

**Schalltechnisches Gutachten gemäß
FGW TR.1 zur Windenergieanlage
Nordex N90/2500 LS Ser.-Nr.: 81760,
am Standort Weibern Rieden**

- leistungsoptimierter Betriebsmodus (2500 kW) -

Messung 2014-05-09

Vollständiger Bericht

2014-08-28

SE12017B2

**Schalltechnisches Gutachten gemäß FGW TR.1
zur Windenergieanlage
Nordex N90/2500 LS Ser.-Nr.: 81760,
am Standort Weibern Rieden**

- leistungsoptimierter Betriebsmodus (2500 kW) -

Bericht SE12017B2

Standort bzw. Messort:	Weibern Rieden, WEA 17, Ser.-Nr. 81760
-------------------------------	--

Auftraggeber:	Nordex Energie GmbH Langenhorner Chausee 600 D-22419 Hamburg
----------------------	--

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

Datum der Auftragserteilung:	2012-06-01	Auftragsnummer:	12 0093 06
-------------------------------------	------------	------------------------	------------

Prüfer:


Dipl.-Ing. Frederik Gast
Projektleiter

Bearbeiter:


Dipl.-Ing. David Rode
Gruppenleiter

Grevenbroich, 2014-08-28

Dieser Bericht darf auszugsweise nur mit schriftlicher Zustimmung der windtest grevenbroich gmbh vervielfältigt werden. Er umfasst insgesamt 39 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	7
2.6	Meteorologische Bedingungen	8
3	MESSERGEBNISSE	8
3.1	Subjektives Geräuschempfinden	8
3.2	Richtcharakteristik	8
3.3	Schalldruckpegel	8
3.4	Immissionsrelevanter Schalleistungspegel	11
3.5	Impulshaltigkeit	12
3.6	Pegel von Einzelereignissen	13
3.7	Tonhaltigkeitsanalyse	13
3.7.1	Verfahren der Tonhaltigkeitsanalyse	13
3.7.2	Ergebnisse der Tonhaltigkeitsanalyse	13
3.8	Turbulenzintensität	14
3.9	Betriebszustand während der Messung	15
4	MESSUNSICHERHEIT	16
4.1	Messunsicherheit Typ A	16
4.2	Messunsicherheiten Typ B	16
4.3	Abschätzung der Gesamtmessunsicherheit U_c	17
4.4	Messunsicherheiten für Tonhaltigkeiten	17
4.5	Messunsicherheiten für Terzspektren	17
5	ABWEICHUNGEN ZUR RICHTLINIE FGW TR.1	18
6	ZUSAMMENFASSUNG	19
7	LITERATURVERZEICHNIS	20
8	VERZEICHNIS DER VERWENDETEN FORMELZEICHEN UND ABKÜRZUNGEN	21
9	BEARBEITUNGSVERLAUF	22
10	ANHANG	23

- Anhang 1 Lageplan
- Anhang 2 Herstellerbescheinigung
- Anhang 3 Leistungskennlinie
- Anhang 4 Oktav- und Terzspektrum
- Anhang 5 Schmalbandspektren



1 Aufgabenstellung

Die windtest grevenbroich gmbh (wtg) wurde 2012-06-01 von der Nordex Energie GmbH beauftragt, die charakteristische Geräuschabstrahlung der Windenergieanlage (WEA) des Typs N90/2500 LS mit einer Nabenhöhe von $H = 100$ m inkl. Fundament im leistungsoptimierten Betriebsmodus (2500 kW) mit dem Standort Weibern Rieden 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 N90/2500 LS.

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 und Umrichter, 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	Nordex Energie GmbH
WEA-Typ	N90/2500 LS
Seriennummer	81760
Standort	Weibern Rieden
Nennleistung	2500 kW
Leistungsregelung	pitch
Nabenhöhe ü. Grund	100 m
Turmbauart	zylindrisch- konischer Stahlrohr
Anordnung Rotorblätter zum Turm	luv
Anzahl der Rotorblätter	3
Rotordurchmesser	90 m
Blatt-Typ	NR45
Drehzahlbereich (Rotor)	9,6 – 16,9 min ⁻¹
Getriebe-Typ	EBN 1785 A02R02B
Generator-Typ	JFWC-560MR-06A



Abb. 1: WEA 17, N90/2500 LS

2.3 Messor

Die WEA befindet sich mit weiteren WEA am Standort Weibern Rieden. Die Umgebung der WEA wird landwirtschaftlich genutzt und war zum Zeitpunkt der Messung partiell bestellt. Der Standort des Windparks ist sehr uneben. Der gesamte Windpark befindet sich auf einer Anhöhe zwischen den beiden Ortschaften Weibern und Rieden, ca. 10 km nordwestlich zur Stadt Mayen. Die WEA selbst, wurde in einer starken Senke auf dieser Anhöhe errichtet und befindet sich auf einer geodätischen Höhe von ca. 497 m über NN. Zwischen Windpark und den angrenzenden Ortschaften befinden sich weiterhin einige eingestreute Waldabschnitte.

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 $R_{0, \text{gewählt}} = 172 \text{ m}$ 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) wurde 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 vom Hersteller aus der Anlagensteuerung entnommen, gespeichert und der wtg für die Auswertung zur Verfügung gestellt.

Da die WEA N90/2500 LS 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 ebenfalls das Signal der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe wurden ebenfalls vom Hersteller aus der Anlagensteuerung entnommen, gespeichert und der wtg für die Auswertung zur Verfügung gestellt.

Die Windrichtung und Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe wurden von einem Anemometer und einer Windfahne im Abstand von 138 m seitlich zur WEA erfasst (Abb. 3), digitalisiert und auf der Festplatte des Mess-PCs gespeichert.

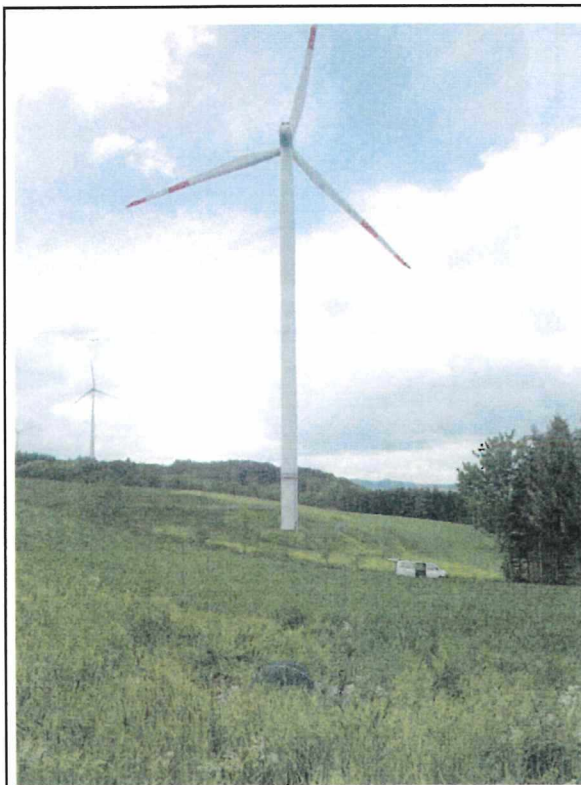


Abb. 2: Aufbau Mikrofon



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 devices acoustic	Hersteller / Serien.-Nr. manufacturer / serial number	Kalibriert bis calibrated until	WTG-Nummer wtg number
Mikrofon microphone	Norsonic, Typ 1220, Serien-Nr. 35321 Norsonic, type 1220, serial-no. 35321	2015-02-12	WTGMT1873
Mikrofonvorverstärker preamplifier	Norsonic, Typ 1201, Serien-Nr. 21114 Norsonic, type 1201, serial-no. 21114	2015-02-12	WTGMT1875
Schallpegelmesser sound level meter	Norsonic 110, Serien-Nr. 19603 Norsonic 110, serial-no. 19603	2015-02-12	WTGMT0033/1
Digitaler Audiorekorder digital audio recorder	Tascam HD-P2, Frontier / 0550010 Tascam HD-P2, Frontier / 0550010		WTGMT1814
Akustischer Kalibrator acoustical calibrator	Brüel & Kjaer, Typ 4231, Serien-Nr. 2343270 Brüel & Kjaer, type 4231, serial-no. 2343270	2015-03-07	WTGMT0735
Prim. Windschirm primary wind screen	Norsonic Norsonic		
Sek. Windschirm secondary wind screen	windtest grevenbroich gmbh windtest grevenbroich gmbh		
Geräte Meteorologie meteorological devices	Hersteller / Serien.-Nr. manufacturer / serial number	Kalibriert bis calibrated until	WTG-Nummer wtg number
Messmast 10 m meteorological mast	Teksam Clark-Mast, Typ Cot 10-6/HP, Serien-Nr. GK94289 Teksam Clark-Mast, type Cot 10-6/HP, serial- no. GK94289		WTGMT1806
Anemometer anemometer	Vector, Typ A100L2, Serien-Nr. 7669 Vector, type A100L2, serial-no. 7669	2015-03-13	WTGMT0861
Windfahne wind vane	Thies, Typ 4.3124.30.012, Serien-Nr. 705033 Thies, type 4.3124.30.012, serial-no. 705033		WTGMT1134
Barometer barometer	Vaisala, Typ PTB100A Vaisala, type PTB100A		WTGMT0743
Thermometer und Hygrometer thermometer and hygrometer	Galltec, Typ KPC 2/6 ME Galltec, type KPC 2/6 ME		WTGMT0776
Messumformer signal transformer	Weidmüller, Typ: WAZ5 PRO RTD Weidmüller, type: WAZ5 PRO RTD		WTGMT1705
Messumformer signal transformer	Weidmüller, Typ: WAZ4 PRO DC/DC Weidmüller, type: WAZ4 PRO DC/DC		WTGMT1761
Geräte Hard- und Software devices hard- and software	Hersteller / Serien.-Nr. manufacturer / serial number	Kalibriert bis calibrated until	WTG-Nummer wtg number
Datenlogger data logger	IMC µ-MUSYCS, Serien-Nr. 031690 IMC µ-MUSYCS, serial-no. 031690		WTGMT0594
Computer Computer	ACER TravelMate 4720, Serien-Nr. LXTKK060087420AFFD2000 ACER TravelMate 4720, serial-no. LXTKK060087420AFFD2000		WTGPC0463
Laserentfernungsmesser laser rangefinder	Nikon, Laser 800 S Serien-Nr. WR009658 Nikon, Laser 800 S serial-no. WR009658		WTGMT1815
Auswertesoftware data acquisition software	WTG Technik WTG Technik		
Auswertesoftware data acquisition software	IMC Famos Version 6.0 Rev. 3 IMC Famos version 6.0 rev. 3		

2.5 Messablauf

Die Messung wurde 2014-05-09 in der Zeit zwischen 14¹⁰ Uhr und 17⁰⁵ Uhr durchgeführt. Für die Messung der Schallemissionen wurden die direkt benachbarten WEA außer Betrieb gesetzt. Die während der Messung in 10 m Höhe aufgetretenen Windgeschwindigkeiten lagen in einem Bereich zwischen 5 m/s und 10 m/s (60 sek. Mittelwerte, Abb. 5). Die abgegebene Wirkleistung der WEA lag zwischen 500 kW und 2500 kW (60 sek. Mittelwerte, Abb. 6). Während der Messungen des Betriebsgeräusches lief die WEA im leistungsoptimierten Betriebsmodus.

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 dargestellten meteorologischen Bedingungen.

Tabelle 3: Meteorologische Bedingungen während der Messzeit

Bewölkung	heiter bis wolkig
Luftdruck	955 – 956 hPa
Lufttemperatur	13 – 16 °C
Luftfeuchte	55 – 64 %

3 Messergebnisse

3.1 Subjektives Geräuschempfinden

Aerodynamisch bedingte Geräusche traten durch die Rotation der Rotorblätter auf. Am Referenzpunkt sind keine relevanten Tonhaltigkeiten subjektiv wahrnehmbar.

Das Anlagengeräusch ist insgesamt als unauffällig einzustufen.

3.2 Richtcharakteristik

Es wurde subjektiv keine ausgeprägte Richtcharakteristik für die WEA N90/2500 LS 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 nicht für die Auswertung herangezogen werden dürfen (vgl. Abb. 4).

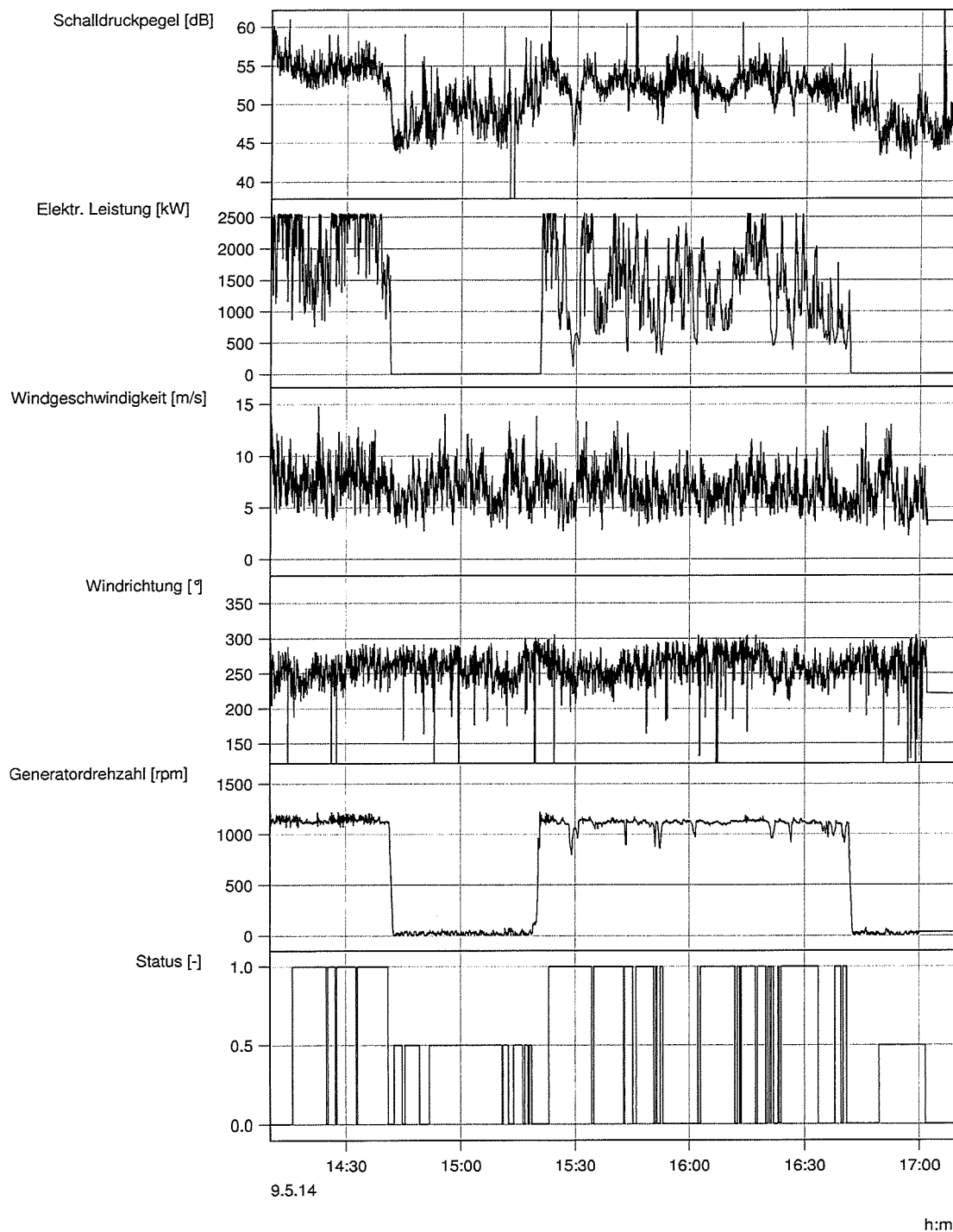


Abb. 4: Messwerte

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 60 sek. waren Grundlage zur Ermittlung der Regressionen für die Schalldruckpegel Betrieb und Hintergrund (vgl. Abb. 5 bis Abb. 7).

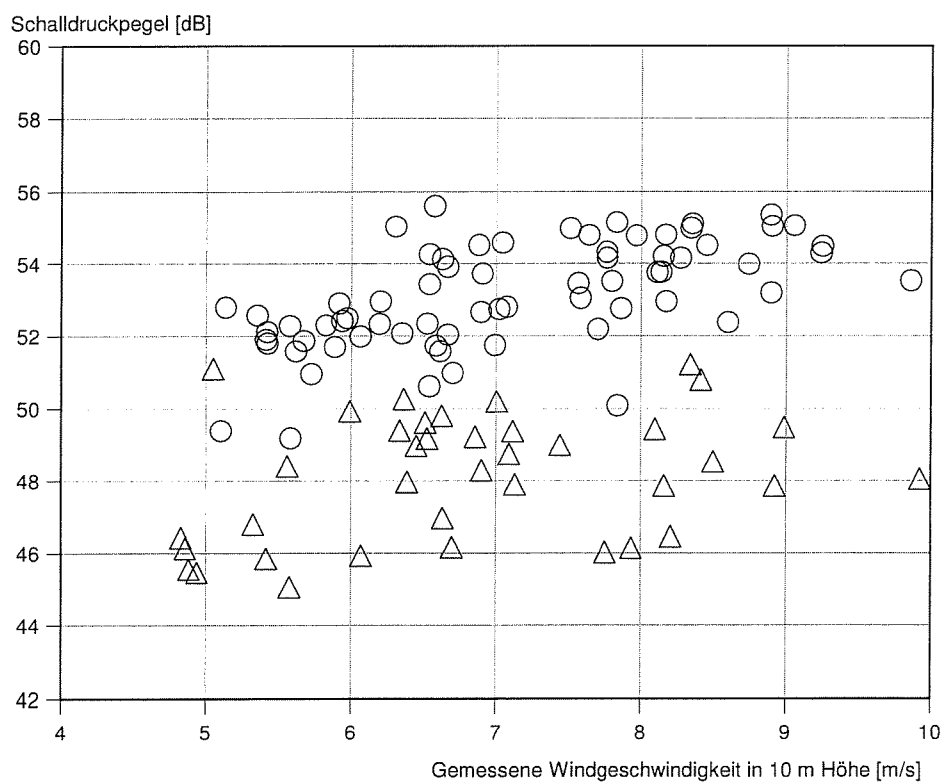


Abb. 5: Schalldruckpegel über gemessener Windgeschwindigkeit Betrieb $\circ$ und Hintergrund Δ

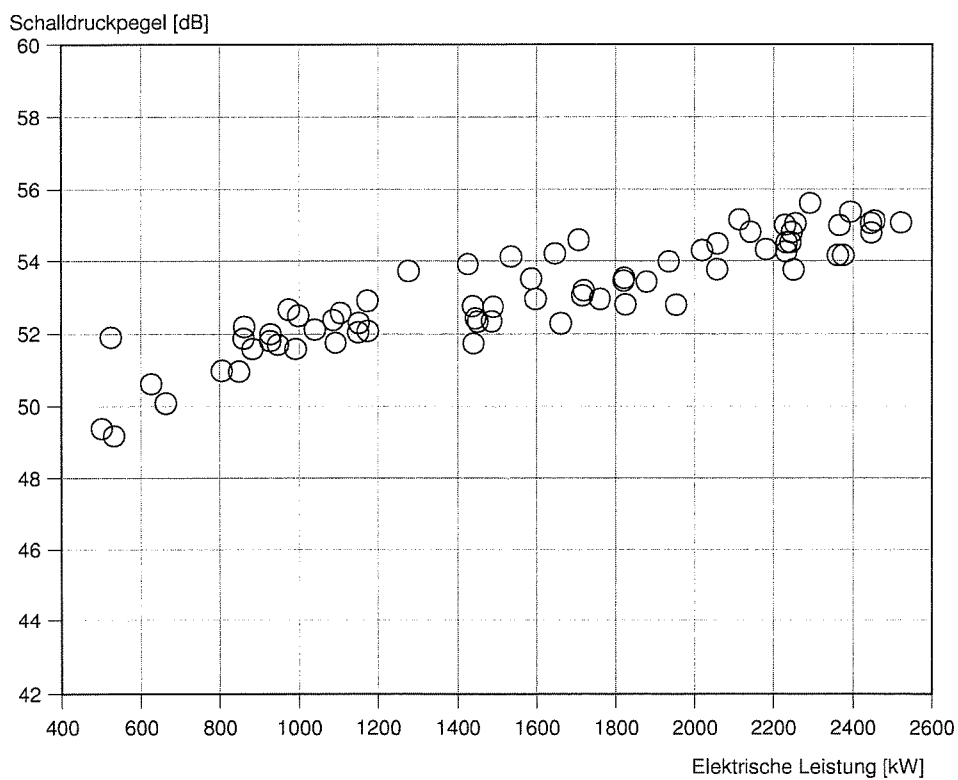


Abb. 6: Schalldruckpegel über elektrischer Leistung



3.4 Immissionsrelevanter Schallleistungspegel

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 (Rauigkeitslänge $z_0 = 0,05$ m) auf die standardisierte Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe geschlossen.

$$v_{p10} = v_H \cdot \frac{\ln 10 / z_0}{\ln H / z_0} \quad \text{mit } z_0 = 0,05 \text{ m, } H = 100 \text{ m}$$

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 $\kappa = 0,99$ zur Korrektur der gemessenen Hintergrundwindgeschwindigkeiten bestimmt. Daraus ergaben sich die in der folgenden Abbildung dargestellten Regressionen. Störungsfreie 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. Abweichend zu [1] bzw. [2], wurde für das Hintergrundgeräusch eine Regression 1. Ordnung verwendet.

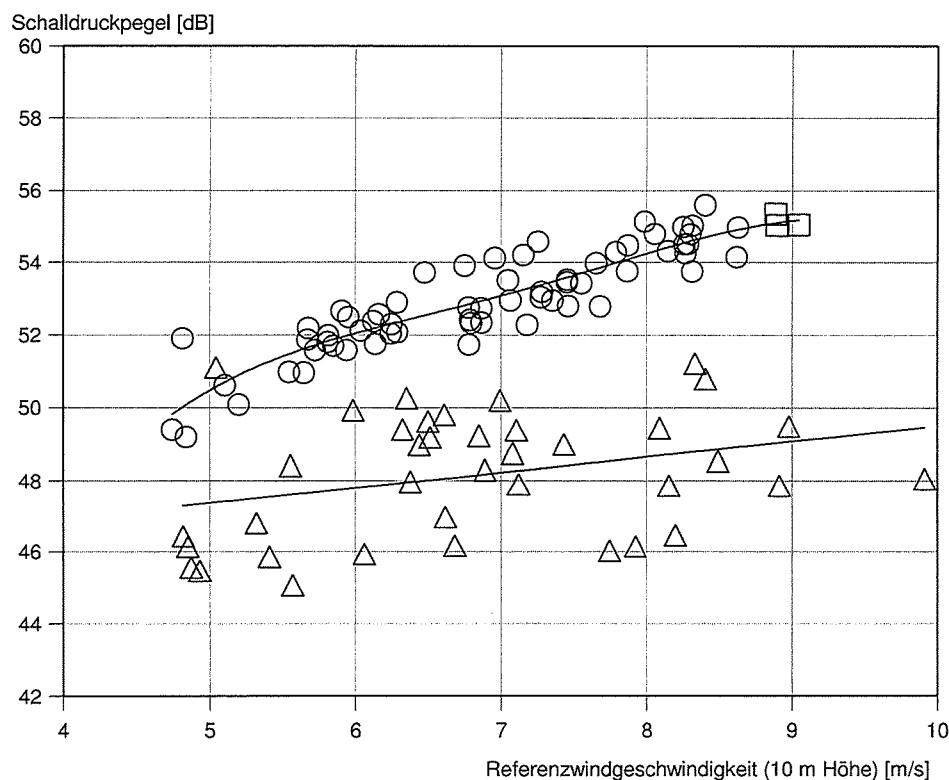


Abb. 7: Schalldruckpegel über standardisierter Windgeschwindigkeit.

Regression Betrieb $\circ$: $-59,82 + 61,626 \cdot X - 12,9452 \cdot X^2 + 1,22024 \cdot X^3 - 0,042773 \cdot X^4$ [dB]

Regression Hintergrund Δ : $45,25 + 0,423 \cdot X$ [dB]

$\square$ 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 6 m/s bis 8 m/s in 10 m Höhe der Schalleistungspegel L_{WA} der WEA berechnet.

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

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

$$R_o = 172 \text{ m}, N_A = 2,62 \text{ m}, H = 100 \text{ m}, h_A = 1 \text{ m}$$

Damit ergaben sich für die WEA N90/2500 LS in der vorliegenden Konfiguration die in der Tab. 4 dargestellten immissionsrelevanten Schalleistungspegel.

Tab. 4: Immissionsrelevanter Schalleistungspegel N90/2500 LS (WEA 17), leistungsoptimierter Betriebsmodus (2500 kW)

Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe (v_{p10})	BIN 6 ²⁾ 5,5–6,5 m/s	BIN 7 ²⁾ 6,5–7,5 m/s	BIN 8 ²⁾ 7,5–8,5 m/s	8,49 m/s ¹⁾	BIN 9 8,5–9,5 m/s
Gesamtgeräusch $L_{Aeq,BG}$ [dB]	52,0	53,1	54,3	54,8	55,2
Fremdgeräusch $L_{Aeq,HG}$ [dB]	47,8	48,2	48,6	48,8	49,1
Abstand ΔL [dB]	4,3	4,9	5,6	6,0	6,1
Betriebsgeräusch $L_{Aeq,c}$ [dB]	50,7	51,8	53,0	53,5	53,9
Schalleistungspegel L_{WA} [dB]	101,7	102,8	104,0	104,5	104,9
Elektrische Leistung P [kW]	1082	1635	2188	2375	2465

1) 95 % Nennleistung

2) Fremdgeräuschabstand $\Delta L < 6$ dB: Korrektur des Gesamtgeräusches um 1,3 dB. Schalleistungspegel wurde abgeschätzt.

Anmerkung 1: Da nicht viele Messwerte oberhalb 95 % der Nennleistung (Abb. 7) zur Verfügung stehen wird nicht eindeutig ersichtlich ob mit einer weiteren wesentlichen Erhöhung der Schallemissionswerte zu rechnen ist. Da es sich bei diesem WEA Typ allerdings um eine Anlage mit aktiver Leistungsregelung (Pitch-Regelung) handelt, bei der die höchsten Schallemissionen i.d.R. mit Erreichen von 95 % Nennleistung auftreten, ist nicht zwangsläufig mit einer Erhöhung des Schalleistungspegels bei noch höheren Windgeschwindigkeiten zu rechnen. Es ist in Abbildung 8 aber zu erkennen, dass die Nenndrehzahl messtechnisch erfasst wurde.

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 Minuten. 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 N90/2500 LS analysierte Betriebsgeräusch weist im Spektrum zeitweise eine schwach tonale Komponente bei 160 Hz auf, die nach dem genannten Verfahren nicht mit einem Tonhaltigkeitszuschlag K_{TN} für den Nahbereich der WEA zu bewerten ist. Die Ergebnisse der Analyse in den jeweiligen BINs sind in der Tab. 5 aufgeführt. Die Spektren sind im Anhang 5 dargestellt.



Tab. 5: Bestimmung des Tonalitätszuschlags:

Spektrum Nr.	BIN 6 ²⁾		BIN 7 ²⁾		BIN 8 ¹⁾		BIN 9	
	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]
1	--	--	--	--	158	-7,37	164	-2,12
2	--	--	--	--	164	-15,31	164	-8,10
3	--	--	--	--	160	-15,31	166	-5,61
4	--	--	--	--	166	-1,14	164	-2,10
5	--	--	--	--	164	-7,34	158	-2,01
6	--	--	--	--	164	-15,31	162	-7,80
7	--	--	--	--	164	-15,31	164	-0,32
8	--	--	--	--	164	2,33	162	2,06
9	--	--	--	--	162	-2,38	162	-6,29
10	--	--	--	--	164	-15,31	164	-4,70
11	--	--	--	--	168	-5,38	158	-7,11
12	--	--	--	--	164	-1,00	164	-15,31
Energ. Mittel ΔL_k [dB]		--		--		-4,11		-3,16
Tonalität $\Delta L_{a,k}$ [dB]		< -3,0		< -3,0		-2,08		-1,14
K_{TN} [dB]		0		0		0		0

1) 95 % Nennleistung bei 8,49 m/s

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

Anmerkung 1: Am Referenzpunkt sind keine nennenswerten Tonalitäten subjektiv wahrnehmbar.

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

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 24 %. 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. Die Getriebeübersetzung ist 1:77,4.

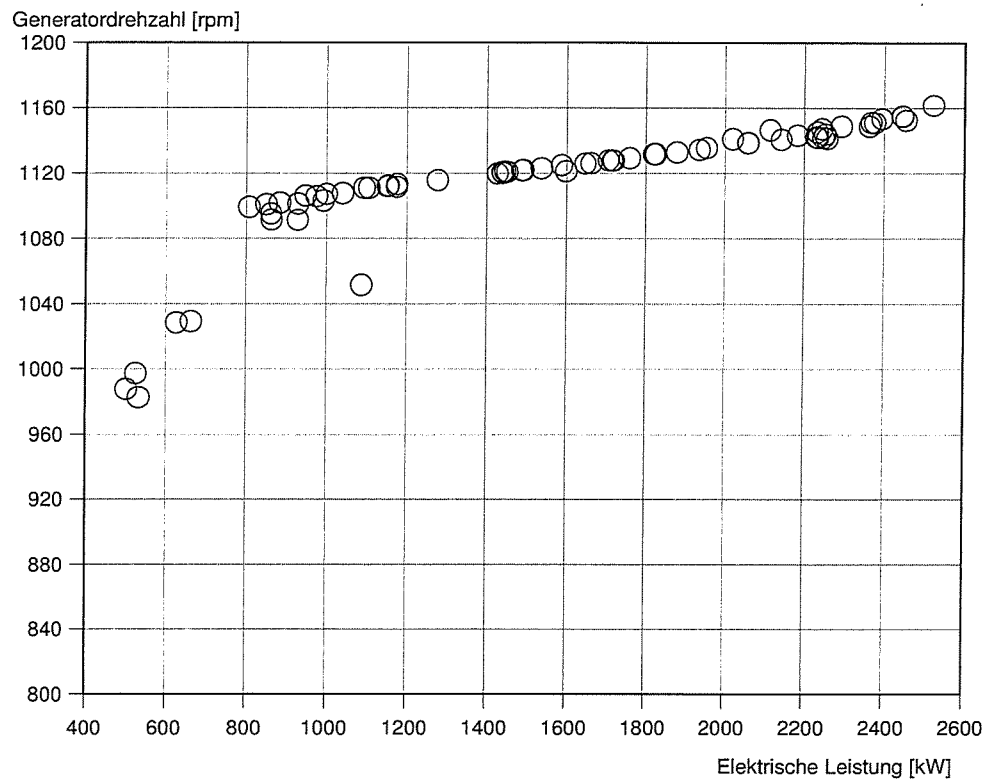


Abb. 8: Drehzahl über Leistung (60 sek. Mittelwerte)



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. 6: Messunsicherheiten Typ A

Stand. Windgeschwindigkeit	BIN 6	BIN 7	BIN 8	BIN 9
Messunsicherheit $U_{A,s}$ [dB]	0,44	0,38	0,31	0,31

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	$U_a = a / \sqrt{3}$
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 Schallleistungspegel⁹

Windgeschwindigkeit auf 10m Höhe (v_{p10})	BIN 6 5,5-6,5 m/s	BIN 7 6,5-7,5 m/s	BIN 8 7,5-8,5 m/s	BIN 9 8,5-9,5 m/s
Gesamtmessunsicherheit U_c [dB]	0,8	0,8	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 Schallleistungspegel L_{WA} .

Die Ergebnisse der kombinierten Gesamtmessunsicherheit U_c für Tonhaltigkeiten bei ganzzahligen Windgeschwindigkeitswerten ist in Tab. 9 dargelegt:

Tab. 9: Gesamtmessunsicherheit U_c für Tonhaltigkeiten

Windgeschwindigkeit auf 10m Höhe (v_{p10})	BIN 6 5,5-6,5 m/s	BIN 7 6,5-7,5 m/s	BIN 8 ¹⁾ 7,5-8,5 m/s	BIN 9 ¹⁾ 8,5-9,5 m/s
Gesamtmessunsicherheit U_c [dB]	1,19	5,10	8,14	5,06

1) Hohe Unsicherheit, da nicht in jedem Spektrum eine tonale Komponente ermittelt wurde

4.5 Messunsicherheiten für Terzspektren

Bei der Betrachtung von Terzbänder gibt U_A die Abweichung zum jeweiligen Frequenzbandmittlungspegels in jedem Frequenzband an, welcher 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 Schallleistungspegels L_{WA} größer eingeschätzt werden und liegt typischerweise bei 1,7 dB. Die Gesamtunsicherheiten U_c für die Frequenzbandmittlungspegel der Terzspektren sind in den Tabellen im Anhang 4 dargestellt.



5 Abweichungen zur Richtlinie FGW TR.1

- [1] Relevante Betriebssignale wurden von wtg nicht direkt gemessen, sondern vom Hersteller als 1 sek. Werte während der Messung aufgezeichnet und wtg für die Auswertung zur Verfügung gestellt.
- [2] Abweichend zu [1] bzw. [2], wurde für das Hintergrundgeräusch eine Regression 1. Ordnung verwendet.



6 Zusammenfassung

Im Auftrag der Nordex Energie GmbH wurde von der Firma windtest grevenbroich gmbh die Geräuschabstrahlung der WEA N90/2500 LS mit einer Nabenhöhe von $H = 100$ 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 2014-05-09 im Windpark Weibern Rieden an der WEA N90/2500LS mit der Ser.-Nr. 81760 und der Windpark-Nr. 17, im leistungsoptimierten Betriebsmodus (2500 kW) durchgeführt.

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 Schallleistungspegels L_{WA} wurde für diese Messung eine typische Messunsicherheit von $U_C = 0,7 - 0,8$ dB ermittelt.

Die Tonhaltigkeitsanalyse nach IEC 61400-11 [2] für das in 172 m Entfernung gemessene Anlagengeräusch ergab nach DIN 45681 [3] keinen Tonhaltigkeitszuschlag für die hier analysierten BIN's.

Das Anlagengeräusch ist insgesamt als unauffällig einzustufen.

Nach Auswertung der gemessenen Werte in den einzelnen BIN's ergeben sich für die N90/2500 LS (WEA 17) die in Tab. 10 aufgeführten Pegel.

Tab. 10: Messergebnisse für die WEA N90/2500 LS (WEA 17),
leistungsoptimierter Betriebsmodus (2500 kW)

Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe (v_{p10})	BIN 6 ²⁾ 5,5–6,5 m/s	BIN 7 ²⁾ 6,5–7,5 m/s	BIN 8 ²⁾ 7,5–8,5 m/s	8,49 m/s ¹⁾	BIN 9 8,5–9,5 m/s
Schallleistungspegel L_{WA} [dB]	101,7	102,8	104,0	104,5	104,9
Tonzuschlag K_{TN} [dB]	0	0	0	0	0
Impulshaltigkeit K_{IN} [dB]	0	0	0	0	0
Generator Drehzahl N_{Gen} [min ⁻¹]	1110	1125	1146	1148	1160
Elektrische Leistung P [kW]	1082	1635	2188	2375	2465

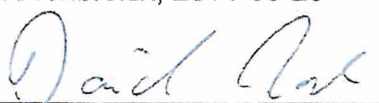
1) 95 % Nennleistung

2) Fremdgeräuschabstand < 6 dB; Gesamtgeräusch um 1,3 dB korrigiert.
Schallleistungspegel wurde abgeschätzt.

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, 2014-08-28



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 Geräuschemissionen
August 2006
- [4] DIN 45645, Teil 1
Ermittlung von Beurteilungspegel aus Messungen, Teil1: Geräuschemissionen in
der Nachbarschaft
Juli 1996.



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
K	- 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
SE12017B2	2014-08-28	Schalltechnisches Gutachten gemäß FGW TR.1 zur Wind- energieanlage Nordex N90/2500 LS Ser.-Nr.: 81760, am Standort Weibern Rieden - leistungsoptimierter Betriebsmodus (2500 kW) -

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

Kopie Nr.: _____



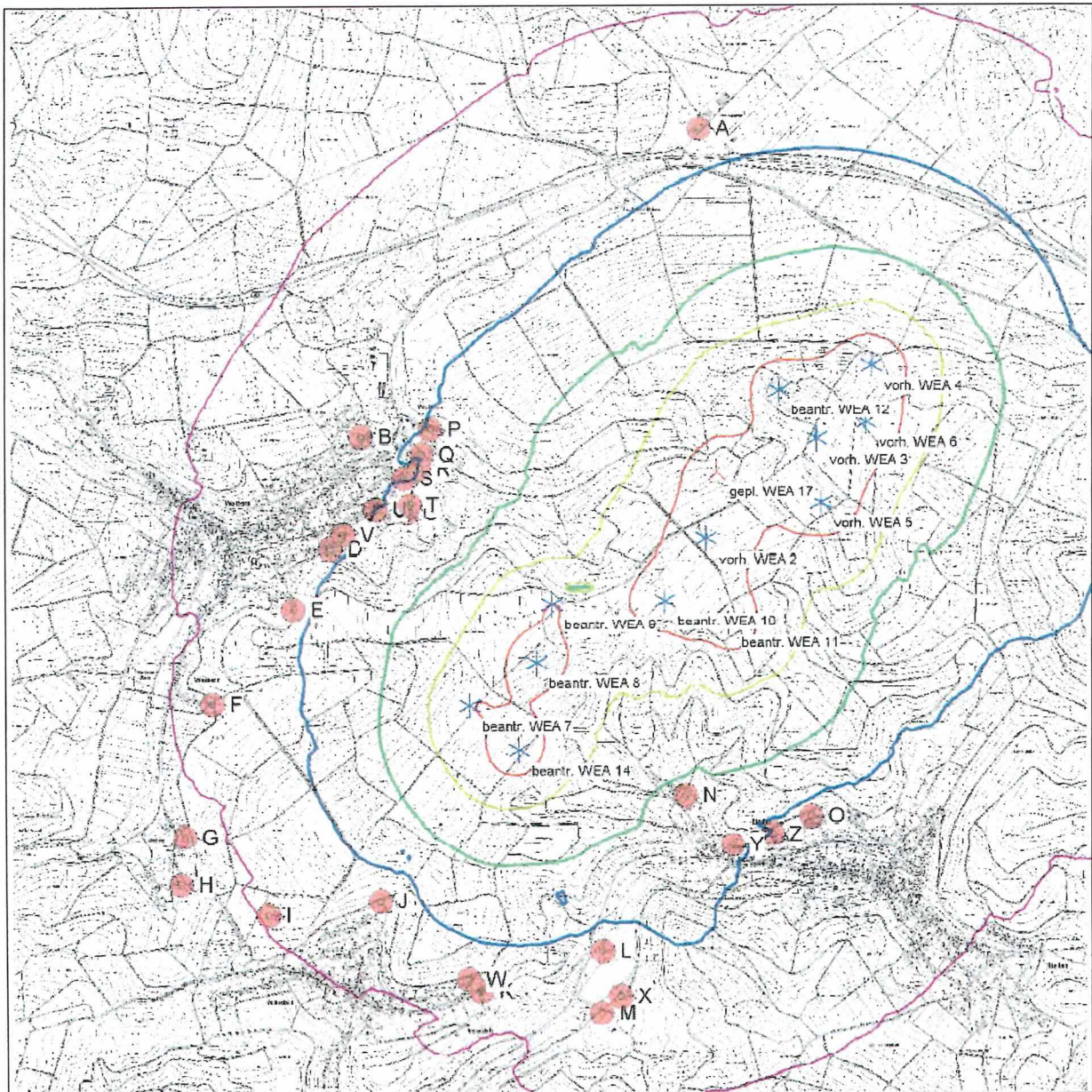
10 Anhang

Anhang 1	Lageplan
Anhang 2	Herstellerbescheinigung
Anhang 3	Verwendete Leistungskurve
Anhang 4	Oktav- und Terzspektrum
Anhang 5	Schmalbandspektren



Lageplan der N90/2500LS (WEA 17)

Quelle: Schallimmissionsprognose PK2008003-SLG-NT2 bis NT4 von
2010-07-26 (Datum letzter Nachtrag), Fa. Ingenieurbüro PLANKON





	Herstellerbescheinigung / Manufacturer's certificate		Dok.-Nr.: K0818_055191_IN
	Nordex N90/2500 LS		Revision: 00
			AST: 8607
			Datum: 04.12.2013

**Herstellerbescheinigung zu den
spezifischen Daten des Anlagentyps****Manufacturer's certificate on specific
data of the type of installation**

1. Allgemeines		General
Hersteller	Nordex Energy GmbH	manufacturer
Anlagenbezeichnung	N90/2500 LS	type name
Seriennummer	81760	serial number
Standort	WP Weibern-Rieden	location of wind turbine
Art (horizontal/vertikal)	Horizontal	type (horizontal/vertical)
Nennleistung	2500 kW	rated power
Leistungsregelung	Pitch	power control
Nabenhöhe über Grund	100 m	hub height above ground
Nennwindgeschwindigkeit	ca. 14 m/s	rated wind speed
Ein- und Abschaltwindgeschwindigkeit	3,25 m/s	cut-in and cut-out wind speed
2. Rotor		Rotor
Durchmesser	90 m	diameter
Anzahl der Blätter	3	number of blades
Nabenart (pendelnd/starr)	starr	kind of hub (flexed/rigid)
Anordnung zum Turm (luw/lee)	Luv	relative position to tower (luw/lee)
Nenn Drehzahl / -bereich	14,9 / 9,5 ... 16,9 rpm	rated speed / speed range
Rotorblattneigungswinkel	variabel	rotor blade pitch setting
Konuswinkel	2°	cone angle
Achsenneigung	5°	tilt angle
Abstand Rotorflanschmittelpunkt - Turmmittellinie	2,62 m	distance between rotor flange centre and tower centre line
3. Rotorblatt		Rotor blade
Hersteller	Nordex	manufacturer
Typenbezeichnung	NR45	type
Seriennummern	10167158/10167441/10168515	serial numbers
Zusatzkomponenten (z. B. stall strips, Vortex-Generatoren, Turbulatoren)	-	additional components (e. g. stall strips, vortex generators, trip strips)
4. Getriebe		Gear
Hersteller	Eickhoff	manufacturer
Typenbezeichnung	ESN 1785 A02R02B	type
Seriennummer	EW/P 00390.1	serial number
Ausführung	Planeten/Stirnrad	design
Übersetzungsverhältnis	1 : 77,4	gear ratio
5. Generator		Generator
Hersteller	Winergy	manufacturer
Typenbezeichnung	JFWC-560MR-06A	type
Seriennummer	6006251	serial numbers
Anzahl	1	numbers
Art	ASM, doppeltgespeist	design
Nennleistung(en)	2500 kW	rated power(s)
Nenn Drehzahlen oder Drehzahlbereich	740 ... 1300 rpm	rated speed(s) or speed range
Spannung	660 V	voltage
Frequenz	50 Hz	frequency
6. Turm		Tower
Ausführung (Gitter/Rohr, zyl./kon.)	zyl./kon. Rohrturm	design (lattice/tubular, cylindrical/conical)
Material	Stahl	material
7. Betriebsführung/Regelung		Supervisory system/control
Art der Leistungsregelung	pitch	kind of control
Antrieb der Leistungsregelung	elektrisch	driver of power control
Hersteller der Betriebsführung / Regelung	Nordex	manufacturer of control system
- Typenbezeichnung	NC2	- type
- Verwendete Steuerungskurve	MaxPowerPoint	- used control curve

Der Hersteller der Windenergieanlage bestätigt, dass die WEA, deren Schallmission in den Prüfberichten abgebildet ist, hinsichtlich ihrer technischen Daten mit den o. g. Positionen identisch ist.

The manufacturer of the wind turbine confirms that the wind turbine whose noise level is measured and depicted in the test reports is identical with the above entries with regard to its technical data.

Ersteller:

W. Wilke/CE-TAP

Prüfer:

R. Haevernick/CE-TAP

Freigabe:

H. Resing-Wörmer/CE-TAP



Leistungskennlinien

Nordex N90/2500 LS

© Nordex Energy GmbH, Bombarth 2, D-22848 Nordstedt
Alle Rechte vorbehalten. Schutzvermerk ISO 16016 beachten.

LeistungskennlinienGrundlage:

Die vorliegenden Leistungskennlinienwerte entsprechend IEC 61400-12-1 basieren auf aerodynamischen Berechnungen der Nordex Energy GmbH.

Anlagedaten:

Nennleistung: 2.500 kW
Rotordurchmesser: 90 m

Bestimmungen zur Leistungskennlinienverifizierung:

Nachweis gemäß: IEC 61400-12-1:2005.
Anemometertyp: Thies First Class, Riso P2546A oder Vector A100
Luftdichtekorrektur: auf die in der Tabelle angegebene, nächstliegende Luftdichte
Filterung der Turbulenzintensität: $6 \% \leq TI \leq 12 \%$
entsprechend FGW - Technische Richtlinie für Windenergieanlagen Teil 2, Rev. 15
Filterung der Windscherung: $a \leq 0.2$ (Hellmann-Exponent)
Messung der unteren Windgeschwindigkeit zur Bestimmung der Windscherung entsprechend FGW - Technische Richtlinie für Windenergieanlagen Teil 2, Rev. 15
Filterung der Temperatur: $\theta \leq 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Statussignal: Betriebsbereit ohne Berücksichtigung der Abschalthysterese
(IEC 61400-12-1: 2005, Datenbasis B)



Leistungskennlinien



Leistungskennlinienwerte Nordex N90/2500 LS

Windgeschwindigkeit <i>V_{Nom}</i> [m/s]	Leistung <i>P_{st}</i> [kW] bei Luftdichte <i>p</i> [kg/m³]				
	1,125	1,145	1,165	1,185	1,205
3,5	23	24	24	25	26
4,0	64	66	68	69	71
4,5	116	119	121	124	127
5,0	179	182	186	190	193
5,5	252	257	262	267	272
6,0	337	344	351	357	364
6,5	437	446	454	463	472
7,0	553	564	575	586	597
7,5	687	701	714	727	741
8,0	836	852	868	884	900
8,5	997	1016	1035	1054	1073
9,0	1168	1191	1213	1235	1257
9,5	1346	1371	1396	1422	1447
10,0	1525	1554	1584	1613	1642
10,5	1704	1736	1769	1803	1836
11,0	1876	1914	1951	1988	2021
11,5	2042	2078	2114	2148	2175
12,0	2183	2213	2243	2271	2294
12,5	2291	2316	2341	2364	2381
13,0	2373	2392	2411	2429	2442
13,5	2431	2445	2459	2472	2479
14,0	2470	2479	2487	2495	2497
14,5	2493	2496	2499	2500	2500
15,0	2500	2500	2500	2500	2500
15,5	2500	2500	2500	2500	2500
16,0	2500	2500	2500	2500	2500
16,5	2500	2500	2500	2500	2500
17,0	2500	2500	2500	2500	2500
17,5	2500	2500	2500	2500	2500
18,0	2500	2500	2500	2500	2500
18,5	2500	2500	2500	2500	2500
19,0	2500	2500	2500	2500	2500
19,5	2500	2500	2500	2500	2500
20,0	2500	2500	2500	2500	2500
20,5	2500	2500	2500	2500	2500
21,0	2500	2500	2500	2500	2500
21,5	2500	2500	2500	2500	2500
22,0	2500	2500	2500	2500	2500
22,5	2500	2500	2500	2500	2500
23,0	2500	2500	2500	2500	2500
23,5	2500	2500	2500	2500	2500
24,0	2500	2500	2500	2500	2500
24,5	2500	2500	2500	2500	2500
25,0	2500	2500	2500	2500	2500

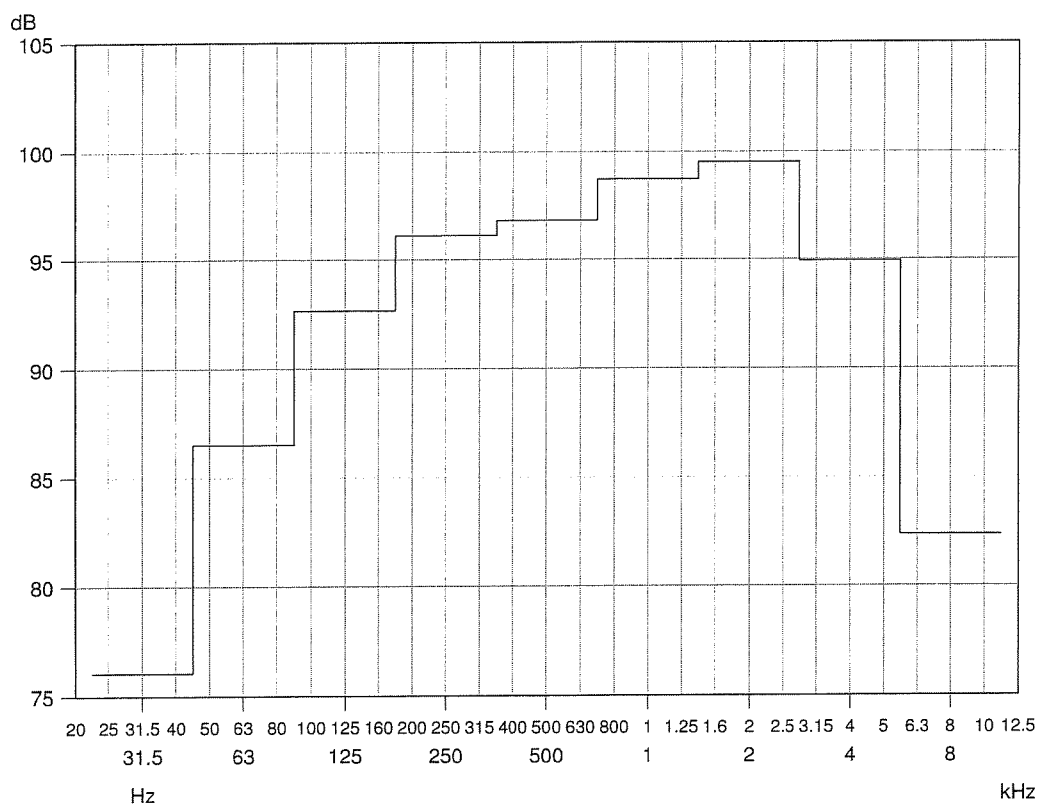


Leistungskennlinien

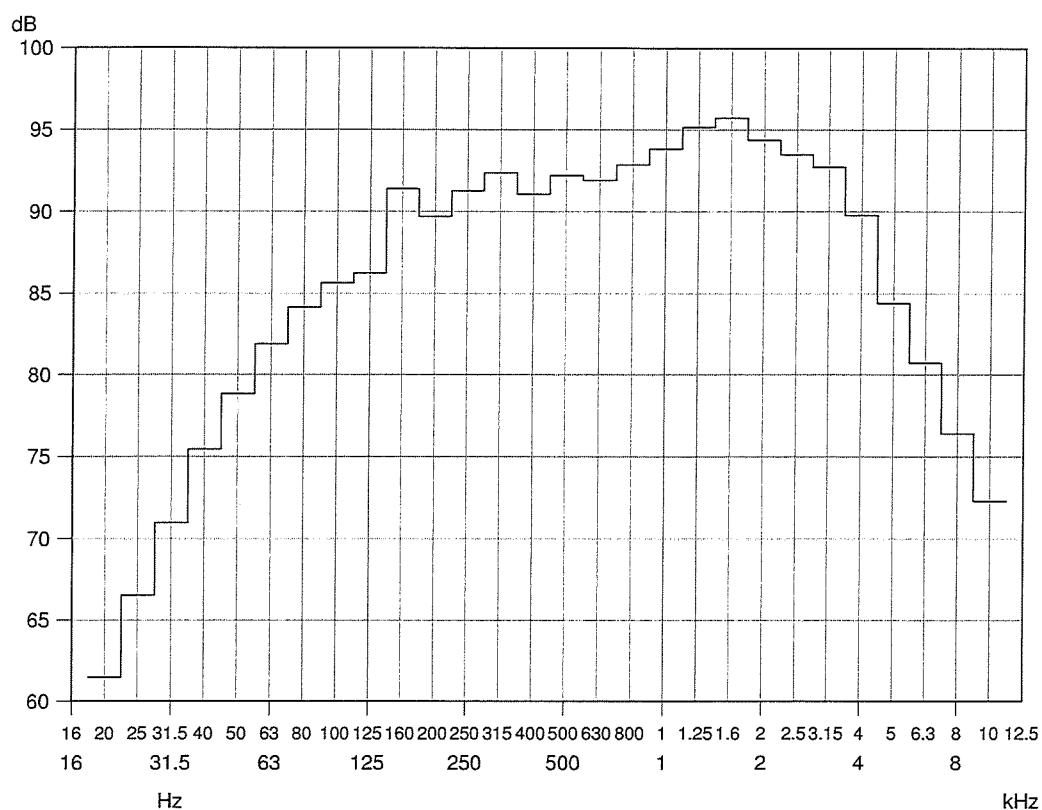


Leistungskennlinienwerte Nordex N90/2500 LS

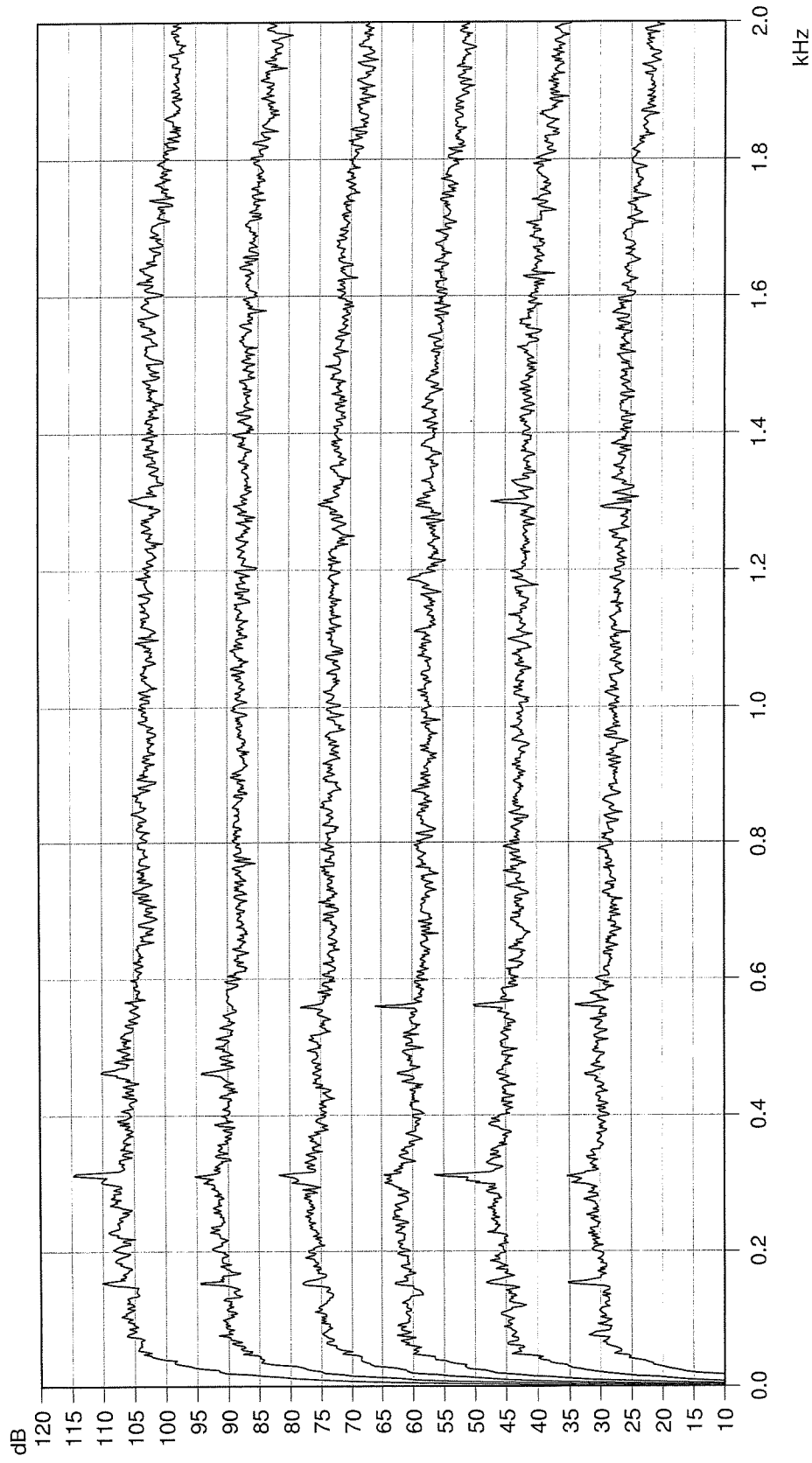
Windgeschwindigkeit V _N [m/s]	Leistung P _N [kW] bei Luftdichte ρ [kg/m³]				
	1,225	1,245	1,265	1,285	1,305
3,5	27	28	29	30	31
4,0	73	74	76	78	79
4,5	129	132	134	137	139
5,0	197	201	204	208	212
5,5	277	282	287	292	297
6,0	371	378	384	391	398
6,5	480	489	498	506	515
7,0	608	619	630	640	651
7,5	754	767	780	793	807
8,0	916	932	948	964	979
8,5	1092	1111	1129	1148	1167
9,0	1279	1301	1323	1345	1367
9,5	1473	1498	1524	1550	1575
10,0	1671	1700	1730	1760	1789
10,5	1870	1903	1935	1965	1996
11,0	2054	2088	2114	2140	2165
11,5	2203	2231	2253	2274	2295
12,0	2317	2339	2357	2373	2389
12,5	2399	2417	2429	2441	2452
13,0	2455	2467	2475	2481	2487
13,5	2487	2494	2497	2498	2499
14,0	2499	2500	2500	2500	2500
14,5	2500	2500	2500	2500	2500
15,0	2500	2500	2500	2500	2500
15,5	2500	2500	2500	2500	2500
16,0	2500	2500	2500	2500	2500
16,5	2500	2500	2500	2500	2500
17,0	2500	2500	2500	2500	2500
17,5	2500	2500	2500	2500	2500
18,0	2500	2500	2500	2500	2500
18,5	2500	2500	2500	2500	2500
19,0	2500	2500	2500	2500	2500
19,5	2500	2500	2500	2500	2500
20,0	2500	2500	2500	2500	2500
20,5	2500	2500	2500	2500	2500
21,0	2500	2500	2500	2500	2500
21,5	2500	2500	2500	2500	2500
22,0	2500	2500	2500	2500	2500
22,5	2500	2500	2500	2500	2500
23,0	2500	2500	2500	2500	2500
23,5	2500	2500	2500	2500	2500
24,0	2500	2500	2500	2500	2500
24,5	2500	2500	2500	2500	2500
25,0	2500	2500	2500	2500	2500



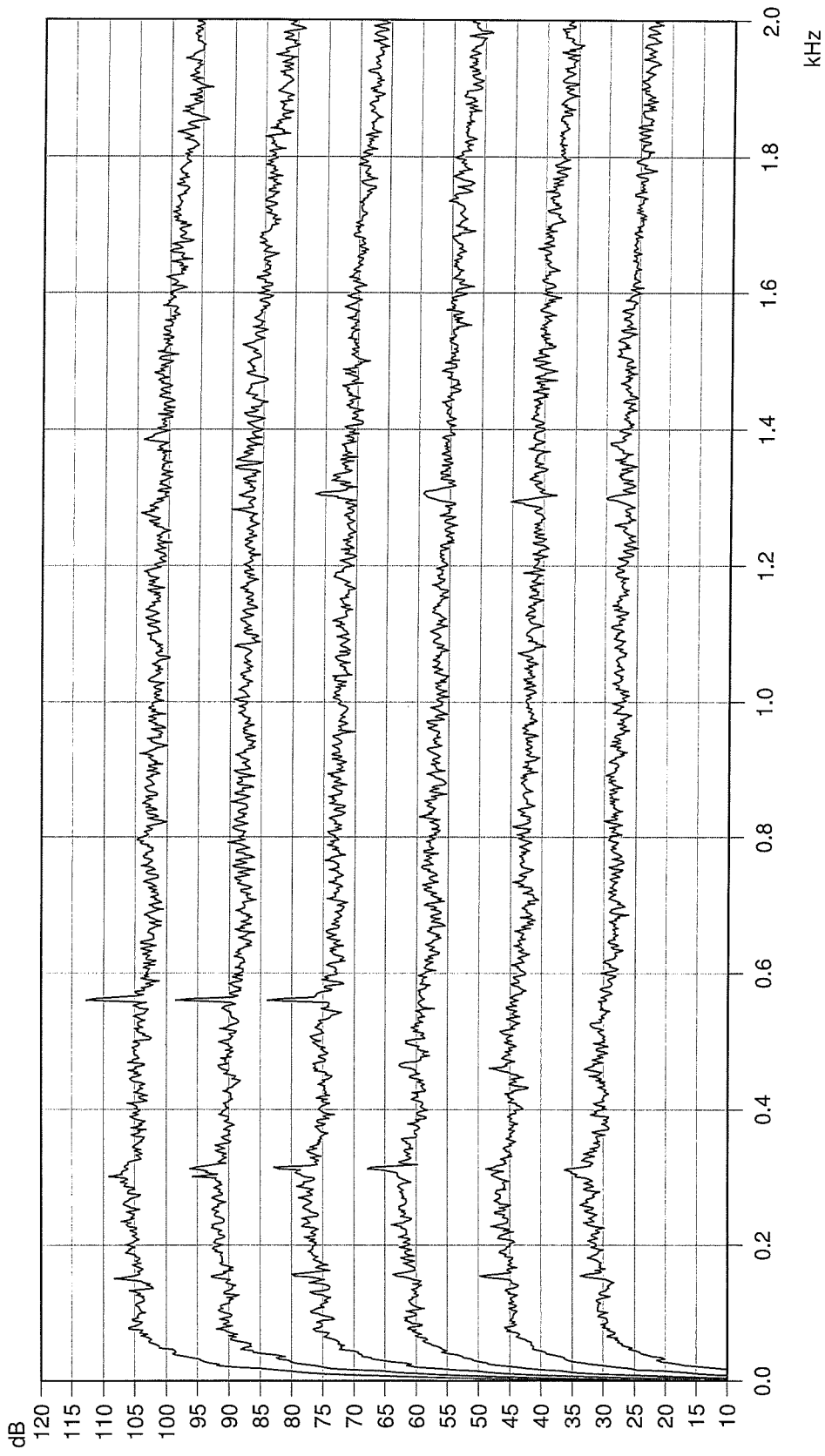
Oktavpegel für 9 m/s, Summenpegel = 104,9 dB			
Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Oktavmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]
31,5	75,99	1000	98,72
63	86,52	2000	99,51
125	92,68	4000	94,95
250	96,11	8000	82,35
500	96,83		



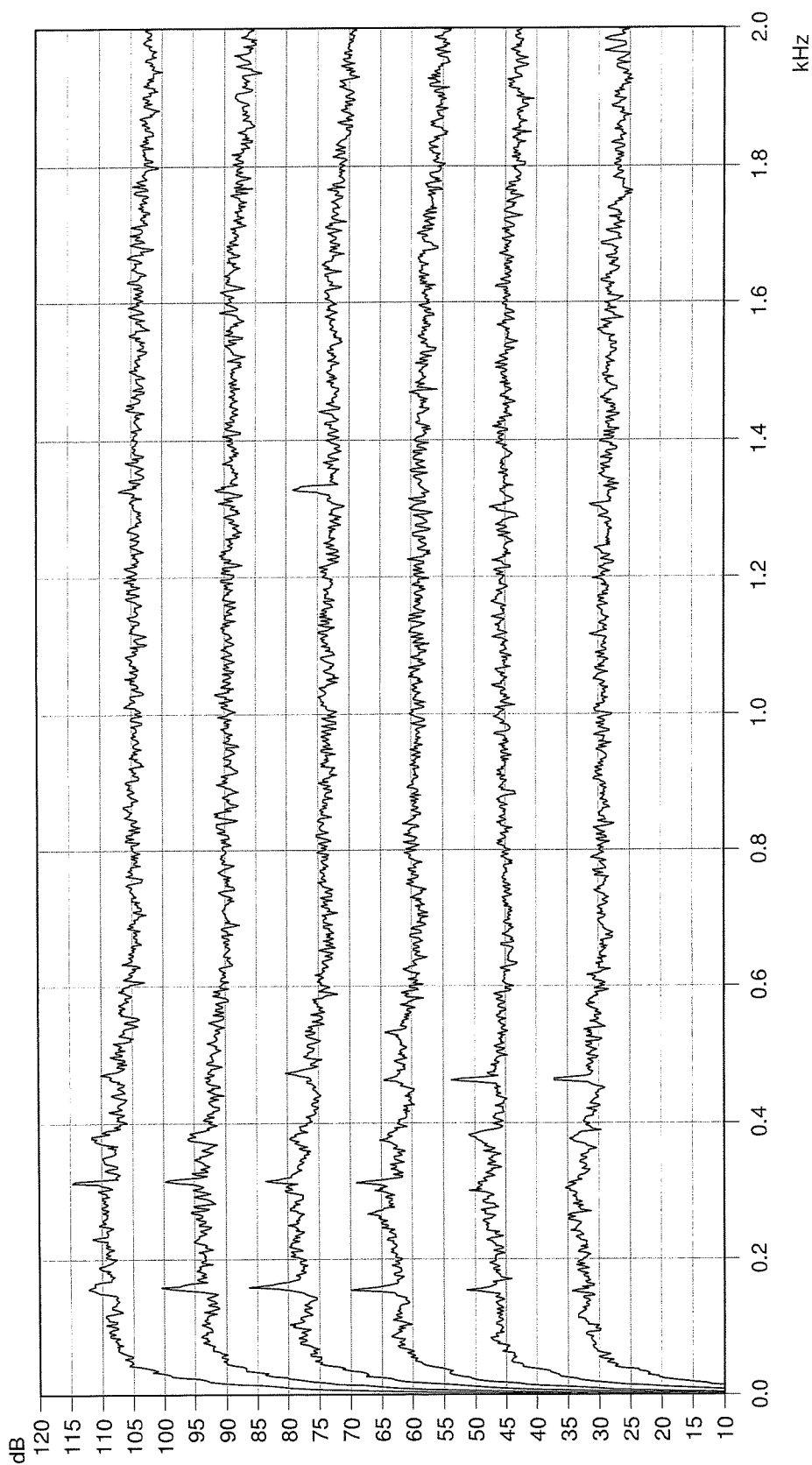
Terzpegel für 9 m/s, Summenpegel = 104,9 dB					
Terzmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]	Terzmittenfrequenz [Hz]	Schallleistungspegel [dB]	Unsicherheit Uc [dB]
20	61,44	1,98	500	92,21	1,94
25	66,50	2,15	630	91,91	1,96
31,5	70,94	2,29	800	92,88	1,95
40	75,45	2,23	1000	93,85	1,89
50	78,83	2,01	1250	95,17	1,88
63	81,87	2,20	1600	95,75	1,88
80	84,13	2,24	2000	94,41	1,88
100	85,62	2,25	2500	93,51	1,94
125	86,22	2,06	3150	92,74	2,51
160	91,40	2,04	4000	89,78	2,40
200	89,69	2,10	5000	84,40	2,16
250	91,27	2,17	6300	80,72	2,89
315	92,37	1,98	8000	76,41	3,68
400	91,05	1,92	10000	72,27	4,76



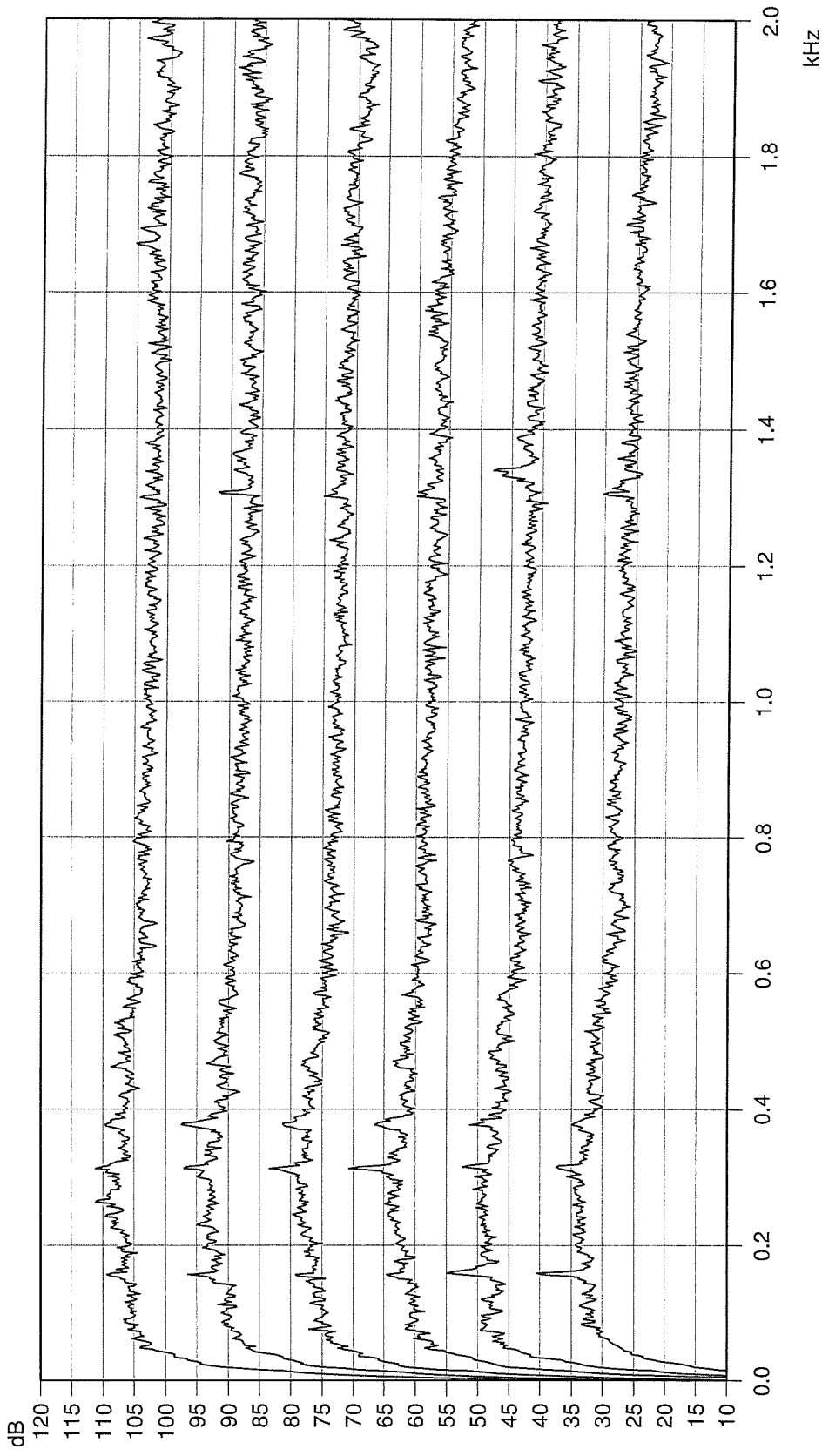
Spektren 1 – 6 aus BIN 6 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 1 ganz oben)



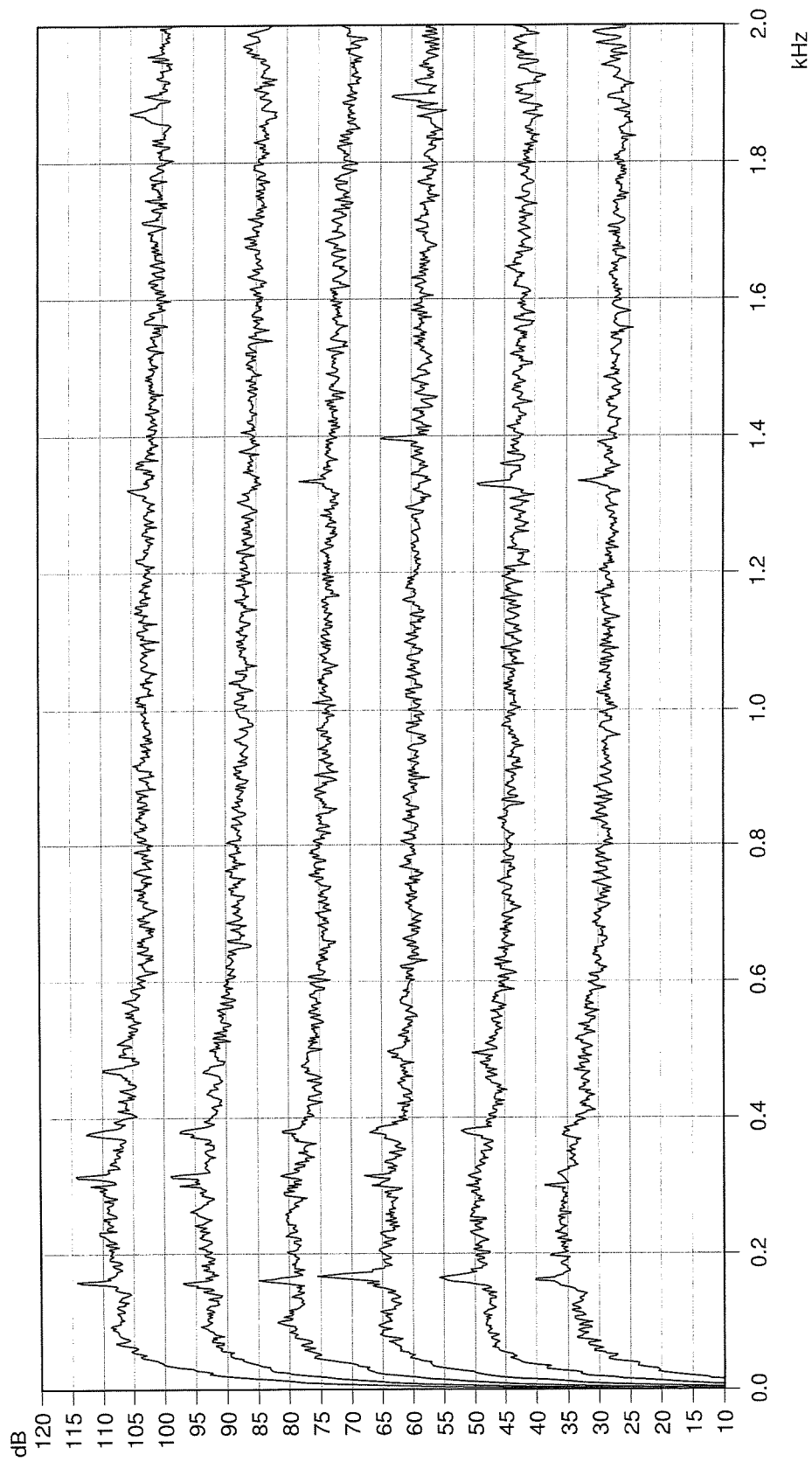
Spektren 7 – 12 aus BIN 6 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 7 ganz oben)



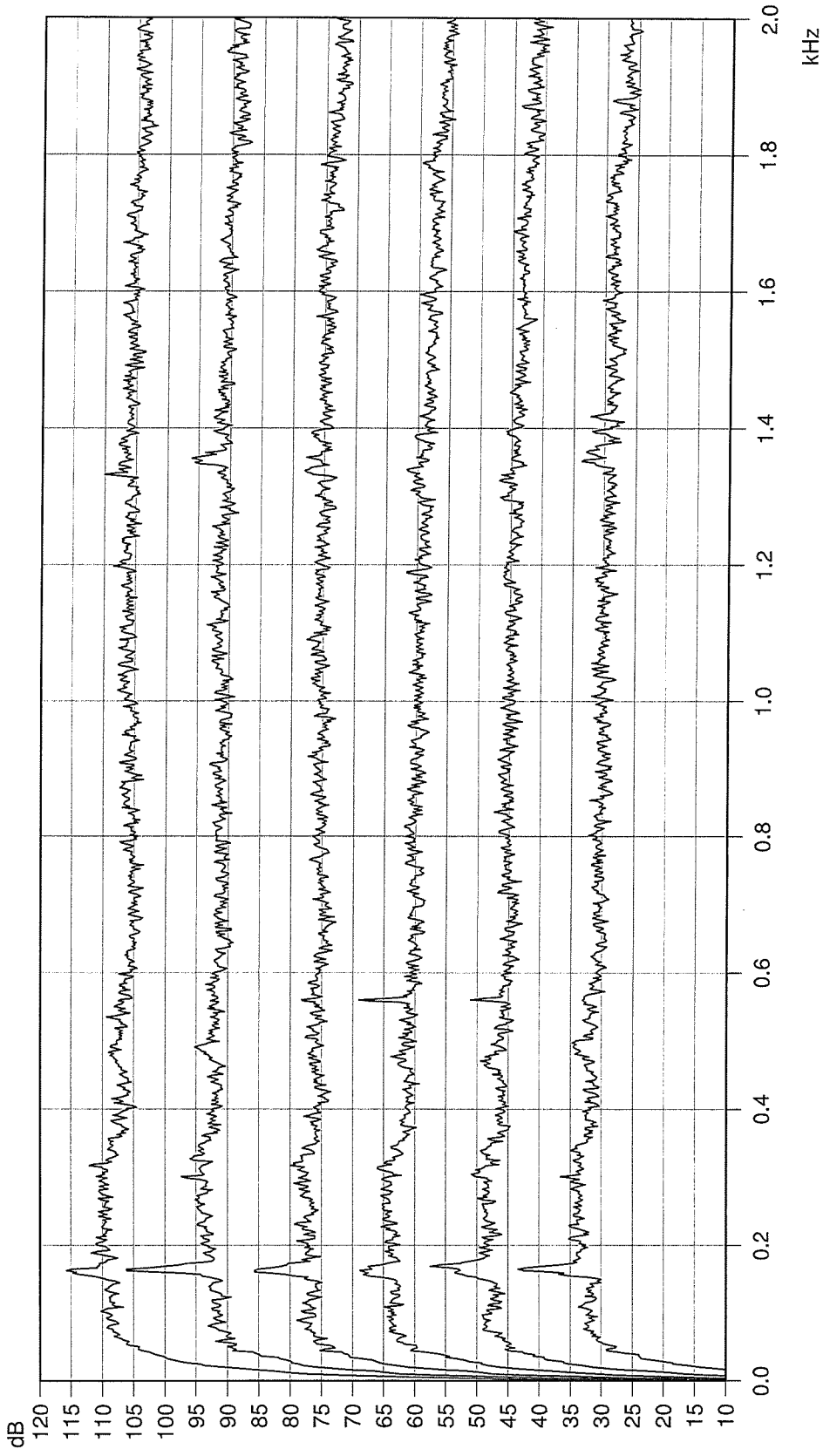
Spektren 1 – 6 aus BIN 7 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 1 ganz oben)



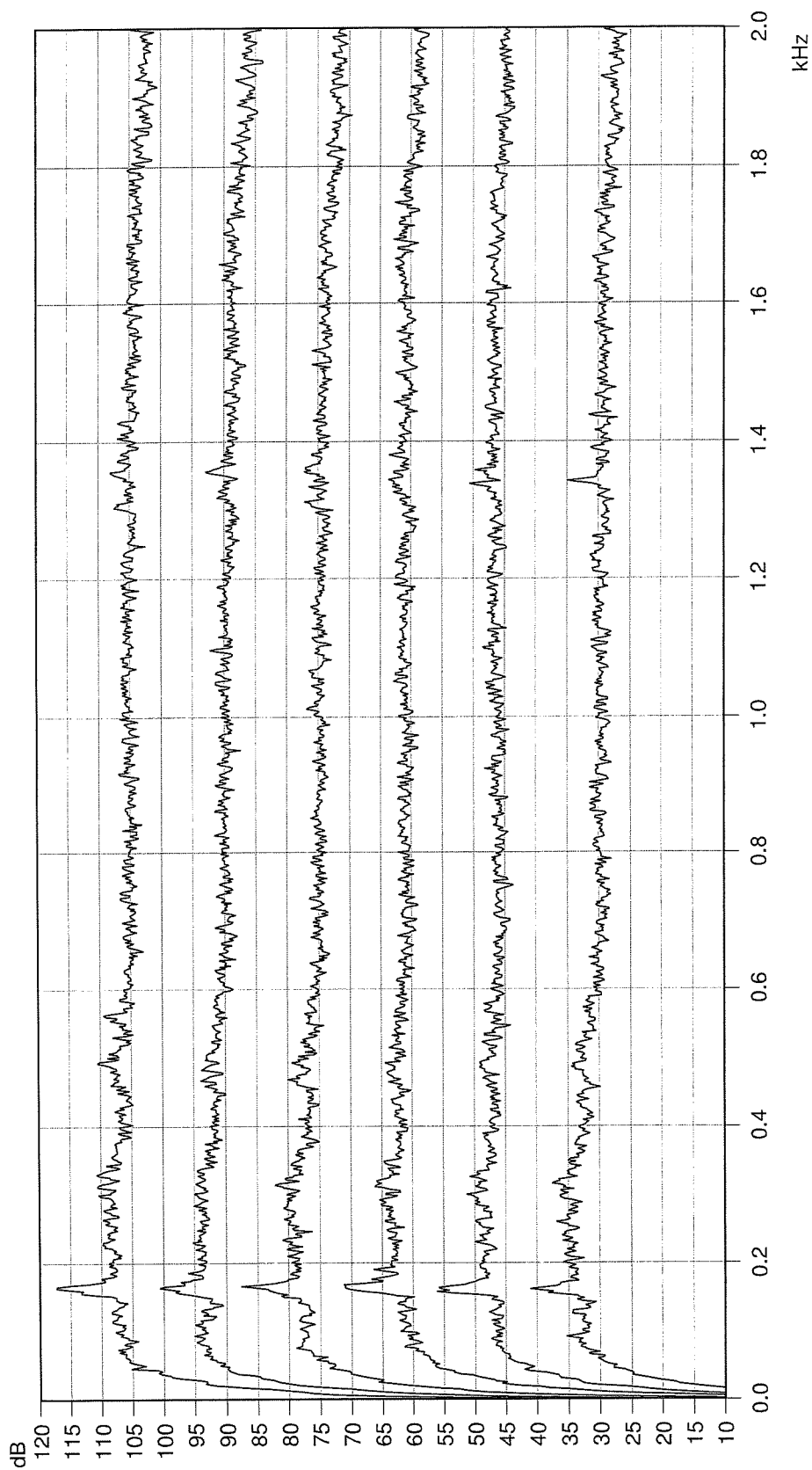
Spektren 7 – 12 aus BIN 7 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 7 ganz oben)



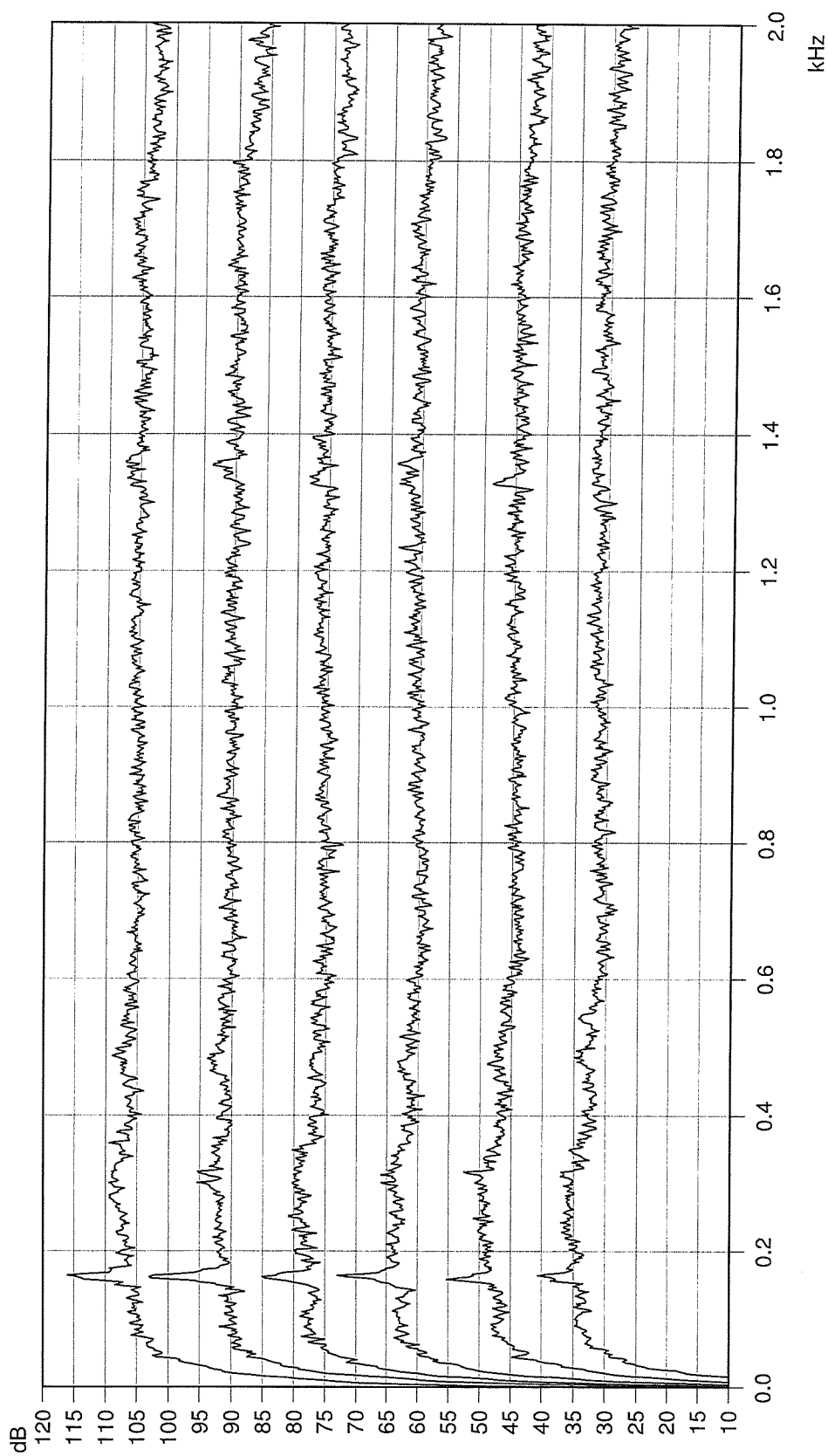
Spektren 1 – 6 aus BIN 8 (obere Spektren jeweils 15 dB nach oben verschoben, Spektrum 1 ganz oben)



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)

