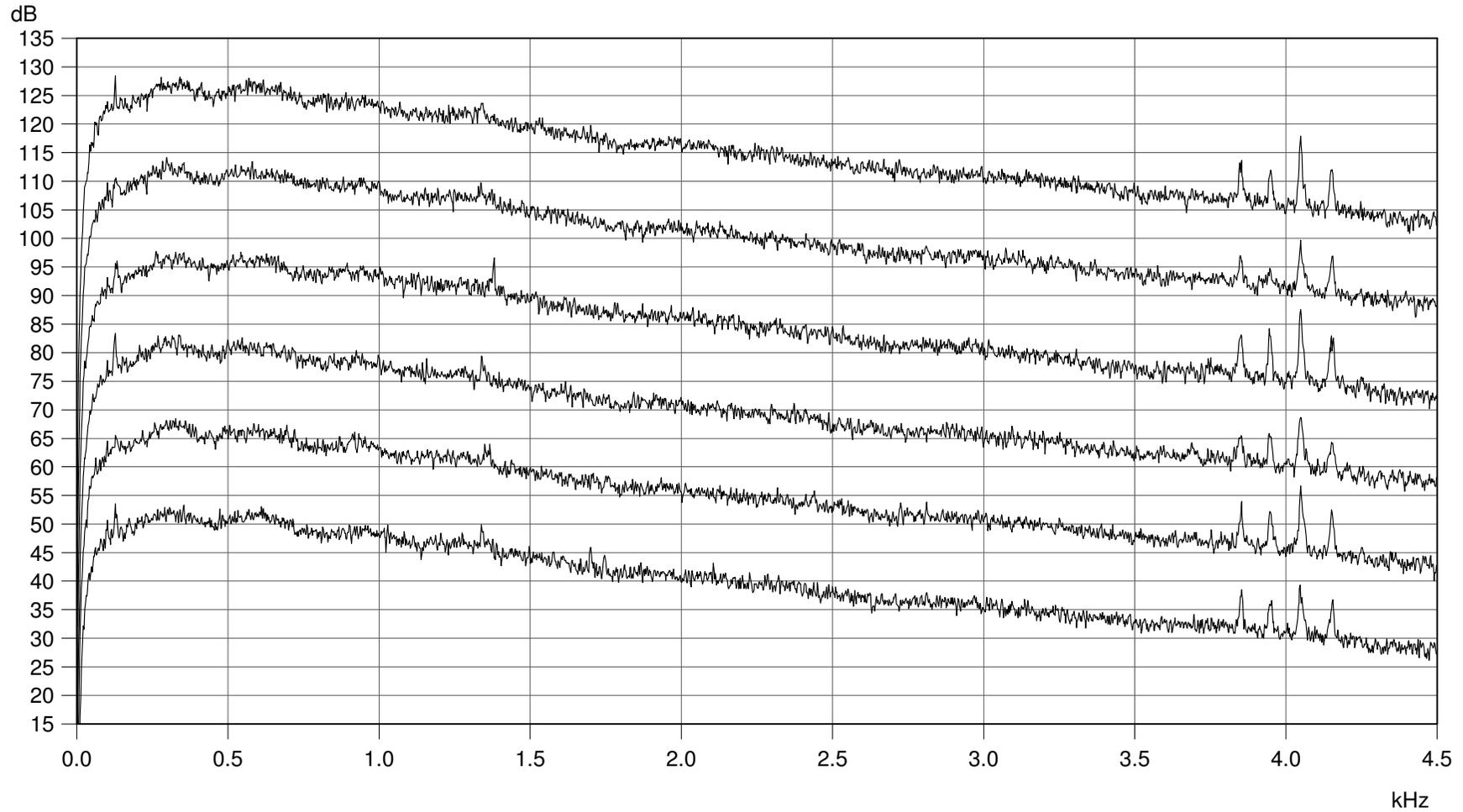
Spektren 1 – 6 aus BIN 9 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 1 ganz oben)



Spektren 7 – 12 aus BIN 9 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 7 ganz oben)



Spektren 1 – 6 aus BIN 10 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 1 ganz oben)



Spektren 7 – 12 aus BIN 10 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 7 ganz oben)



**Schalltechnisches Gutachten gemäß
FGW TR 1 zur Windenergieanlage
Vestas V126-3.45MW Ser.-Nr.: 203838
am Standort Kaufbeuren / Deutschland**

- Betriebsmodus 0 (3450 kW) -

Messung 2015-07-25

Vollständiger Bericht

2015-10-07

SE15022B8N1

Dieser Bericht ersetzt den Bericht SE15022B8

Frimmersdorfer Str. 73a · D-41517 Grevenbroich · Phone +49 (0) 2181 2278-0 · Fax +49 (0) 2181 2278-11 · info@windtest-nrw.de · www.windtest-nrw.de

Geschäftsführerin / Managing Director: Dipl.-Geol. Monika Krämer · Handelsregister/Commercial Register: Amtsgericht Mönchengladbach HRB 7758
USt.-IdNr./VAT No.: DE 183895079 · Steuer-Nr./Tax-ID: 114/5777/0301
Bankverbindungen/Bankaccount: Sparkasse Neuss: BLZ 305 500 00, Kto.-Nr. 800 272 04 · IBAN DE: 7430550000080027204 · BIC: WELA DE DN





**Schalltechnisches Gutachten gemäß
FGW TR 1 zur Windenergieanlage
Vestas V126-3.45MW Ser.-Nr.: 203838
am Standort Kaufbeuren / Deutschland**

- Betriebsmodus 0 (3450 kW) -

Bericht SE15022B8N1

Standort bzw. Messort:	Kaufbeuren / Deutschland, Ser.-Nr. 203838
-------------------------------	---

Auftraggeber:	Vestas Wind Systems A/S Hedeager 44 DK-8200 Aarhus N
----------------------	--

Auftragnehmer:	windtest grevenbroich gmbh Frimmersdorfer Str. 73a D-41517 Grevenbroich
-----------------------	---

Datum der Auftragserteilung:	2015-03-13	Auftragsnummer:	15 0073 06
-------------------------------------	------------	------------------------	------------

Prüfer:



Dipl.-Ing. David Rode
Gruppenleiter

Bearbeiter:



Dipl.-Ing. Frederik Gast
Senior Expert

Grevenbroich, 2015-10-07

Dieser Bericht darf auszugsweise nur mit schriftlicher Zustimmung der windtest grevenbroich gmbh vervielfältigt werden. Er umfasst insgesamt 75 Seiten inkl. der Anlagen.



1	AUFGABENSTELLUNG	4
2	DURCHFÜHRUNG DER MESSUNG	4
2.1	Messverfahren	4
2.2	Messobjekt	4
2.3	Messort	5
2.4	Messaufbau	5
2.5	Messablauf	8
2.6	Meteorologische Bedingungen	9
3	MESSERGEBNISSE	9
3.1	Subjektives Geräuschempfinden	9
3.2	Richtcharakteristik	9
3.3	Schalldruckpegel	9
3.4	Immissionsrelevanter Schalleistungspegel	12
3.5	Impulshaltigkeit	15
3.6	Pegel von Einzelereignissen	15
3.7	Tonhaltigkeitsanalyse	15
3.7.1	Verfahren der Tonhaltigkeitsanalyse	15
3.7.2	Ergebnisse der Tonhaltigkeitsanalyse	15
3.8	Turbulenzintensität	17
3.9	Betriebszustand während der Messung	17
4	MESSUNSICHERHEIT	18
4.1	Messunsicherheit Typ A	18
4.2	Messunsicherheiten Typ B	18
4.3	Abschätzung der Gesamtmessunsicherheit U_c	19
4.4	Messunsicherheiten für Tonhaltigkeiten	19
4.5	Messunsicherheiten für Terzspektren	19
5	ABWEICHUNGEN ZUR RICHTLINIE FGW TR 1	21
6	ZUSAMMENFASSUNG	22
7	LITERATURVERZEICHNIS	24
8	VERZEICHNIS DER VERWENDETEN FORMELZEICHEN UND ABKÜRZUNGEN	25
9	BEARBEITUNGSVERLAUF	26
10	ANHANG	27

Anhang 1	Herstellerbescheinigung
Anhang 2	Leistungskennlinie
Anhang 3	Oktav- und Terzspektrum
Anhang 4	Schmalbandspektren



1 Aufgabenstellung

Die windtest grevenbroich gmbh (wtg) wurde 2015-03-13 von Vestas Wind Systems A/S beauftragt, die charakteristische Geräuschabstrahlung der Windenergieanlage (WEA) V126-3.45MW mit einer Nabenhöhe von $H = 137$ m inkl. Fundament im Betriebsmodus 0 (3450 kW) am Standort Kaufbeuren / Deutschland gemäß der aktuellen Technischen Richtlinie Teil 1 zu erfassen.

2 Durchführung der Messung

2.1 Messverfahren

Die Mess- und Beurteilungsmethoden basieren auf der Technischen Richtlinie für Windenergieanlagen, Teil 1 „Bestimmung der Schallemissionswerte“ [1], Revision 18, Stand 2008-02-01. Gemäß dieser Richtlinie ist die Tonhaltigkeitsauswertung entsprechend der IEC 61400-11 [2] durchzuführen und nach DIN 45681 [3] mit einem Tonzuschlag K_{TN} zu bewerten.

Angegeben werden der immissionsrelevante Schalleistungspegel sowie die Ton- und Impulshaltigkeit im Nahfeld der WEA im Bereich von 6 m/s bis 10 m/s in 10 m Höhe (und evtl. bei 95 % der Nennleistung, sofern diese unterhalb einer Windgeschwindigkeit von 10 m/s in 10 m Höhe erreicht wird).

2.2 Messobjekt

Beim zu vermessenden Objekt handelt es sich um eine im Dauerbetrieb betriebene Windenergieanlage des Typs V126-3.45MW. Anzumerken ist, dass die WEA über aerodynamische Zusatzkomponenten an den Rotorblättern (Serrations) verfügt.

Akustisch betrachtet setzt sich eine WEA aus mehreren Einzelschallquellen zusammen. Zu nennen sind hier z. B. Komponenten wie Generator, Getriebe und Hydraulikpumpen (falls vorhanden), Transformatoren, Umrichter und Lüfter, welche sowohl über die Öffnungen im Maschinenhaus und im Turm direkt, als auch durch Körperschallübertragung über Maschinenhaus, Blätter und Turm Geräusche abstrahlen. Diese Geräusche können tonhaltig sein.

Aerodynamisch bedingte Geräusche, verursacht durch die Rotation der Rotorblätter, stellen eine weitere wesentliche Schallquelle dar. Diese Geräusche sind in der Regel breitbandig und in erster Linie von der Blattspitzengeschwindigkeit und den Blattprofilen bzw. dem Regelverhalten (Pitch oder Stall) abhängig.

Die vermessene WEA weist die in der Tab. 1 dargestellten Eigenschaften auf. Detaillierte Angaben finden sich in der Herstellerbescheinigung im Anhang.



Tab. 1: Technische Daten der Windenergieanlage

Hersteller	Vestas Wind Systems A/S	
WEA-Typ	V126-3.45MW	
Seriennummer	203838	
Standort	Kaufbeuren / Deutschland	
Nennleistung	3.450 kW	
Leistungsregelung	pitch	
Nabenhöhe ü. Grund	137 m	
Turmbauart	zylindrisch- konischer Stahlrohrturm	
Anordnung Rotorblätter zum Turm	luv	
Anzahl der Rotorblätter	3	
Rotordurchmesser	126 m	
Blatt-Typ	Vestas 62M mit aerodynamischen Zusatzkomponenten (Serrations)	
Nenndrehzahl/ -bereich (Rotor)	12,9 / 5,3 – 16,6 min ⁻¹	
Getriebe-Typ	Winergy PZAB 3530,1	
Generator-Typ	Vestas SFIG VND 3.5MW IG	

Abb. 1: WEA V126-3.45MW

2.3 Messort

Die WEA befindet sich mit weiteren WEA am Standort Kaufbeuren / Deutschland. Die Umgebung der WEA wird landwirtschaftlich genutzt und war zum Zeitpunkt der Messung nicht bestellt. Weiterhin besteht die Umgebung aus zahlreich eingestreuten Bäumen und Baumreihen sowie einzelnen Waldgebieten.

2.4 Messaufbau

Die Anordnung der Messpunkte wurde gemäß [2] gewählt. Die Messung der Schallemissionen am Referenzpunkt wurde mit einem Mikrofon auf einer schallharten Platte mit einem Durchmesser von 1 m in einem Abstand zum Turmmittelpunkt der WEA von $R_{0, \text{gewählt}} = 195 \text{ m}$ durchgeführt. Der Referenzpunkt war in Mitwindrichtung zur WEA angeordnet (Abb. 2).



$$R_0 = H + \frac{D}{2} \pm 20\%$$

(H: Nabenhöhe; D: Rotordurchmesser)

Die Schalldruckpegel (Betriebs- bzw. Gesamtgeräusche und Fremdgeräusche) wurden mit Hilfe eines Mikrofons und eines Schallpegelmessers aufgezeichnet und für nachträgliche Analysen zeitgleich mit einem Audiorecorder aufgenommen. Bei der Messung wurde ein sekundärer halbkugelförmiger Windschirm (Spezifikation nach [2]) verwendet. Der Frequenzgang des Windschirms ist bekannt. Der dämpfende Einfluss beträgt 0,2 dB und wurde im Folgenden berücksichtigt.

Die eingespeiste Wirkleistung der WEA wurde von der wtg über die Anlagensteuerung aufgezeichnet.

Da die WEA V126-3.45MW auf Grund der regelbaren Drehzahl in verschiedenen Betriebsmodi betrieben werden kann, ist nach [1] vorgesehen, zur eindeutigen Charakterisierung des Betriebszustandes die Drehzahl der WEA während der Messung mit aufzuzeichnen.

Das Drehzahlsignal und das Signal der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe wurden ebenfalls von der wtg über die Anlagensteuerung aufgezeichnet.

Die Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe wurden von einem Anemometer im Abstand von 259 m seitlich zur WEA erfasst (Abb. 3), digitalisiert und auf der Festplatte des Messrechners gespeichert.



Abb. 2: Aufbau Mikrofons



Abb. 3: Aufbau Windmessmast

Die Erfassung der meteorologischen, akustischen und elektrischen Signale wurde mit Hilfe einer Funkuhr (DCF77) synchronisiert. Die verwendeten Messgeräte zur Erfassung aller Signale sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Um eine einwandfreie Daten- und Messsicherheit zu gewährleisten, werden alle Messgeräte in den in [2] genannten Abständen geprüft.

Die gesamte akustische Messkette wurde mit einer Prüfschallquelle vor und nach der Messung kalibriert.



Tab. 2: Messgeräte

Geräte Akustik <i>devices acoustic</i>	Hersteller / Serien-Nr. <i>manufacturer / serial number</i>	Kalibriert bis <i>calibrated until</i>	WTG-Nummer <i>wtg number</i>
Mikrofon <i>microphone</i>	Norsonic, Typ 1225, Serien-Nr. 215426 <i>Norsonic, type 1225, serial-no. 215426</i>	2017-12-31	WTGMT2797
Mikrofonvorverstärker <i>preamplifier</i>	Norsonic, Typ 1209, Serien-Nr. 20181 <i>Norsonic, type 1209, serial-no. 20181</i>	2017-12-31	WTGMT2798
Schallpegelmesser <i>sound level meter</i>	Norsonic 140, Serien-Nr. 1406102 <i>Norsonic 140, serial-no. 1406102</i>	2017-12-31	WTGMT2796
Akustischer Kalibrator <i>acoustical calibrator</i>	Norsonic, Typ 1251, Serien-Nr. 34226 <i>Norsonic, type 1251, serial-no. 34226</i>	2016-01-27	WTGMT2799
Prim. Windschirm <i>primary wind screen</i>	Norsonic <i>Norsonic</i>		
Sek. Windschirm <i>secondary wind screen</i>	windtest grevenbroich gmbh <i>windtest grevenbroich gmbh</i>		
Geräte Meteorologie <i>meteorological devices</i>	Hersteller / Serien-Nr. <i>manufacturer / serial number</i>	Kalibriert bis <i>calibrated until</i>	WTG-Nummer <i>wtg number</i>
Messmast 10 m <i>meteorological mast</i>	Inensus Kompakt - Messmast - 10 m <i>Inensus Kompakt - met mast - 10 m</i>		WTGMT1813
Anemometer <i>anemometer</i>	Thies, Typ: 4.3519.00.700, Serien-Nr. 08120911 <i>Thies, type: 4.3519.00.700, serial no. 08120911</i>	2016-08-15	WTGMT2419
Thermometer und Hygrometer <i>thermometer and hygrometer</i>	Thies, 1.1005.54.741, Serien-Nr. 108157 <i>Thies, 1.1005.54.741, serial-no. 108157</i>		WTGMT2432
Barometer <i>barometer</i>	Thies/Setra B-278-1T, Serien-Nr. 5005426 <i>Thies/Setra B-278-1T, serial-no. 5005426</i>		WTGMT2434
Geräte Hard- und Software <i>devices hard- and software</i>	Hersteller / Serien-Nr. <i>manufacturer / serial number</i>	Kalibriert bis <i>calibrated until</i>	WTG-Nummer <i>wtg number</i>
Datenlogger <i>data logger</i>	IMC CS-4108, Serien-Nr. 124409 <i>IMC CS-4108, serial-no. 124409</i>		WTGMT1552
Computer <i>Computer</i>	Toshiba Tecra A10-140 Business Notebook PTSB0E-01900WGR, Serien-Nr. SY8027961H <i>Toshiba Tecra A10-140 Business Notebook PTSB0E-01900WGR, serial-no. SY8027961H</i>		WTGPC0548
Laserentfernungsmesser <i>laser rangefinder</i>	Yardage Pro, 1000 Serien-Nr. 027178 <i>Yardage Pro, 1000 serial-no. 027178</i>		WTGMT1050

2.5 Messablauf

Die Messung wurde 2015-07-25 von 07⁰⁰ Uhr bis 16³⁰ Uhr durchgeführt. Für die Messung der Schallemissionen wurden die benachbarten WEA außer Betrieb gesetzt. Die während der Messung in 10 m Höhe aufgetretenen Windgeschwindigkeiten lagen in einem Bereich zwischen 1 m/s und 12 m/s (vergl. Abb. 5). Die abgegebene Wirkleistung der WEA lag zwischen 400 kW und 3.450 kW (vergl. Abb. 6). Während der Messungen des Betriebsgeräusches lief die WEA im Dauerbetrieb.

Bei der Messung wurden parallel der Schalldruckpegel, die elektrische Wirkleistung, die Generatordrehzahl, die Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe und die Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe gemessen und aufgezeichnet.

Störgeräusche, die während der Messung auftraten (z. B. Autoverkehr, landwirtschaftlicher Verkehr, Flugverkehr), wurden für die Ermittlung der Schallemissionswerte (Betrieb und Hintergrund) ausgeschlossen.



2.6 Meteorologische Bedingungen

Die meteorologischen Bedingungen wurden während der Messzeit kontinuierlich aufgezeichnet. Es herrschten die in Tabelle 3 dargestellten meteorologischen Bedingungen.

Tabelle 3: Meteorologische Bedingungen während der Messzeit

Bewölkung	Heiter bis wolkig
Luftdruck	917 - 921 hPa
Lufttemperatur	16,8 - 19,9°C
Luftfeuchte	65 %

3 Messergebnisse

Grundlage aller Auswertungen (Tabellen, Grafiken) ist eine Mittelungszeit von 60 sek. für alle aufgezeichneten Signale.

3.1 Subjektives Geräuschempfinden

Aerodynamisch bedingte Geräusche traten durch die Rotation der Rotorblätter auf. Am Referenzpunkt sind schwache tonhaltige Geräusche bei etwa 80 Hz sowie 4150 Hz zeitweise subjektiv wahrnehmbar. Das Anlagengeräusch ist aber insgesamt als unauffällig einzustufen.

3.2 Richtcharakteristik

Es wurde subjektiv keine ausgeprägte Richtcharakteristik für die WEA V126-3.45MW festgestellt.

3.3 Schalldruckpegel

Zur Analyse der charakteristischen Schallwerte bei den verschiedenen Windgeschwindigkeiten wurden die gemessenen Schalldruckwerte, Leistungswerte und Windgeschwindigkeiten des Messzeitraums nach Status unterschieden und analysiert.

Es wurde unterschieden zwischen den Zeiträumen Anlagenbetrieb (Betriebs- bzw. Gesamtgeräusche, Status = 1) und Anlagenstillstand (Fremdgeräusche, Status = 0,5). Status = 0 bedeutet, dass die Geräuschdaten aufgrund von Störgeräuschen oder anderen Betriebsmodi nicht für die Auswertung herangezogen werden dürfen (vgl. Abb. 4).

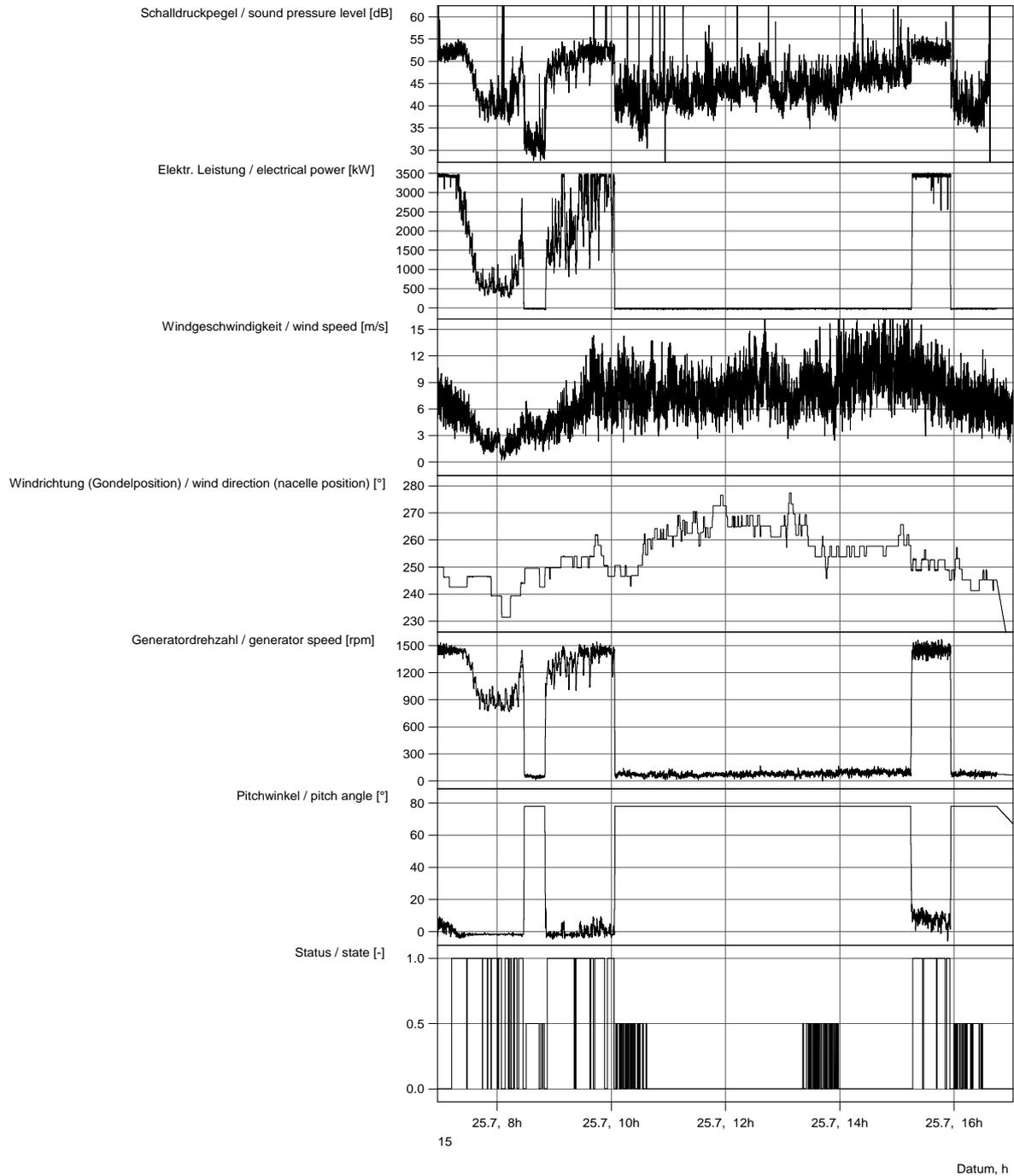


Abb. 4: Messwerte

Aus dem zeitlichen Verlauf der gemessenen Werte wurden je nach Status die Leistung, Windgeschwindigkeit und Schalldruckpegel gefiltert. Das arithmetische Mittel der Windgeschwindigkeit und der Leistung sowie das energetische Mittel der Schalldruckpegel über jeweils 60 sek. waren Grundlage zur Ermittlung der Regressionen für die Schalldruckpegel Betrieb und Hintergrund (vgl. Abb. 5 bis Abb. 7).

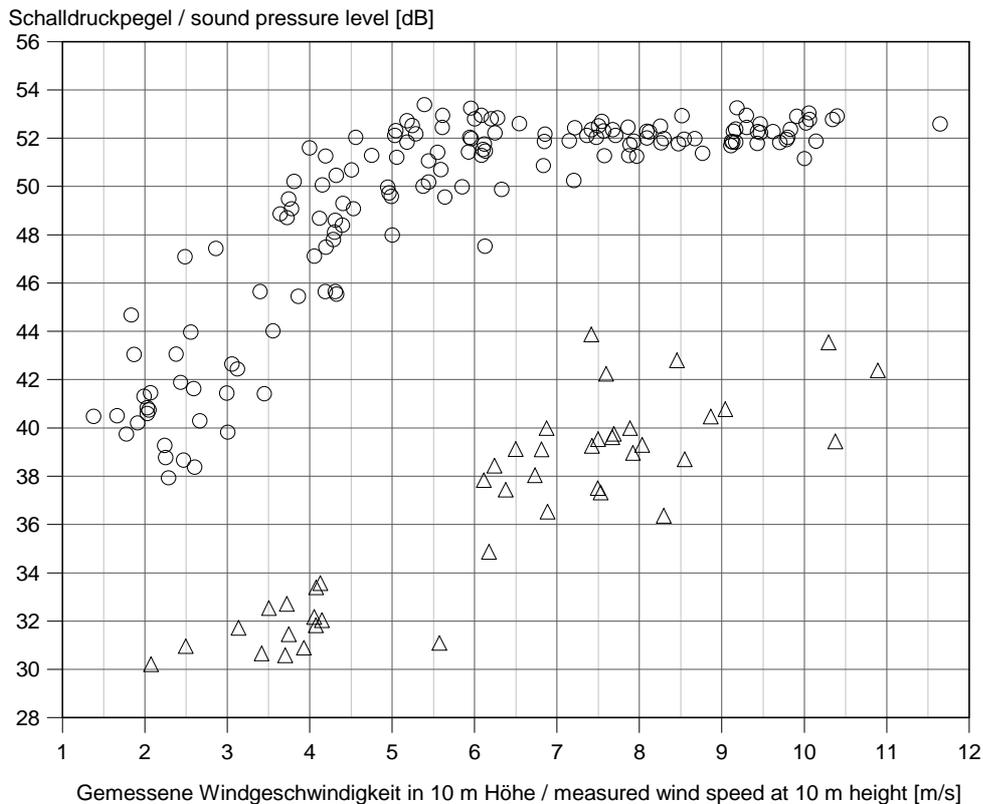


Abb. 5: Schalldruckpegel über gemessener Windgeschwindigkeit (Betrieb O und Hintergrund Δ, 60 sek. Mittelwerte)

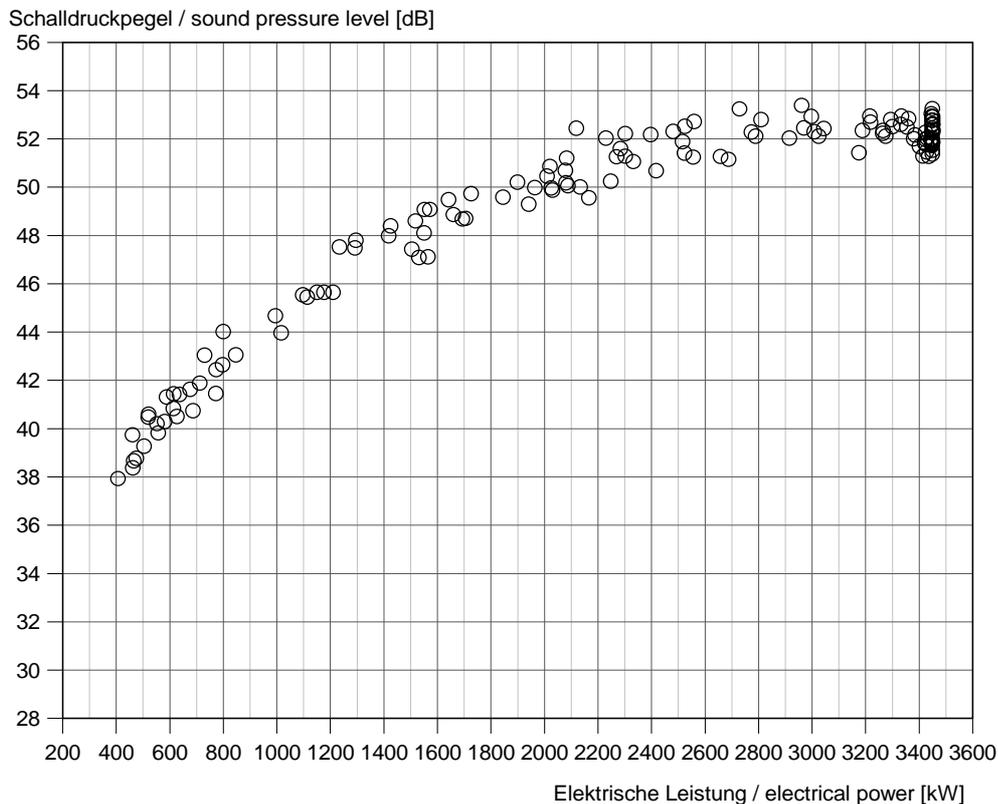


Abb. 6: Schalldruckpegel über elektrischer Leistung (60 sek. Mittelwerte)



3.4 Immissionsrelevanter Schalleistungspegel

Aus der gemessenen Wirkleistung wurde mit Hilfe der zu Grunde gelegten Leistungskurve (vgl. Anhang), einer meteorologischen Korrektur gemäß [2] und einem logarithmischen Ansatz für das Windgeschwindigkeitsprofil (Rauhigkeitslänge $z_0 = 0,05$ m) auf die standardisierte Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe geschlossen.

$$v_{p10} = v_H \cdot \frac{\ln 10 / z_0}{\ln H / z_0} \quad \text{mit } z_0 = 0,05 \text{ m, } H = 137 \text{ m}$$

Aus der standardisierten Windgeschwindigkeit und der im Betrieb der WEA gemessenen Windgeschwindigkeit wurde der Korrekturfaktor κ für die gemessene Hintergrundwindgeschwindigkeit bestimmt.

$$\kappa = \frac{v_{p10}}{v_{mess,10}} \quad \text{und} \quad v_{mess,10,korr} = \kappa \cdot v_{mess,10}$$

Es wurde ein Korrekturfaktor $\kappa = 1,32$ zur Korrektur der gemessenen Hintergrundwindgeschwindigkeiten bestimmt. Daraus ergaben sich die in der folgenden Abbildung dargestellten Regressionen. Messwerte bei mehr als 95 % der Nennleistung sind in der Abb. 7 über ihre gemessene, mit dem Korrekturfaktor κ korrigierte Windgeschwindigkeit mit quadratischen Symbolen \square dargestellt. Dabei entfallen gemäß [1] solche Messwerte, bei denen die korrigierte Windgeschwindigkeit unterhalb der Windgeschwindigkeit zu 95 % der Nennleistung liegt.

Abweichend von [1] wurde hier eine Regression 6. Ordnung für das Betriebsgeräusch durchgeführt, da der Kurvenverlauf bei 4. Ordnung die Messwerte nicht hinreichend gut wiedergibt.

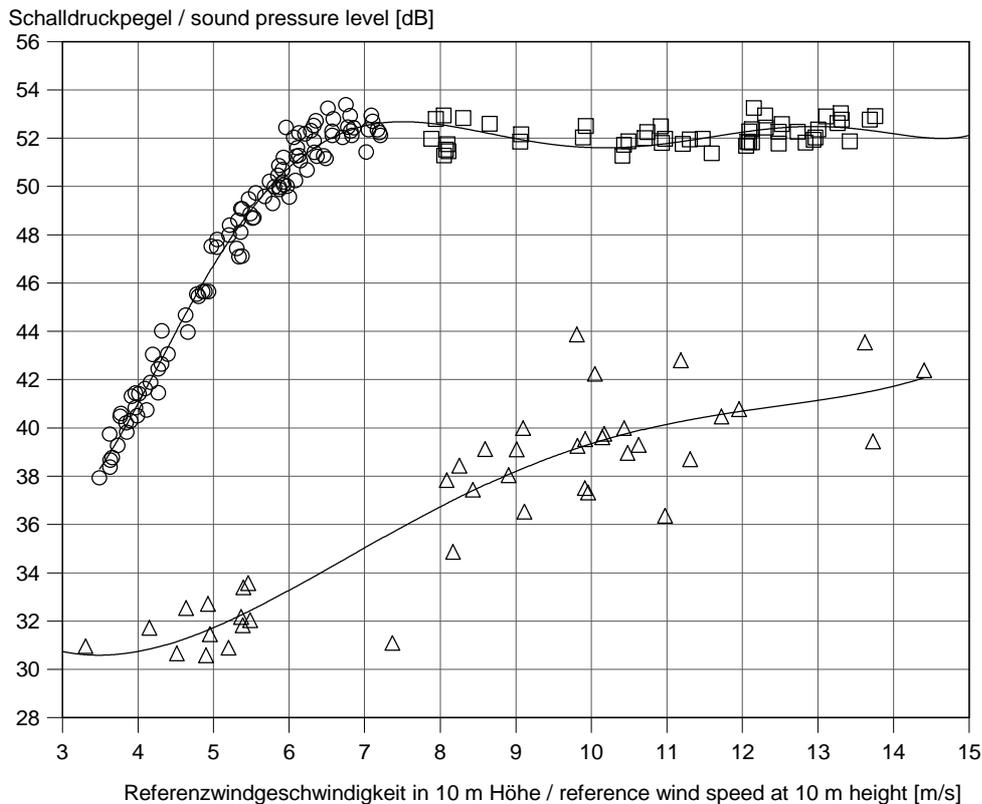


Abb. 7: Schalldruckpegel über standardisierter Windgeschwindigkeit (60 sek. Mittelwerte)
 □ Messwerte größer 95%-Nennleistung

Die Koeffizienten a_i für das Betriebs- sowie das Hintergrundgeräusch sind mittels folgender Gleichung ermittelt worden:

$$L_{Aeq} = \sum_{i=0}^n a_i \cdot x^i \text{ mit } n = \text{Ordnungszahl der Regression, } x = \text{Windgeschwindigkeit in m/s}$$

Tab. 4: Regressions-Koeffizienten für Betriebs- und Hintergrundgeräusch (in dB) gegen Windgeschwindigkeit (in m/s)

Betriebsgeräusch (BG)		Hintergrundgeräusch (HG)	
a_0	131,6893739227	a_0	42,16561829548
a_1	-95,79276996414	a_1	-8,00467447399
a_2	35,15179016715	a_2	1,769069385069
a_3	-5,958898471455	a_3	-0,1346880085877
a_4	0,5198223557411	a_4	0,003500230880122
a_5	-0,02270171511746		
a_6	0,0003935306960615		

Zwischen den Regressionsgleichungen Schalldruckpegel Betrieb ($L_{Aeq,BG}$) und Schalldruckpegel Hintergrund ($L_{Aeq,HG}$) über der standardisierten Windgeschwindigkeit wurde der Störabstand bestimmt und anschließend der fremdgeräuschkorrigierte Schalldruckpegel ($L_{Aeq,c}$) für den Betrieb der WEA berechnet.



$$L_{Aeq,c} = 10 \lg [10^{(0,1 * L_{Aeq,BG})} - 10^{(0,1 * L_{Aeq,HG})}]$$

Aus dem fremdgeräuschkorrigierten Schalldruckpegel $L_{Aeq,c}$ wurde für die standardisierten Windgeschwindigkeiten von 4 m/s bis 14 m/s in 10 m Höhe der Schalleistungspegel L_{WA} der WEA berechnet.

$$L_{WA} = L_{Aeq,c} - 6 \text{ dB} + 10 \cdot \log \left(4\pi \cdot \frac{R_i^2}{1 \text{ m}^2} \right) \quad \text{dB}$$

$$R_i = \sqrt{(R_o + N_A)^2 + (H - h_A)^2}$$

$$R_o = 195 \text{ m}, N_A = 4,5 \text{ m}, H = 137 \text{ m}, h_A = 0 \text{ m}$$

Damit ergaben sich für die WEA V126-3.45MW in der vorliegenden Konfiguration die in der Tab. 5 dargestellten immissionsrelevanten Schalleistungspegel.

Tab. 5: Immissionsrelevanter Schalleistungspegel V126-3.45MW, Betriebsmodus 0 (3450 kW)

Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe (v_{p10}) [m/s]	BIN 4	BIN 5	BIN 6	6,95 ¹⁾	BIN 7	BIN 8	BIN 9	BIN 10	BIN 11	BIN 12	BIN 13	BIN 14 ²⁾
Gesamtgeräusch $L_{Aeq,BG}$ [dB]	41,0	46,8	50,8	52,5	52,5	52,6	52,0	51,6	51,8	52,3	52,5	52,2
Fremdgeräusch $L_{Aeq,HG}$ [dB]	30,7	31,7	33,3 ³⁾	34,9 ³⁾	35,0 ³⁾	36,7	38,2	39,3	40,1	40,7 ³⁾	41,1 ³⁾	41,7
Abstand ΔL [dB]	10,3	15,1	17,5	17,6	17,5	15,9	13,8	12,3	11,7	11,6	11,4	10,5
Betriebsgeräusch $L_{Aeq,c}$ [dB]	40,6	46,6	50,7	52,4	52,4	52,4	51,8	51,3	51,5	51,9	52,1	51,8
Schalleistungspegel L_{WA} [dB]	93,3	99,3	103,4	105,1	105,1	105,1	104,5	104,0	104,2	104,6	104,8	104,5
Elektrische Leistung P [kW]	703	1403	2407	3278	3306	3448	3450	3450	3450	3450	3450	3450

1) 95 % Nennleistung

2) zu wenig Messwerte für Betriebsgeräusch vorhanden. L_{WA} ist abgeschätzt

3) zu wenig Messwerte für Hintergrundgeräusch vorhanden. An diesen Stellen wurde der Hintergrundpegel mittels der Regressionsgrade interpoliert.

Anmerkung 1: Aus den dargestellten Messwerten oberhalb 95 % der Nennleistung (Abb. 7) wird ersichtlich, dass für diesen Anlagentyp in diesem Betriebszustand bei noch höheren Windgeschwindigkeiten nicht mit einer weiteren Erhöhung der Schallemissionswerte zu rechnen ist.

Anmerkung 2: Für BIN 14 sind nur zwei 1 min-Mittelwerte vorhanden.

Anmerkung 3: Im Bereich BIN 6 und 7 sowie 12 und 13 sind für den Hintergrundpegel zu wenig Messwerte vorhanden. An diesen Stellen wurde der Hintergrundpegel mittels der Regressionsgrade interpoliert.



3.5 Impulshaltigkeit

Vom Gutachter wurden keine impulsartigen Auffälligkeiten festgestellt (subjektive Beurteilung nach [1]). Somit wurde hier keine detaillierte Auswertung nach DIN 45645-1 [4] vorgenommen.

3.6 Pegel von Einzelereignissen

Einzelereignisse wie das Anfahren oder Abschalten der Anlage, Quietschen der Bremsen oder Fahren des Azimut, die den Mittelungspegel um mehr als 10 dB überschritten, wurden bei der Messung nicht festgestellt.

3.7 Tonhaltigkeitsanalyse

Die Tonhaltigkeitsauswertung ist gemäß Technischer Richtlinie [1] nach IEC 61400-11 [2] durchzuführen und nach DIN 45681 [3] mit einem Tonzuschlag K_{TN} zu bewerten.

3.7.1 Verfahren der Tonhaltigkeitsanalyse

Das aufgezeichnete Geräusch (Hintergrund und Betrieb) wird zur Bestimmung der Frequenzzusammensetzung mit 40 kHz unter Verwendung eines Antialiasing-Filters mit einer Grenzfrequenz von 20 kHz digitalisiert und einer Fastfourieranalyse (FFT) unterzogen.

Je Windgeschwindigkeitsklasse (BIN) werden für das Betriebsgeräusch und das Hintergrundgeräusch jeweils zwölf Aufnahmen mit einer Länge von je 10 sek. der FFT zu Grunde gelegt. Die Frequenzauflösung beträgt 2 Hz. Für die FFT wurde ein Hanning Fenster verwendet.

Nach energetischer Mittelung der zwölf Differenzpegel ΔL und Berücksichtigung des Audibilitätsmaßes (L_a) wird ein Tonhaltigkeitszuschlag (K_{TN}) für den Nahbereich der Windenergieanlage nach [3] je BIN vergeben.

3.7.2 Ergebnisse der Tonhaltigkeitsanalyse

Das von der V126-3.45MW analysierte Betriebsgeräusch weist im Spektrum zeitweise tonale Komponenten im Bereich 80 Hz und zwischen 3.800 Hz - 4.200 Hz auf, die nach dem genannten Verfahren nicht zu einem Tonhaltigkeitszuschlag K_{TN} für den Nahbereich der WEA führen. Die Ergebnisse der Analyse in den jeweiligen BINs sind in den Tab. 6 bis Tab. 7 aufgeführt. Aufgrund der Übersichtlichkeit werden nur die relevanten BINs, in welchen die Töne gefunden worden sind, gezeigt. Die Spektren aller BINs sind im Anhang 4 dargestellt.



Tab. 6: Bestimmung des Tonhaltigkeitszuschlags im Bereich 80 Hz:

Spektrum Nr.	BIN 4	
	f_T [Hz]	$\Delta L_{j,k}$ [dB]
1	84	-3,87
2	86	-2,68
3	84	-5,00
4	84	-2,11
5	80	-2,71
6	80	-4,86
7	72	-5,41
8	74	-6,76
9	78	-7,02
10	80	-1,34
11	84	-2,79
12	86	-3,23
Energ. Mittel ΔL_k [dB]		-3,65
Tonalität $\Delta L_{a,k}$ [dB]		-1,65
K_{TN} [dB]		0

Tab. 7: Bestimmung des Tonhaltigkeitszuschlags im Bereich 3.800 Hz - 4.200 Hz:

Spektrum Nr.	BIN 11		BIN 12		BIN 13	
	f_T [Hz]	$\Delta L_{j,k}$ [dB]	f_T [Hz]	$\Delta L_{j,k}$ [dB]	f_T [Hz]	$\Delta L_{j,k}$ [dB]
1	3852	-8,56	3848	-11,02	4052	-5,67
2	3848	-10,73	3850	-10,25	4052	-3,27
3	4146	-7,53	3850	-10,62	4064	-23,60
4	3852	-8,57	3852	-7,35	4052	-7,65
5	3850	-8,19	3850	-10,28	4148	-0,09
6	3848	-7,80	3850	-9,06	4048	-8,47
7	4148	-1,71	4052	-3,53	4062	-3,84
8	4146	-0,93	4054	-7,56	4064	-4,38
9	4054	-7,61	4054	-3,69	4060	-6,53
10	4144	-0,73	4048	-2,65	4060	-4,08
11	4148	-2,38	4054	1,16	4056	-5,47
12	4054	-8,11	4054	-0,78	4050	-8,70
Energ. Mittel ΔL_k [dB]		-4,67		-4,37		-4,94
Tonalität $\Delta L_{a,k}$ [dB]		-0,40		-0,10		-0,66
K_{TN} [dB]		0		0		0

Anmerkung 1: Am Referenzpunkt sind geringfügige tonale Auffälligkeiten im Bereich 80 Hz und zwischen 3.800 Hz - 4.200 Hz zeitweise subjektiv wahrnehmbar, die aber gemäß [1] mit keinem Tonhaltigkeitszuschlag K_{TN} zu bewerten sind.

Anmerkung 2: Es wurden alle vorweg genannten und in den Spektren (Anhang 4) erkennbaren tonalen Auffälligkeiten gemäß [1] bzw. [2] analysiert, wobei nur die Ergebnisse derjenigen Komponenten detailliert (tabellarisch) aufgeführt werden, die gemäß [2] als relevant zu erachten sind.



Dies ist der Fall, wenn in einem BIN die ermittelte Tonalität ($\Delta L_{a,k}$) mindestens -3,0 dB beträgt oder diese überschreitet.

Anmerkung 3: In den BINs, in denen eine unzureichende Datengrundlage für das Hintergrundgeräusch (HG) vorlag, wurden Audio-Minuten aus den benachbarten BINs verwendet.

3.8 Turbulenzintensität

Die Turbulenzintensität wurde gemäß [2] aus drei repräsentativen 10 Minuten Zeitabschnitten der Windgeschwindigkeit und der zugehörigen Standardabweichung ermittelt. Die Turbulenzintensität beträgt im Durchschnitt 21 %. Dieser Wert wurde in 10 m Höhe gemessen und ist nicht direkt mit Werten an anderer Stelle, z. B. in Standortgutachten, zu vergleichen.

3.9 Betriebszustand während der Messung

In Abb. 8 wurde die Generatordrehzahl über der Leistung aufgetragen. Dieser Messdatenverlauf charakterisiert den eingestellten Betriebsmodus der WEA und kann mit Sollkurven des Herstellers verglichen werden.

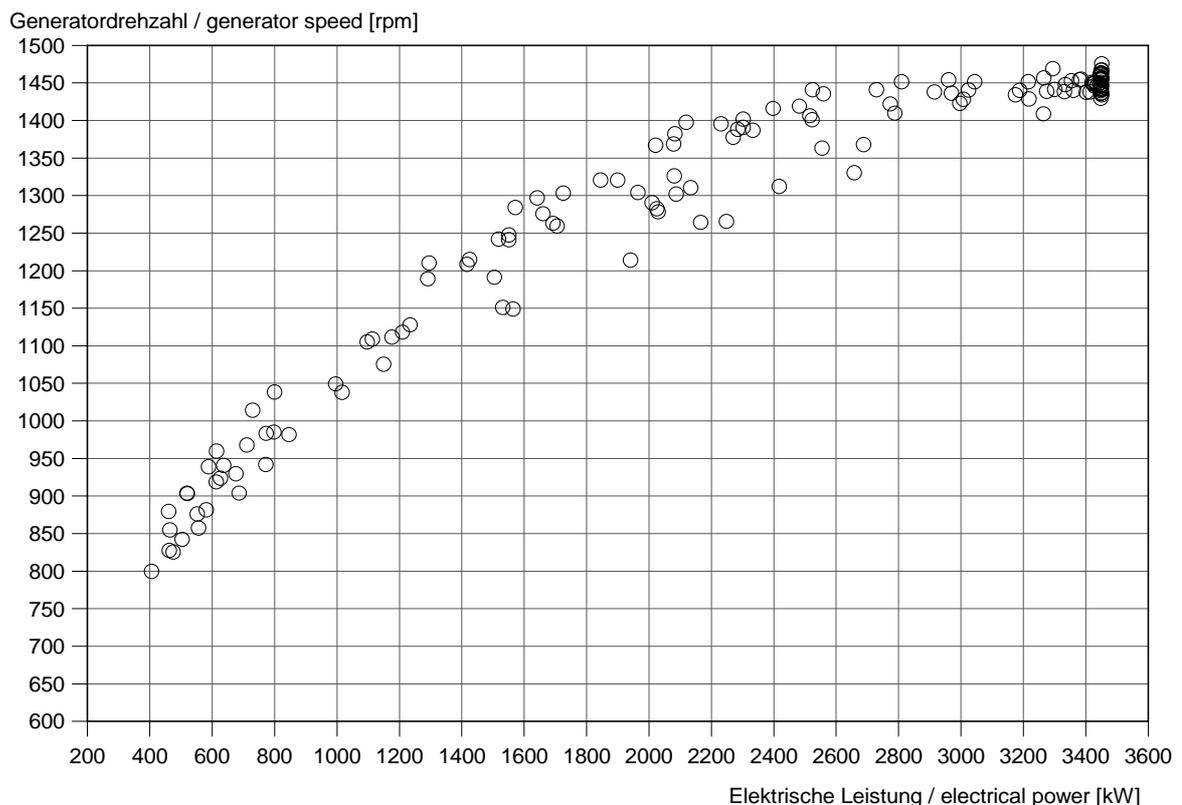


Abb. 8: Drehzahl über Leistung (60 sek. Mittelwerte)



4 Messunsicherheit

Die Messunsicherheit wird bei Schallemissionsmessungen an WEA gemäß [2] abgeschätzt. Sie setzt sich zusammen aus statistischen Unsicherheiten (Typ A) und systematischen Abweichungen (Typ B).

4.1 Messunsicherheit Typ A

Aus den gemessenen Schalldruckpegeln und den berechneten Schalldruckpegeln (Regressionsanalyse) wurde die Messunsicherheit des Typs A in 10 m Höhe bestimmt.

Die Gleichung für U_A in [1] beschreibt die Standardabweichungen der ermittelten Regressionswerte für das Betriebs- und Fremdgeräusch.

$$U_A = \sqrt{\frac{\sum (y - y_{est})^2}{N(N - 2)}}$$

Die Unsicherheit des gemessenen fremdgeräuschkorrigierten Anlagenpegels $U_{A,s}$ wird wie folgt berechnet:

$$U_{A,s} = \sqrt{\frac{(U_{A,BG} * 10^{0,1 * L_{BG}})^2 + (U_{A,HG} * 10^{0,1 * L_{HG}})^2}{10^{0,1 * L_{WEA}}}}$$

Tab. 8: Messunsicherheiten Typ A

Stand. Windgeschwindigkeit	BIN 4	BIN 5	BIN 6	BIN 7	BIN 8	BIN 9	BIN 10	BIN 11	BIN 12	BIN 13	BIN 14
Messunsicherheit $U_{A,s}$ [dB]	0,29	0,17	-- ¹⁾	0,17	0,33	0,26	0,23	0,18	0,17	-- ¹⁾	0,34

1) Eine Ausweisung einer Typ A Unsicherheit ist aufgrund zu weniger Messwerte nicht möglich.

4.2 Messunsicherheiten Typ B

Messunsicherheiten des Typs B wurden nach Tab. 9 abgeschätzt.

Tab. 9: Messunsicherheiten Typ B

Messunsicherheiten Typ B	Fehlergrenzen ± a	Wahrscheinlicher Fehler	$U_B = a / \sqrt{3}$
Akustischer Kalibrator U_{B1}	± 0,3 dB		0,17 dB
Schallpegelmesser U_{B2}	± 0,3 dB		0,17 dB
Schallharte Platte U_{B3}	± 0,5 dB		0,29 dB
Messabstand U_{B4}	± 0,1 dB		0,06 dB
Luftimpedanz U_{B5}	± 0,2 dB		0,12 dB
Turbulenz U_{B6}	± 0,7 dB		0,40 dB
Windgeschwindigkeit U_{B7}	± 0,3 dB		0,17 dB
Windrichtung U_{B8}	± 0,5 dB		0,29 dB



4.3 Abschätzung der Gesamtmessunsicherheit U_c

Aus der berechneten Messunsicherheit des Typs A und den abgeschätzten Messunsicherheiten des Typ B ergibt sich nach [2] die kombinierte Gesamtmessunsicherheit U_c :

$$U_c = \sqrt{U_{A,s}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2 + U_{B3}^2 + U_{B4}^2 + U_{B5}^2 + U_{B6}^2 + U_{B7}^2 + U_{B8}^2}$$

Die ermittelten Gesamtmessunsicherheiten U_c sind in Tab. 10 dargestellt:

Tab. 10: Gesamtmessunsicherheit U_c für den Schalleistungspegel

Stand. Windgeschwindigkeit	BIN 4	BIN 5	BIN 6	BIN 7	BIN 8	BIN 9	BIN 10	BIN 11	BIN 12	BIN 13	BIN 14
Gesamtmessunsicherheit U_c [dB]	0,7	0,7	-- ¹⁾	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	-- ¹⁾	0,7

1) Eine Ausweisung einer Gesamtunsicherheit ist aufgrund zu weniger Messwerte nicht möglich.

4.4 Messunsicherheiten für Tonhaltigkeiten

Bei der Tonhaltigkeit ist U_A für jeden Einzelton der Fehler des Mittelwertes aus den maximalen Tonpegeln. Der Wert von U_{B3} kann mit 1,7 dB abgeschätzt werden. Da es sich bei dem angegebenen Wert $\Delta L_{a,k}$ um eine Differenz handelt und des Weiteren die Windgeschwindigkeit hier von zweitrangiger Bedeutung ist, können die Werte von U_{B1} , U_{B4} und U_{B6} geringer angenommen werden als beim Schalleistungspegel L_{WA} . Die Ergebnisse der kombinierten Gesamtmessunsicherheit U_c für Tonhaltigkeiten bei ganzzahligen Windgeschwindigkeitswerten ist in Tab. 11 dargestellt:

Tab. 11: Gesamtmessunsicherheit U_c für Tonhaltigkeiten

Stand. Windgeschwindigkeit	BIN 4	BIN 5	BIN 6	BIN 7	BIN 8	BIN 9	BIN 10	BIN 11	BIN 12	BIN 13	BIN 14
Gesamtmessunsicherheit U_c [dB] für tonale Auffälligkeit bei 80 Hz	2,21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Gesamtmessunsicherheit U_c [dB] für tonale Auffälligkeit bei 3.800- 4.200 Hz	--	--	--	--	--	--	--	4,01	4,84	6,25 ¹⁾	--

1) erhöhte Unsicherheit, da nicht in jedem Spektrum ein Ton gefunden werden konnte

4.5 Messunsicherheiten für Terzspektren

Bei der Betrachtung von Terzbändern gibt U_A die Abweichung zum jeweiligen Frequenzbandmittelungspegels in jedem Frequenzband an, welches aus der Standardabweichung mit dem Nenner $\sqrt{N-1}$ berechnet wurde, wobei N die Anzahl der gemessenen Spektren ist. Der Wert für U_{B3} muss hier im Vergleich zur Messunsicherheitsbetrachtung des Schalleistungspegels L_{WA} größer eingeschätzt werden und liegt typischerweise bei 1,7 dB. Die Gesamtunsicherheiten U_c



für die Frequenzbandmittelungspegel der Terzspektren sind in den Tabellen im Anhang 3 dargestellt.



5 Abweichungen zur Richtlinie FGW TR 1

- [1] Die elektrische Wirkleistung der WEA wurde von der wtg über die Anlagensteuerung auf gezeichnet.
- [2] Abweichend von [1] wurde hier eine Regression 6. Ordnung für das Betriebsgeräusch durchgeführt, da der Kurvenverlauf bei 4. Ordnung die Messwerte nicht hinreichend gut wiedergibt.



6 Zusammenfassung

Im Auftrag der Vestas Wind Systems A/S wurde von der Firma windtest grevenbroich gmbh die Geräuschabstrahlung der WEA V126-3.45MW mit einer Nabenhöhe von $H = 137$ m inkl. Fundament nach Technischer Richtlinie für Windenergieanlagen der FGW [1] untersucht.

Grundlage für den Messaufbau ist dabei die IEC 61400-11 [2]. Für die Bestimmung der Tonhaltigkeitszuschläge im Nahfeld der WEA ist die IEC 61400-11 bzw. die DIN 45681 [3] die Grundlage.

Die Messung wurde 2015-07-25 in Kaufbeuren / Deutschland an der WEA V126-3.45MW mit der Ser.-Nr. 203838, im Betriebsmodus 0 durchgeführt. Anzumerken ist, dass die WEA über aerodynamische Zusatzkomponenten an den Rotorblättern (Serrations) verfügt.

Eine ausgeprägte Richtungscharakteristik des Anlagengeräusches ist bei dieser Windenergieanlage nicht festgestellt worden. Einzelereignisse, die den Mittelungspegel im Betrieb der WEA um mehr als 10 dB überschreiten, traten nicht auf.

Bezüglich des Schalleistungspegels L_{WA} wurde für diese Messung eine typische Messunsicherheit von $U_C = 0,7$ dB ermittelt.

Die Tonhaltigkeitsanalyse nach IEC 61400-11 [2] für das in 195 m Entfernung gemessene Anlagengeräusch ergab nach DIN 45681 [3] keine Tonhaltigkeitszuschläge.

Nach Auswertung der gemessenen Werte in den einzelnen BINs ergeben sich für die V126-3.45MW die in Tab. 12 aufgeführten Pegel.

Tab. 12: Messergebnisse für die WEA V126-3.45MW, Betriebsmodus 0 (3450 kW)

Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe (v_{p10}) [m/s]	BIN 4	BIN 5	BIN 6 ³⁾	6,95 ¹⁾	BIN 7 ³⁾	BIN 8	BIN 9	BIN 10	BIN 11	BIN 12 ³⁾	BIN 13 ³⁾	BIN 14 ²⁾
Schalleistungspegel L_{WA} [dB]	93,3	99,3	103,4	105,1	105,1	105,1	104,5	104,0	104,2	104,6	104,8	104,5
Tonzuschlag K_{TN} [dB]	0	0	0	0 ⁴⁾	0	0	0	0	0	0	0	0
Impulshaltigkeit K_{IN} [dB]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Generatordrehzahl N [min^{-1}]	940	1210	1360	1440	1445	1450	1450	1450	1455	1455	1460	1460
Elektrische Leistung P [kW]	703	1403	2407	3278	3306	3448	3450	3450	3450	3450	3450	3450

2) 95 % Nennleistung

3) zu wenig Messwerte für Betriebsgeräusch vorhanden. L_{WA} ist abgeschätzt

4) zu wenig Messwerte für Hintergrundgeräusch vorhanden. An diesen Stellen wurde der Hintergrundpegel mittels der Regressionsgrade interpoliert

5) Übernahme des Wertes aus BIN 7, da der 95% Punkt innerhalb dieser BIN-Grenzen liegt



Es wird versichert, dass das Gutachten gemäß dem Stand der Technik, unparteiisch und nach bestem Wissen und Gewissen erstellt wurde.

Die in diesem Bericht aufgeführten Ergebnisse beziehen sich nur auf diese Anlage (vgl. Herstellerbescheinigung im Anhang).

Grevenbroich, 2015-10-07


Dipl.-Ing. Frederik Gast
Senior Expert





7 Literaturverzeichnis

- [1] Technische Richtlinien für Windenergieanlagen, Revision 18, Stand 01.02.2008
Teil1: Bestimmung der Schallemissionswerte, Herausgeber: Fördergesellschaft
Windenergie e. V.
- [2] IEC 61400-11:2002 + A1:2006,
Wind turbine generator systems- Part 11: Acoustic noise measurement techniques
- [3] DIN 45681
Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages
für die Beurteilung von Geräuschimmissionen
August 2006



8 Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen und Abkürzungen

ΔL	- Pegeldifferenz	dB
ΔL_k	- energetisches Mittel	dB
$\Delta L_{a,k}$	- Tonalität	dB
BG	- Betriebsgeräusch	-
D	- Rotordurchmesser	m
f_T	- Tonfrequenz	Hz
H	- Höhe Rotormittelpunkt (Nabenhöhe)	m
h_A	- Aufpunkthöhe (bei Messungen gleich der Mikrofonhöhe)	m
HG	- Hintergrundgeräusch	-
$h_{N, \text{neu}}$	- Nabenhöhe für gleiche WEA, aber andere Nabenhöhe als die vermessene	m
$h_{N, \text{vermessen}}$	- Nabenhöhe der vermessenen WEA	m
κ	- Korrekturfaktor	-
K_{IN}	- Impulshaltigkeit	dB
K_{TN}	- Tonzuschlag im Nahfeld nach DIN 45681	dB
L_a	- Audibilitätsmaß	-
L_{Aeq}	- äquivalenter Dauerschallpegel, A-bewertet	dB
$L_{Aeq,c}$	- hintergrundkorrigierter Schalldruckpegel	dB
$L_{Aeq,mess}$	- gemessene Schalldruckpegel	dB
$L_{Aeq,reg}$	- aus Regression berechnete Schalldruckpegel	dB
L_T	- Tonpegel	dB
L_{WA}	- A-bewerteter Schalleistungspegel	dB
N	- Anzahl Werte	-
N_A	- Nabenabstand Rotormittelpunkt - Turmmitte	m
N_{Gen}	- Generator Drehzahl	min^{-1}
N_{Rot}	- Rotordrehzahl	min^{-1}
P	- abgegebene elektrische Wirkleistung	kW
R_0	- Messradius (= projizierter Abstand zwischen Schallquelle und Messpunkt)	m
R_i	- Abstand zwischen Schallquelle und Messpunkt (Hüllflächenradius)	m
U_A, U_B, U_C	- Messunsicherheiten	dB
v_H	- Windgeschwindigkeit aus Leistungskurve in Nabenhöhe	m/s
$v_{mess,10}$	- gemessene Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe	m/s
$v_{mess,10,korr}$	- korrigierte gemessene Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe	m/s
v_{p10}	- standardisierte Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe	m/s
$v_{10,i}$	- Windgeschwindigkeit der vermessenen WEA in 10 m Höhe	m/s
$v_{10,ref}$	- ganzzahlige Windgeschwindigkeit der WEA mit neuer Nabenhöhe	m/s
WEA	- Windenergieanlage	-
Z_0	- Rauigkeitslänge	m



9 Bearbeitungsverlauf

Fassung	Datum	Inhalt
SE15022B8N1	2015-10-07	Schalltechnisches Gutachten gemäß FGW TR 1 zur Windenergieanlage Vestas V126-3.45MW Ser.-Nr.: 203838 am Standort Kaufbeuren / Deutschland - Betriebsmodus 0 (3450 kW) -

Umlauf	Kopie Nr.
Auftraggeber	1
Projektordner	2
QM-Ablage	3

Kopie Nr.: _____



10 Anhang

- Anhang 1 Herstellerbescheinigung
- Anhang 2 Verwendete Leistungskurve
- Anhang 3 Oktav- und Terzspektrum
- Anhang 4 Schmalbandspektren



RESTRICTED

Herstellerbescheinigung zu spezifischen Daten einer WEA vom Typ:		
Manufacturer's certificate on specific data of a WT of the type of installation:		
V126-3.45MW 50Hz in Kaufbeuren, Germany, Model0		
		DMS: 0052-6547
1 Allgemeines		General
1	Hersteller	Vestas Wind Systems A/S
2	Anlagenbezeichnung	V126-3.45MW 50Hz
3	Art (horizontale/vertikale Achse)	horizontal
4	Nennleistung	3450 kW
5	Nennspannung	650 (LV side) V
6	Nabenhöhe über Grund	137 m
7	Nabenhöhe über Fundamentflansch	- m
8	Nennwindgeschwindigkeit	12 m/s
9	Ein- und Abschaltwindgeschwindigkeit	3/22.5 m/s
10	Beitrag zum Stoßkurzschlussstrom	4,5 kA
2 Rotor		Rotor
1	Durchmesser	126 m
2	Bestrichene Fläche	12469 m ²
3	Anzahl der Blätter	3
4	Nabenart (pendelnd/starr)	rigid
5	Anordnung zum Turm (luv/lee)	luv
6	Nenn Drehzahl / -bereich	12.9 / 5.3 -16.6 1/min / rpm
7	Auslegungsschnelllaufzahl	84,4
8	Rotorblatteinstellwinkel	Variable °
9	Konuswinkel	4 °
10	Achsneigung	6 °
11	Abstand Rotorflanschmittelpunkt und Turmmittellinie	4,5 m
3 Rotorblatt		Rotor blade
1	Hersteller	Vestas Wind Systems A/S
2	Typenbezeichnung	Vestas 62M
3	Profile innen/außen	VA (Vestas Airfoil) and Risø
4	Material	Fibreglass reinforced epoxy, carbon fibres and Solid Metal Tip (SMT)
5	Länge	61,65 m
6	Profiltiefe max./min.	4 / 0.34 m
7	Zusatzkomponenten (z.B. stall strips, Vortex-Generatoren, Turbulatoren)	Serrations on Trailing Edge
8	Extenderlänge	not used m
4 Getriebe		Gear
1	Hersteller	Winergy
2	Typenbezeichnung	PZAB 3530,1
3	Ausführung	2 planet - 1 parallel stage
4	Übersetzungsverhältnis	112,632
5 Generator		Generator
1	Hersteller	Vestas
2	Typenbezeichnung	SFIG VND 3.5MW IG
3	Anzahl	1
4	Art (horizontale/vertikale Achse)	horizontal
5	Nennleistung (en)	3500 kW
6	Nennscheinleistung	n.a. kVA
7	Nenn Drehzahlen oder Drehzahlbereich	1450 1/min / rpm
8	Spannung	3 x 750 (at rated speed) V
9	Frequenz	72,2 Hz
10	Nennschlupf	0,5 %



RESTRICTED

Herstellerbescheinigung zu spezifischen Daten einer WEA vom Typ:		
Manufacturer's certificate on specific data of a WT of the type of installation:		
V126-3.45MW 50Hz in Kaufbeuren, Germany, Mode0		
		DMS: 0052-6547
6	Turm	Tower
1	Hersteller	Vestas Wind Systems A/S
2	Typenbezeichnung	-
3	Ausführung (Gitter/Rohr, zyl./kon.)	Tubular
4	Material	Steel
5	Länge	134,6 m
7	Windrichtungsnachführung	Yaw control
1	Ausführung (aktiv/passiv)	Active
2	Antriebsart (el./mech./hydr.)	Electrical
3	Dämpfungssystem während des Betriebs	Built-in friction
8	Betriebsführung /Regelung	Control system/control
1	Software version Nr.	13.08.59 (2013.08.341)
2	Art der Leistungsregelung	Pitch & Variable speed
3	Antrieb der Leistungsregelung	-
4	Hersteller der Betriebsführung/Regelung	Vestas Wind Systems A/S
5	- Typenbezeichnung	VMP Global TM
6	- Verwendete Steuerungskurve	-
9	Sonstige elektrische Komponenten	Other electric installations
1	Anzahl der Kompensationsstufen	n.a.
2	Blindleistung Stufe 1	- kvar
3	Blindleistung Stufe 2	- kvar
4	Blindleistung Stufe _	- kvar
5	Blindleistung Stufe _	- kvar
6	Art der Netzkopplung	Full Scale Converter
7	- Hersteller	Vestas
8	- Typenbezeichnung	GridStreamer R
9	NetzschutzhHersteller	Vestas Wind Systems A/S
10	- Typenbezeichnung	VMP Global TM
11	- Einstellbereiche	-
12	Spannungssteigerungsschutz	715 V
13	Spannungsrückgangschutz	585 V
14	Frequenzsteigerungsschutz	53 Hz
15	Frequenzrückgangschutz	47 Hz
16	Typenbezeichnung der Abschalteneinheit	ABB T7
17	Oberschwingungsfilter (ja/nein) (OS-Filter müssen auf den Netzverknüpfungspunkt ausgelegt sein)	Yes
10	Umrichter	Converter
1	Hersteller	Vestas Wind Systems A/S
2	Typenbezeichnung	GridStreamer R
3	Spannungsebene	650 (Grid)/710 V (Generator) V
4	Nennscheinleistung	4000 kVA
11	Transformator	Transformer
1	Hersteller	Siemens
2	Typenbezeichnung	dry type - 4GT6667-1ZY
3	Schaltgruppe	DYN5
4	Nennscheinleistung	3450 kVA



RESTRICTED

Herstellerbescheinigung zu spezifischen Daten einer WEA vom Typ:			
Manufacturer's certificate on specific data of a WT of the type of installation:			
V126-3.45MW 50Hz in Kaufbeuren, Germany, Mode0			
		DMS: 0052-6547	
12	Bremssystem	Brake system	
1	Bremssystem (primär/sekundär)	pitch / pitch	brake system (primary/secondary)
2	- Aktivierung	hydraulic	- activation
3	- Anordnung zum Turm (luv/lee)	luv	- location
4	- Bremsenart	aerodynamic	- type
5	- Bestätigung	Pause & Stop / Emergency Stop	- actuation
13	Typenprüfung	Type test	
1	Prüfbehörde	DNV	testing authority
2	Aktenzeichen	PD-2309-1691W0N-22	reference
14	Informativer Teil	Informative	
1	Standort der vermessenen WEA	Kaufbeuren (Germany)	location of measured WT
2	Koordinaten des Standortes	47°51'37.68"N 10°31'18.54"E	geographical coordinates of the location
3	Seriennummer		serial number of
4	- WEA	203838	- WT
5	- Blätter	29001788WHD150015 29001788WHD150014 29001788WHD150020	- blades
6	- Getriebe	NFC - W - 102023	- gearbox
7	- Generator	629623	- generator
Anschritt des Herstellers Address of manufacturer		Vestas Wind System A/S Hedeager 42 8200 Aarhus	Stempel, Unterschrift stamp, signature
		 Vestas Wind Systems A/S Technology R & D E.P. Jacobsens Vej 7 · 6950 Ringkøbing · Denmark Tel.: +45 97 30 00 00 · Fax +45 97 30 13 08	
Der Hersteller der Windenergieanlage bestätigt, dass die WEA, deren elektrischen Eigenschaften in den Prüfberichten abgebildet sind, hinsichtlich ihrer technischen Daten mit den o.g. Positionen identisch ist.			
The manufacturer of the wind turbine (WT) confirms that the WT whose power quality is measured and depicted in the test reports, is identical with the above entries with regard to it-s technical data			

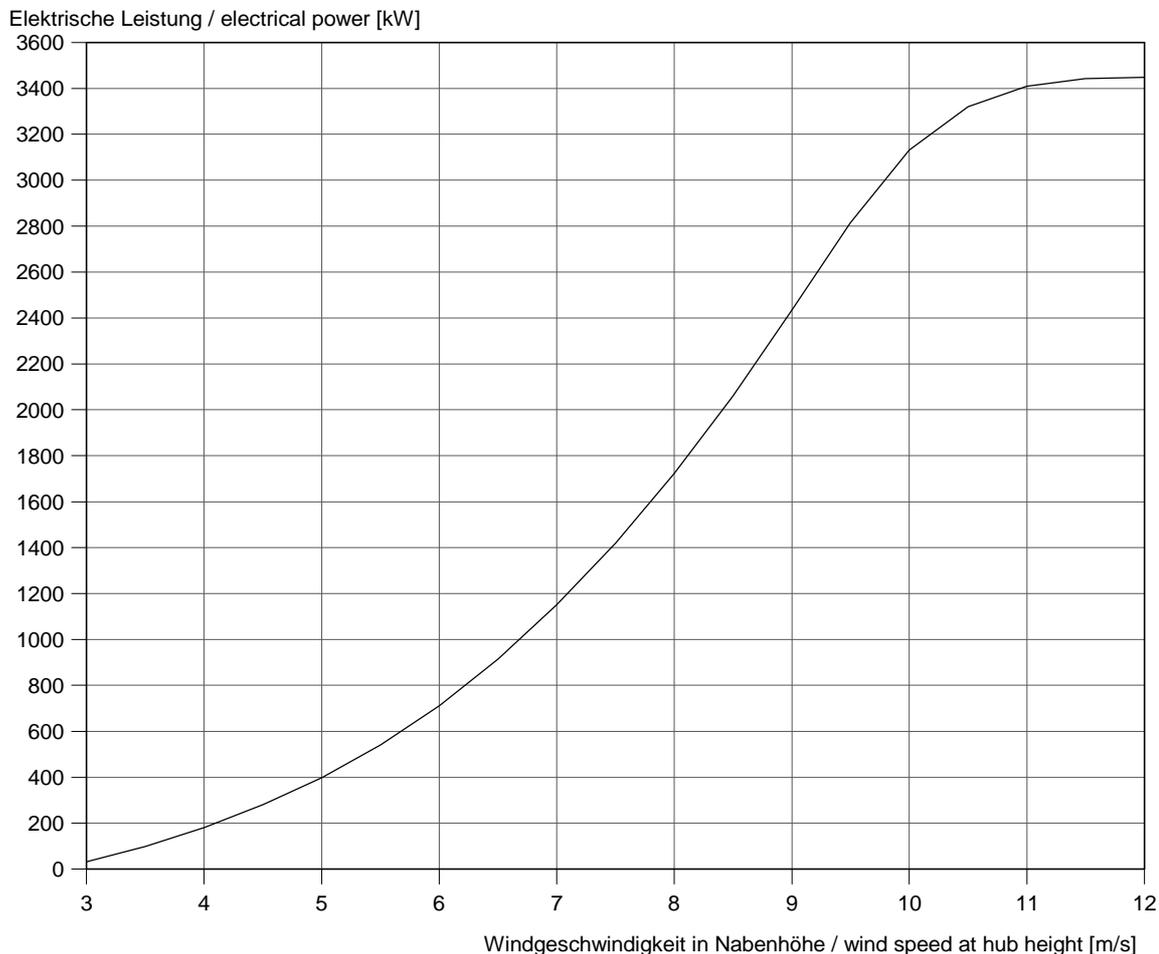
T02 0052-6547 Ver 00 - Approved - Exported from DMS: 2015-06-22 by NCN

T05 0054-9876 Ver 00 - Approved - Exported from DMS: 2015-10-22 by BERIE



Leistungskennlinie V126-3.45MW, Mode 0

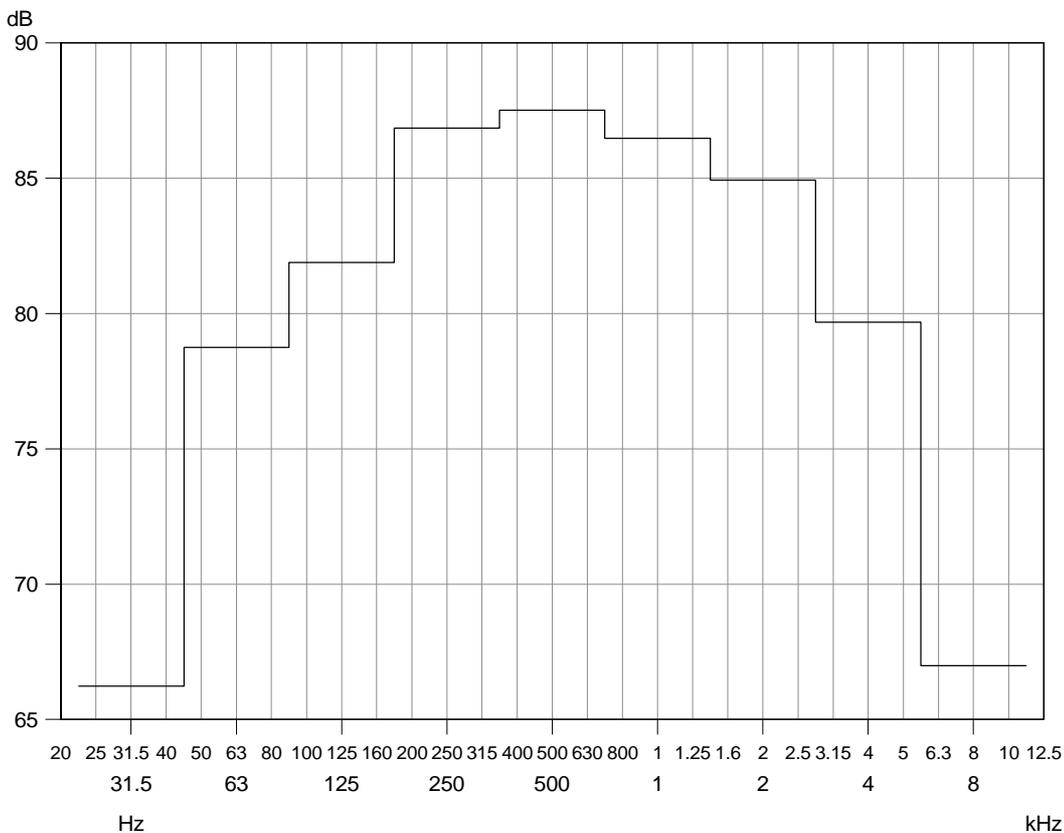
Quelle: Vestas, Dokumenten-Nr.: 0049-6098 VER 01



v_H [m/s]	P [kW]	v_H [m/s]	P [kW]
3	31	10	3.132
4	180	11	3.411
5	397	12	3.449
6	711	13	3.450
7	1.151	14	3.450
8	1.722	15	3.450
9	2.434	16	3.450



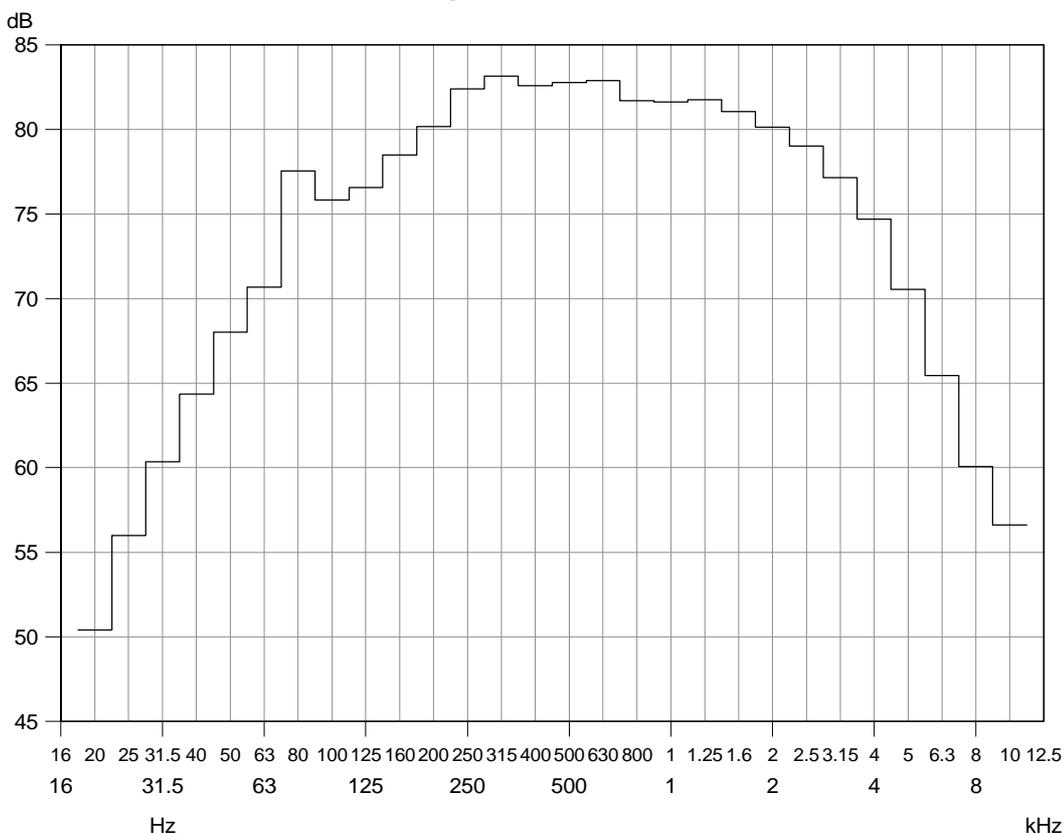
Oktavspektrum für BIN 4



Oktavpegel für 4 m/s, Summenpegel = 93,3 dB			
Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]
31,5	66,22	1000	86,48
63	78,75	2000	84,93
125	81,88	4000	79,68
250	86,86	8000	66,98
500	87,52		



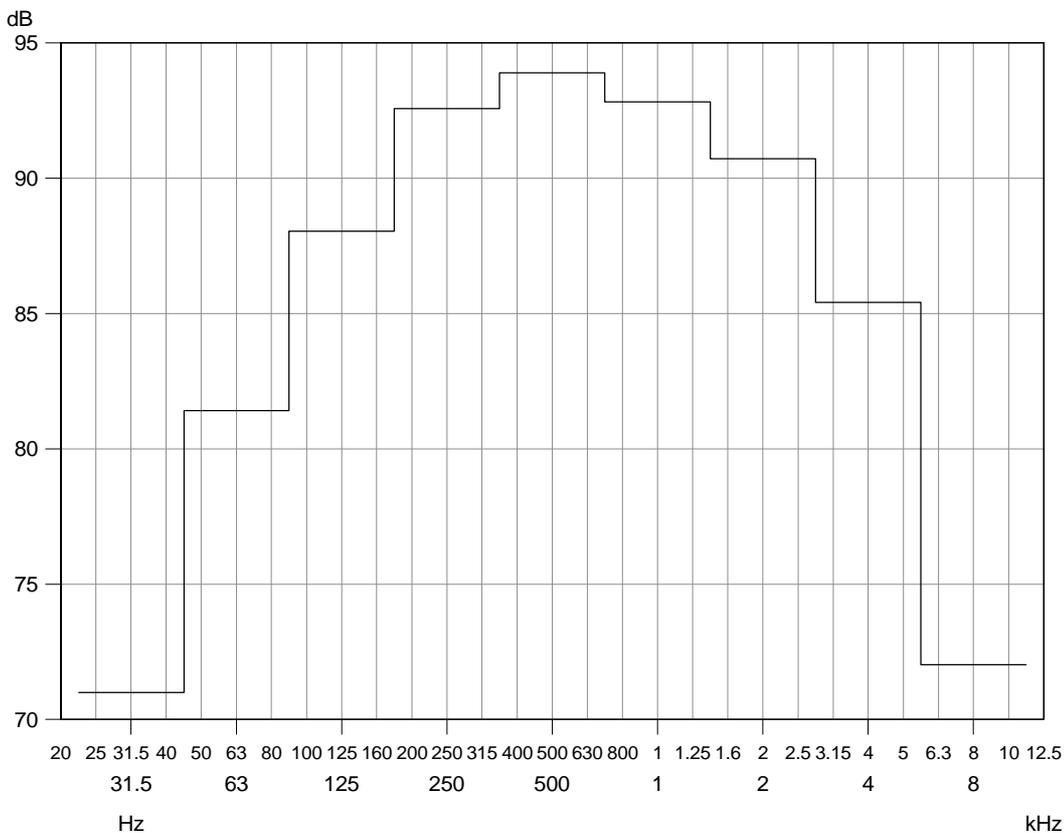
Terzspektrum für BIN 4



Terzpegel für 4 m/s, Summenpegel = 93,3 dB					
Terzmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]	Terzmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]
20	50,39	2,20	500	82,77	1,88
25	55,98	2,05	630	82,89	1,88
31,5	60,35	1,98	800	81,72	1,89
40	64,33	1,89	1000	81,64	1,88
50	68,02	1,96	1250	81,76	1,89
63	70,68	1,97	1600	81,07	1,88
80	77,55	1,95	2000	80,15	1,89
100	75,82	1,93	2500	79,02	1,88
125	76,58	1,89	3150	77,17	1,87
160	78,49	1,89	4000	74,70	1,88
200	80,18	1,90	5000	70,54	1,90
250	82,41	1,88	6300	65,46	1,94
315	83,17	1,90	8000	60,07	2,08
400	82,59	1,89	10000	56,60	2,10



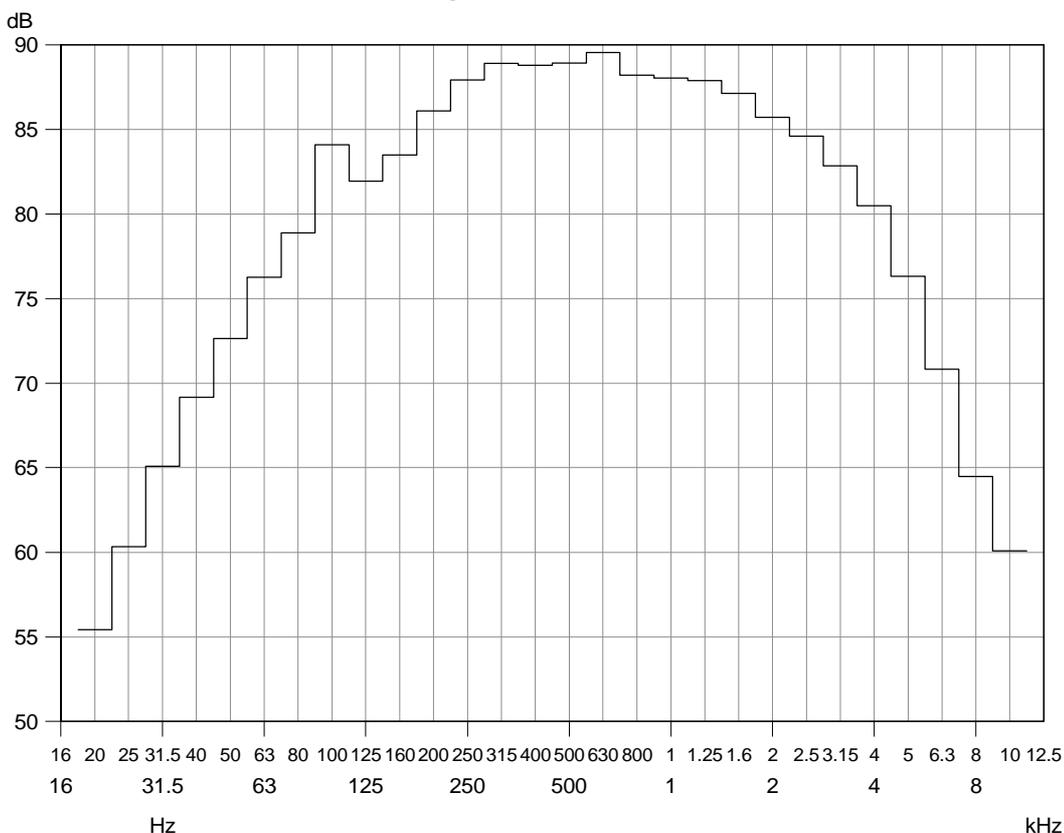
Oktavspektrum für BIN 5



Oktavpegel für 5 m/s, Summenpegel = 99,3 dB			
Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]
31,5	70,98	1000	92,83
63	81,40	2000	90,72
125	88,05	4000	85,41
250	92,58	8000	72,01
500	93,89		



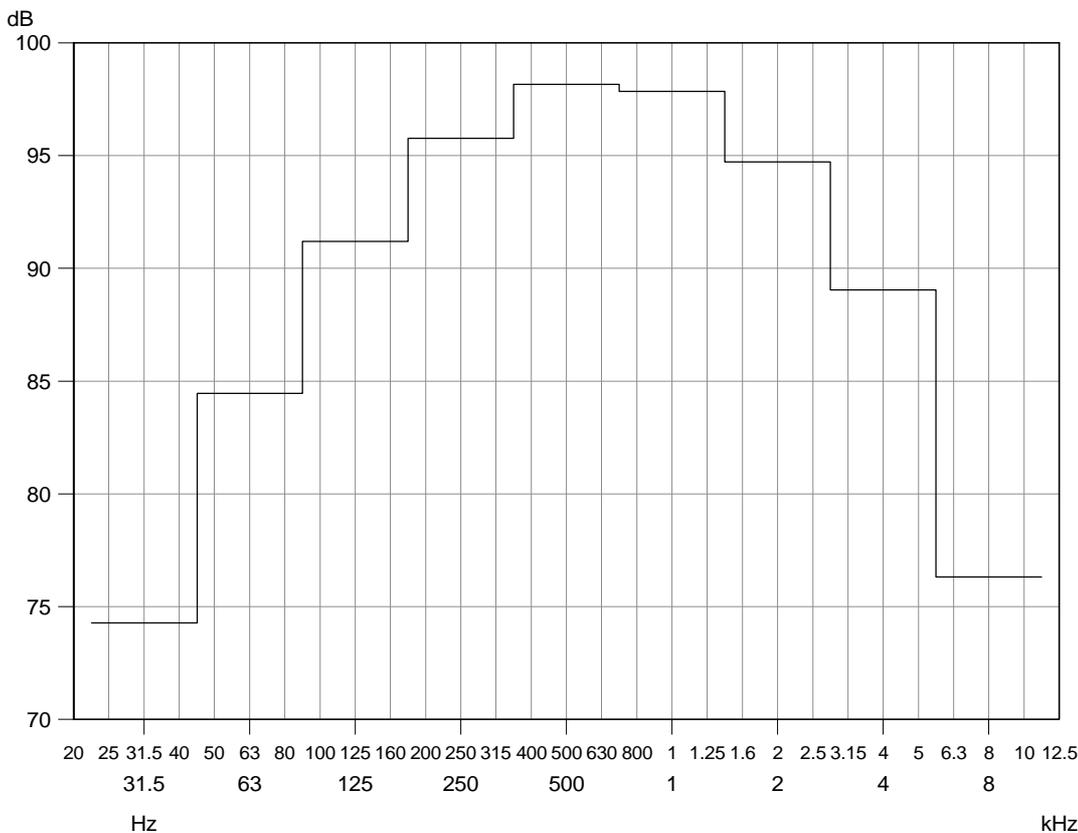
Terzspektrum für BIN 5



Terzpegel für 5 m/s, Summenpegel = 99,3 dB					
Terzmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]	Terzmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]
20	55,41	2,20	500	88,94	1,89
25	60,32	2,10	630	89,56	1,88
31,5	65,08	2,07	800	88,22	1,88
40	69,16	2,04	1000	88,05	1,88
50	72,62	1,96	1250	87,90	1,87
63	76,27	1,91	1600	87,14	1,87
80	78,90	2,03	2000	85,73	1,87
100	84,09	2,07	2500	84,60	1,87
125	81,96	1,89	3150	82,86	1,87
160	83,50	1,91	4000	80,49	1,88
200	86,10	1,89	5000	76,32	1,92
250	87,94	1,88	6300	70,82	2,03
315	88,93	1,88	8000	64,48	2,53
400	88,81	1,87	10000	60,07	2,73



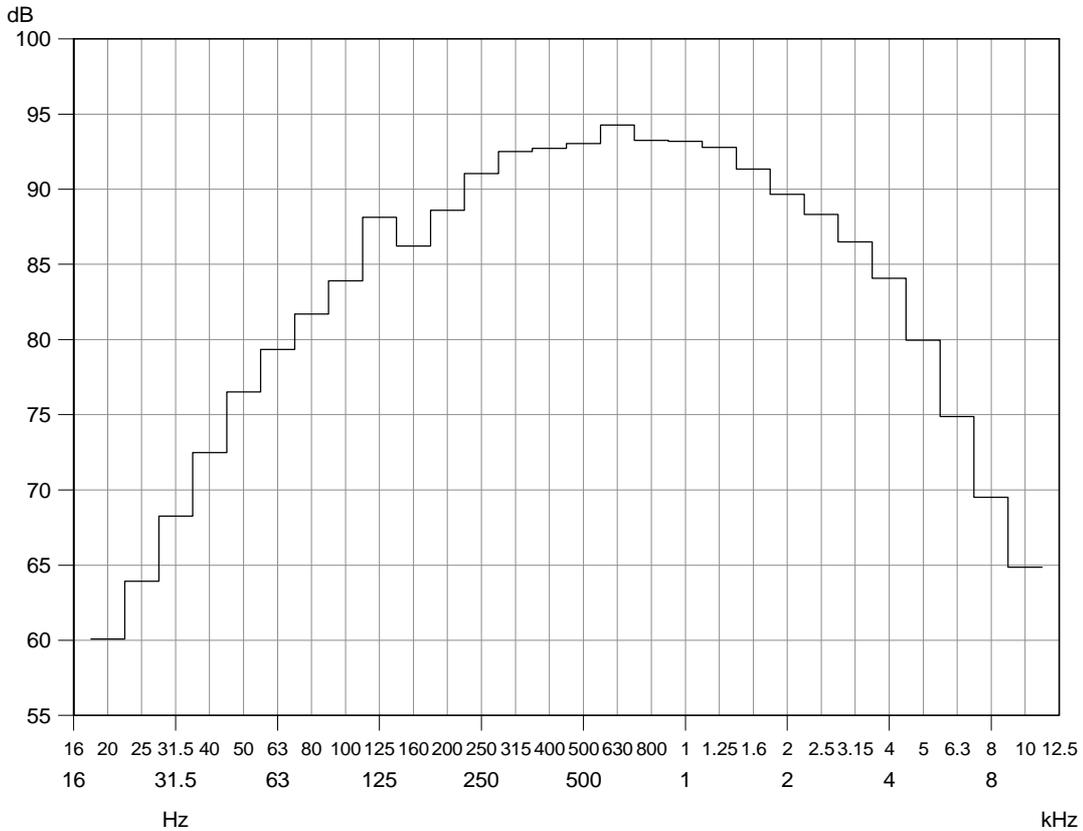
Oktavspektrum für BIN 6



Oktavpegel für 6 m/s, Summenpegel = 103,4 dB			
Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]
31,5	74,28	1000	97,85
63	84,45	2000	94,72
125	91,20	4000	89,05
250	95,77	8000	76,31
500	98,17		



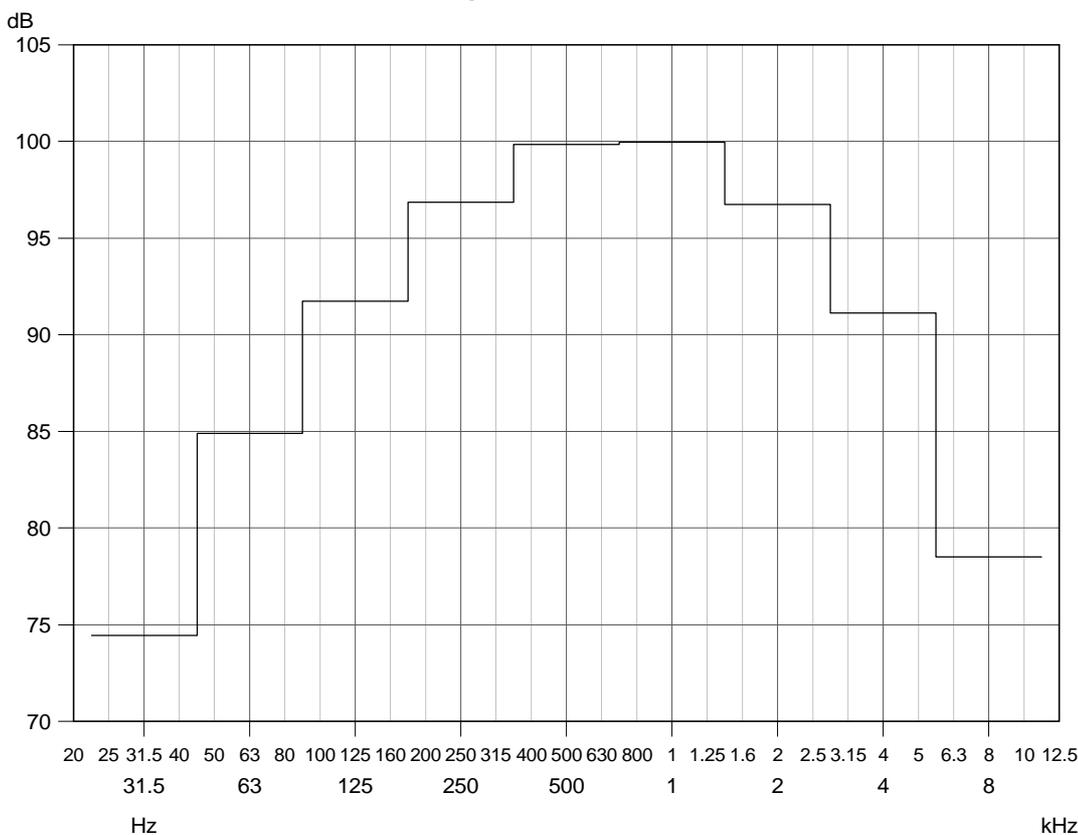
Terzspektrum für BIN 6



Terzpegel für 6 m/s, Summenpegel = 103,4 dB					
Terzmittenfrequenz [Hz]	Schalleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]	Terzmittenfrequenz [Hz]	Schalleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]
20	60,08	2,00	500	93,03	1,88
25	63,93	2,04	630	94,29	1,88
31,5	68,25	2,10	800	93,25	1,88
40	72,46	1,92	1000	93,19	1,87
50	76,50	1,90	1250	92,79	1,87
63	79,33	1,89	1600	91,35	1,88
80	81,71	1,96	2000	89,66	1,88
100	83,92	1,93	2500	88,32	1,88
125	88,14	2,45	3150	86,51	1,88
160	86,23	1,89	4000	84,09	1,89
200	88,60	1,92	5000	79,96	1,95
250	91,05	1,88	6300	74,89	2,35
315	92,51	1,88	8000	69,50	3,62
400	92,72	1,88	10000	64,85	4,53



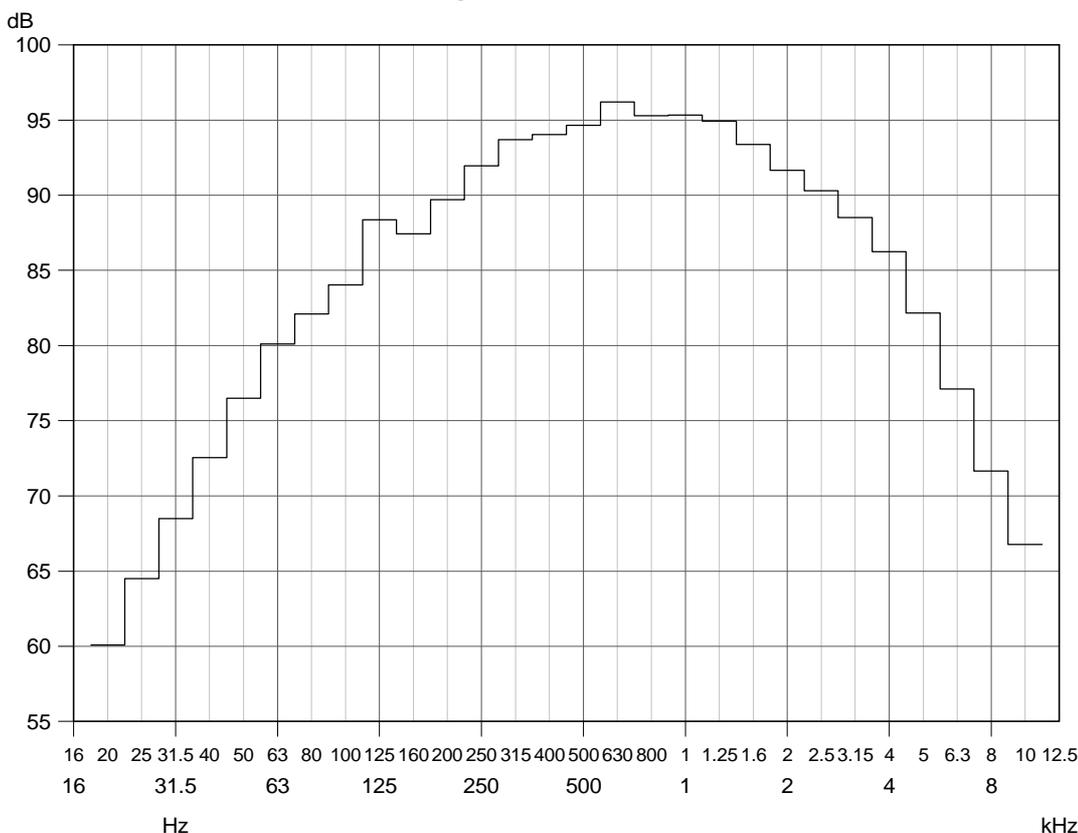
Oktavspektrum für BIN 7



Oktavpegel für 7 m/s, Summenpegel = 105,1 dB			
Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]
31,5	74,44	1000	99,97
63	84,91	2000	96,74
125	91,74	4000	91,13
250	96,86	8000	78,51
500	99,85		



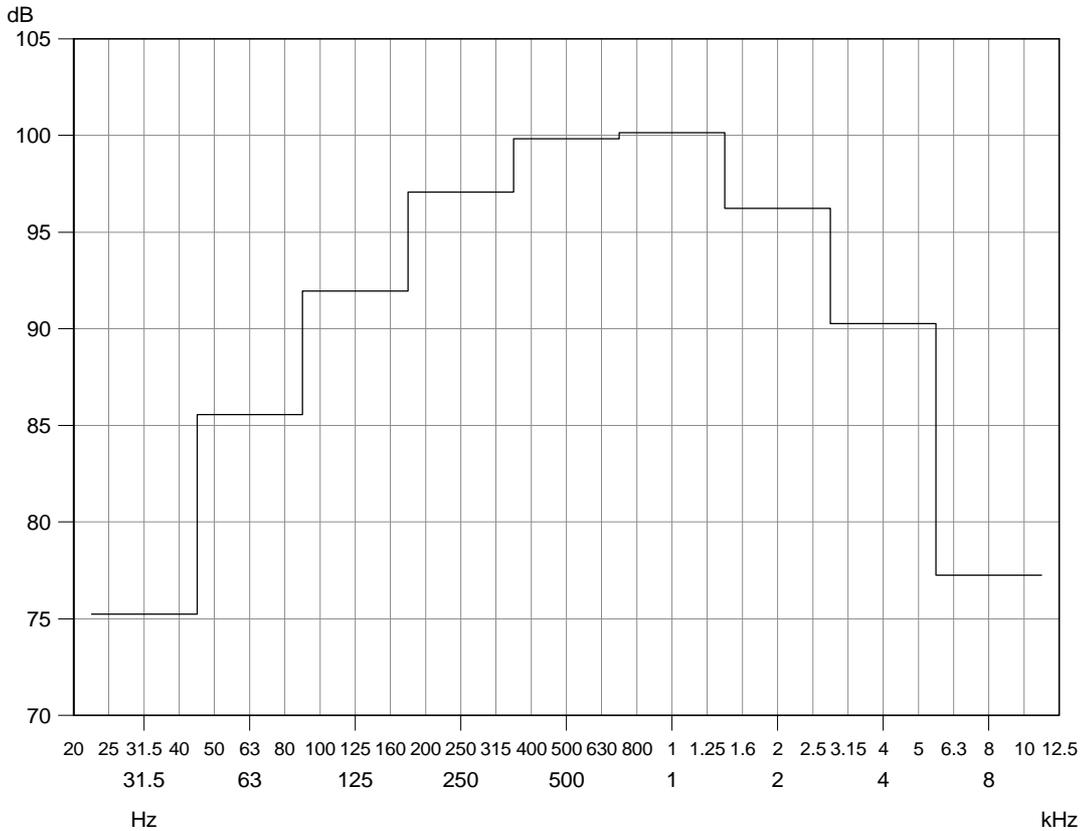
Terzspektrum für BIN 7



Terzpegel für 7 m/s, Summenpegel = 105,1 dB					
Terzmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]	Terzmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]
20	60,08	2,01	500	94,68	1,88
25	64,50	2,02	630	96,22	1,87
31,5	68,49	2,06	800	95,30	1,88
40	72,53	2,01	1000	95,34	1,88
50	76,48	2,00	1250	94,95	1,87
63	80,11	1,97	1600	93,39	1,88
80	82,11	1,94	2000	91,66	1,88
100	84,03	1,94	2500	90,32	1,88
125	88,37	1,93	3150	88,51	1,88
160	87,43	1,91	4000	86,25	1,89
200	89,71	1,88	5000	82,17	1,92
250	91,96	1,88	6300	77,12	2,21
315	93,70	1,87	8000	71,64	3,26
400	94,04	1,87	10000	66,76	4,17



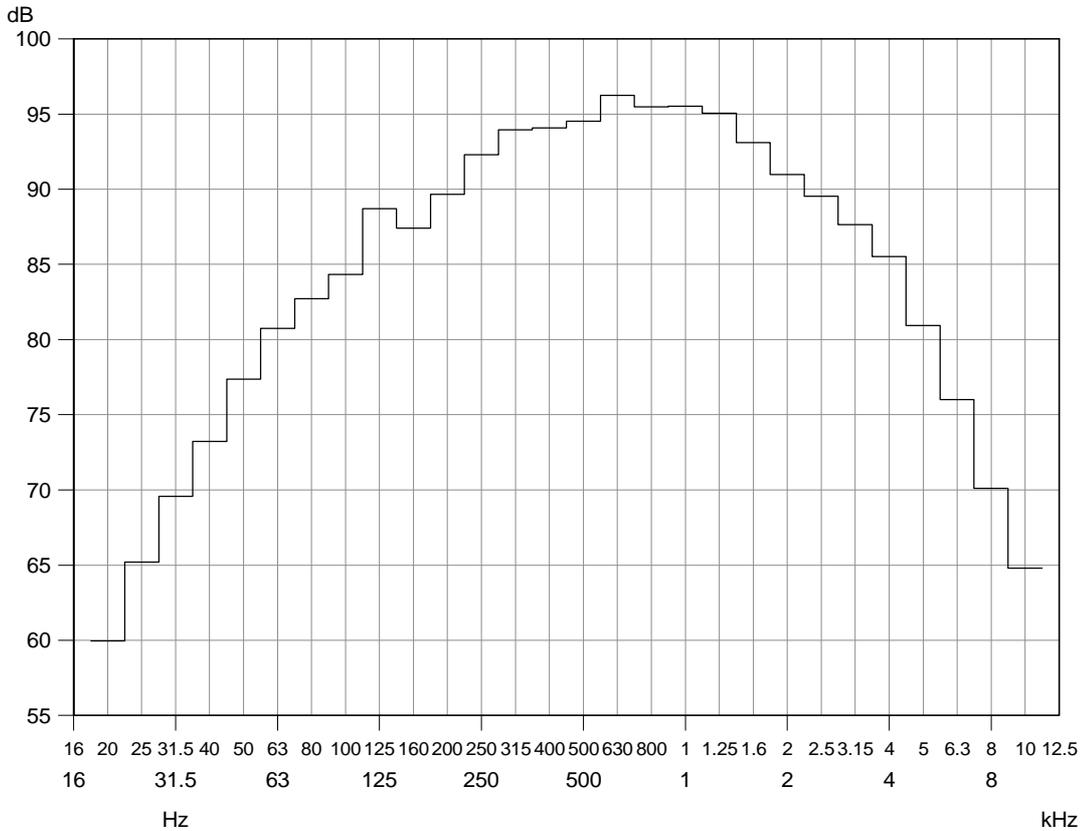
Oktavspektrum für BIN 8



Oktavpegel für 8 m/s, Summenpegel = 105,1 dB			
Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]
31,5	75,23	1000	100,15
63	85,57	2000	96,24
125	91,95	4000	90,26
250	97,08	8000	77,25
500	99,84		



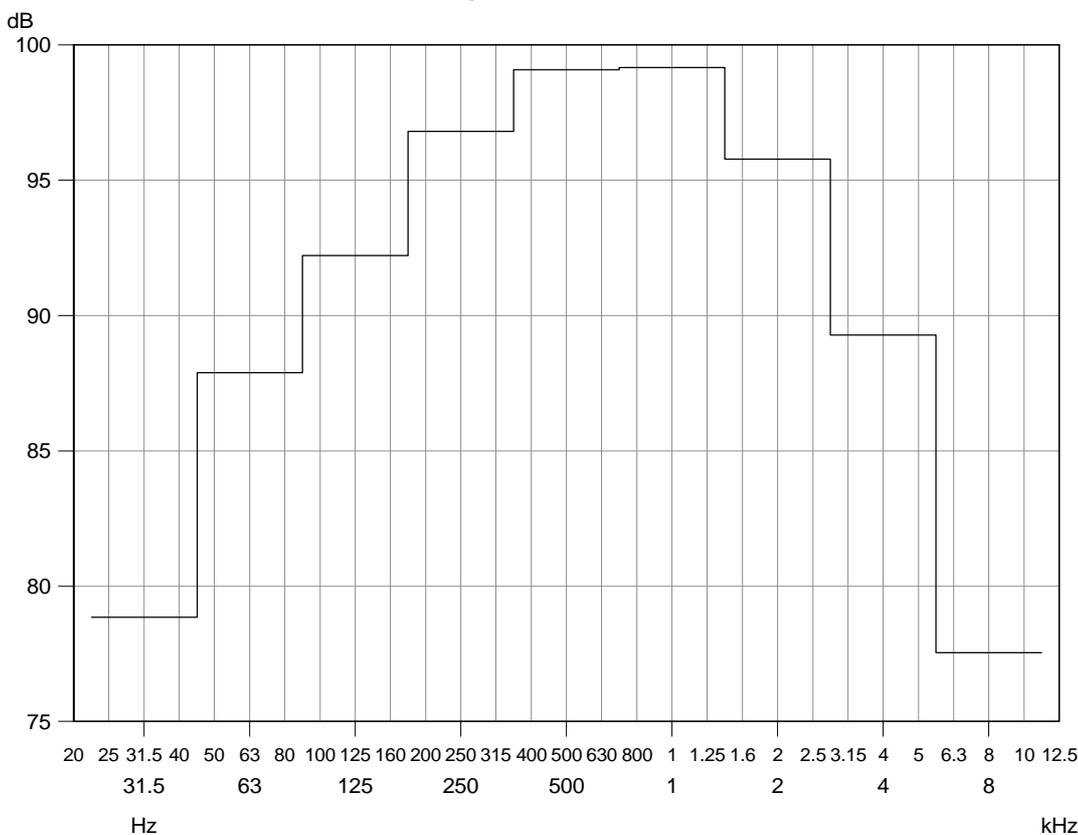
Terzspektrum für BIN 8



Terzpegel für 8 m/s, Summenpegel = 105,1 dB					
Terzmittenfrequenz [Hz]	Schalleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]	Terzmittenfrequenz [Hz]	Schalleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]
20	59,94	2,12	500	94,55	1,88
25	65,20	2,20	630	96,25	1,87
31,5	69,56	2,09	800	95,50	1,88
40	73,22	2,12	1000	95,54	1,88
50	77,38	2,12	1250	95,07	1,88
63	80,73	2,05	1600	93,11	1,87
80	82,72	2,09	2000	91,00	1,89
100	84,33	1,93	2500	89,54	1,90
125	88,72	1,92	3150	87,65	1,89
160	87,42	1,90	4000	85,52	1,88
200	89,65	1,89	5000	80,92	1,90
250	92,29	1,88	6300	76,01	2,03
315	93,95	1,88	8000	70,09	2,31
400	94,08	1,87	10000	64,79	2,96



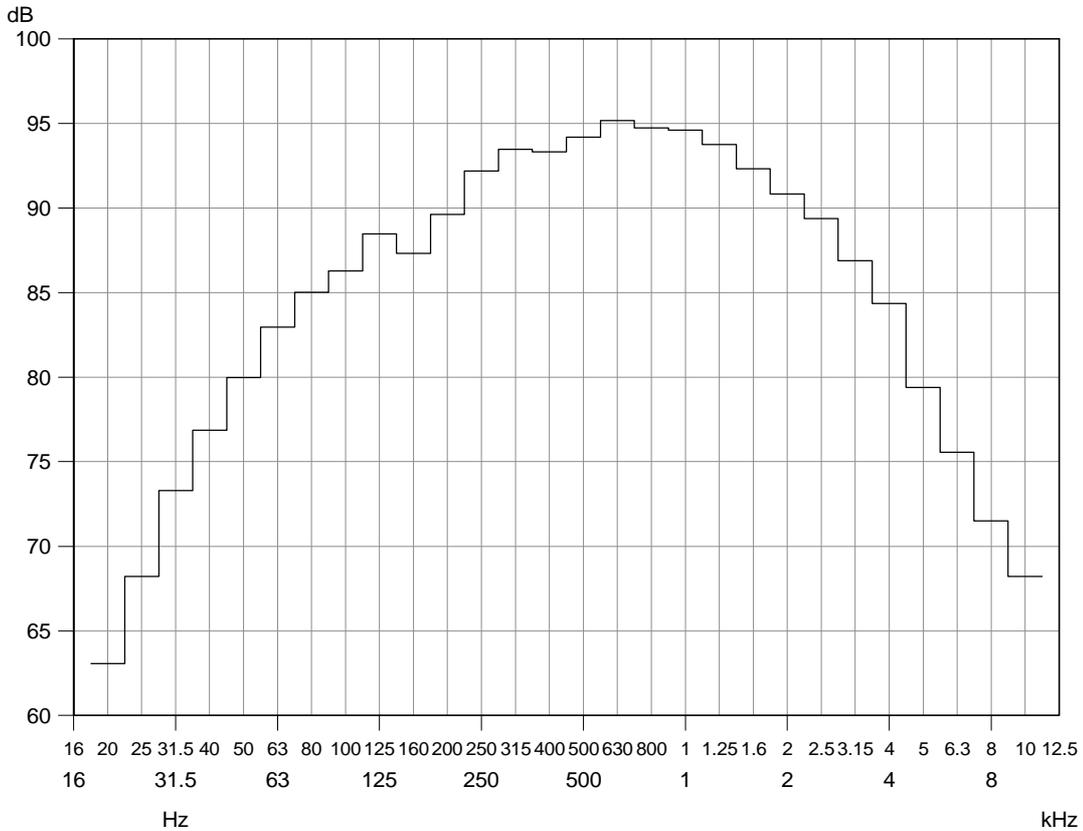
Oktavspektrum für BIN 9



Oktavpegel für 9 m/s, Summenpegel = 104,5 dB			
Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]
31,5	78,84	1000	99,16
63	87,89	2000	95,78
125	92,22	4000	89,27
250	96,81	8000	77,53
500	99,08		



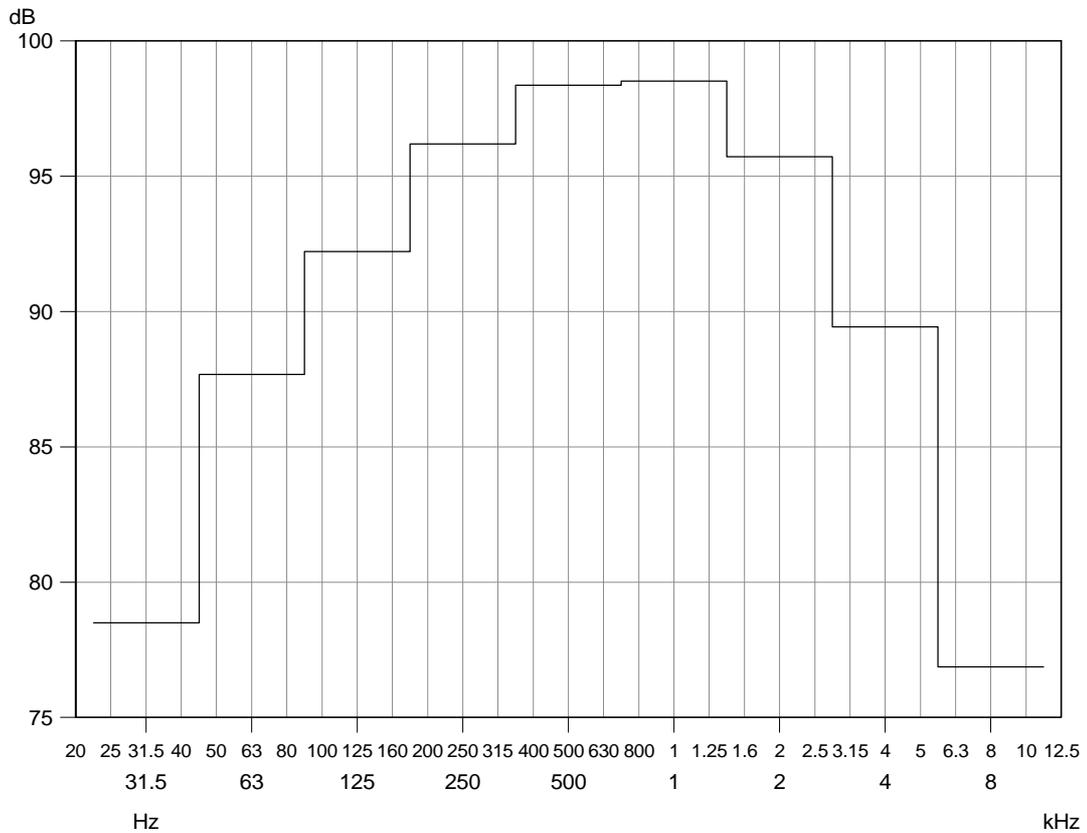
Terzspektrum für BIN 9



Terzpegel für 9 m/s, Summenpegel = 104,5 dB					
Terzmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]	Terzmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]
20	63,04	2,18	500	94,20	1,88
25	68,22	2,01	630	95,19	1,87
31,5	73,28	2,04	800	94,74	1,87
40	76,87	2,12	1000	94,61	1,88
50	79,99	2,09	1250	93,76	1,88
63	82,95	2,08	1600	92,33	1,89
80	85,02	2,02	2000	90,83	1,89
100	86,27	1,96	2500	89,39	1,91
125	88,47	1,97	3150	86,87	1,92
160	87,32	1,90	4000	84,35	1,93
200	89,63	1,90	5000	79,38	2,25
250	92,20	1,88	6300	75,55	2,81
315	93,47	1,88	8000	71,48	3,36
400	93,33	1,88	10000	68,22	3,51



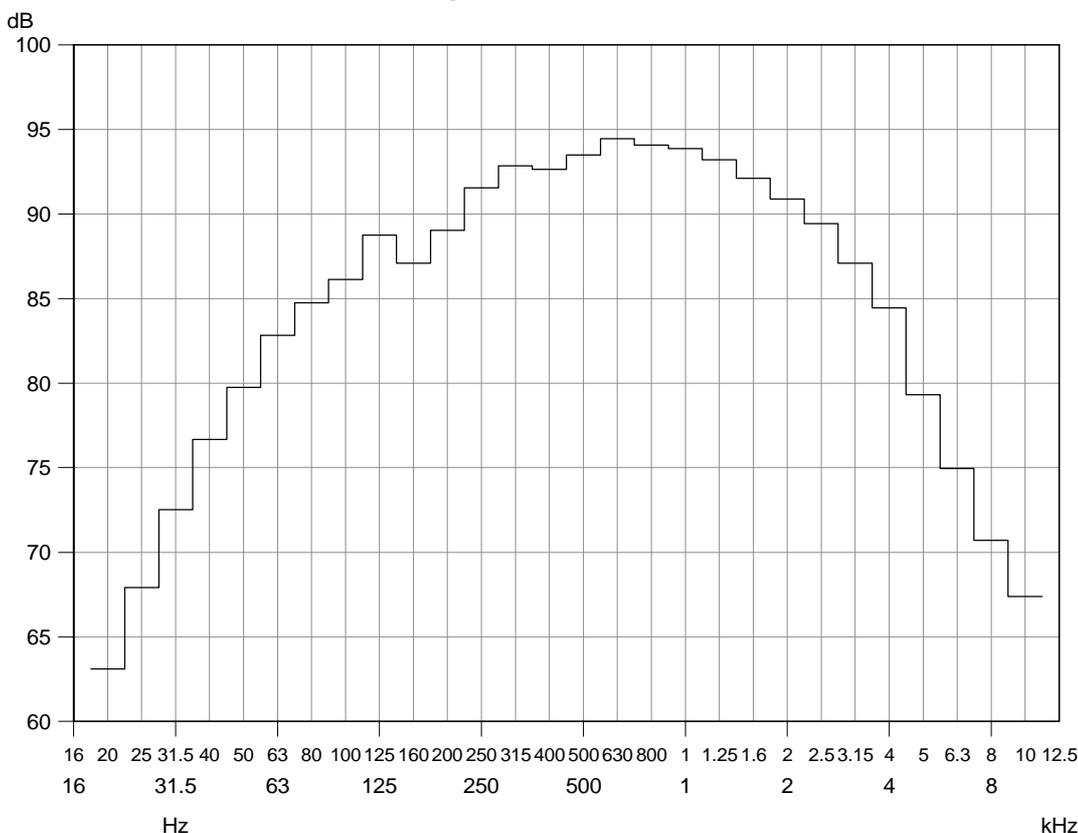
Oktavspektrum für BIN 10



Oktavpegel für 10 m/s, Summenpegel = 104,0 dB			
Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]
31,5	78,48	1000	98,51
63	87,67	2000	95,73
125	92,23	4000	89,42
250	96,19	8000	76,85
500	98,37		



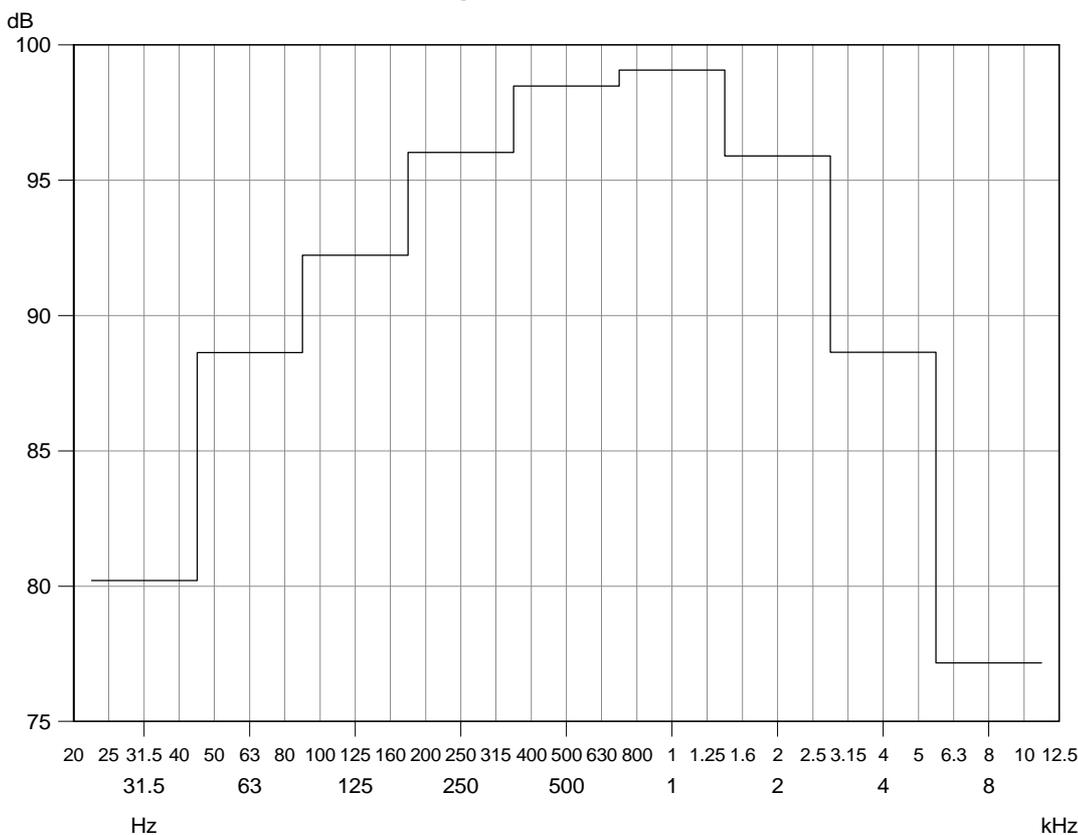
Terzspektrum für BIN 10



Terzpegel für 10 m/s, Summenpegel = 104,0 dB					
Terzmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]	Terzmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]
20	63,09	2,60	500	93,50	1,88
25	67,89	2,24	630	94,45	1,88
31,5	72,52	2,34	800	94,09	1,88
40	76,68	2,29	1000	93,88	1,87
50	79,75	2,48	1250	93,22	1,87
63	82,82	2,50	1600	92,13	1,88
80	84,76	2,45	2000	90,89	1,89
100	86,12	2,18	2500	89,44	1,90
125	88,75	1,92	3150	87,09	1,93
160	87,08	1,92	4000	84,46	1,97
200	89,04	1,88	5000	79,30	2,10
250	91,56	1,89	6300	74,95	2,43
315	92,85	1,90	8000	70,69	2,85
400	92,65	1,88	10000	67,37	3,07



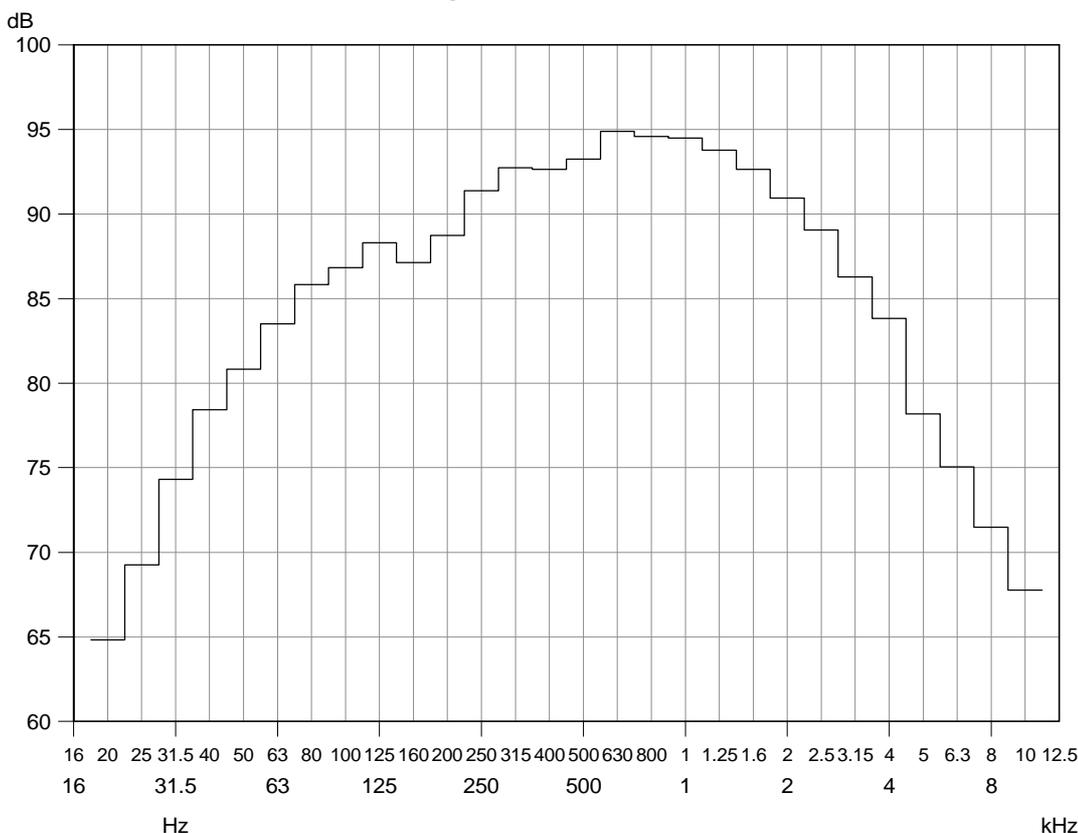
Oktavspektrum für BIN 11



Oktavpegel für 11 m/s, Summenpegel = 104,2 dB			
Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]
31,5	80,20	1000	99,07
63	88,63	2000	95,89
125	92,23	4000	88,64
250	96,03	8000	77,15
500	98,48		



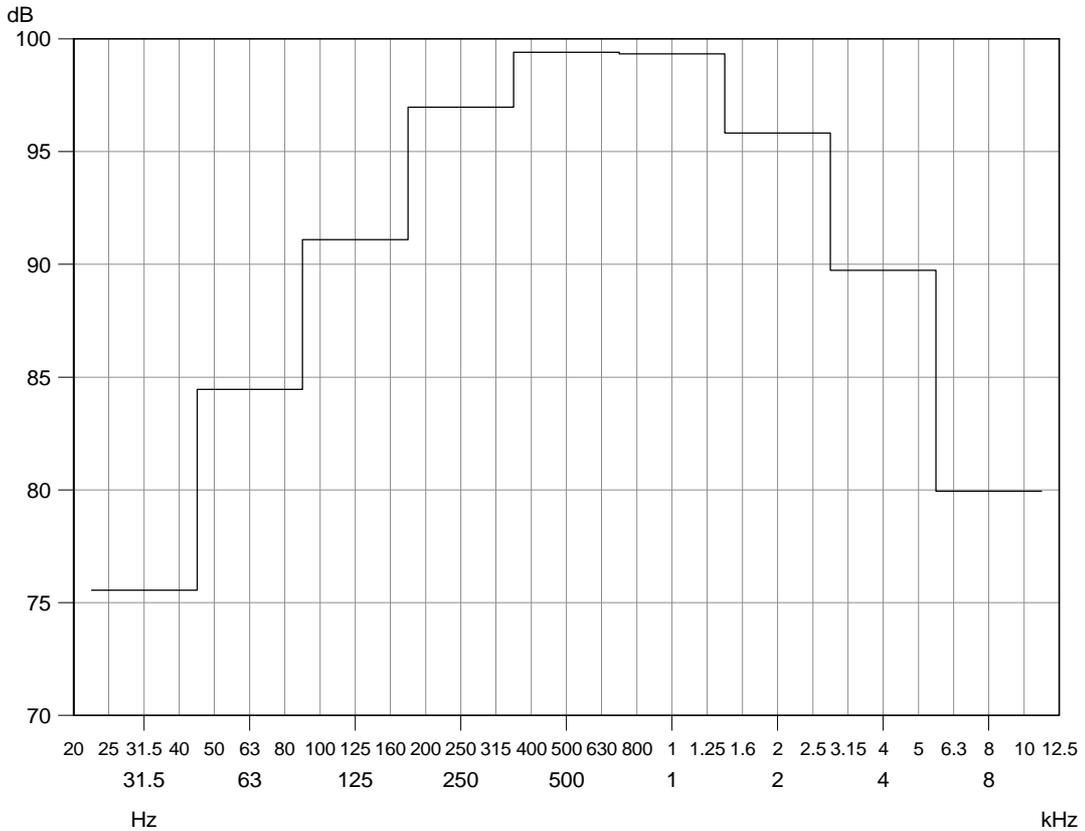
Terzspektrum für BIN 11



Terzpegel für 11 m/s, Summenpegel = 104,2 dB					
Terzmittenfrequenz [Hz]	Schalleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]	Terzmittenfrequenz [Hz]	Schalleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]
20	64,82	2,16	500	93,25	1,89
25	69,24	1,94	630	94,91	1,88
31,5	74,31	2,46	800	94,58	1,88
40	78,41	1,92	1000	94,50	1,88
50	80,83	1,95	1250	93,77	1,88
63	83,52	1,97	1600	92,64	1,91
80	85,83	1,89	2000	90,94	1,95
100	86,82	1,99	2500	89,06	1,93
125	88,31	1,91	3150	86,28	1,97
160	87,12	1,90	4000	83,83	2,08
200	88,74	1,90	5000	78,18	2,83
250	91,39	1,90	6300	75,04	3,98
315	92,75	1,89	8000	71,46	4,56
400	92,65	1,88	10000	67,74	4,60



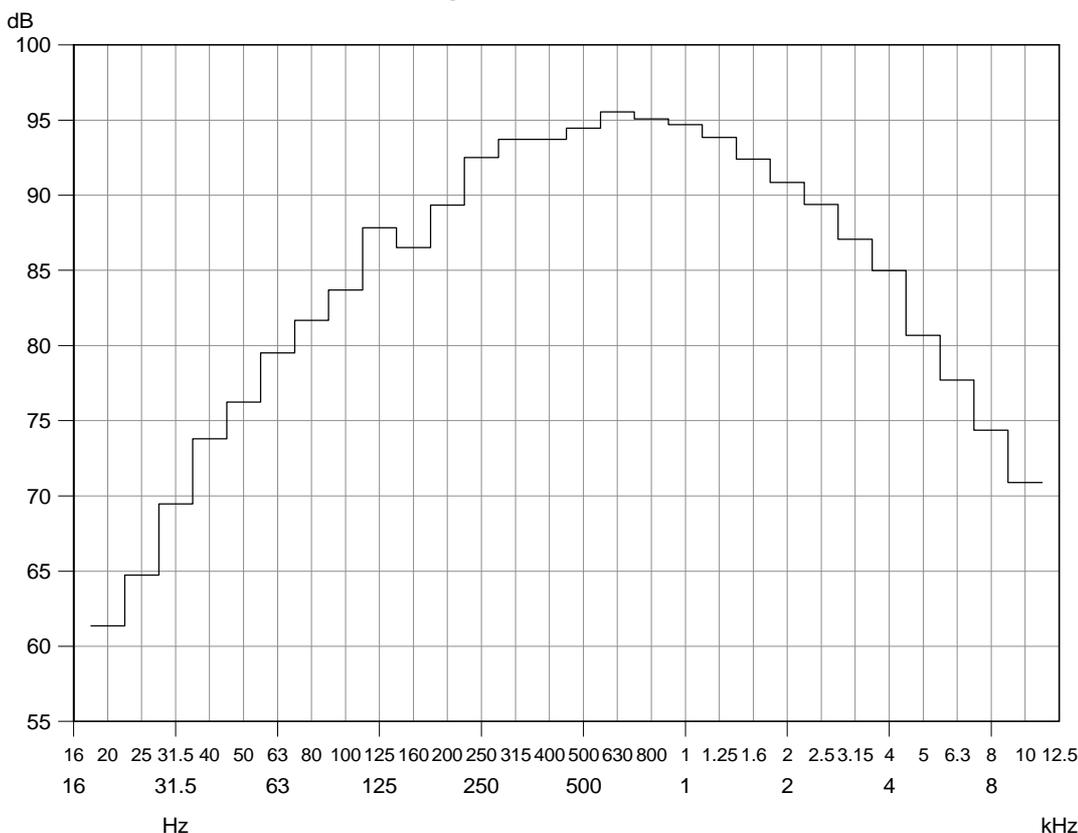
Oktavspektrum für BIN 12



Oktavpegel für 12 m/s, Summenpegel = 104,6 dB			
Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]
31,5	75,54	1000	99,35
63	84,45	2000	95,83
125	91,11	4000	89,74
250	96,99	8000	79,93
500	99,42		



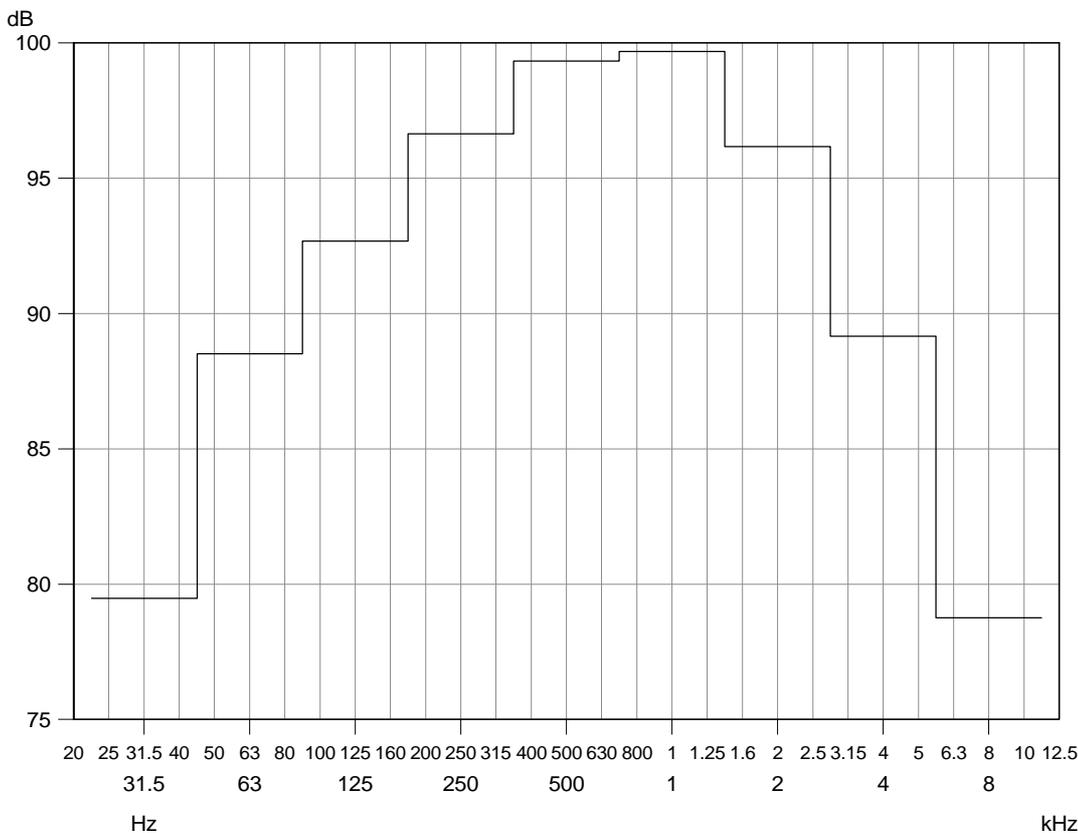
Terzspektrum für BIN 12



Terzpegel für 12 m/s, Summenpegel = 104,6 dB					
Terzmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]	Terzmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]
20	61,34	2,45	500	94,48	1,88
25	64,73	2,26	630	95,56	1,87
31,5	69,46	2,01	800	95,10	1,87
40	73,81	2,15	1000	94,72	1,88
50	76,23	1,97	1250	93,84	1,89
63	79,50	1,98	1600	92,41	1,89
80	81,69	2,00	2000	90,86	1,89
100	83,69	1,95	2500	89,39	1,89
125	87,84	1,97	3150	87,08	1,88
160	86,52	1,89	4000	84,98	1,89
200	89,35	1,89	5000	80,68	2,00
250	92,52	1,90	6300	77,70	2,27
315	93,71	1,89	8000	74,37	2,59
400	93,71	1,88	10000	70,88	2,70



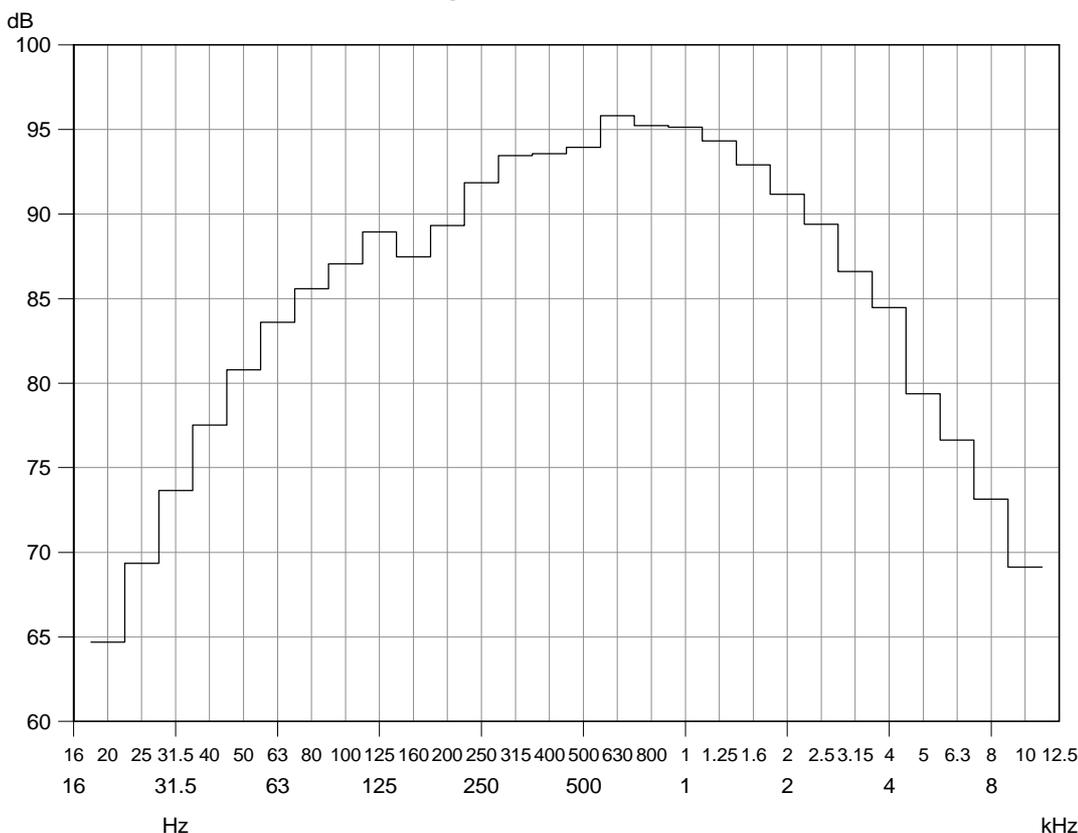
Oktavspektrum für BIN 13



Oktavpegel für 13 m/s, Summenpegel = 104,8 dB			
Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]
31,5	79,46	1000	99,69
63	88,51	2000	96,17
125	92,68	4000	89,16
250	96,64	8000	78,75
500	99,34		



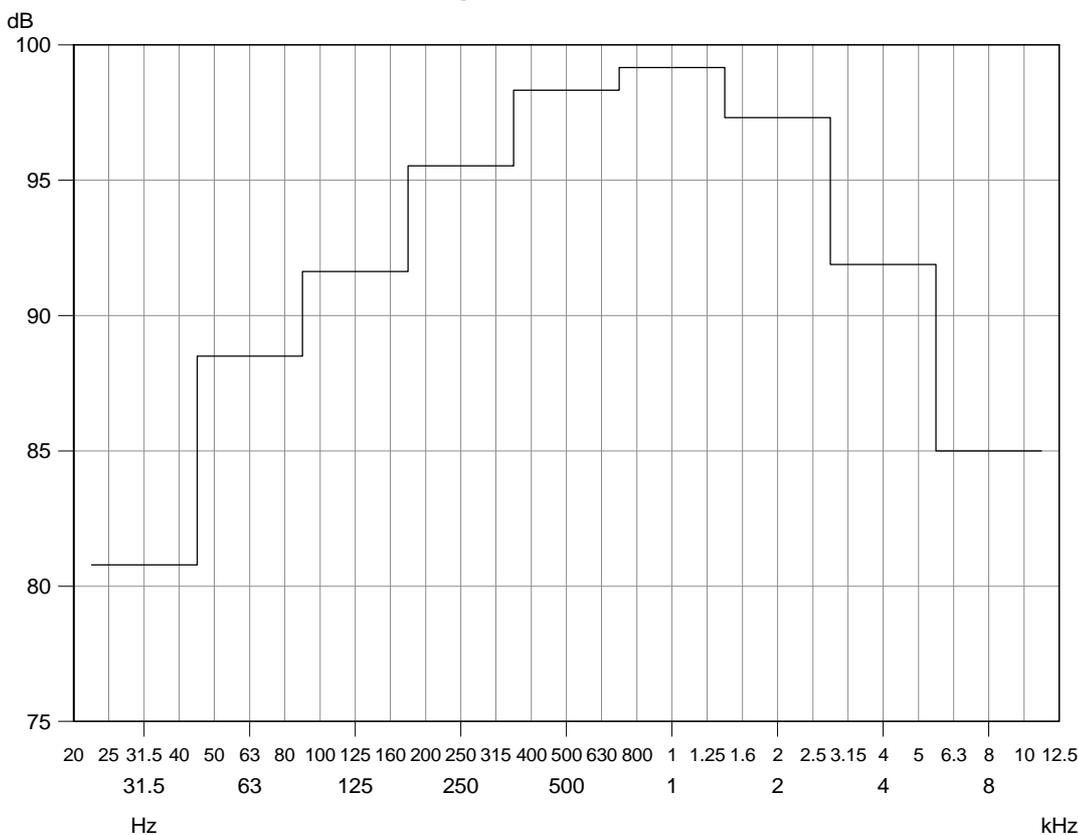
Terzspektrum für BIN 13



Terzpegel für 13 m/s, Summenpegel = 104,8 dB					
Terzmittenfrequenz [Hz]	Schalleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]	Terzmittenfrequenz [Hz]	Schalleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]
20	64,67	2,19	500	93,95	1,88
25	69,35	2,04	630	95,83	1,88
31,5	73,64	2,22	800	95,24	1,89
40	77,53	2,06	1000	95,14	1,89
50	80,78	2,03	1250	94,33	1,89
63	83,61	2,15	1600	92,91	1,89
80	85,57	2,01	2000	91,18	1,88
100	87,05	2,06	2500	89,40	1,88
125	88,94	2,08	3150	86,60	1,94
160	87,49	1,99	4000	84,47	2,08
200	89,32	1,91	5000	79,36	3,37
250	91,86	1,89	6300	76,64	4,71
315	93,46	1,89	8000	73,15	5,26
400	93,57	1,90	10000	69,13	5,12



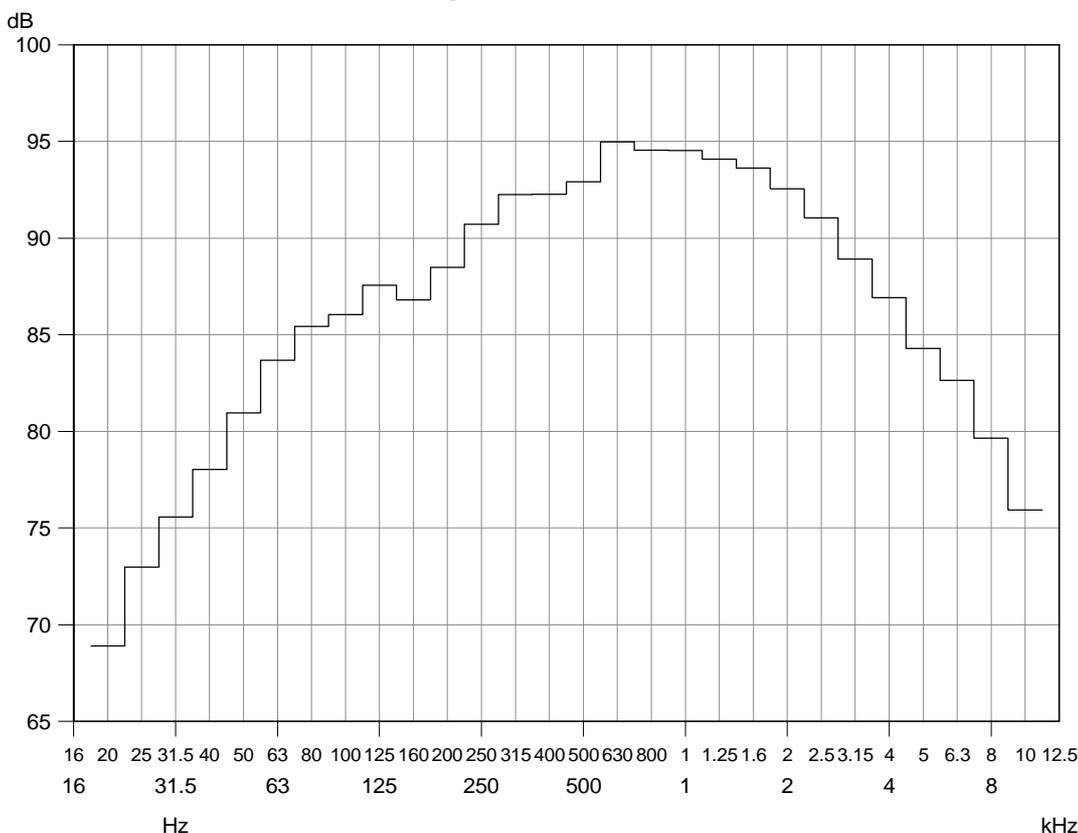
Oktavspektrum für BIN 14



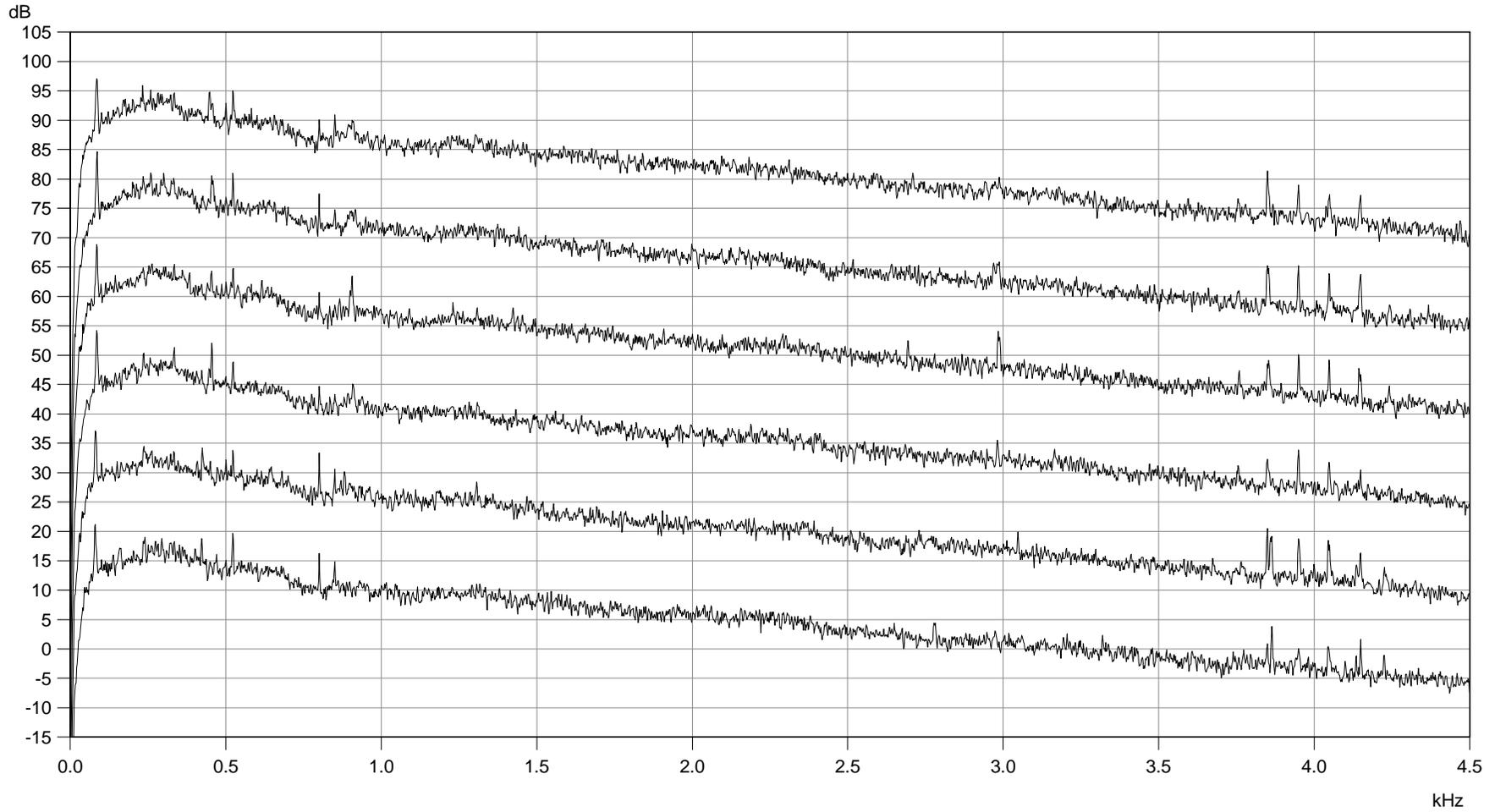
Oktavpegel für 14 m/s, Summenpegel = 104,5 dB			
Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]
31,5	80,78	1000	99,17
63	88,50	2000	97,32
125	91,62	4000	91,88
250	95,53	8000	84,99
500	98,33		



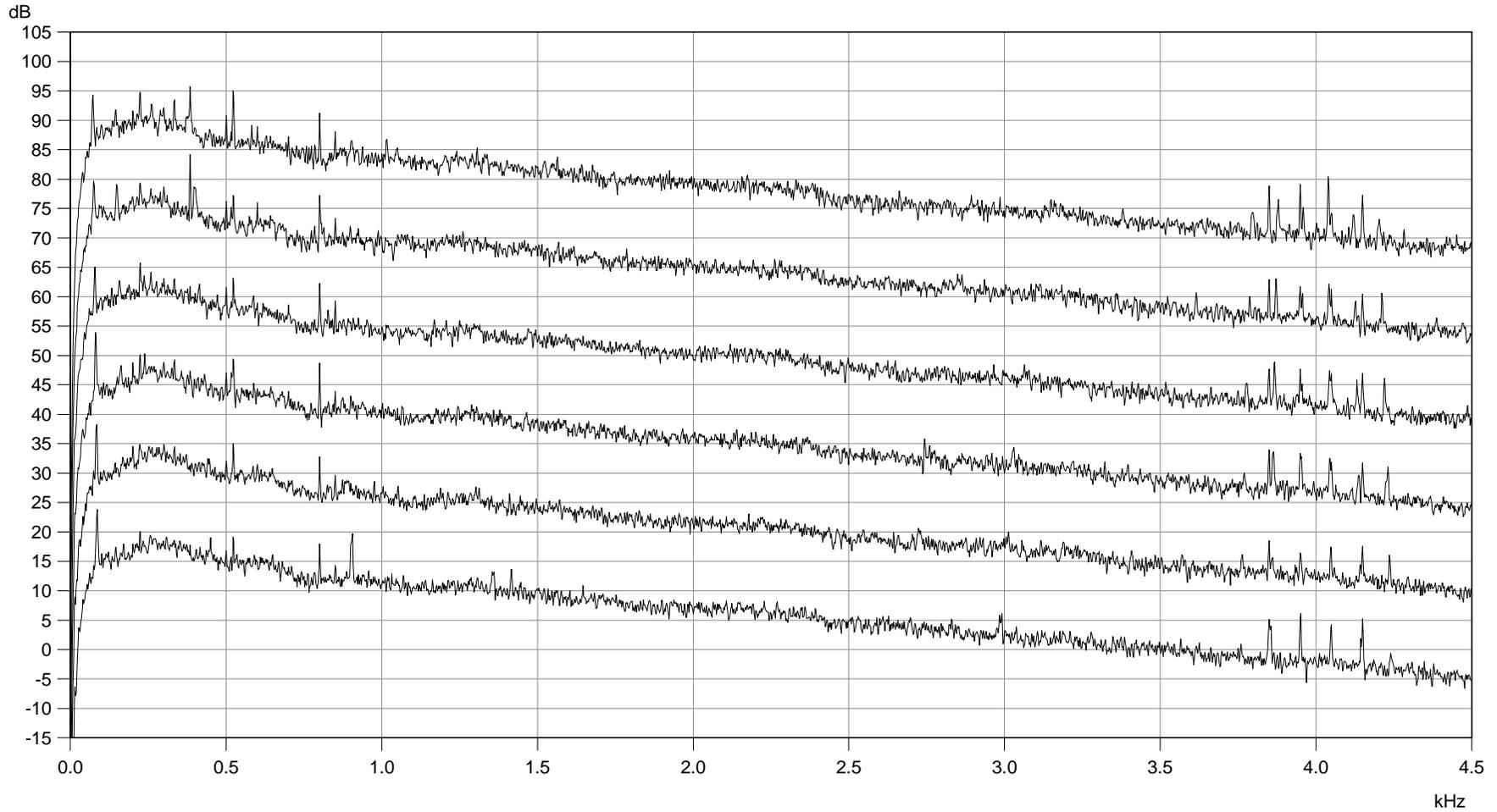
Terzspektrum für BIN 14



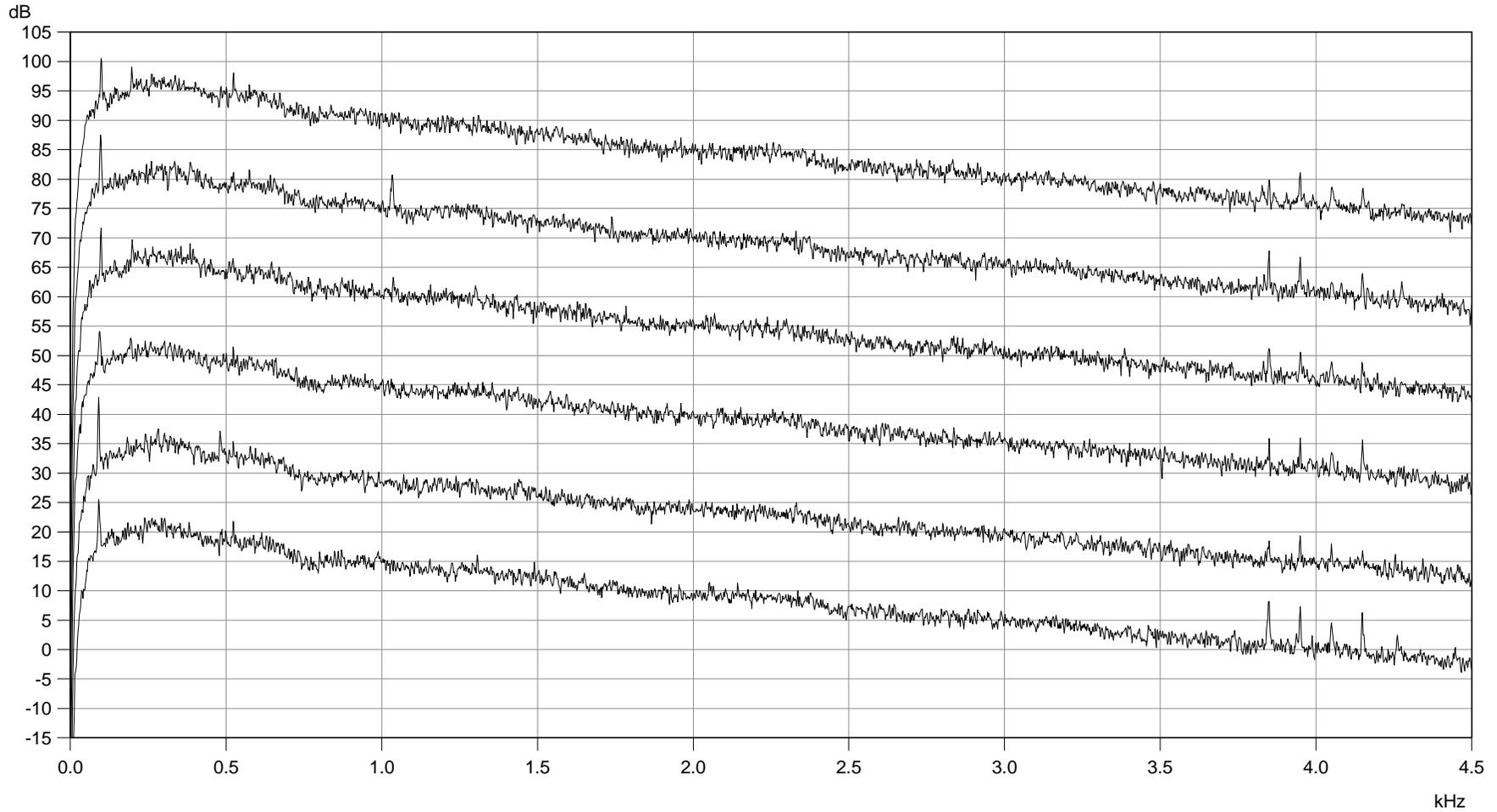
Terzpegel für 14 m/s, Summenpegel = 104,5 dB					
Terzmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]	Terzmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]
20	68,90	3,49	500	92,94	1,89
25	72,97	3,19	630	94,98	1,88
31,5	75,58	3,08	800	94,55	1,88
40	78,03	2,37	1000	94,54	1,88
50	80,95	2,08	1250	94,10	1,89
63	83,68	2,23	1600	93,64	1,91
80	85,44	2,02	2000	92,56	1,95
100	86,05	1,94	2500	91,06	1,93
125	87,56	1,94	3150	88,92	2,01
160	86,82	1,95	4000	86,92	2,24
200	88,48	1,93	5000	84,29	3,31
250	90,73	1,89	6300	82,66	4,06
315	92,27	1,89	8000	79,65	4,40
400	92,29	1,91	10000	75,94	4,47



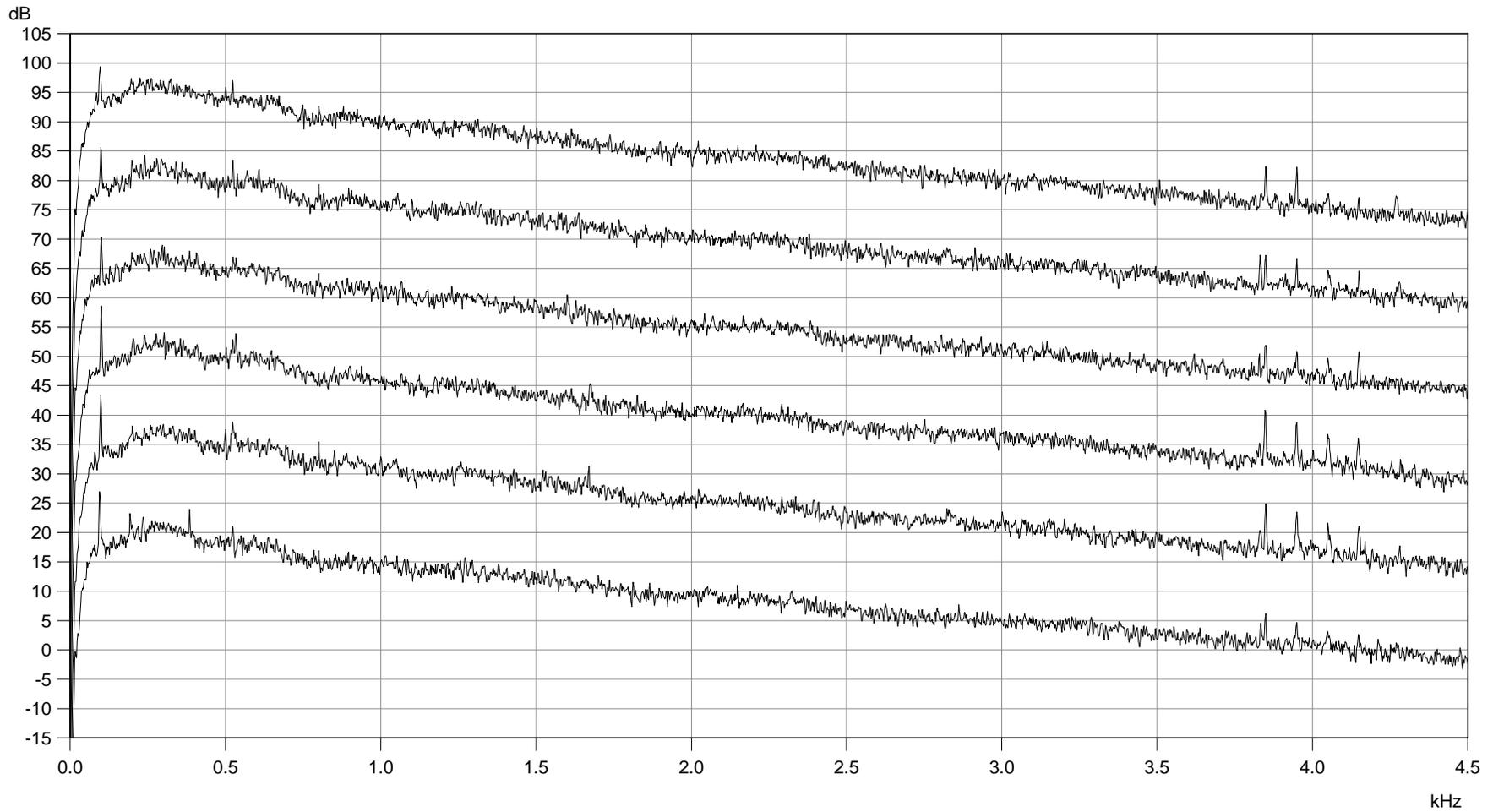
Spektren 1 – 6 aus BIN 4 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 1 ganz oben)



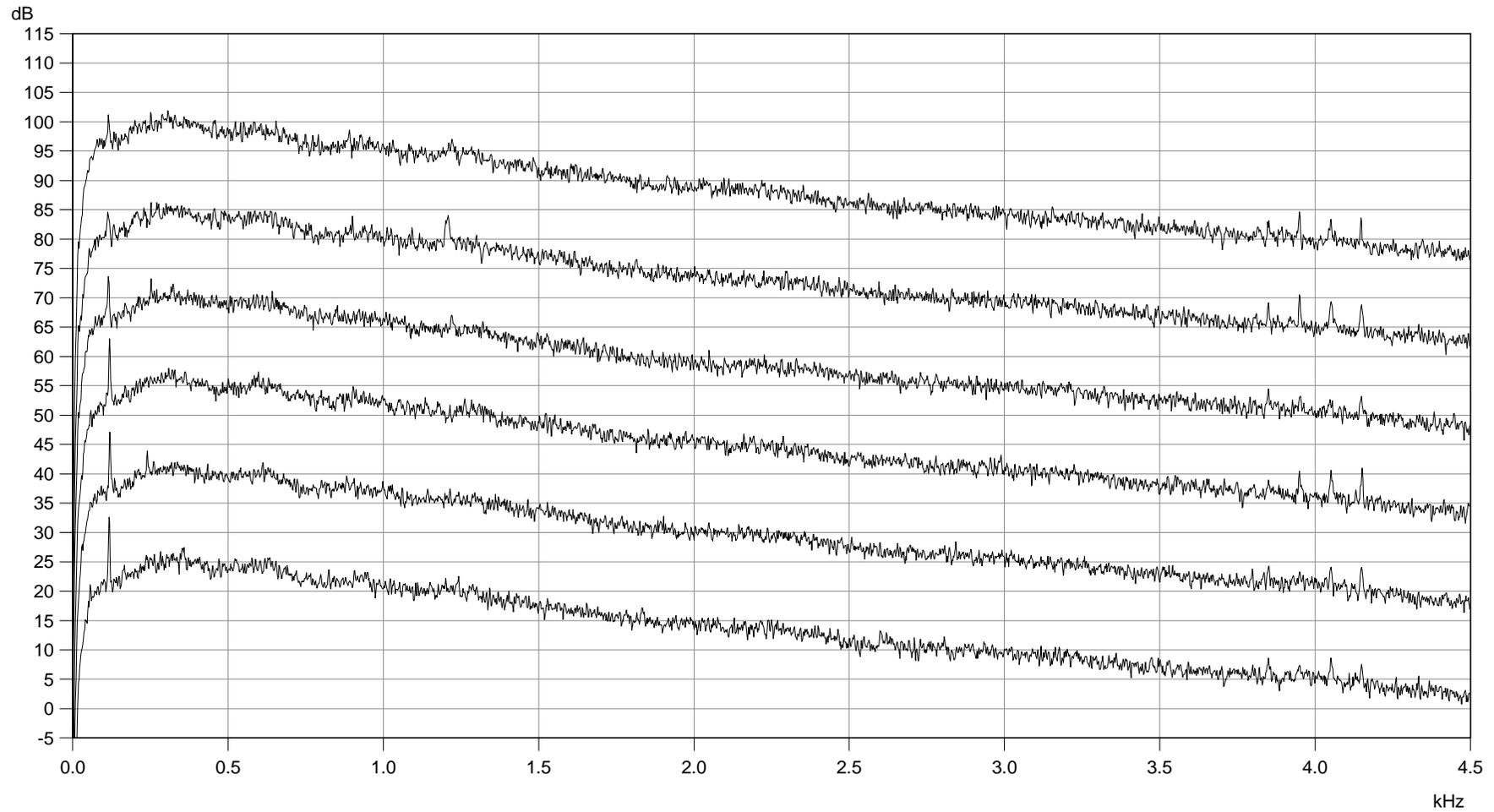
Spektren 7 – 12 aus BIN 4 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 7 ganz oben)



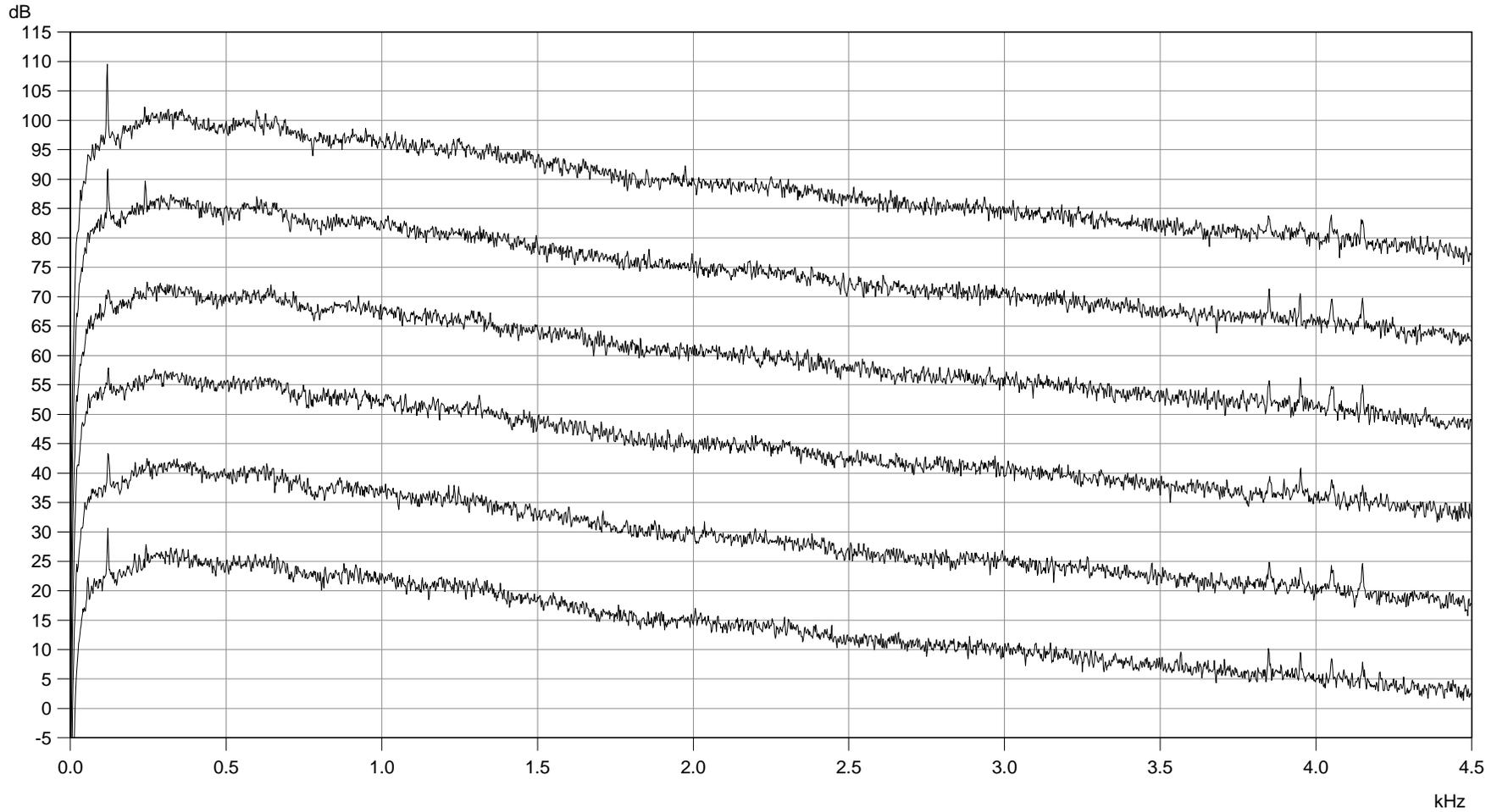
Spektren 1 – 6 aus BIN 5 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 1 ganz oben)



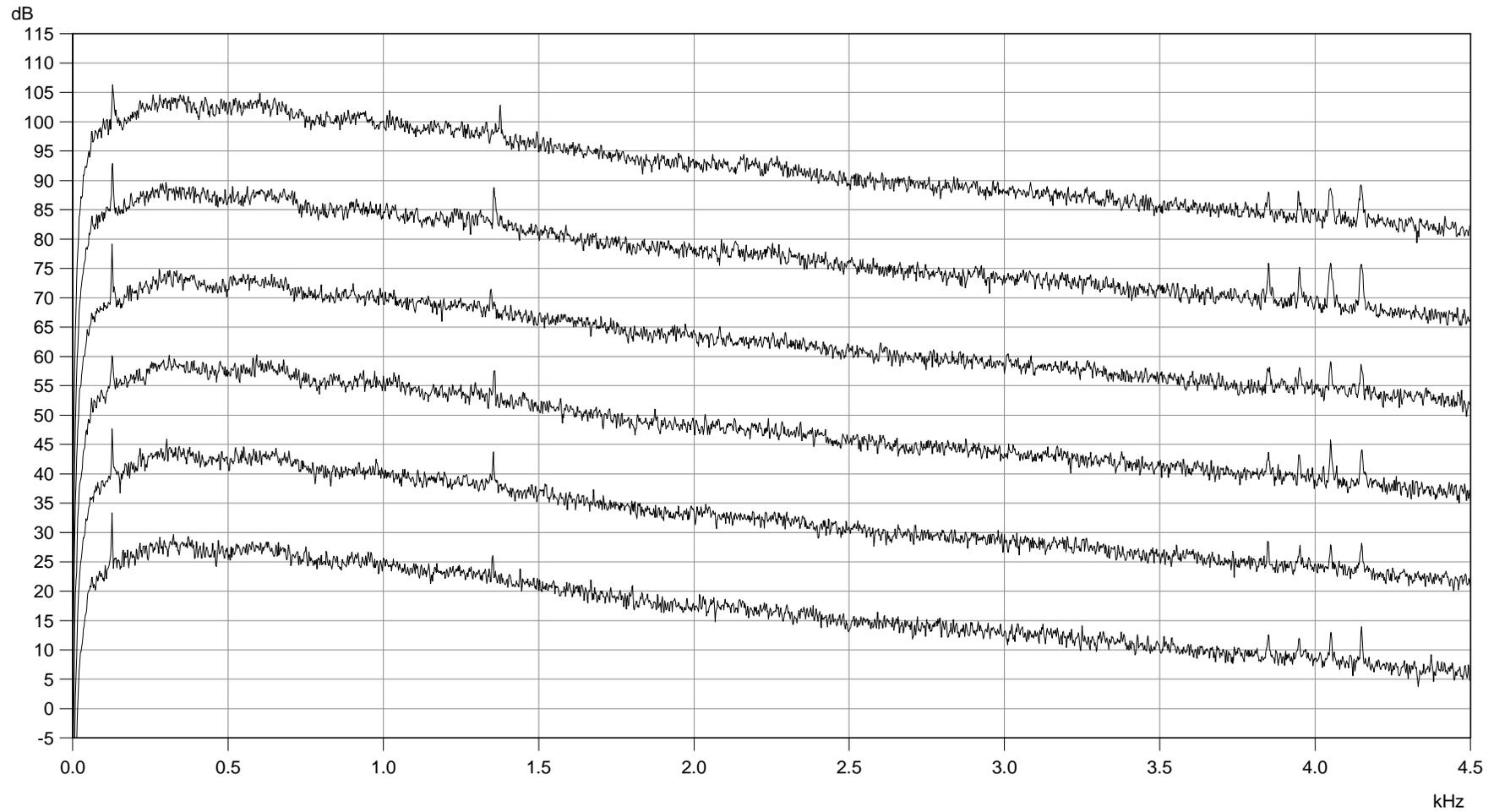
Spektren 7 – 12 aus BIN 5 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 7 ganz oben)



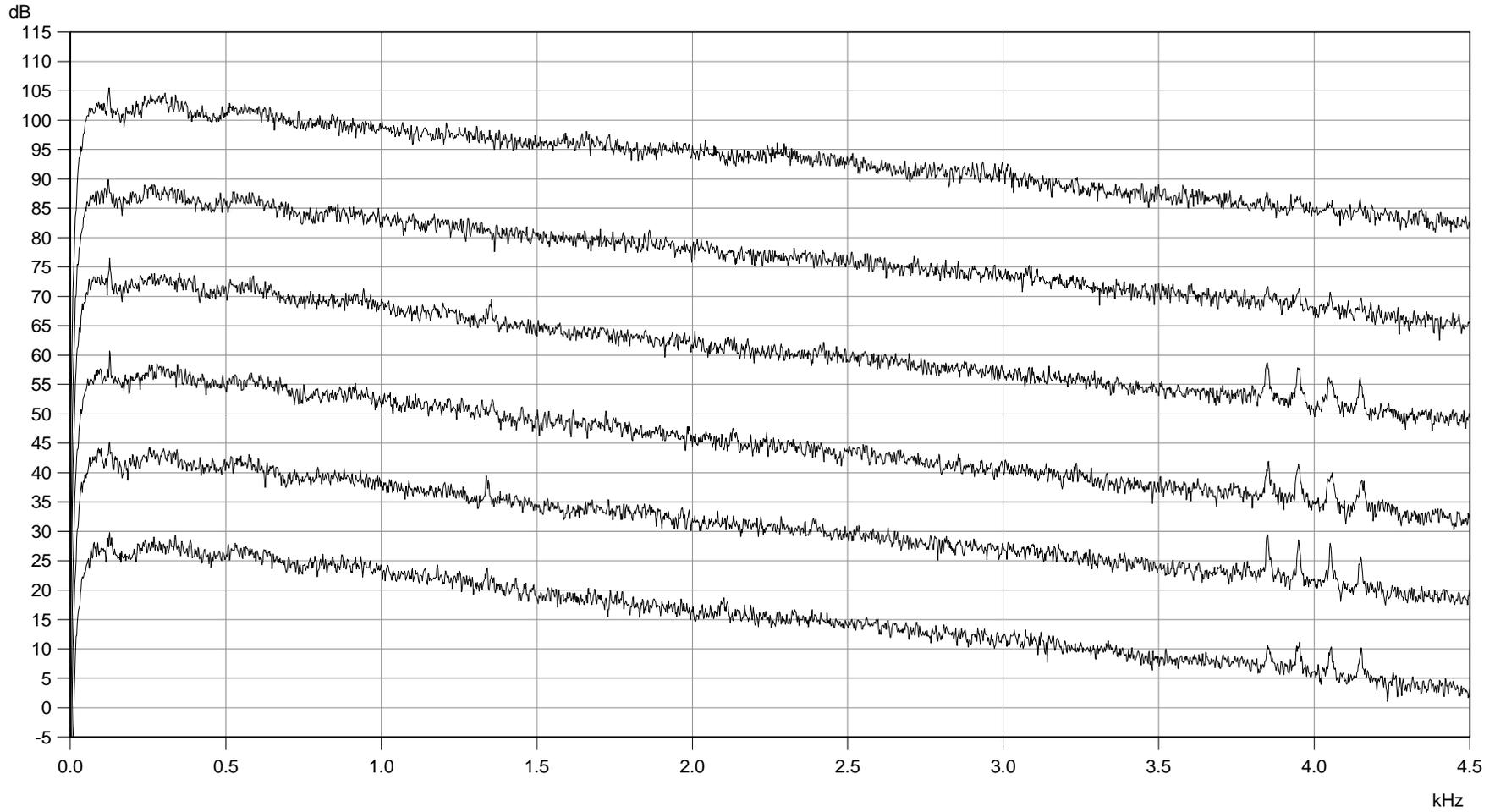
Spektren 1 – 6 aus BIN 6 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 1 ganz oben)



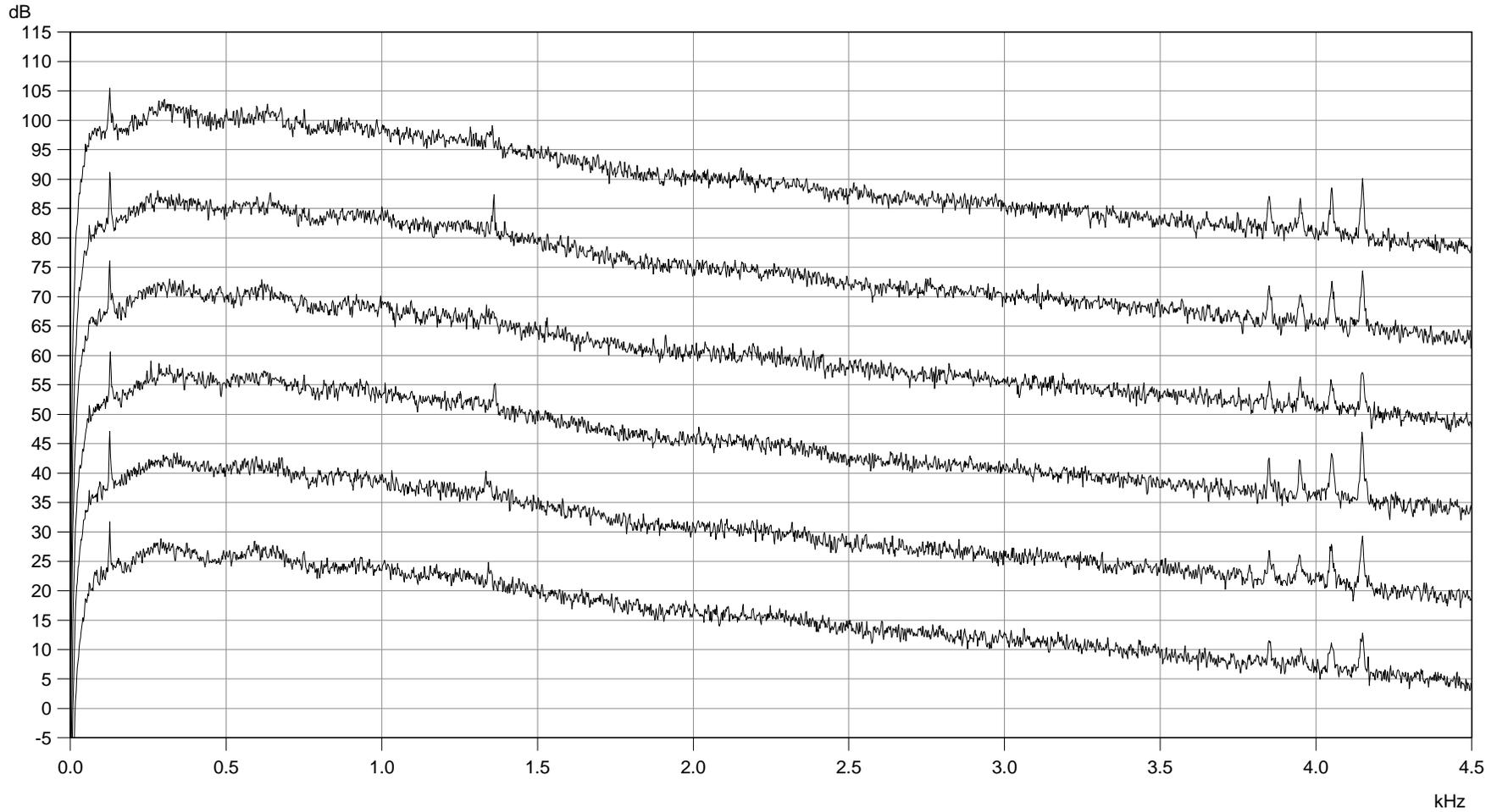
Spektren 7 – 12 aus BIN 6 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 7 ganz oben)



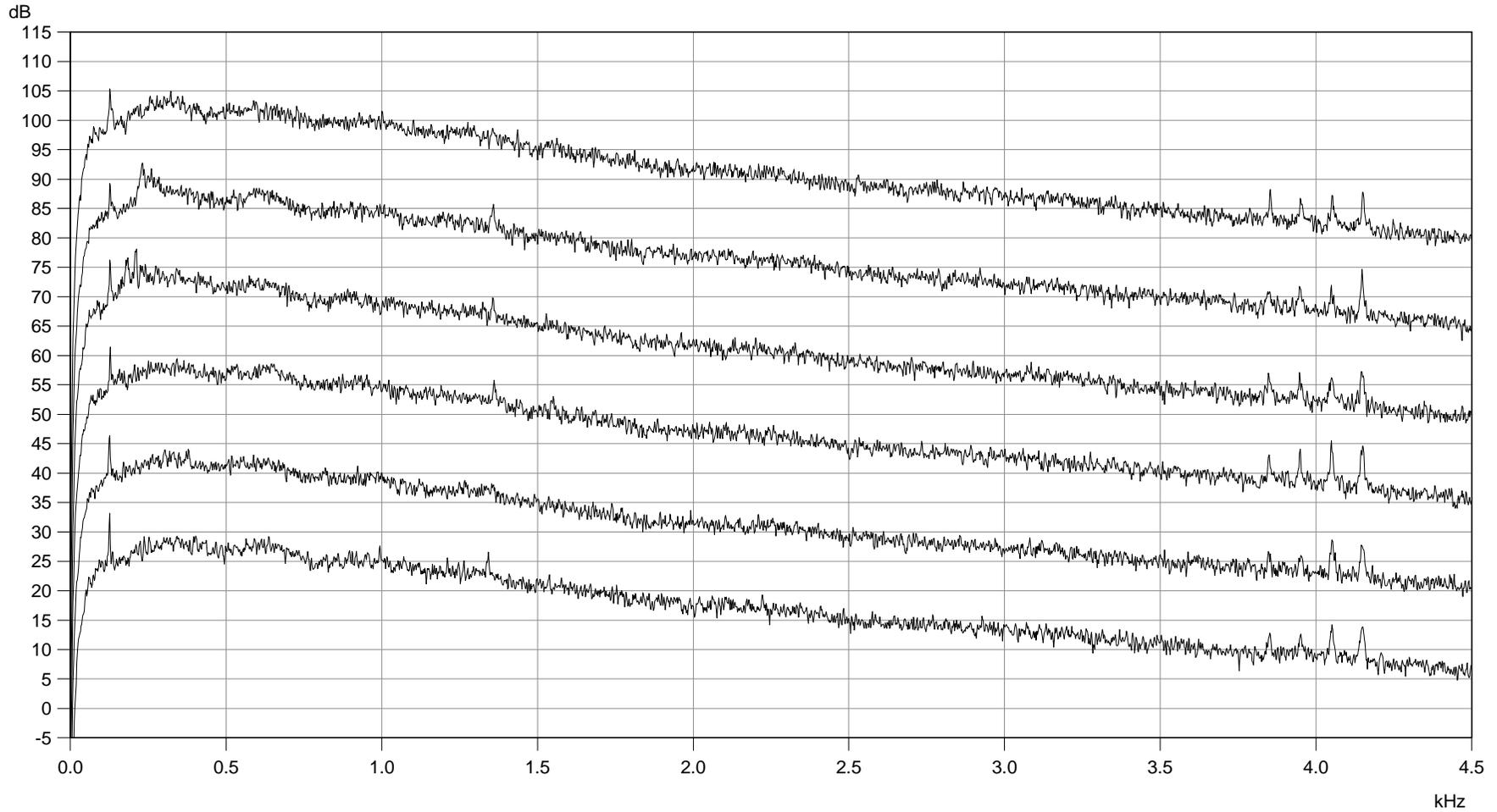
Spektren 1 – 6 aus BIN 7 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 1 ganz oben)



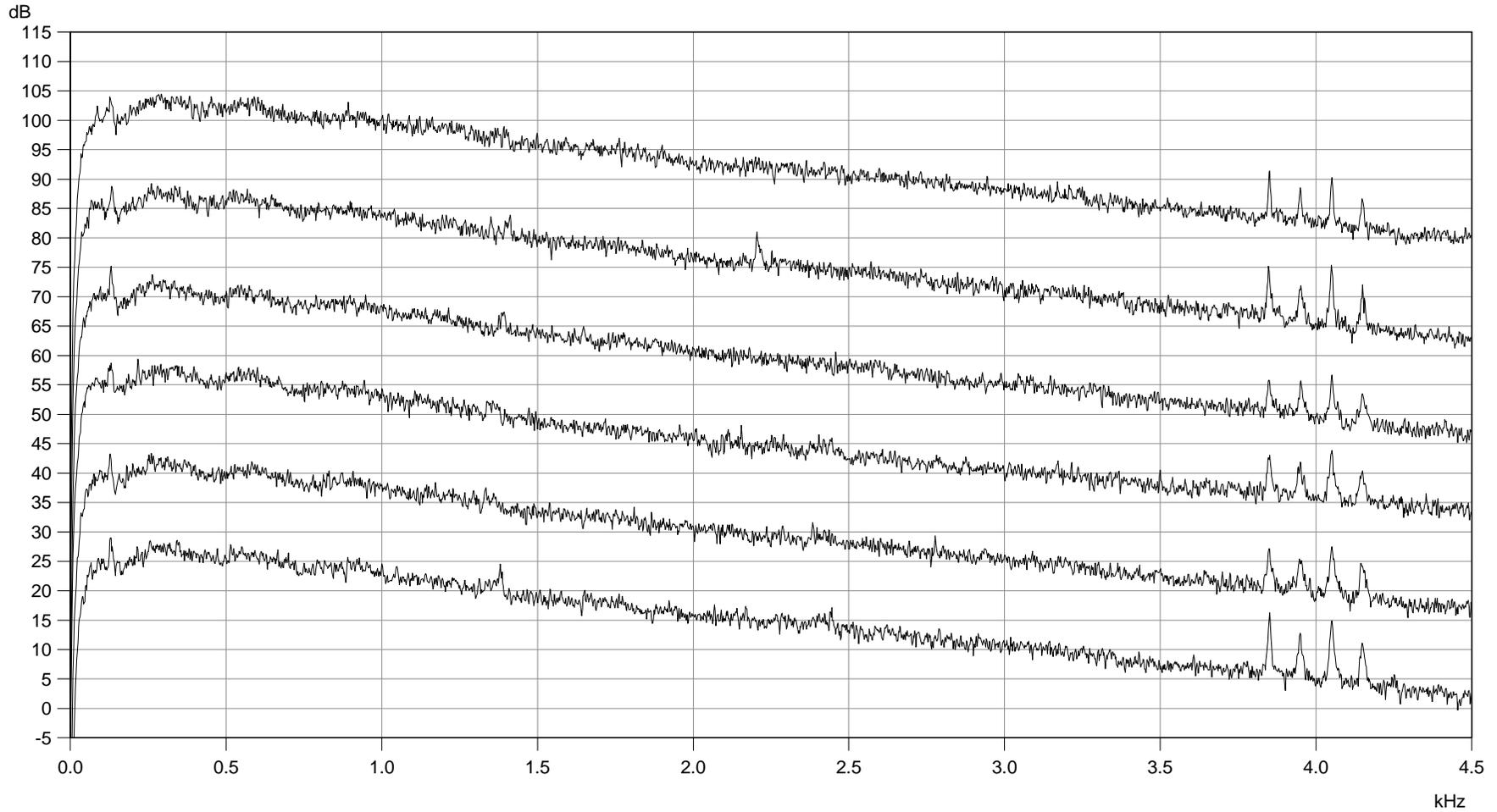
Spektren 7 – 12 aus BIN 7 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 7 ganz oben)



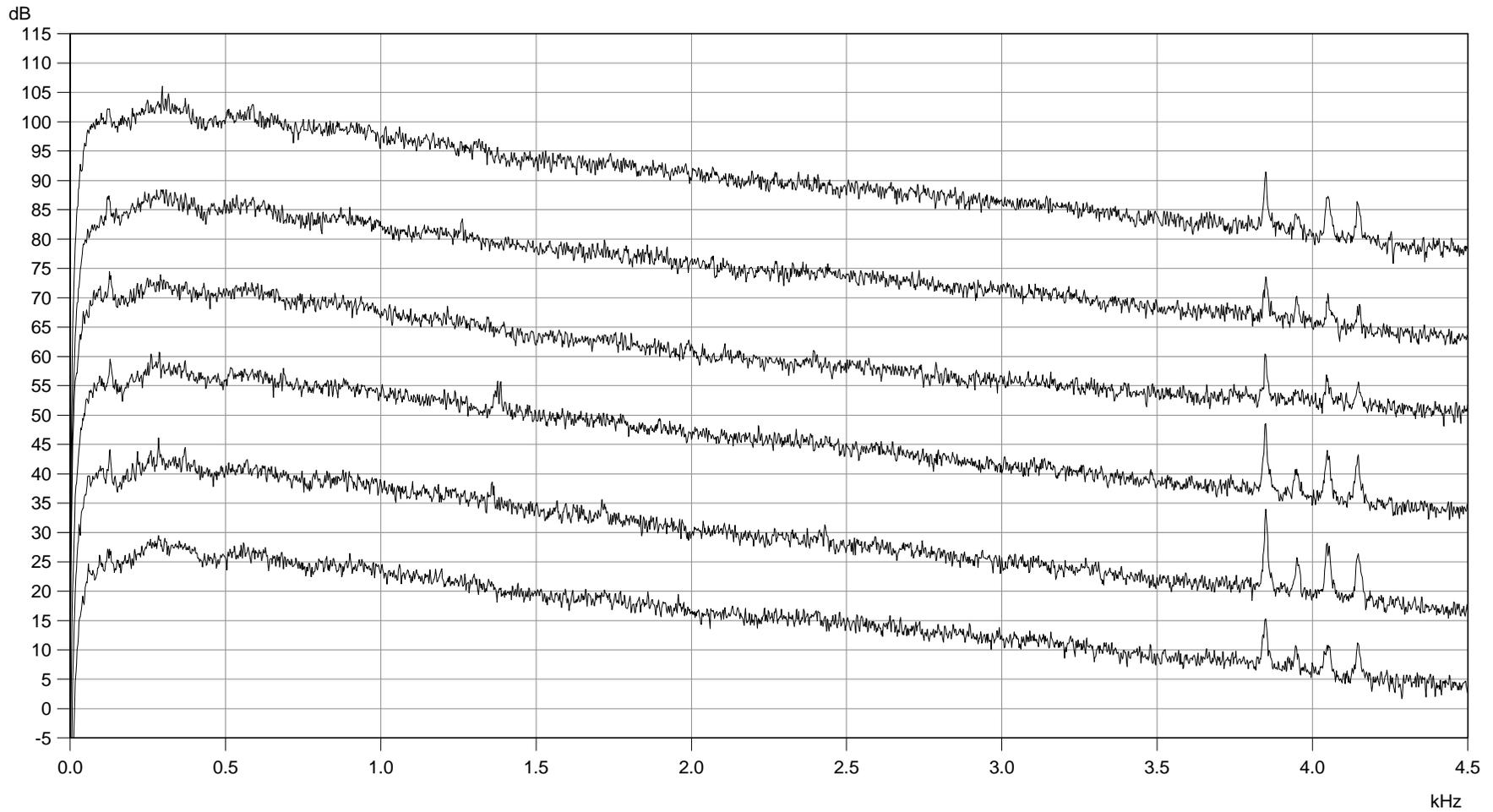
Spektren 1 – 6 aus BIN 8 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 1 ganz oben)



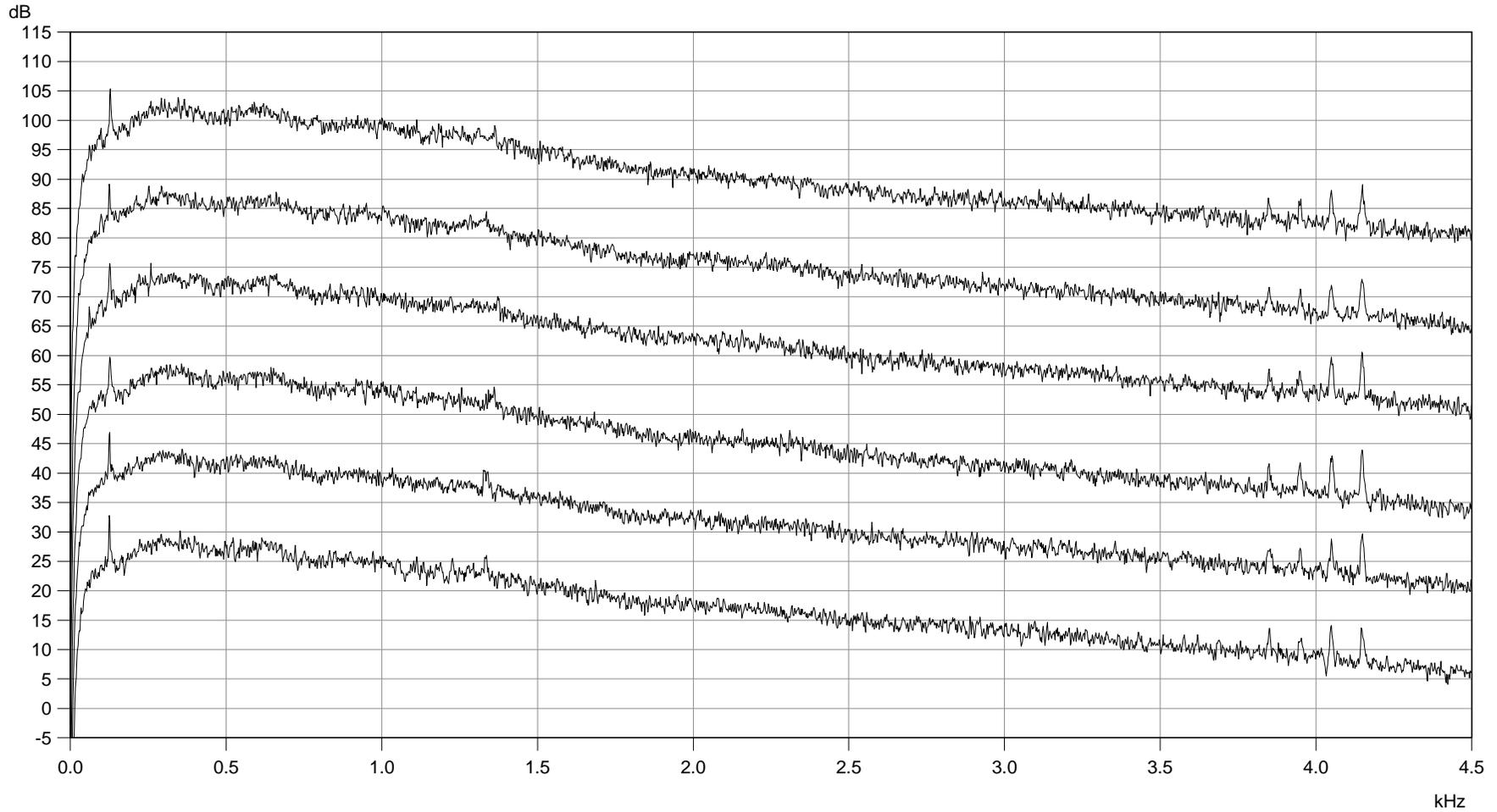
Spektren 7 – 12 aus BIN 8 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 7 ganz oben)



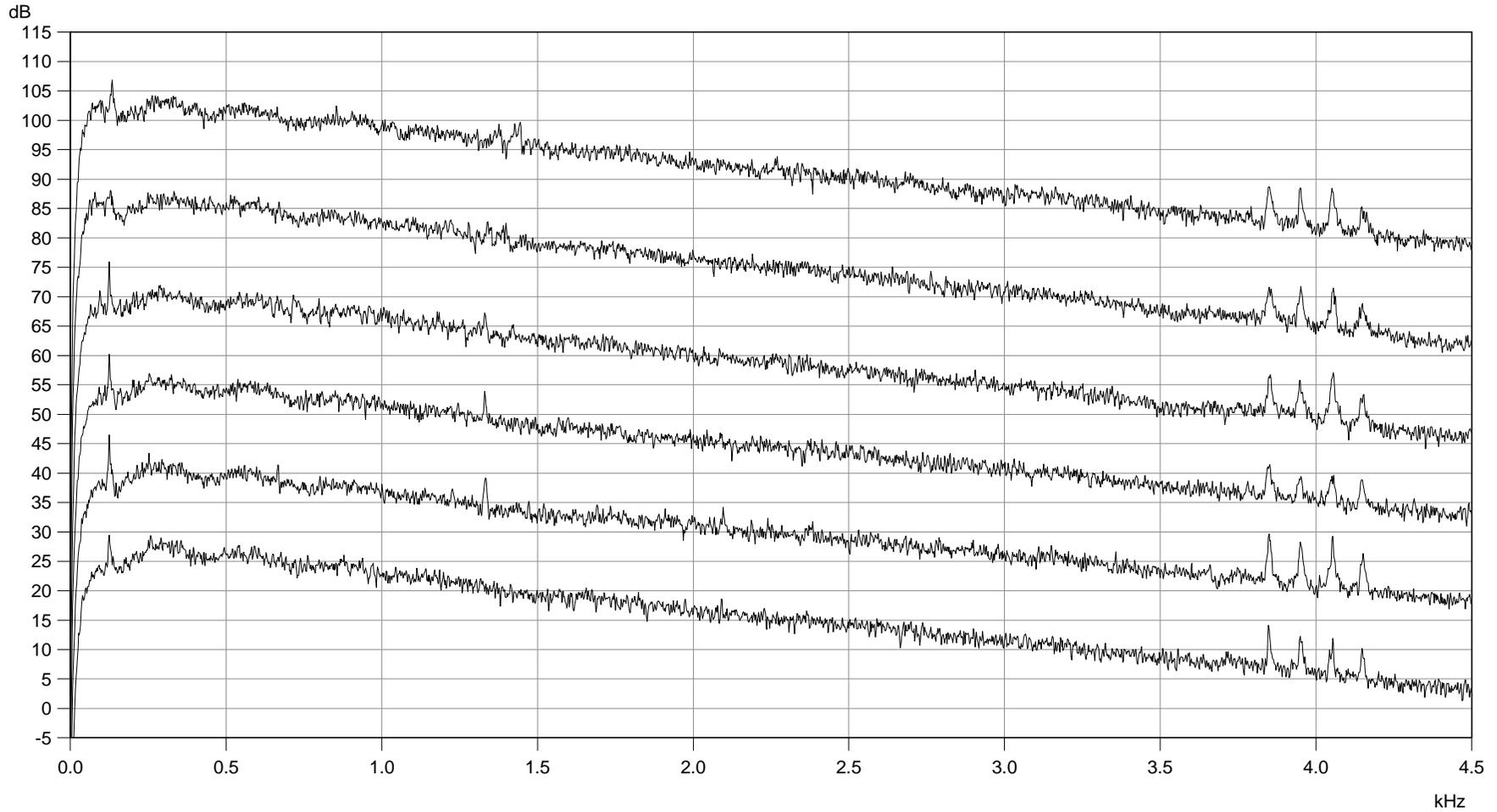
Spektren 1 – 6 aus BIN 9 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 1 ganz oben)



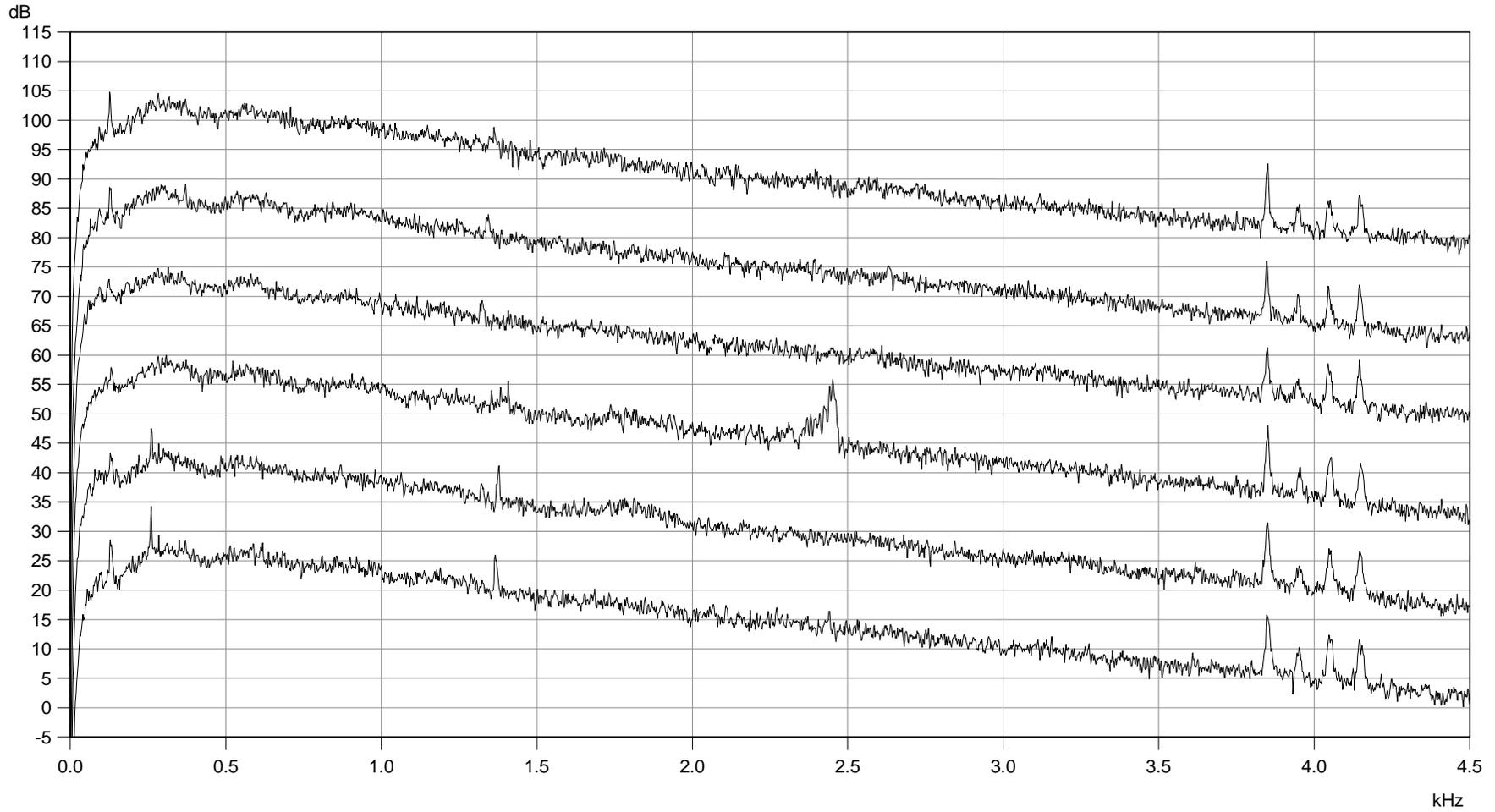
Spektren 7 – 12 aus BIN 9 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 7 ganz oben)



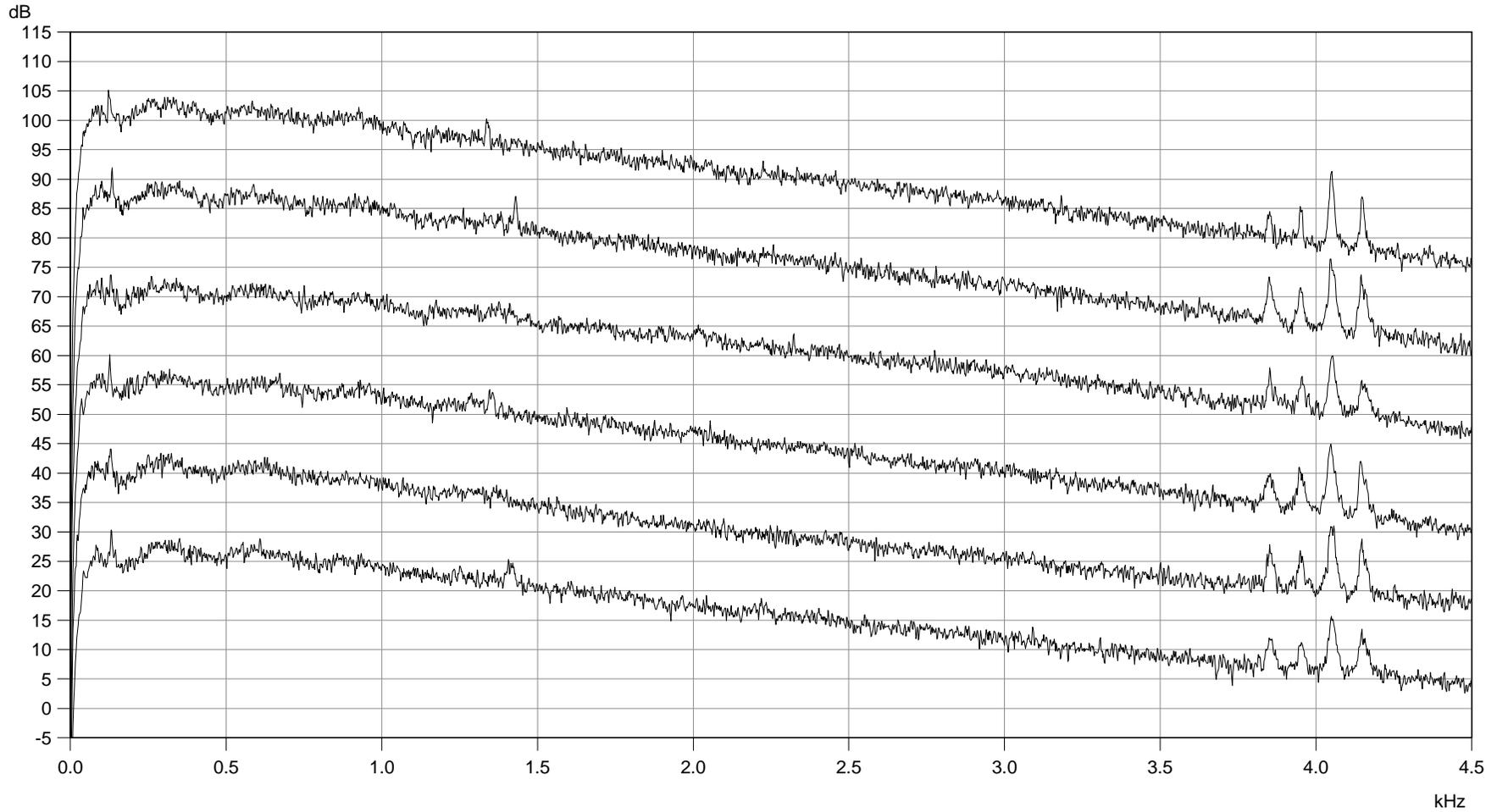
Spektren 1 – 6 aus BIN 10 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 1 ganz oben)



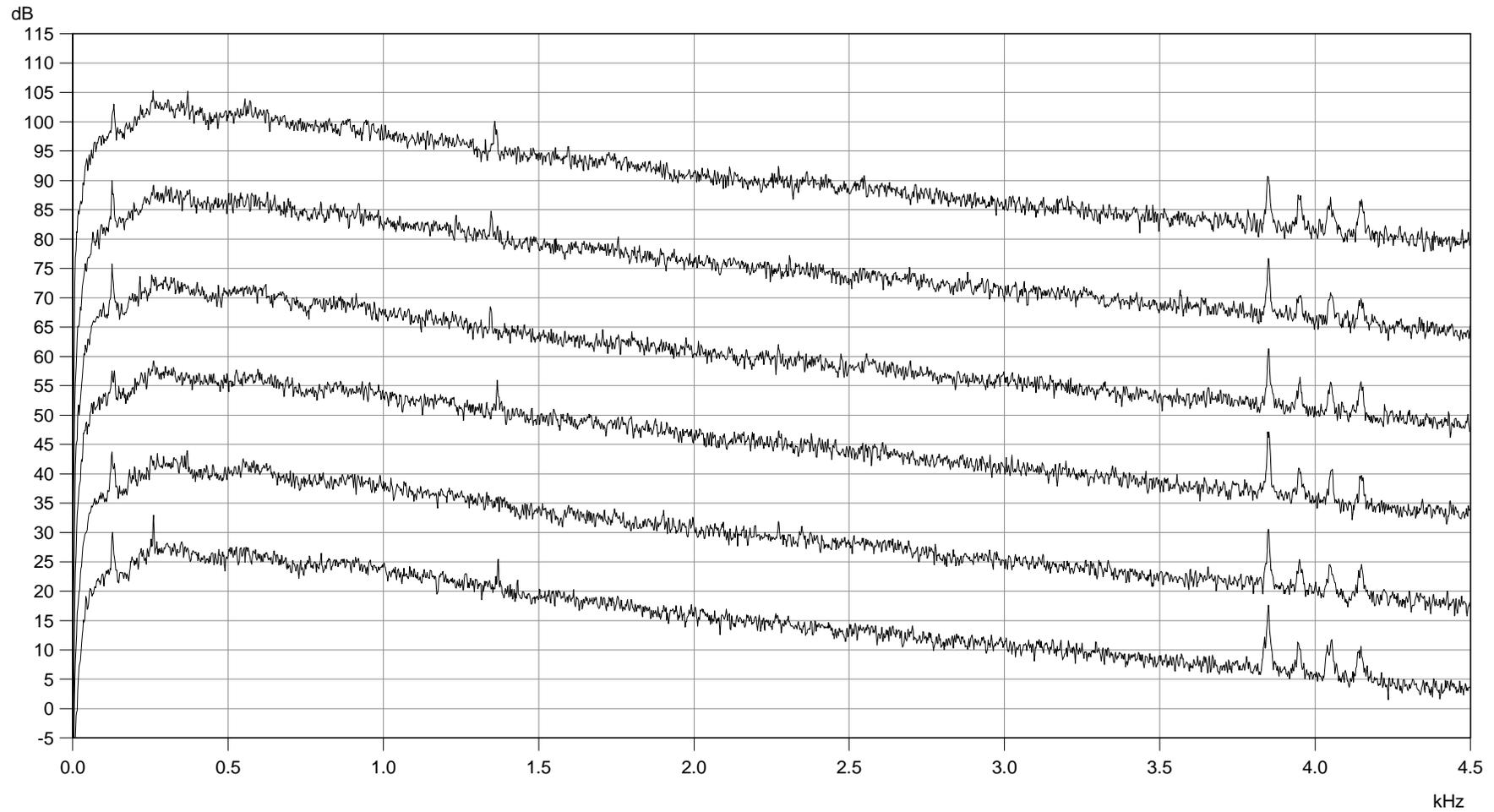
Spektren 7 – 12 aus BIN 10 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 7 ganz oben)



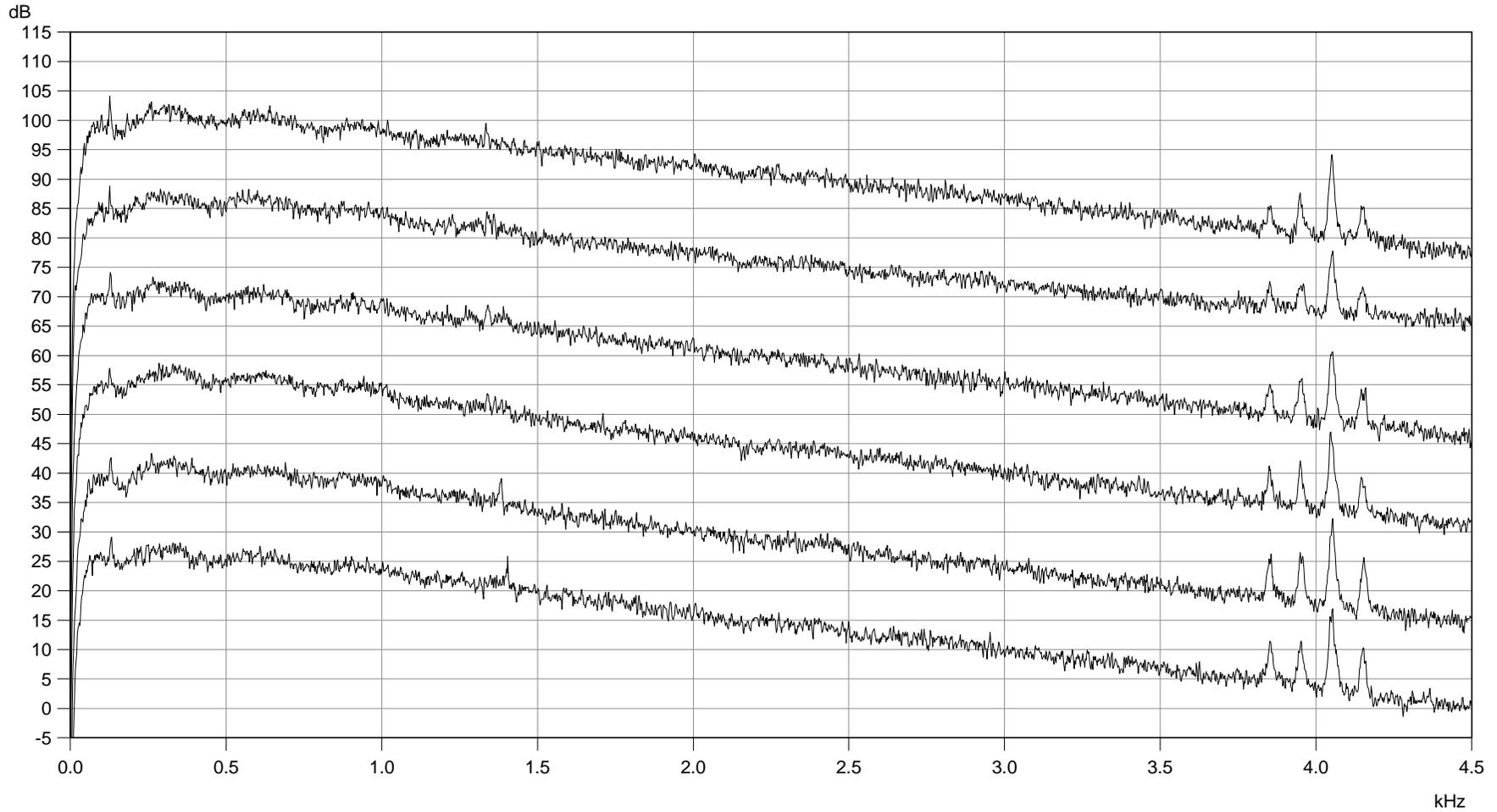
Spektren 1 – 6 aus BIN 11 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 1 ganz oben)



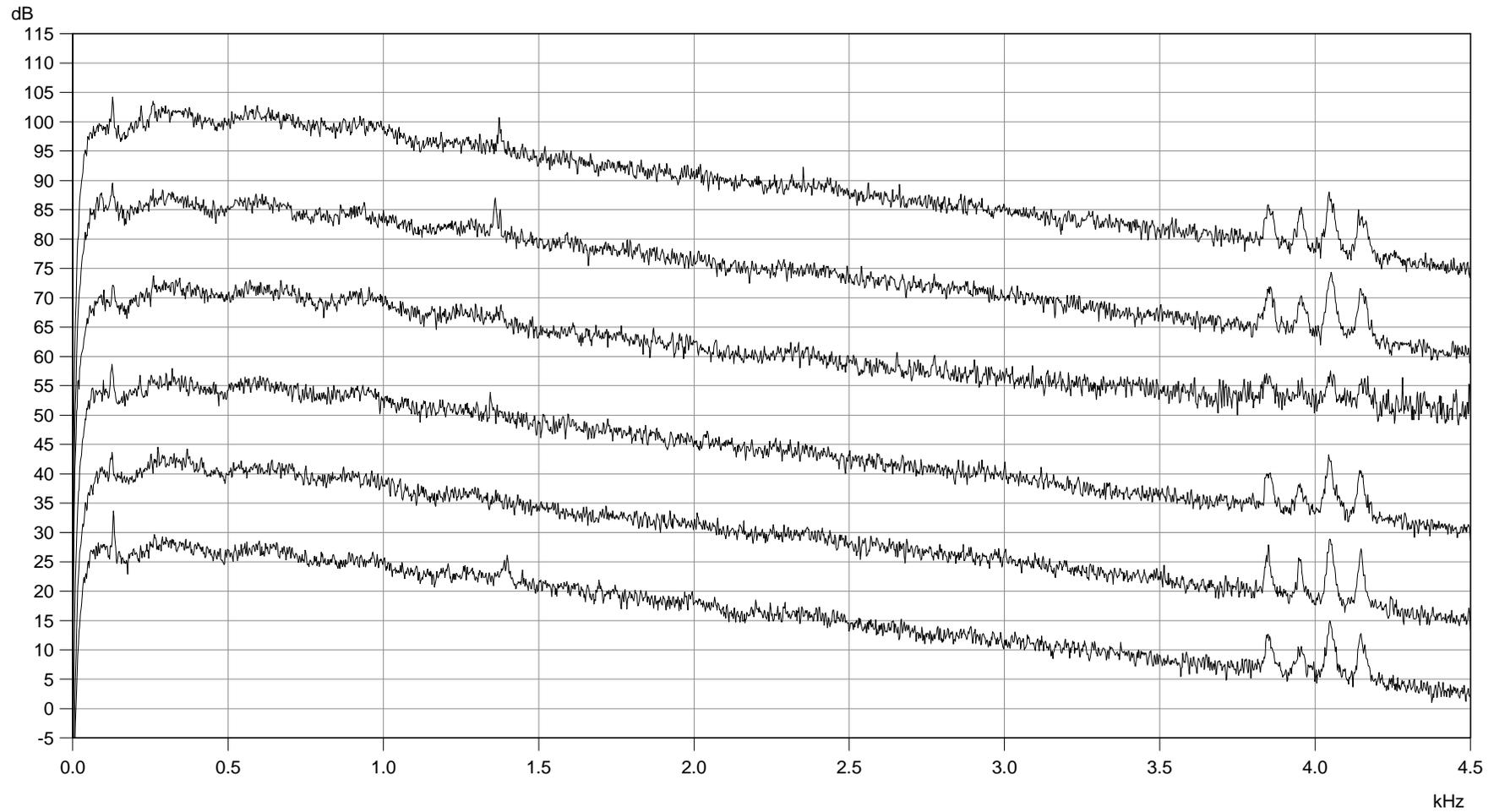
Spektren 7 – 12 aus BIN 11 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 7 ganz oben)



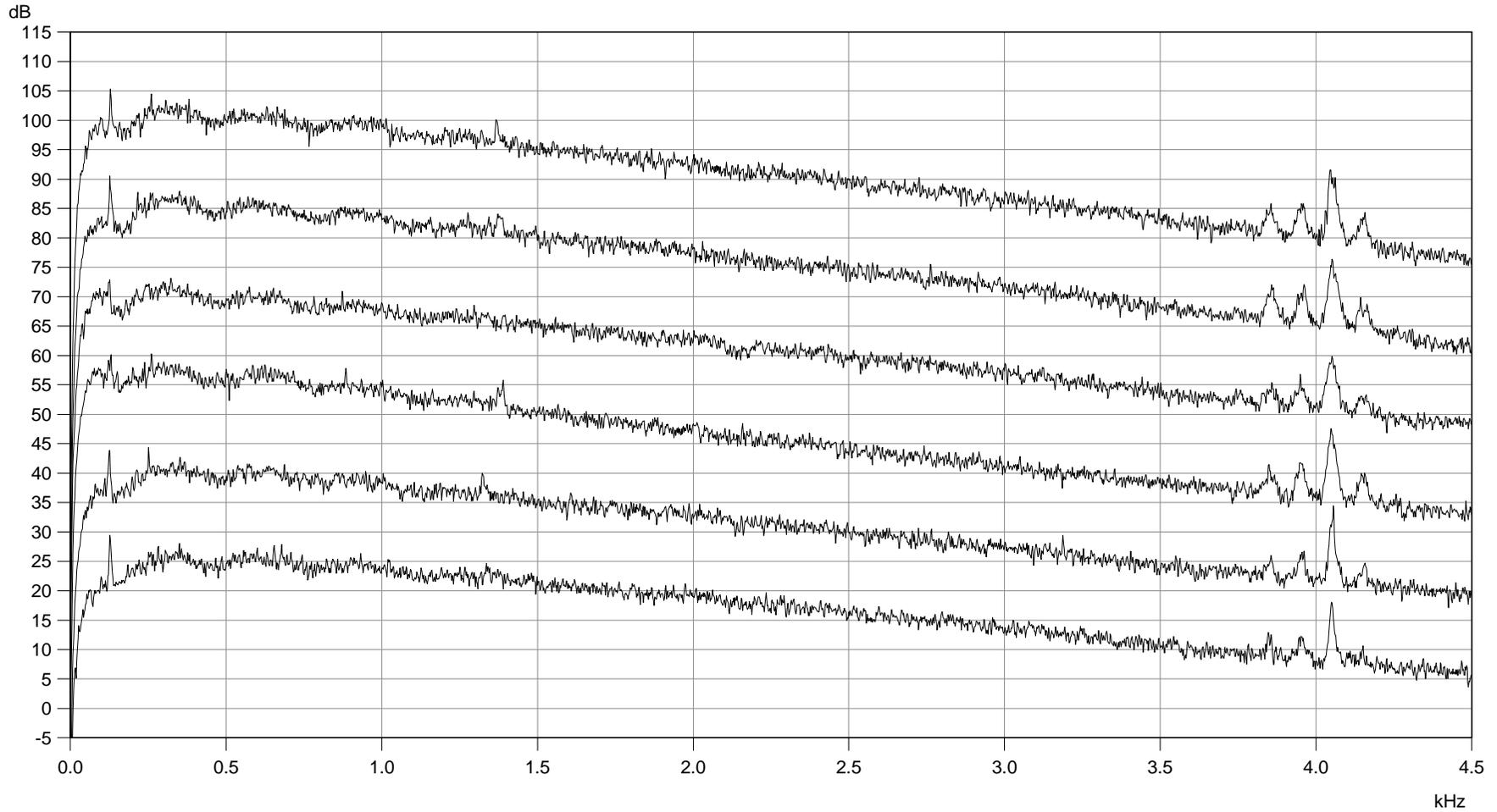
Spektren 1 – 6 aus BIN 12 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 1 ganz oben)



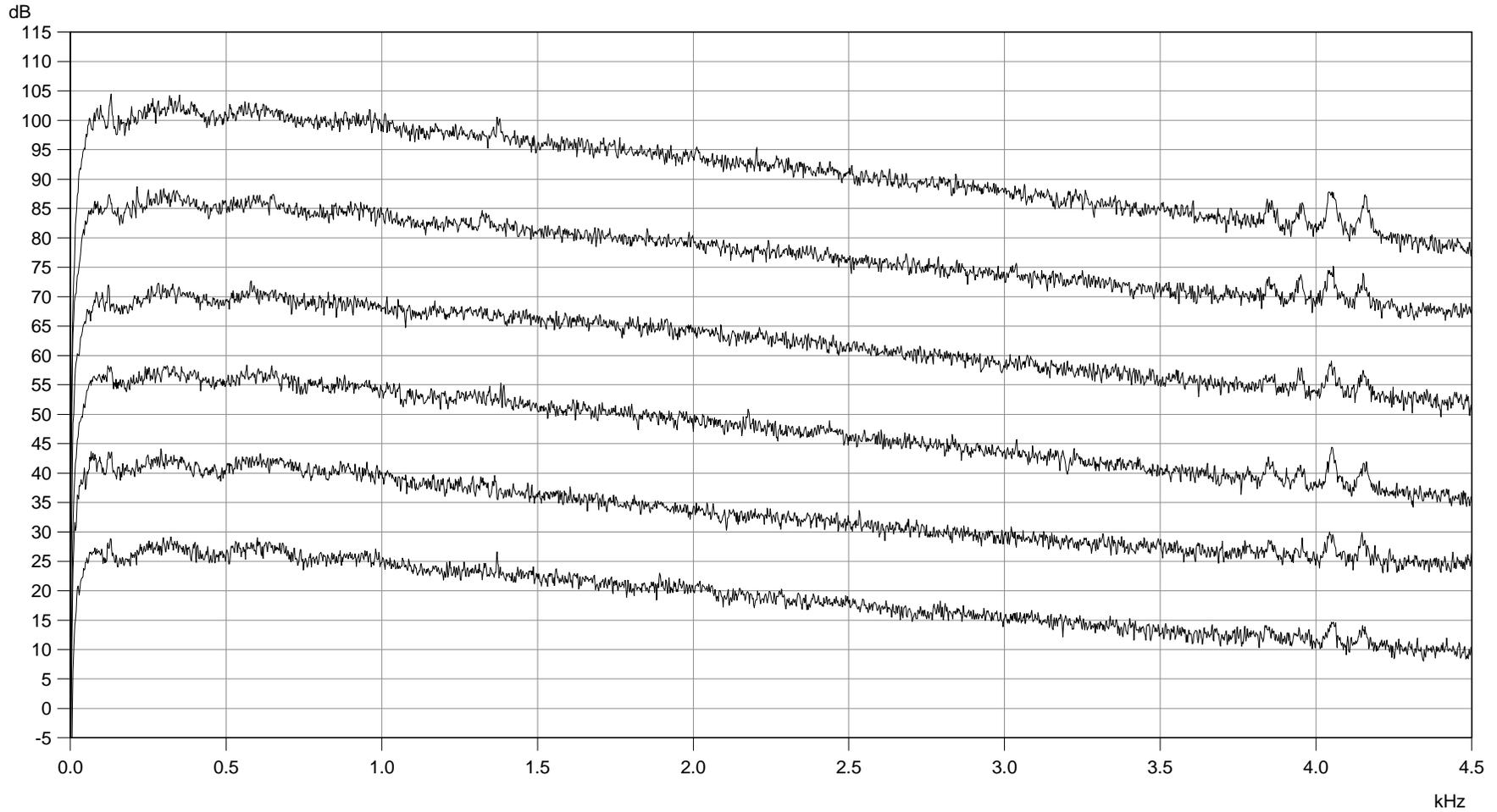
Spektren 7 – 12 aus BIN 12 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 7 ganz oben)



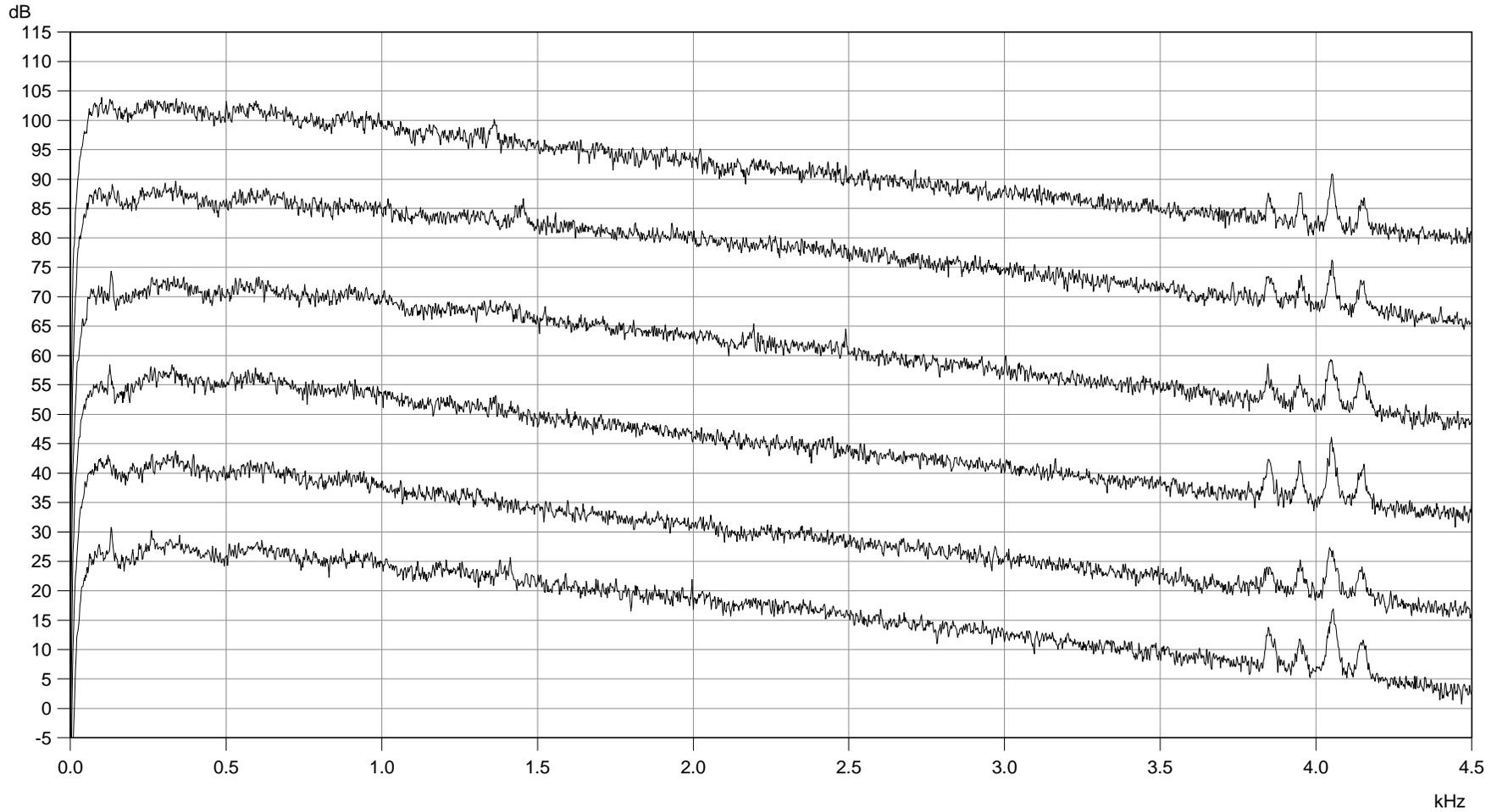
Spektren 1 – 6 aus BIN 13 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 1 ganz oben)



Spektren 7 – 12 aus BIN 13 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 7 ganz oben)



Spektren 1 – 6 aus BIN 14 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 1 ganz oben)



Spektren 7 – 12 aus BIN 14 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 7 ganz oben)



Literaturverzeichnis

Ingenieurbüro für Energietechnik und Lärmschutz

Literaturverzeichnis

- 1.) BImSchG Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge; Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG
- 2.) 4. BImSchV Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen)
- 3.) TA-Lärm Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm, TA Lärm vom 26.08.1998)
- 4.) DIN ISO 9613-2 Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien, Oktober 1999
- 5.) DIN 45680 Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschemissionen in der Nachbarschaft, März 1997
- 6.) DIN 45681 Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Einzeltonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschemissionen, März 2005
- 7.) DIN EN 61400-11 Windenergieanlagen, Teil 11: Schallmessverfahren, November 2003
- 8.) DIN EN 50376.Entwurf Angabe des Schalleistungspegels und der Tonhaltigkeitswerte bei Windenergieanlagen, November 2001
- 9.) FGW Technische Richtlinie für Windenergieanlagen, Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte, Fördergesellschaft Windenergie e.V. (FGW), 01.02.2008
- 10.) AKGerWEA Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windenergieanlagen 109. Sitzung des LAI am 08. / 09. März 2005
- 11.) NRW Grundsätze für Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen (Windenergie-Erlass Nordrhein-Westfalen vom 04.11.2015)
- 12.) Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumplanung Erlass des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zu Anforderungen an die Geräuschemissionsprognose und an die Nachweismessung bei Windenergieanlagen, 31.07.2003 sowie Änderung des Erlasses vom 23.05.2013
- 13.) Niedersächsisches Umweltministerium Hinweise zur Beurteilung von Windenergieanlagen im Genehmigungs- verfahren vom 19.05.2005
- 14.) J. Kötter, Dr. Kühner TA-Lärm `98: Erläuterungen/Kommentare in: Immissionsschutz 2 (2000) S54-63
- 15.) B. Vogelsang TA-Lärm oder wer muss eigentlich wem wie was sicher nachweisen? in: DAGA 2002, Bochum S. 298-299
- 16.) Dr. Ing. Ulrich J. Kurze, Müller-BBM Abschätzung der Unsicherheit von Immissionsprognosen in: Zeitschrift für Lärmbekämpfung / Heft 5 (2001)

-
- 17.) Dipl.-Ing. Detlef Piorr,
Landesumweltamt
NRW Zum Nachweis der Einhaltung von Geräuschimmissionsrichtwerten
mittels Prognose
in: Zeitschrift für Lärmbekämpfung / Heft 5 (2001)
- 18.) Helmut Klug Infraschall von Windenergieanlagen: Realität oder Mythos?
in: DEWI Magazin Nr. 20, Februar 2002
- 19.) Wolfgang Probst,
Ulrich Donner Die Unsicherheit des Beurteilungspegels bei der Immissionsprognose
in: Zeitschrift für Lärmbekämpfung / Heft 3 (2002)
- 20.) Dietrich Determan,
Dr. Hans Ulrich Stühler
(Fickert/Fieseler) Baunutzungsverordnung, Kommentar unter besonderer
Berücksichtigung des deutschen und gemeinschaftlichen
Umweltschutzes,
12. grundlegend überarbeitete und ergänzte Auflage, 2014,
Verlag W. Kohlhammer
- 21.) Niedersachsen Gemeinsamer Erlass des Niedersächsischen Umweltministeriums
und des Niedersächsischen Ministeriums für Soziales, Frauen,
Familie und Gesundheit
Verfahren für die Genehmigung von Windkraftanlagen vom
05.11.2004
- 22.) Niedersachsen Stellungnahme des Niedersächsischen Umweltministeriums zu 21.)
vom 07. Dezember 2004
- 23.) Nordrhein-Westfalen Schreiben des Umweltministeriums vom 21. Dezember 2005 an die
Bezirksregierungen und Staatlichen Umweltämter NRW
- 24.) Landesamt für Natur,
Umwelt u. Verbraucherschutz
NRW Materialien Nr. 63 „Windenergieanlagen und Immissionsschutz“, 2002
- 25.) Monika Agatz „Windenergie-Handbuch“, 12. Ausgabe, Dezember 2015
- 26.) KÖTTER Consulting
Engineers Vortrag von Andrea Bauerdorff, Umweltbundesamt
„Infraschall von Windenergieanlagen“,
8. Rheiner Windenergie-Forum, 11. / 12. März 2015
- 27.) Landesverwaltungsamt
Sachsen-Anhalt Hinweise zur schalltechnischen Beurteilung von Windenergieanlagen
(WKA) bei immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren im
Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt (LvwA LSA), 24.02.2009
- 28.) DIN 18005-1 Schallschutz in Städtebau, Juli 2002
- 29.) Landesumweltamt
NRW Empfehlungen zur Bestimmung der meteorologischen Dämpfung c_{met}
gemäß DIN ISO 9613-2, 26.09.2012
- 30.) MULEWF
Rheinland-Pfalz Hinweise zur Beurteilung der Zulässigkeit von Windenergieanlagen in
Rheinland-Pfalz (Rundschreiben Windenergie); Rundschreiben des
Ministeriums für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und
Landesplanung, des Ministeriums der Finanzen, des Ministeriums für
Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten und des
Ministeriums des Innern, für Sport und Infrastruktur Rheinland-Pfalz,
28.05.2013

-
- | | |
|---|---|
| 31.) Baden-Württemberg | Windenergieerlass Baden-Württemberg, Gemeinsame Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, des Ministeriums für Verkehr und Infrastruktur und des Ministeriums für Finanzen und Wirtschaft, 09. Mai 2012 |
| 32.) Bayrisches Landesamt für Umwelt | Windkraftanlagen - beeinträchtigt Infraschall die Gesundheit? Neufassung: März 2012 / 4. aktualisierte Auflage: November 2014 |
| 33.) Dipl.-Ing. Detlef Piorr, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW | Geräuschemissionen und -immissionen von Windenergieanlagen, Seminar BEW Duisburg 29. September 2011 |
| 34.) Robert Koch-Institut | Infraschall und tieffrequenter Schall - ein Thema für den umweltbezogenen Gesundheitsschutz in Deutschland?, 30. November 2007 |
| 35.) Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord, RLP | MERKBLATT für Vorhaben zur Errichtung von Windenergieanlagen hinsichtlich immissionsschutzrechtlicher und arbeitsschutzrechtlicher Anforderungen an die Antragsunterlagen in Genehmigungsverfahren nach dem BImSchG, Oktober 2014 |
| 36.) Niedersachsen | Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen an Land in Niedersachsen und Hinweise für die Zielsetzung und Anwendung (Windenergieerlass, Stand 24.02.2016) |
| 37.) Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz | Verfahrenshandbuch zum Vollzug des BImSchG, Durchführung von Genehmigungsverfahren bei Windenergieanlagen (23.05.2014) |
| 38.) Gemeinsame Bekanntmachung div. Bayerischer Staatsministerien | Hinweise zur Planung und Genehmigung von Windkraftanlagen (WKA) (20.11.2011) |
| 39.) Umweltbundesamt | Machbarkeitsstudie zu Wirkungen von Infraschall Fachgebiet I 3.4 Lärminderung bei Anlagen und Produkten, Lärmwirkungen, Juni 2014 |
| 40.) LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg | Tieffrequente Geräusche inkl. Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen Bericht über Ergebnisse des Messprojekts 2013 - 2015 Stand: Februar 2016 |
| 41.) HA Hessen Agentur GmbH | Faktenpapier Windenergie und Infraschall Bürgerforum Energieland Hessen Stand: Mai 2015 |
| 42.) Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz | Genehmigungsverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz Anleitung zur Erstellung der Antragsunterlagen für Windenergieanlagen Stand : Mai 2015 |

43.) Ministerium für
Klimaschutz, Umwelt,
Landwirtschaft, Natur-
und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-
Westfalen

Schallausbreitungsuntersuchungen an Windenergieanlagen
Stand: 13.03.2015