

Rostock, 23.03.2010

TNU-HRO/Sbg

## **Durchführung und Auswertung von Schallmessungen im Nahbereich von Kaminmündungen von 3 Biogasanlagen**

Auftraggeber: Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie  
Mecklenburg-Vorpommern  
Goldberger Str. 12  
18273 Güstrow

TÜV-Auftrags-Nr.: 909SST043 / 8000624922

Umfang des Berichtes: 13 Seiten  
3 Anhänge (24 Seiten)

Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Dirk Seeburg	Dipl.-Ing. Reinhard Nagel
Tel.:	0381 / 7703-447	0421/4498-183
E-mail:	dseeburg@tuev-nord.de	rnagel@tuev-nord.de

Auszüge aus diesem Bericht dürfen nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verfassers vervielfältigt werden.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Textteil:</b>	<b>Seite</b>
1. Vorgang und Zusammenfassung.....	3
2. Veranlassung und Aufgabenstellung .....	4
3. Beschreibung der Anlagen .....	4
4. Schallmessungen und Ergebnisse .....	6
4.1. Messdurchführung und Messbedingungen .....	6
4.2. Messergebnisse .....	7
4.2.1. Dokumentation.....	7
4.2.2. Gesamtspektren.....	7
4.2.3. Schalldruckpegel 80 Hz-Terz .....	9
4.2.4. Prüfung des Einflusses von Interferenzerscheinungen .....	10
4.2.5. Qualität der Messergebnisse.....	13

### Anhänge

Anhang 1	Dokumentation der Schallmessungen für die Biogasanlage A	9 Seiten
Anhang 2	Dokumentation der Schallmessungen für die Biogasanlage B	9 Seiten
Anhang 3	Dokumentation der Schallmessungen für die Biogasanlage C	6 Seiten

## 1. Vorgang und Zusammenfassung

Das Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG) beauftragte die TÜV NORD Umweltschutz GmbH mit der Schallmessung im Nahbereich von Kaminmündungen von Biogasanlagen. Für drei BHKW mit deutlichen tonalen Komponenten im tieffrequenten Bereich sollten jeweils über 5 Messungen die Schalldruckspektren und Schallleistungspegel in den tonalen Terzen des Abgasgeräusches ermittelt werden. Die Biogasanlagen wurden in Abstimmung mit dem StAUN Rostock und dem LUNG ausgewählt.

Die Schallmessungen wurden am 09.04.2009 und am 16.07.2009 in Abständen von den Abgaskaminen der Biogasanlagen von 1 bis 10 m in Intervallen von 1 m durchgeführt.

Nach einer Plausibilitätsprüfung der Messwerte wurde der Einfluss der kohärenten Bodenreflexion für zwei Biogasanlagen untersucht. Es lassen sich folgende Erkenntnisse ableiten:

- Das theoretische Ausbreitungsmodell mit kohärenten Bodenreflexionen beschreibt die Messergebnisse besser als die Schallausbreitung nach ISO 9613-2.
- Die Auswertung der Schalldruckpegel in 1 m Abstand führen tendenziell zu größeren Unsicherheiten, da Nahfeldeffekte und die erhöhte Temperatur des Mediums im Nahbereich nicht kompensiert sind und der Messabstand bei Messungen mit Stativen nicht exakt eingehalten werden kann.
- Die Messergebnisse in größeren Abstand ( $\geq 4$  m) sind nicht gesichert auswertbar, da hier der Einfluss von Fremdgeräuschen und sonstiger reflektierender Wände zunimmt.
- Messabstände von 2 – 3 m sind u. E. geeignet, um den Schallleistungspegel des tonalen Abgasmündungsgeräusches zu bestimmen.
- Die Rückrechnung des Terzschallleistungspegels aus einem einzelnen Referenzmesspunkt weist noch Unsicherheiten aus, die durch die Mittelung über mehrere Messpunkte minimiert werden kann.

Durch die Mittelung der Messergebnisse über mehrere Messpunkte (2 – 3 m Abstand, möglichst mit Variation der Messpunkthöhe  $15^\circ$  oberhalb und unterhalb der Mündungsebene) wurde eine deutliche Verbesserung der Genauigkeit gegenüber der Auswertung nur eines Referenzmesspunktes erzielt. Wir stufen die Genauigkeit der so ermittelten 80-Hz Terz-Schallleistungspegel (mit tonalen Geräusche bei der Zündfolgefrequenz) der Biogasanlagen A und B mit  $\sigma_{\text{ges}} \leq 1,5$  dB ein.



Dipl.-Ing. Dirk Seeburg  
Sachverständiger



Dipl.-Ing. Reinhard Nagel  
Sachverständiger

## 2. Veranlassung und Aufgabenstellung

Das Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG) beauftragte die TÜV NORD Umweltschutz GmbH mit der Schallmessung im Nahbereich von Kaminmündungen von Biogasanlagen. Für drei BHKW mit deutlichen tonalen Komponenten im tieffrequenten Bereich sollten jeweils über 5 Messungen die Schalldruckspektren und Schallleistungspegel in den tonalen Terzen des Abgasgeräusches ermittelt werden.

Durch Schallmessungen an mehreren Messpunkten im Nahbereich sollten die Auswirkungen der tieffrequenten Interferenzen von direkten und reflektierten Schallwellen insbesondere der tonalen Geräusche eliminiert werden.

Die Biogasanlagen wurden in Abstimmung mit dem StAUN Rostock und dem LUNG ausgewählt.

## 3. Beschreibung der Anlagen

In Abstimmung mit dem StAUN Rostock und dem LUNG wurden die Biogasanlagen in A, in B und in C für die Schallmessungen ausgewählt.

### **Biogasanlage A**

Fotos des Containers und der Umgebung sind in den Bildern 1 und 2 im Anhang 1 dargestellt.

**Tabelle 1:** Kenndaten der installierten BHKW-Module in A

	<b>BHKW 1</b>	<b>BHKW 2</b>
	<b>Doppelcontainer mit 2 BHKW-Modulen</b>	
Hersteller	Deutz	Caterpillar
Typ	BF 6 M 1013 EC	3508 TA
Bauart	6-Zylinder-Reihen-4-Takt-Zündstrahlmotor	8-Zylinder-V-4-Takt-Gas-Otto-Motor
Elektrische Nennleistung	100 kW	500 kW
Herstell-Nr.	10112737	CTN 00270/196-2197
Baujahr	2006	2006

Die Motorenabgase werden über zwei Abgaskamine auf dem Dach des Containers in einer Höhe von 10 m über Grund abgeführt. Die Abgaskamine wurden mit nachfolgend genannten Schalldämpfern nachgerüstet:

- Zündstrahlmotor 100 kW: Sekundärschalldämpfer Typ L25 ND100,
- Gas-Otto-Motor 500 kW: Primärschalldämpfer Typ LH35/LHCP35 ND200.

Auf dem Dach des Containers befinden sich die Rückkühler. An den Stirnseiten des Containers sind die notwendigen Zu- und Abluftöffnungen installiert.

Die Schallemissionen des BHKW 1 weisen eine deutliche Spitze in der Terzfrequenz von 80 Hz auf. Die Schallemissionen des BHKW 2 liegen in dieser Terz deutlich unter denen des BHKW 1. Die Schallmessungen wurden für das BHKW 1 durchgeführt.

**Biogasanlage B**

Ein Foto des Containers und der Umgebung ist in Bild 1 im Anhang 2 dargestellt.

**Tabelle 2:** Kenndaten des installierten BHKW-Moduls in B

	<b>Einzelcontainer mit einem BHKW-Modul</b>
Hersteller	MAN
Typ	E2824 LE 312
Bauart	12-Zylinder-V-4-Takt-Gas-Otto-Motor
Elektrische Nennleistung	340 kW
Baujahr	2006

Die Motorenabgase werden über einen Abgaskamin auf dem Dach des Containers in einer Höhe von 10 m über Grund abgeführt.

Auf dem Dach des Containers befinden sich die Rückkühler sowie die notwendigen Zu- und Abluftöffnungen.

Die Schallemissionen des BHKW weisen eine deutliche Spitze in der Terzfrequenz von 80 Hz auf.

**Biogasanlage C**

Fotos des Containers und der Umgebung sind in den Bildern 1 bis 3 im Anhang 3 dargestellt.

**Tabelle 3:** Kenndaten des installierten BHKW-Moduls in C

	<b>Einzelcontainer mit einem BHKW-Modul</b>
Hersteller	GUASCOR SFGLD 240
Typ	SAC 47.2 M8C
Bauart	8-Zylinder-Reihen-4-Takt-Gas-Otto-Motor
Elektrische Nennleistung	360 kW

Die Motorenabgase werden über den Abgaskamin auf dem Dach des Containers in einer Höhe von 10 m über Grund abgeführt. Die Abluftöffnung weist, um 90° gekrümmt, in Richtung Süden.

Die Zuluftöffnung befindet sich auf dem Dach des Containers und die beiden Abluftöffnungen an dessen Südseite. Westlich der Biogasanlage befindet sich eine Lagerhalle.

Die Rückkühler sind ebenerdig auf der Rückseite des Containers angeordnet.

Im Gegensatz zu den BHKW in A und B weisen die Geräuschemissionen nur eine schwache Spitze in der Terzfrequenz von 80 Hz auf. Die Gesamtsituation wird durch deutlich höhere Schallemissionen der Rückkühler und des Containers und die Reflexionen an der Lagerhalle beeinflusst. Aufgrund dieser Randbedingungen ist eine stärkere Beeinflussung der Messergebnisse durch Fremdgeräusche als bei den beiden anderen Biogasanlagen zu erwarten.

## 4. Schallmessungen und Ergebnisse

### 4.1. Messdurchführung und Messbedingungen

Die Schallmessungen wurden zu folgenden Terminen (*Datum / Uhrzeit*) durchgeführt:

- A: 09.04.2009 / 08:30 – 11:30 Uhr
- B: 16.07.2009 / 15:30 – 18:00 Uhr
- C: 16.07.2009 / 20:00 – 21:00 Uhr.

### Witterung

	Temperatur	Bewölkung	Windgeschw.	Windrichtung
A	14 °C	heiter	0 – 1,5 m/s	aus SW
B	24 °C	heiter	1,5 – 3 m/s	aus WSW
C	20 °C	wolkenlos	0 – 1,5 m/s	aus WSW

### Messgeräte

Zur Messung wurde die Universalschallpegelmessers Typ SA 121 bzw. SA 140 der Fa. Norsonic-Tippkemper eingesetzt (vgl. Tabelle 4). Vor und nach Messdurchführung wurde das Messgerät mittels Prüfschallquelle kalibriert.

Tabelle 4: Messgeräte

Messgerät	Hersteller	Typ	Serien-Nr.
Universalschallpegelmessers, Klasse 1 nach DIN EN 60651, geeicht bis 2011	Norsonic	121	31372
Vorverstärker	Norsonic	1206	30456
Mikrofonkapsel	Norsonic	1220	32461
geeichter Kalibrator nach IEC 942 Klasse 1	Norsonic	1251	31413
Universalschallpegelmessers, Klasse 1 nach DIN EN 60651, geeicht bis 2011	Norsonic	140	1403773
Vorverstärker	Norsonic	1209	13030
Mikrofonkapsel	Norsonic	1225	106933
geeichter Kalibrator nach IEC 942 Klasse 1	Norsonic	1251	32387

### Messpunkte

#### alle Standorte

- ⇒ Im Abstand von 1 bis 10 m in jeweils 1 m-Schritten vom Kamin aus gesehen
- ⇒ Standort des Stativs für die Messungen in den Entfernungen von 1 m und 2 m vom Kamin auf dem Dach der Container

## Biogasanlagen A und B

- ⇒ An den Messpunkten in den Entfernungen von 1 m und 2 m vom Kamin Messung in 3 verschiedenen Höhen: waagrecht zur Kaminmündung – etwas oberhalb und etwas unterhalb der Kaminmündung (im Bereich von etwa  $\pm 15$  °)
- ⇒ An den weiteren Messpunkten etwa in Höhe der Kaminmündung

## C

- ⇒ Da die Kaminmündung um 90° abgewinkelt war, wurden die Schallmessungen nur in Höhe der Kaminmündung und seitlich zum Kamin (90° zur Abstrahlrichtung) durchgeführt.

## **Betriebsbedingungen**

In A wurde das BHKW mit der Leistung von 500 kW durchgängig betrieben. Das zu bemessende BHKW wurde für die Schallmessungen zugeschaltet.

In B und C wurden die BHKW während der Schallmessungen in Vollast betrieben.

## **4.2. Messergebnisse**

### **4.2.1. Dokumentation**

Die Messergebnisse sind in den Anhängen 1 bis 3 dokumentiert. In Tabelle 5 sind die Inhalte der Messwertdokumentation und die Seitenzahlen in den Anhängen 1 bis 3 (für die Biogasanlagen A bis C) zusammengestellt.

Tabelle 5: Inhalte der Messwertdokumentation

Inhalt		BGA A/B	BGA C
Messergebnisse 80 Hz Terz	Diagramm und Zahlenwerte der linearen Schalldruckpegel	Seite 2	Seite 2
Gesamtspektren Nahbereich (Entfernung 1 und 2 m zur Kaminmündung)	Diagramme linearer und A-bewerteter Schalldruckpegel	Seite 3	-
	Zahlenwerte linearer und A-bewerteter Schalldruckpegel (Oktav- und Terzspektren)	Seiten 4 und 5	-
Gesamtspektren in Höhe der Kaminmündung (Entfernung 1 – 10 m)	Diagramme linearer und A-bewerteter Schalldruckpegel (Terzspektren)	Seiten 6 und 7	Seite 3 und 4
	Zahlenwerte linearer und A-bewerteter Schalldruckpegel (Oktav- und Terzspektren)	Seiten 8 und 9	Seiten 5 und 6

### **4.2.2. Gesamtspektren**

Ein Vergleich der Gesamtspektren für die Messpunkte in 1 und 2 m Entfernung von der Kaminmündung zeigt die Abbildung 1. Für den Vergleich wurde der Messpunkt auf Höhe der Kaminmündung gewählt, weil aufgrund der Abstrahlrichtung für die BGA C für diese Messhöhe am ehesten eine Vergleichbarkeit gegeben ist.

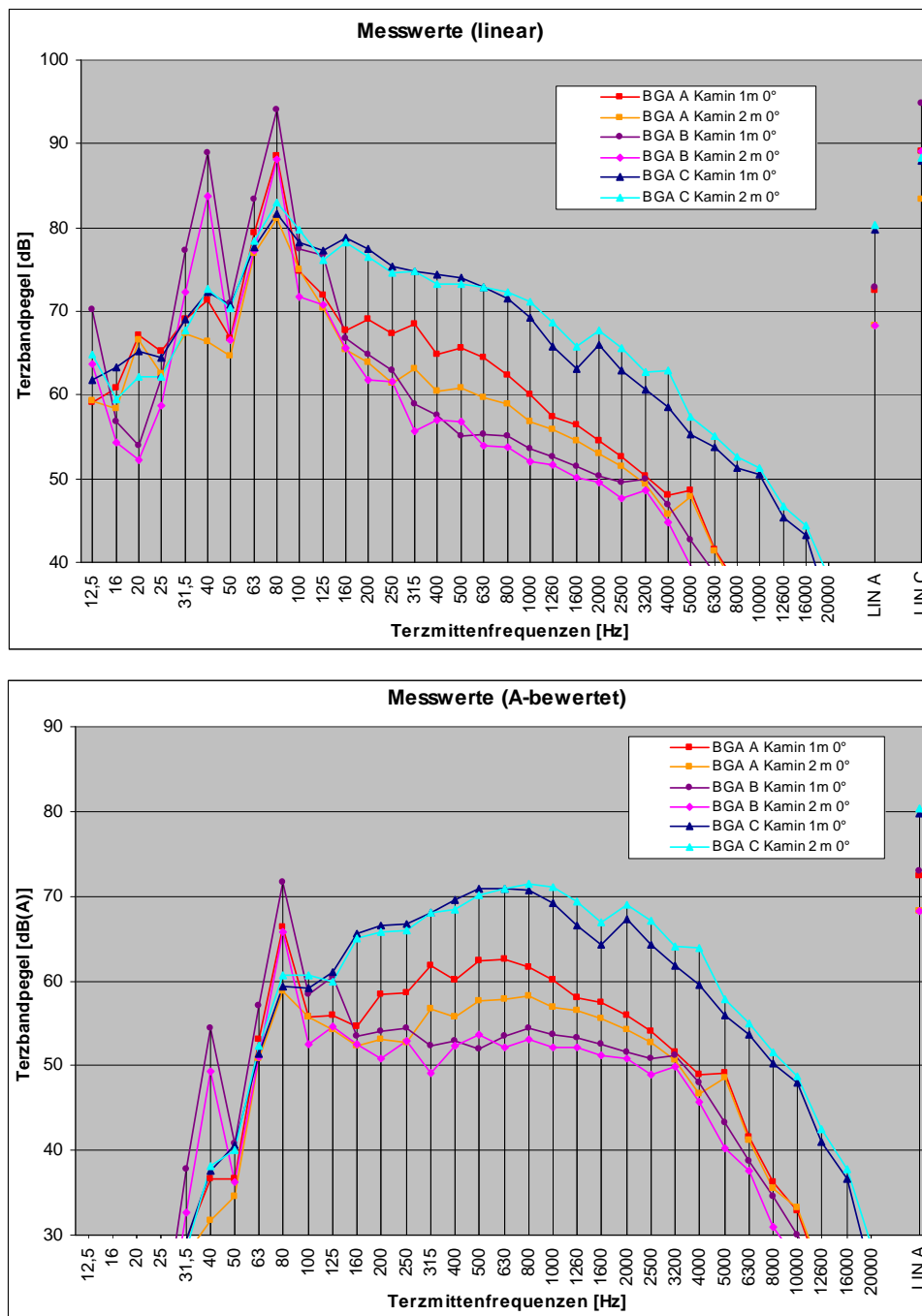


Abbildung 1: Gesamtspektren (linear und A-bewertet) der Messpunkte im Nahbereich (1 und 2 m) der Kamine (Messpunkte auf Höhe der Kaminmündung)

Aus den Diagrammen in Abbildung 1 sind die unterschiedliche Ausprägung der tonalen Spitzen und der Fremdgeräuscheinfluss zu erkennen. Die BGA A weist eine tonale Spitze bei 80 Hz auf und die BGA B zwei tonale Spitzen bei 80 bzw. 40 Hz. Bei der BGA C ist kaum eine tonale Spitze bei 80 Hz feststellbar. Der Fremdgeräuscheinfluss durch die Rückkühler und die Contain-  
 nerabstrahlung ist bei der BGA B am geringsten und bei der BGA C pegelbestimmend.



**4.2.3. Entfernungsabhängige Schalldruckpegelabnahme der 80-Hz-Terzpegel**

In Abbildung 2 sind die entfernungsabhängigen linearen Schalldruckpegelabnahmen im 80 Hz-Terzfrequenzband (mit z.T. tonalen Abgasmündungsgeräuschen) dargestellt.

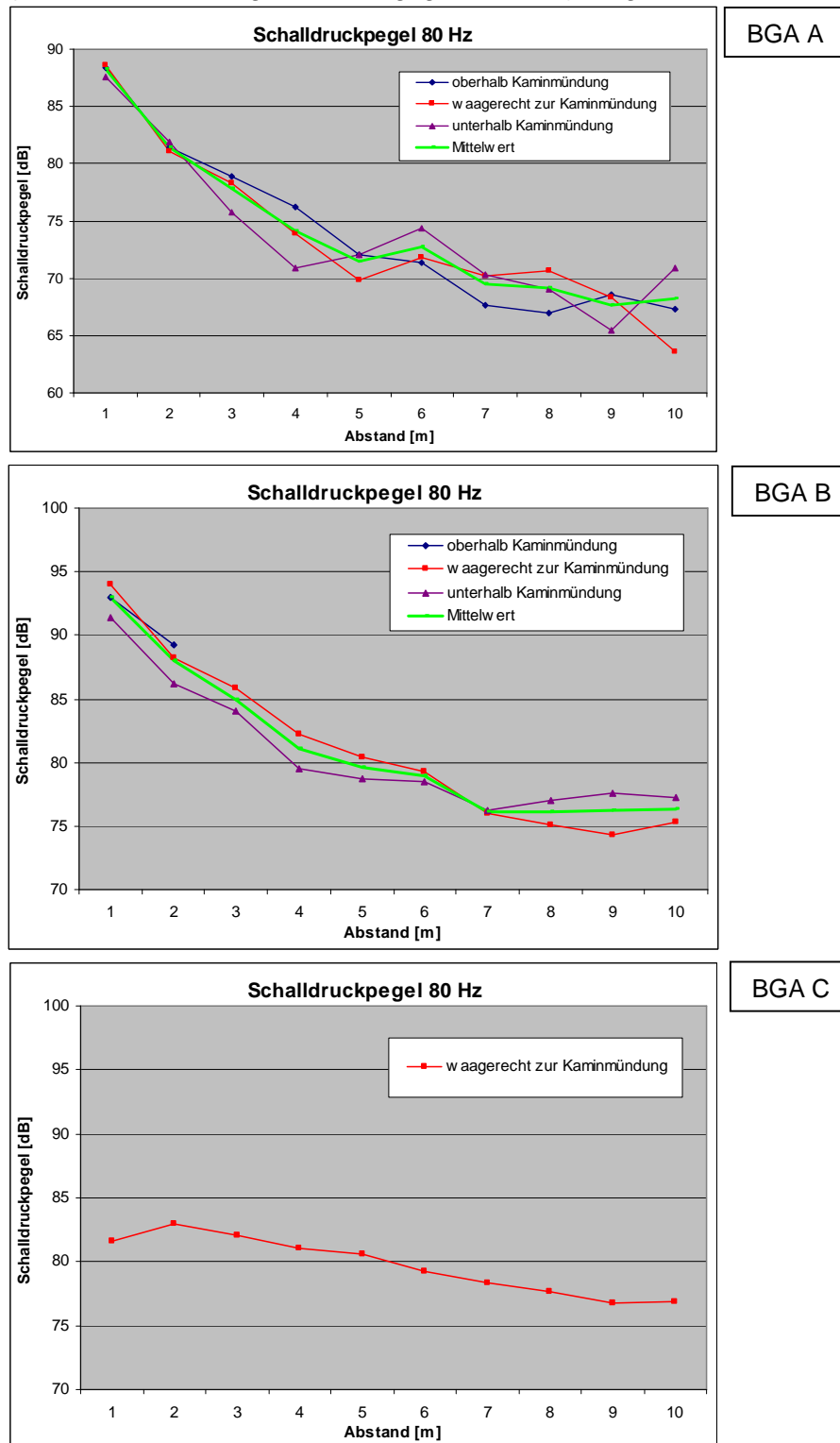


Abbildung 2: Messergebnisse (lineare Schalldruckpegel) in der Terzfrequenz 80 Hz

In Abbildung 2 ist für die BGA A und die BGA B in der Terz von 80 Hz ein vergleichbarer Verlauf zu erkennen. Er entspricht dem zu erwartenden Schallpegelverlauf für Schornsteinmündungsgeräusche, die an den Messpunkten pegelbestimmend sind. Der Verlauf für die BGA C entspricht nicht dem erwarteten Verlauf. Hier ergibt sich nur eine geringe Pegelabnahme über die Entfernung, da der Schalldruckpegel maßgebend durch Fremdgeräusche und nicht durch die Kaminmündung der BGA bestimmt wird.

#### 4.2.4. Prüfung des Einflusses von Interferenzerscheinungen

Die Schallausbreitungsrechnung nach DIN ISO 9613-2 setzt implizit voraus, dass die Geräuschanteile am Immissionsort (hier Direktschall, Reflexionen am Boden, sonstige Reflexionen) keine feste Phasenlage zueinander haben, und sich daher die Geräuschanteile energetisch (nicht kohärent) überlagern.

Die tonalen Abgasgeräuschkomponenten bei der Zündfolgefrequenz (hier 75 Hz) sind periodisch wiederkehrend. Der Direkt- und Reflexionsschall hat daher eine feste Phasenlage, so dass sich die Geräuschanteile kohärent überlagern.

Zur Abgrenzung des Kohärenzeinflusses wurde eine eigenständige Schallausbreitungsrechnung für das tonale Abgasgeräusch unter Berücksichtigung der kohärenten Bodenreflexion durchgeführt. Weitere Wandreflexionen bleiben diesem vereinfachten Modell unberücksichtigt. Die nachfolgende Abbildung 3 zeigt die unter Berücksichtigung der Bodenreflexion idealisierte Schallpegelabnahme für die Biogasanlage A

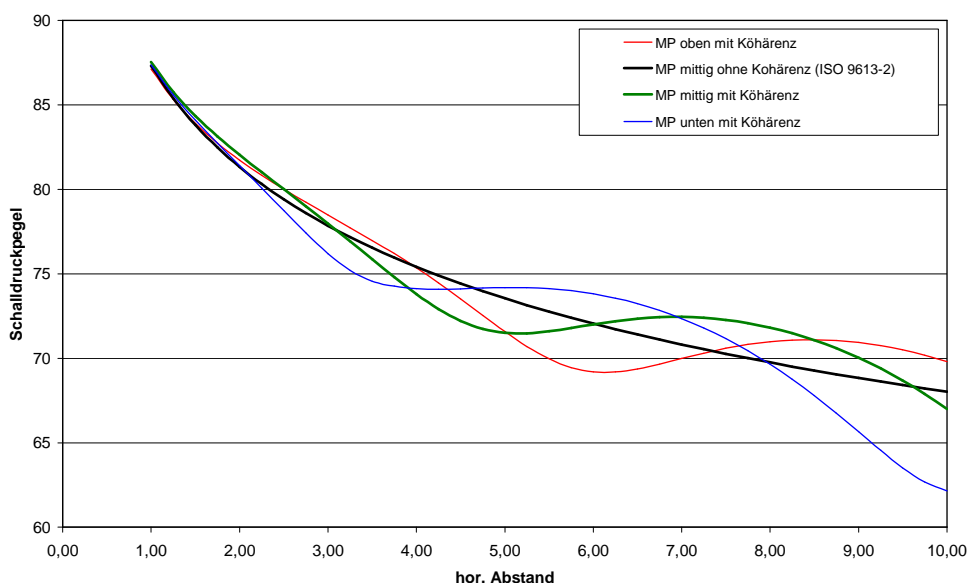


Abbildung 3: Schallpegelabnahme des 80 Hz-Terzpegels in Abstände von 1 bis 10 m von der Kaminmündung, berechnet für Messpunkte (MP) auf Höhe sowie ober- bzw. unterhalb der Kaminmündung mit Kohärenz sowie für einen Messpunkt auf Höhe der Kaminmündung ohne Kohärenz (ISO 9613-2)

Die Abweichungen von der schwarzen Linie (Berechnung nach ISO 9613-2) beschreiben den Einfluss der kohärenten Bodenreflexion. Bei den gegebenen Kaminhöhen von ca. 10 m ist eine merklicher Kohärenzeinfluss ab einem Abstand von ca. 3 m gegeben.

Vor diesem theoretischen Hintergrund werden unter Berücksichtigung der Besonderheiten der Biogasanlage C (pegelbestimmendes Fremdgeräusch) nur die Messergebnisse an den Biogasanlagen A und B näher ausgewertet und mit den theoretischen Ausbreitungskurven entsprechend Abbildung 3 verglichen.

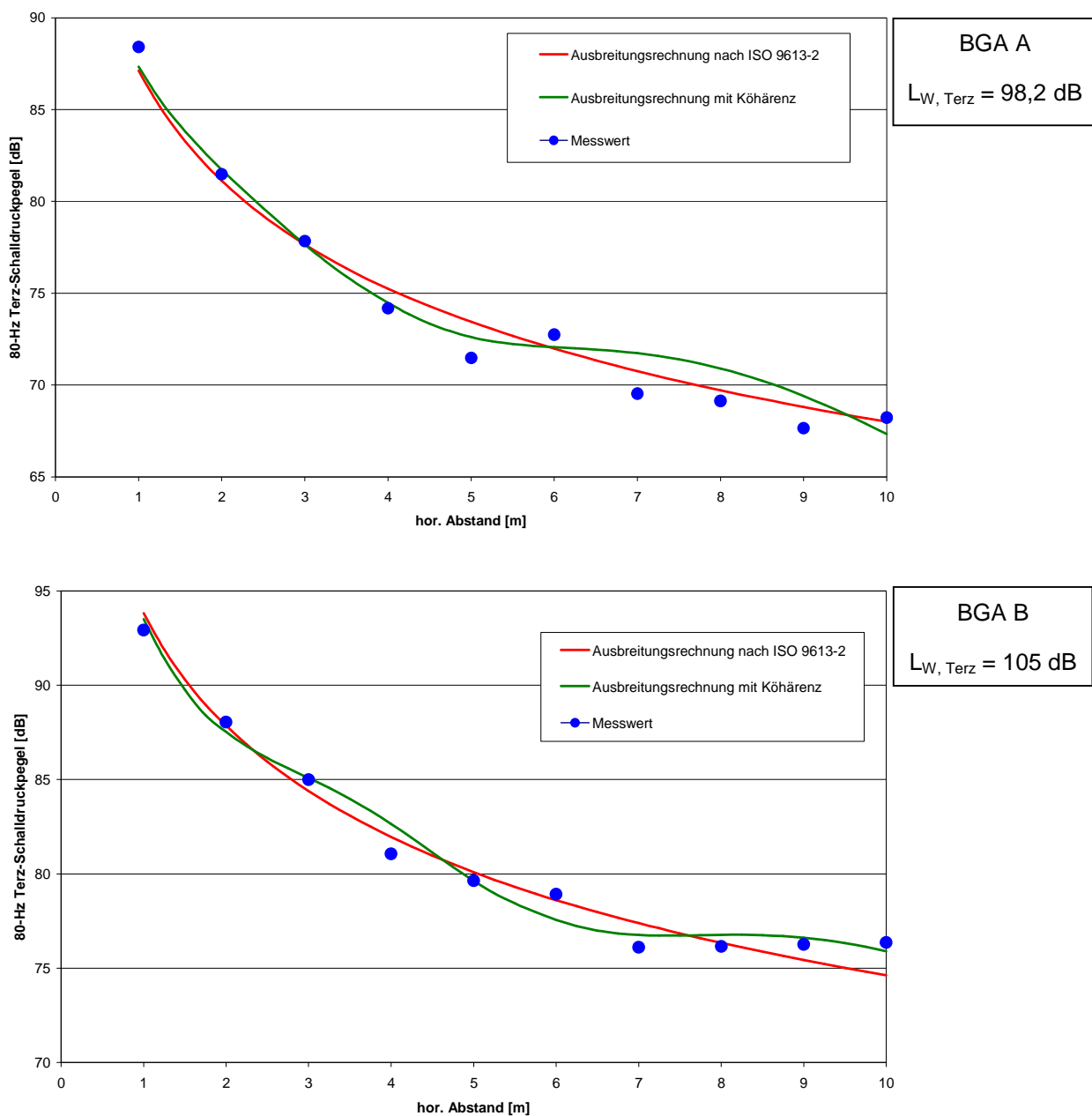


Abbildung 4: Vergleich der Mess- und Rechenwerte (lineare Schalldruckpegel in der 80 Hz-Terz) für die BGA A und BGA B

Aus diesen Darstellungen lassen sich folgende Erkenntnisse ableiten:

- Das theoretische Ausbreitungsmodell mit kohärenten Bodenreflexionen beschreibt die Messergebnisse besser als die Schallausbreitung nach ISO 9613-2.
- Die Auswertung der Schalldruckpegel in 1 m Abstand führen tendenziell zu größeren Unsicherheiten, da Nahfeldeffekte und die erhöhte Temperatur des Mediums im Nahbereich nicht kompensiert sind und der Messabstand bei Messungen mit Stativen nicht exakt eingehalten werden kann.
- Die Messergebnisse in größeren Abstand ( $\geq 4$  m) sind nicht gesichert auswertbar, da hier der Einfluss von Fremdgeräuschen und sonstiger reflektierender Wände zunimmt.
- Messabstände von 2 – 3 m sind u. E. geeignet, um den Schalleistungspegel des tonalen Abgasmündungsgeräusches zu bestimmen.
- Die Rückrechnung des Terzschalleistungspegels aus einem einzelnen Referenzmesspunkt weist noch Unsicherheiten aus, die durch die Mittelung über mehrere Messpunkte minimiert werden kann.

Der Vergleich der Mess- und Rechenwerte für die Biogasanlage C ist in Abbildung 5 dargestellt.

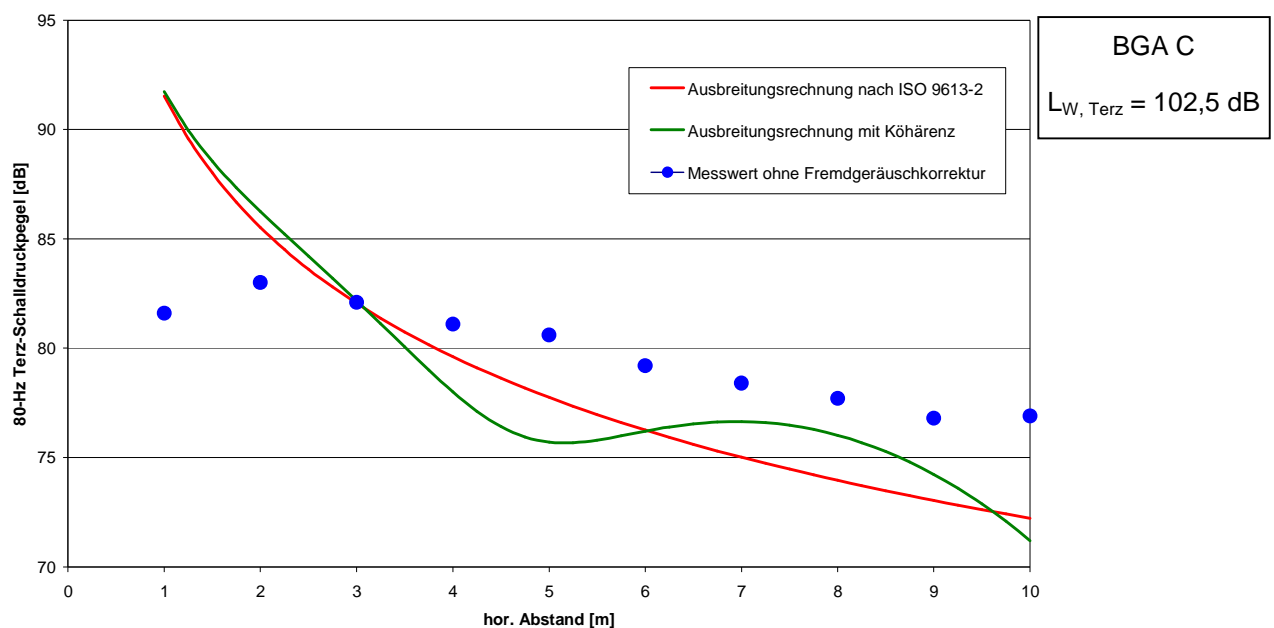


Abbildung 5: Vergleich der Mess- und Rechenwerte (lineare Schalldruckpegel in der 80 Hz-Terz) für die BGA C

Dieser Vergleich bestätigt die bereits getroffene Aussage, dass die Schalldruckpegel für die BGA C maßgeblich durch Fremdgeräusche, die nicht der Kaminmündung zuzuordnen sind, bestimmt werden.

## 4.2.5. Qualität der Messergebnisse

Die Qualität der aus dem Messergebnissen abgeleiteten Schalleistungspegel hängt von den Genauigkeit der eingesetzten Messgeräte, dem Messverfahren, der Messpunktauswahl und den Messbedingungen ab.

Im vorliegenden Fall wurden alle Messungen mit einem Klasse-1 Schallpegelmessgerät durchgeführt. Der von dem Messgerät hervorgerufene Messfehler beträgt  $< \pm 1$  dB.

Das Messverfahren entspricht dem Messverfahren nach DIN 45635 („*Geräuschmessungen an Maschinen: Luftschallemissionen, Hüllflächenverfahren*“). mit Wahl der Messpunkte in Anlehnung an die maschinenspezifische Folgenorm (Teil 47).

Durch die Mittelung der Messergebnisse über mehrere Messpunkte (2 – 4 m Abstand, möglichst mit Variation der Messpunkthöhe  $15^\circ$  oberhalb und unterhalb der Mündungsebene) wurde eine deutliche Verbesserung der Genauigkeit gegenüber der Auswertung nur eines Referenzmesspunktes erzielt.

Wir stufen die Genauigkeit der ermittelten 80-Hz Terz-Schalleistungspegel (mit tonalen Geräusche) der Biogasanlagen A und B mit  $\sigma_{\text{ges}} \leq 1,5$  dB ein.

Bei der Biogasanlage C ergibt sich aufgrund der pegelbestimmenden Fremdgeräusche eine erhöhte Messunsicherheit, die wir mit  $\sigma_{\text{ges}} \leq 3$  dB einstufen. Anzumerken ist, dass bei der Biogasanlage C die sonstigen Schallquellen der Biogasanlage pegelbestimmend und immisionsrelevant sind, so dass hier eine erhöhte Unsicherheit der schalltechnisch nachrangigen Schornsteinmündung in Hinblick auf die Gesamtgeräuschbewertung in der Nachbarschaft unkritisch ist.

Anlagen

**Schallmessung Biogasanlage A**

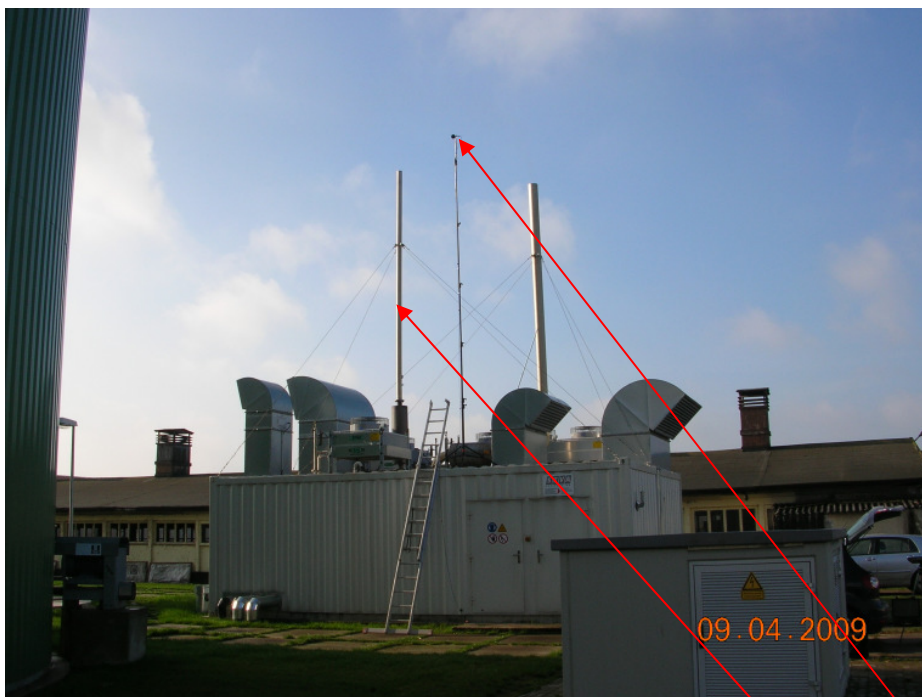


Bild 1: Blick aus nördlicher Richtung auf die Anlage (bemessener Kamin - Mikrophon)



Bild 2: Blick aus südwestlicher Richtung auf die Anlage (Mikrophon - bemessener Kamin)

**Schallmessung Biogasanlage A**

**Messergebnisse Terzfrequenz 80 Hz**

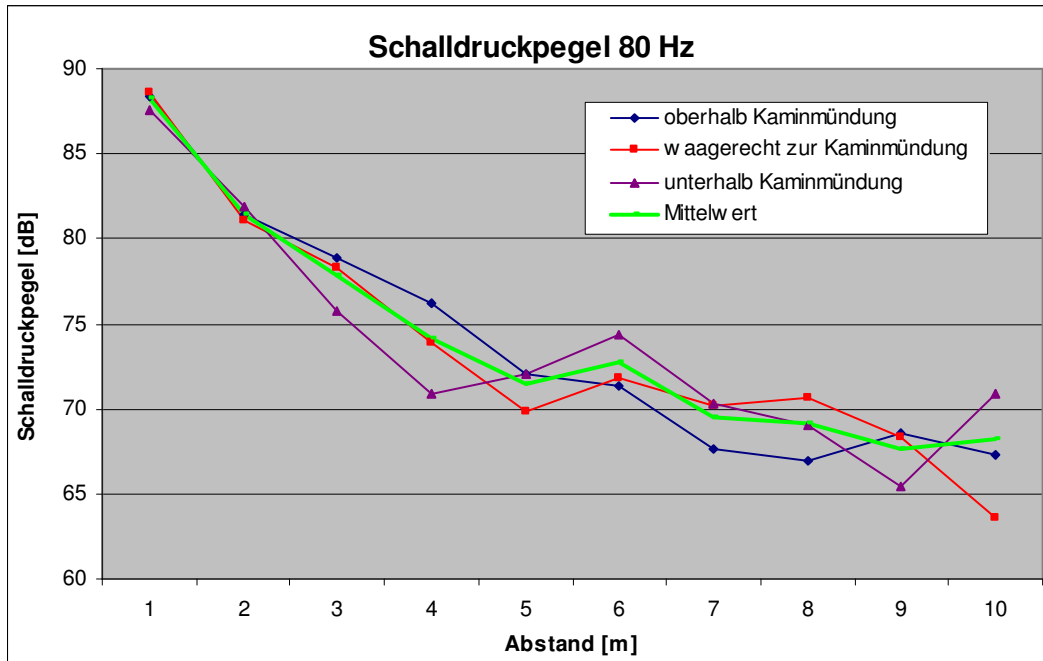


Bild 3: Diagramm mit der Darstellung der linearen Schalldruckpegel

Tabelle 1: Zusammenstellung der Messwerte (LIN) 80 Hz-Terz

Abstand [m]	Lineare Schalldruckpegel [dB]			Mittelwert [dB]
	ca. 11 m oberhalb	10 m waagerecht der Kaminmündung	ca. 9 m unterhalb	
1	88,4	88,6	87,6	88,2
2	81,4	81,1	81,9	81,5
3	78,9	78,3	75,7	77,8
4	76,2	73,9	70,9	74,2
5	72,1	69,9	72,1	71,5
6	71,4	71,8	74,4	72,7
7	67,6	70,2	70,3	69,5
8	66,9	70,7	69,0	69,1
9	68,6	68,3	65,4	67,7
10	67,3	63,6	70,9	68,2



Schallmessung Biogasanlage A

Gesamtspektren Nahbereich

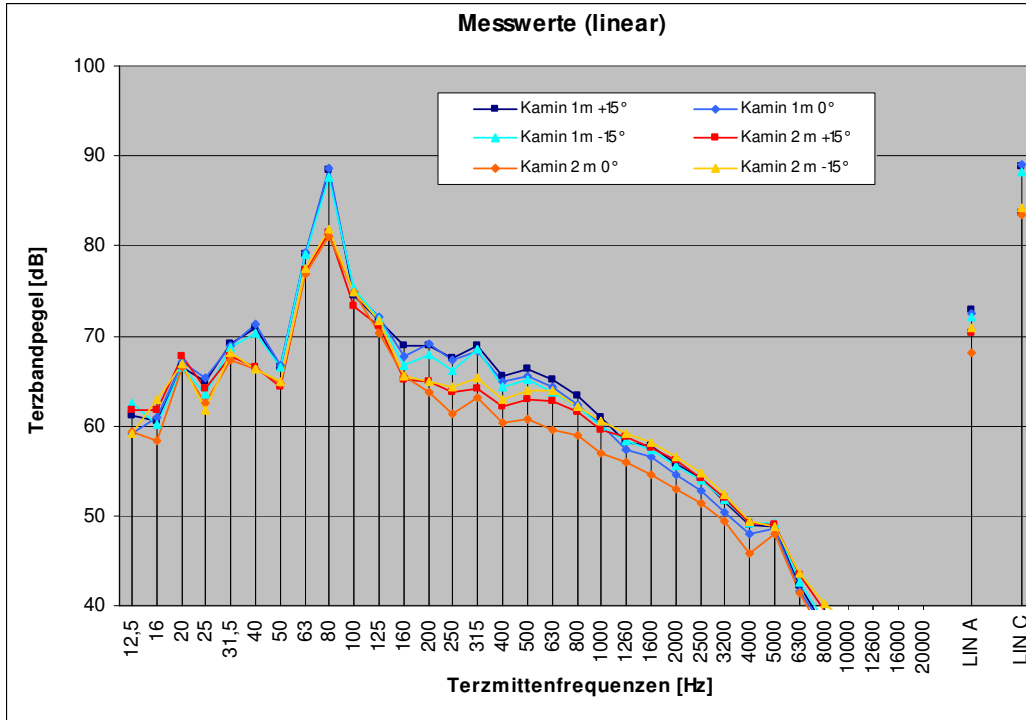


Bild 4: Gesamtspektrum (LIN) - Messpunkte in Entfernungen zum Kamin von 1 bzw. 2 m

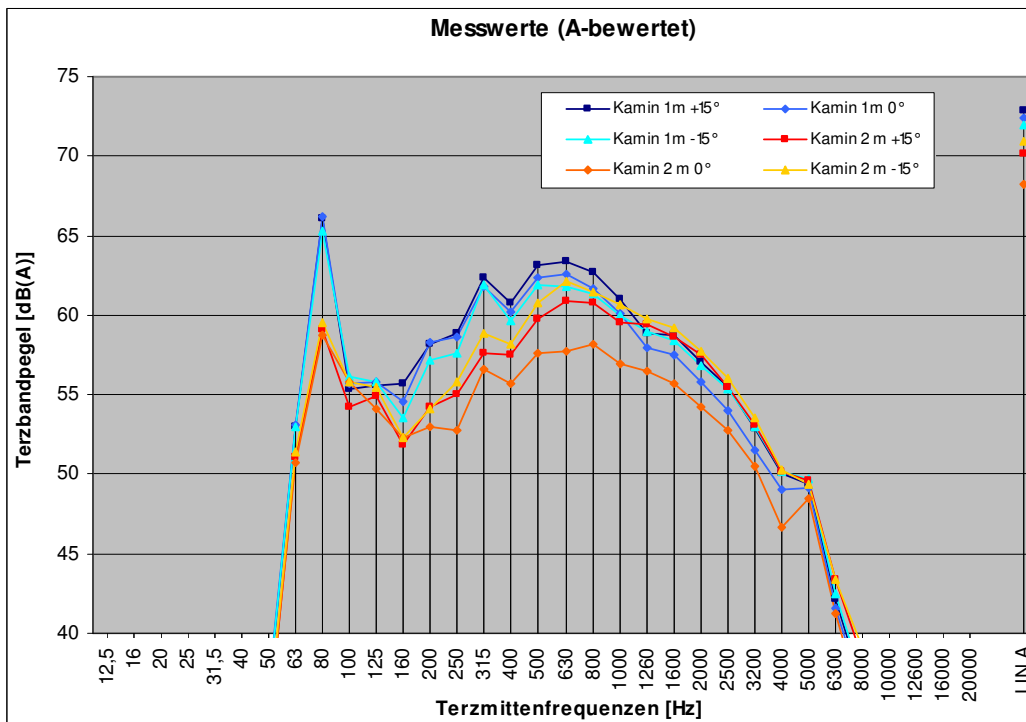


Bild 5: Gesamtspektrum (A-bewertet) - Messpunkte in Entfernungen zum Kamin von 1 bzw. 2 m

**Schallmessung Biogasanlage A**

Tabelle 2: Zusammenstellung der Messwerte (LIN) Gesamtspektrum - Messpunkte 1 bis 2 m zum Kamin

Terzband- mittenfre- quenzen	Oktavspektren, linear					
	1	2	3	4	5	6
File-Nr.	102	102	102	102	102	102
Mess-File	102	102	102	102	102	102
Aggregat	Kamin 1 m +15°	Kamin 1 m 0°	Kamin 1 m -15°	Kamin 2 m +15°	Kamin 2 m 0°	Kamin 2 m -15°
63 Hz	89,1	89,3	88,4	83,5	83,0	83,8
125 Hz	77,1	77,2	77,3	75,7	76,5	76,9
250 Hz	73,3	73,1	72,4	69,1	67,7	69,7
500 Hz	70,5	69,8	69,2	67,4	65,1	68,4
1.0 kHz	66,1	65,2	65,2	64,9	62,2	65,6
2.0 kHz	60,9	59,6	60,7	61,0	58,0	61,4
4.0 kHz	54,8	53,9	54,9	55,0	52,6	55,2
8.0 kHz	44,3	44,1	44,7	45,9	43,7	46,3
	Terzspektren, linear					
50 Hz	76,1	76,0	76,1	75,0	73,8	74,2
63 Hz	79,1	79,3	79,1	77,2	76,9	77,5
80 Hz	88,4	88,6	87,6	81,4	81,1	81,9
100 Hz	74,5	74,8	75,2	73,3	74,9	74,9
125 Hz	71,7	72,0	71,9	71,0	70,3	71,6
160 Hz	68,9	67,8	66,8	65,1	65,5	65,5
200 Hz	69,0	69,1	68,0	65,0	63,8	64,9
250 Hz	67,5	67,3	66,2	63,7	61,4	64,4
315 Hz	68,9	68,4	68,5	64,2	63,2	65,4
400 Hz	65,5	64,9	64,4	62,2	60,4	62,9
500 Hz	66,4	65,6	65,1	63,0	60,8	64,0
630 Hz	65,2	64,4	63,7	62,7	59,6	64,0
800 Hz	63,4	62,4	62,1	61,5	58,9	62,2
1.0 kHz	60,9	60,1	59,9	59,5	56,9	60,6
1.25 kHz	58,2	57,3	58,3	58,8	55,9	59,1
1.6 kHz	57,7	56,5	57,4	57,6	54,6	58,1
2.0 kHz	55,8	54,6	55,6	56,2	53,0	56,5
2.5 kHz	54,2	52,7	54,0	54,2	51,4	54,7
3.15 kHz	51,6	50,3	51,7	51,9	49,3	52,3
4.0 kHz	49,0	48,0	49,1	49,2	45,7	49,3
5.0 kHz	48,8	48,6	49,1	49,0	47,9	48,8
6.3 kHz	42,2	41,6	42,6	43,4	41,3	43,5
8.0 kHz	37,7	37,4	38,2	39,5	36,5	40,2
10.0 kHz	36,5	37,8	37,0	39,3	37,5	39,9
Gesamt	89,6	89,7	88,9	84,9	89,6	88,9

**Schallmessung Biogasanlage A**

Tabelle 3: Zusammenstellung der Messwerte (A-bewertet) Gesamtspektrum - Messpunkte 1 bis 2 m zum Kamin

Terzband- mittenfre- quenzen	Oktavspektren, A-bewertet					
	1	2	3	4	5	6
File-Nr.						
Mess-File	102	102	102	102	102	102
Aggregat	Kamin 1 m +15°	Kamin 1 m 0°	Kamin 1 m -15°	Kamin 2 m +15°	Kamin 2 m 0°	Kamin 2 m -15°
63 Hz	66,3	66,5	65,5	59,7	59,4	60,2
125 Hz	60,3	60,2	60,1	58,6	59,1	59,5
250 Hz	65,0	64,7	64,2	60,6	59,3	61,4
500 Hz	67,4	66,6	66,0	64,4	61,9	65,4
1.0 kHz	65,9	64,9	65,0	64,7	62,0	65,4
2.0 kHz	62,1	60,8	61,8	62,2	59,1	62,6
4.0 kHz	55,8	54,8	55,9	56,0	53,6	56,2
8.0 kHz	43,6	43,2	44,0	45,1	42,9	45,4
	Terzspektren, A-bewertet					
50 Hz	39,8	40,1	39,5	37,0	37,0	37,3
63 Hz	52,9	53,1	52,9	51,0	50,7	51,3
80 Hz	66,0	66,2	65,2	59,0	58,7	59,5
100 Hz	55,4	55,7	56,1	54,2	55,8	55,8
125 Hz	55,6	55,9	55,8	54,9	54,2	55,5
160 Hz	55,7	54,6	53,6	51,9	52,3	52,3
200 Hz	58,2	58,3	57,2	54,2	53,0	54,1
250 Hz	58,9	58,7	57,6	55,1	52,8	55,8
315 Hz	62,3	61,8	61,9	57,6	56,6	58,8
400 Hz	60,8	60,2	59,7	57,5	55,7	58,2
500 Hz	63,2	62,4	61,9	59,8	57,6	60,8
630 Hz	63,3	62,5	61,8	60,8	57,7	62,1
800 Hz	62,7	61,7	61,4	60,8	58,2	61,5
1.0 kHz	60,9	60,1	59,9	59,5	56,9	60,6
1.25 kHz	58,8	57,9	58,9	59,4	56,5	59,7
1.6 kHz	58,7	57,5	58,4	58,6	55,6	59,1
2.0 kHz	57,0	55,8	56,8	57,4	54,2	57,7
2.5 kHz	55,5	54,0	55,3	55,5	52,7	56,0
3.15 kHz	52,8	51,5	52,9	53,1	50,5	53,5
4.0 kHz	50,0	49,0	50,1	50,2	46,7	50,3
5.0 kHz	49,4	49,2	49,7	49,6	48,5	49,4
6.3 kHz	42,1	41,5	42,5	43,3	41,2	43,4
8.0 kHz	36,6	36,3	37,1	38,4	35,4	39,1
10.0 kHz	33,2	33,9	33,7	36,0	34,2	36,7
Gesamt	73,0	72,5	72,1	70,2	68,3	71,0

Schallmessung Biogasanlage A

Gesamtspektren Entfernungen 1 – 10 m (Messhöhe = Höhe Kaminmündung)

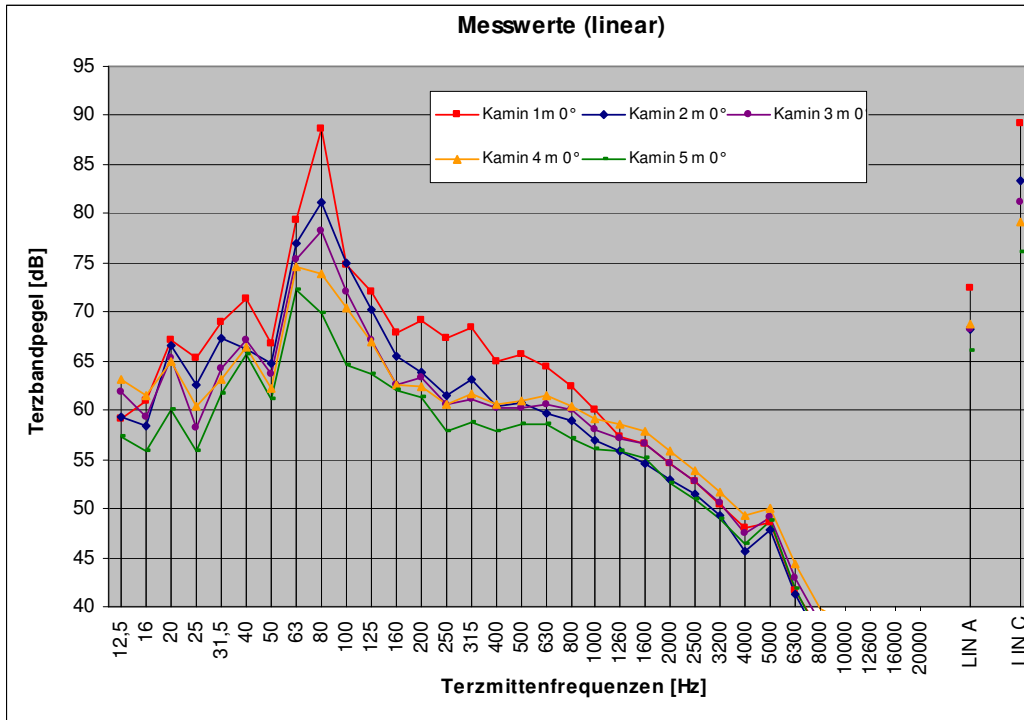


Bild 6: Gesamtspektren (LIN) - Messpunkte waagrecht zur Kaminmündung in Entfernungen zum Kamin von 1 bis 5 m

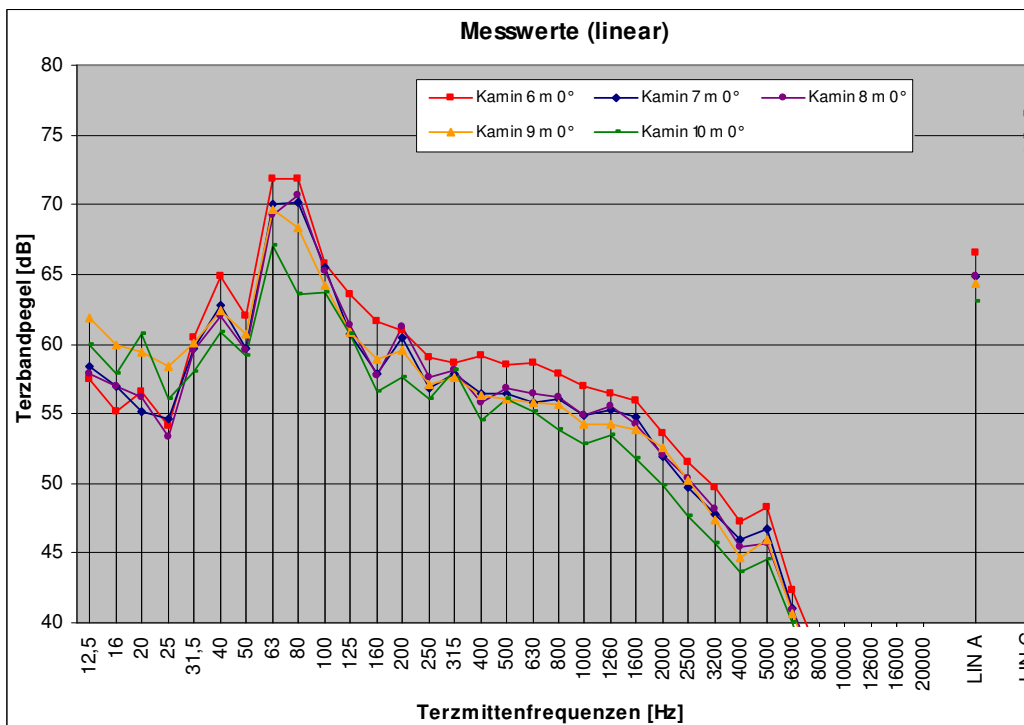


Bild 7: Gesamtspektren (LIN) - Messpunkte waagrecht zur Kaminmündung in Entfernungen zum Kamin von 6 bis 10 m

Schallmessung Biogasanlage A

Gesamtspektren Entfernungen 1 – 10 m (Messhöhe = Höhe Kaminmündung)

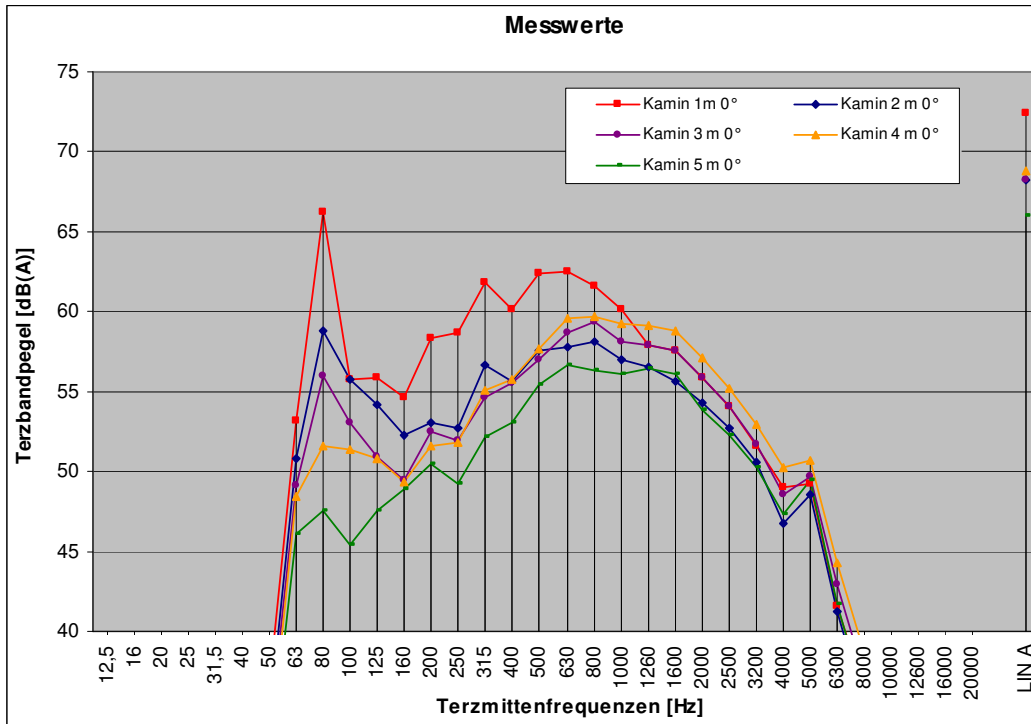


Bild 8: Gesamtspektren (A-bewertet) - Messpunkte waagrecht zur Kaminmündung in Entfernungen zum Kamin von 1 bis 5 m

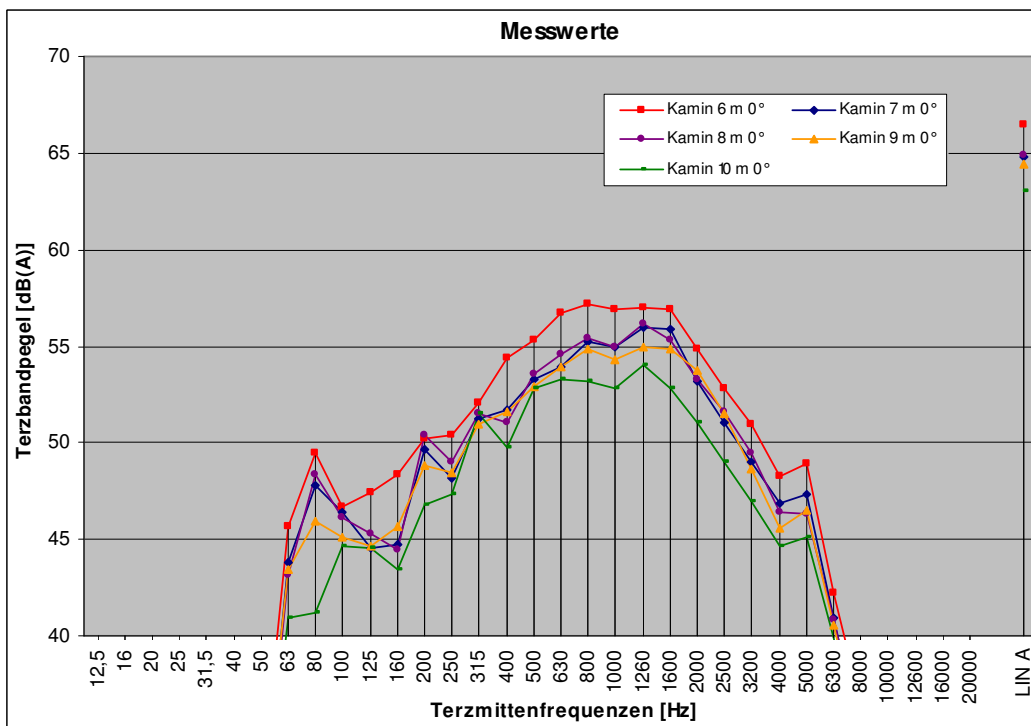


Bild 9: Gesamtspektren (A-bewertet) - Messpunkte waagrecht zur Kaminmündung in Entfernungen zum Kamin von 6 bis 10 m

**Schallmessung Biogasanlage A**

Tabelle 4: Zusammenstellung der Messwerte (LIN) Gesamtspektren - Messpunkte waagrecht zur Kaminmündung – Entfernung 1 bis 10 m zum Kamin

Terzband- mittenfre- quenzen	Oktavspektren, linear									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
File-Nr.	102	102	105	102	102	102	103	105	105	105
Mess-File	102	102	105	102	102	102	103	105	105	105
Aggregat	Kamin 1 m 0°	Kamin 2 m 0°	Kamin 3 m 0°	Kamin 4 m 0°	Kamin 5 m 0°	Kamin 6 m 0°	Kamin 7 m 0°	Kamin 8 m 0°	Kamin 9 m 0°	Kamin 10 m 0°
63 Hz	89,3	83,0	81,0	78,9	75,7	76,0	74,7	74,6	75,3	72,6
125 Hz	77,2	76,5	73,6	72,6	68,3	68,8	67,3	67,2	66,6	66,0
250 Hz	73,1	67,7	66,6	66,4	64,3	64,5	63,4	64,0	63,0	62,1
500 Hz	69,8	65,1	65,1	65,8	63,1	63,5	61,0	61,1	60,8	60,0
1.0 kHz	65,2	62,2	63,4	64,2	61,1	61,9	60,2	60,3	59,5	58,2
2.0 kHz	59,6	58,0	59,7	60,9	58,0	58,8	57,4	57,3	57,2	54,9
4.0 kHz	53,9	52,6	54,0	55,2	53,0	53,3	51,6	51,4	50,9	49,5
8.0 kHz	44,1	43,7	45,6	46,8	44,3	45,1	43,6	43,4	43,3	42,2
	Terzspektren, linear									
50 Hz	76,0	73,8	74,0	73,8	70,3	69,8	69,6	69,4	72,5	70,4
63 Hz	79,3	76,9	75,3	74,6	72,2	71,8	70,0	69,3	69,6	67,1
80 Hz	88,6	81,1	78,3	73,9	69,9	71,8	70,2	70,7	68,3	63,6
100 Hz	74,8	74,9	72,1	70,5	64,5	65,8	65,5	65,2	64,2	63,7
125 Hz	72,0	70,3	67,1	67,0	63,7	63,6	60,7	61,4	60,8	60,7
160 Hz	67,8	65,5	62,6	62,5	62,1	61,6	57,9	57,7	58,9	56,6
200 Hz	69,1	63,8	63,3	62,4	61,3	61,0	60,5	61,2	59,6	57,6
250 Hz	67,3	61,4	60,6	60,5	57,9	59,0	56,8	57,6	57,1	56,0
315 Hz	68,4	63,2	61,2	61,7	58,7	58,7	57,8	58,1	57,6	58,1
400 Hz	64,9	60,4	60,3	60,5	57,8	59,1	56,4	55,8	56,3	54,5
500 Hz	65,6	60,8	60,2	60,9	58,6	58,5	56,5	56,8	56,1	56,0
630 Hz	64,4	59,6	60,6	61,5	58,5	58,6	55,8	56,4	55,8	55,1
800 Hz	62,4	58,9	60,1	60,4	57,1	57,9	56,0	56,2	55,6	53,9
1.0 kHz	60,1	56,9	58,1	59,2	56,1	56,9	54,9	54,9	54,3	52,8
1.25 kHz	57,3	55,9	57,2	58,5	55,8	56,4	55,3	55,5	54,3	53,4
1.6 kHz	56,5	54,6	56,5	57,8	55,1	55,9	54,8	54,3	53,8	51,8
2.0 kHz	54,6	53,0	54,6	55,9	52,6	53,6	51,9	52,0	52,5	49,8
2.5 kHz	52,7	51,4	52,8	53,9	50,9	51,5	49,7	50,3	50,2	47,7
3.15 kHz	50,3	49,3	50,5	51,7	49,0	49,7	47,8	48,2	47,4	45,7
4.0 kHz	48,0	45,7	47,5	49,2	46,3	47,3	45,9	45,4	44,6	43,6
5.0 kHz	48,6	47,9	49,1	50,1	48,8	48,3	46,7	45,7	45,9	44,5
6.3 kHz	41,6	41,3	43,0	44,3	41,8	42,3	41,0	40,9	40,6	40,0
8.0 kHz	37,4	36,5	38,3	39,8	36,9	37,7	36,0	36,2	35,8	34,4
10.0 kHz	37,8	37,5	39,6	40,7	38,4	39,9	37,9	37,4	37,7	35,8
Gesamt	89,7	84,1	82,1	77,4	76,0	76,0	76,3	76,0	76,3	74,1

**Schallmessung Biogasanlage A**

Tabelle 5: Zusammenstellung der Messwerte (A-bewertet) Gesamtspektrum - Messpunkte waagrecht zur Kaminmündung – Entfernung 1 bis 10 m zum Kamin

Terzband- mittenfre- quenzen	Oktavspektren, A-bewertet									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
File-Nr. Mess-File	102	102	105	102	102	102	103	105	105	105
Aggregat	Kamin 1 m 0°	Kamin 2 m 0°	Kamin 3 m 0°	Kamin 4 m 0°	Kamin 5 m 0°	Kamin 6 m 0°	Kamin 7 m 0°	Kamin 8 m 0°	Kamin 9 m 0°	Kamin 10 m 0°
63 Hz	66,5	59,4	56,8	53,3	50,0	51,1	49,4	49,6	48,0	44,3
125 Hz	60,2	59,1	56,1	55,4	52,3	52,3	50,1	50,1	49,9	49,0
250 Hz	64,7	59,3	57,9	57,9	55,6	55,8	54,6	55,2	54,3	53,9
500 Hz	66,6	61,9	62,1	62,8	60,0	60,4	57,8	58,1	57,7	57,0
1.0 kHz	64,9	62,0	63,3	64,1	61,1	61,8	60,2	60,3	59,5	58,1
2.0 kHz	60,8	59,1	60,8	62,1	59,1	60,0	58,6	58,4	58,3	56,0
4.0 kHz	54,8	53,6	55,0	56,2	53,9	54,3	52,6	52,4	51,9	50,4
8.0 kHz	43,2	42,9	44,7	45,9	43,4	44,1	42,6	42,5	42,2	41,4
	Terzspektren, A-bewertet									
50 Hz	40,1	37,0	36,5	35,4	34,3	34,4	32,3	31,8	32,7	31,2
63 Hz	53,1	50,7	49,1	48,4	46,0	45,6	43,8	43,1	43,4	40,9
80 Hz	66,2	58,7	55,9	51,5	47,5	49,4	47,8	48,3	45,9	41,2
100 Hz	55,7	55,8	53,0	51,4	45,4	46,7	46,4	46,1	45,1	44,6
125 Hz	55,9	54,2	51,0	50,9	47,6	47,5	44,6	45,3	44,7	44,6
160 Hz	54,6	52,3	49,4	49,3	48,9	48,4	44,7	44,5	45,7	43,4
200 Hz	58,3	53,0	52,5	51,6	50,5	50,2	49,7	50,4	48,8	46,8
250 Hz	58,7	52,8	52,0	51,9	49,3	50,4	48,2	49,0	48,5	47,4
315 Hz	61,8	56,6	54,6	55,1	52,1	52,1	51,2	51,5	51,0	51,5
400 Hz	60,2	55,7	55,6	55,8	53,1	54,4	51,7	51,1	51,6	49,8
500 Hz	62,4	57,6	57,0	57,7	55,4	55,3	53,3	53,6	52,9	52,8
630 Hz	62,5	57,7	58,7	59,6	56,6	56,7	53,9	54,5	53,9	53,2
800 Hz	61,7	58,2	59,4	59,7	56,4	57,2	55,3	55,5	54,9	53,2
1.0 kHz	60,1	56,9	58,1	59,2	56,1	56,9	54,9	54,9	54,3	52,8
1.25 kHz	57,9	56,5	57,8	59,1	56,4	57,0	55,9	56,1	54,9	54,0
1.6 kHz	57,5	55,6	57,5	58,8	56,1	56,9	55,8	55,3	54,8	52,8
2.0 kHz	55,8	54,2	55,8	57,1	53,8	54,8	53,1	53,2	53,7	51,0
2.5 kHz	54,0	52,7	54,1	55,2	52,2	52,8	51,0	51,6	51,5	49,0
3.15 kHz	51,5	50,5	51,7	52,9	50,2	50,9	49,0	49,4	48,6	46,9
4.0 kHz	49,0	46,7	48,5	50,2	47,3	48,3	46,9	46,4	45,6	44,6
5.0 kHz	49,2	48,5	49,7	50,7	49,4	48,9	47,3	46,3	46,5	45,1
6.3 kHz	41,5	41,2	42,9	44,2	41,7	42,2	40,9	40,8	40,5	39,9
8.0 kHz	36,3	35,4	37,2	38,7	35,8	36,6	34,9	35,1	34,7	33,3
10.0 kHz	33,9	34,2	36,5	37,3	35,1	36,3	34,5	34,0	33,7	32,3
Gesamt	72,5	68,3	68,3	68,9	66,0	66,6	64,8	65,0	64,4	63,1

**Schallmessung Biogasanlage B**



Bild 1: Blick aus südwestlicher Richtung auf die Anlage (Kamin - Mikrophon)



**Schallmessung Biogasanlage B**

**Messergebnisse Terzfrequenz 80 Hz**

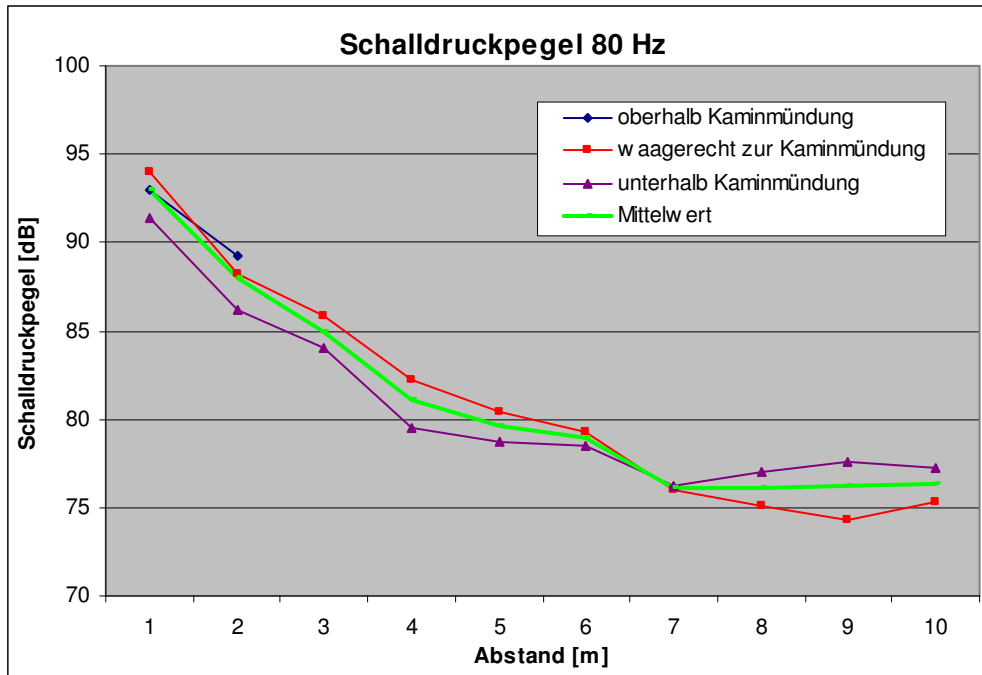


Bild 2: Diagramm mit der Darstellung der linearen Schalldruckpegel

Tabelle 1: Zusammenstellung der Messwerte (LIN) 80 Hz-Terz

Abstand [m]	Lineare Schalldruckpegel [dB]			Mittelwert [dB]
	ca. 12 - 13 m oberhalb	11,7 m waagrecht der Kaminmündung	ca. 10,7 - 10 m unterhalb	
1	93,0	94,0	91,4	92,9
2	89,2	88,2	86,2	88,0
3		85,8	84,0	85,0
4		82,2	79,5	81,1
5		80,4	78,7	79,6
6		79,3	78,5	78,9
7		76,0	76,2	76,1
8		75,1	77,0	76,2
9		74,3	77,6	76,3
10		75,3	77,2	76,4

**Schallmessung Biogasanlage B**

**Gesamtspektren Nahbereich (1 – 2 m)**

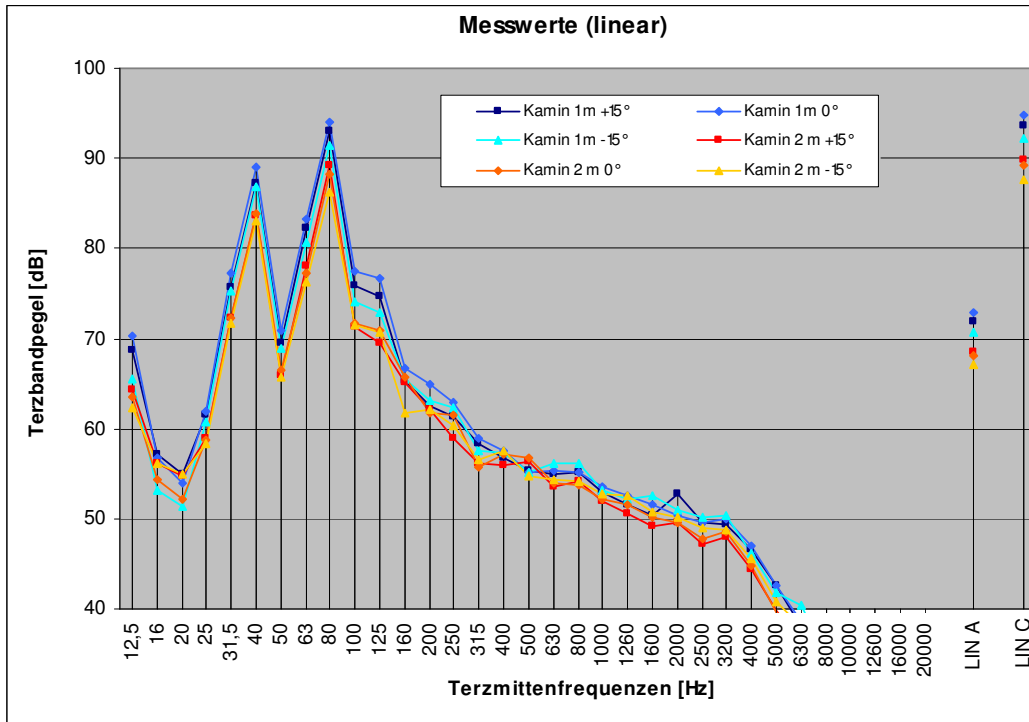


Bild 3: Gesamtspektren (LIN) - Messpunkte in Entfernungen zum Kamin von 1 bzw. 2 m

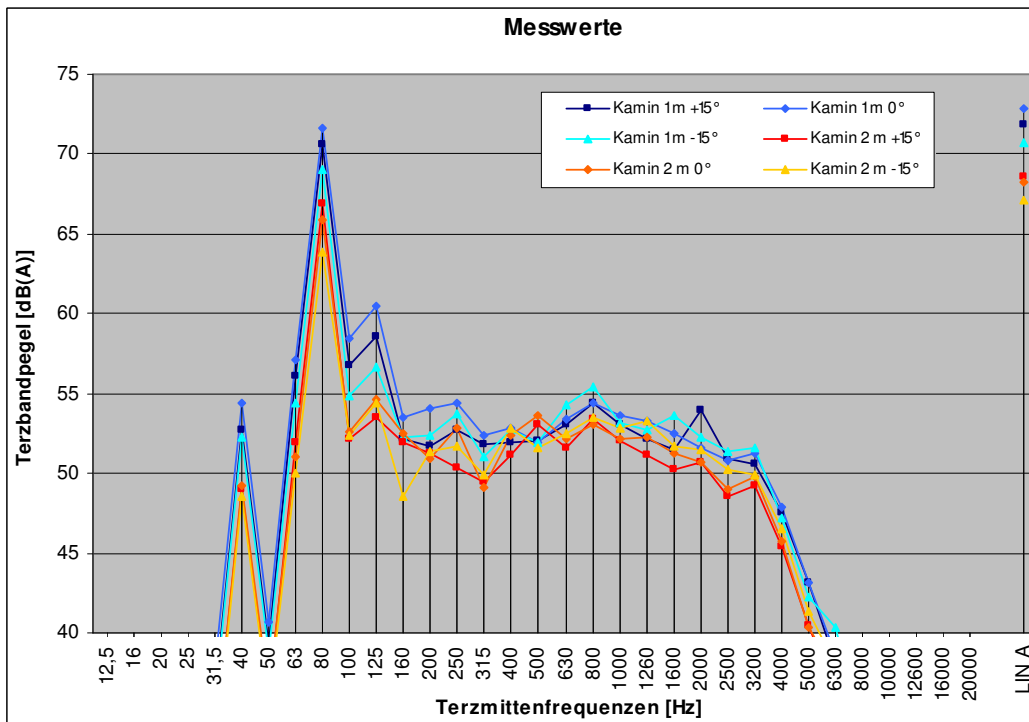


Bild 4: Gesamtspektren (A-bewertet) - Messpunkte in Entfernungen zum Kamin von 1 bzw. 2 m

**Schallmessung Biogasanlage B**

Tabelle 2: Zusammenstellung der Messwerte (LIN) Gesamtspektrum - Messpunkte 1 bis 2 m zum Kamin

Terzband- mittenfre- quenzen	Oktavspektren, linear					
	1	2	3	4	5	6
File-Nr.						
Mess-File	201	201	201	202	202	202
Aggregat	Kamin 1 m +15°	Kamin 1 m 0°	Kamin 1 m -15°	Kamin 2 m +15°	Kamin 2 m 0°	Kamin 2 m -15°
63 Hz	94,4	95,6	93,1	90,6	89,9	88,4
125 Hz	78,6	80,3	76,8	74,1	74,8	74,3
250 Hz	65,9	67,7	66,4	64,5	65,1	65,0
500 Hz	60,5	60,9	61,1	60,2	60,9	60,6
1.0 kHz	58,2	58,7	58,9	57,2	57,4	58,0
2.0 kHz	55,9	55,3	56,1	53,5	54,0	54,8
4.0 kHz	51,7	52,2	52,1	50,0	50,5	50,8
8.0 kHz	41,1	41,8	42,2	38,8	39,7	40,0
	Terzspektren, linear					
50 Hz	87,7	89,4	87,3	84,1	84,2	83,6
63 Hz	82,3	83,3	80,6	78,1	77,2	76,2
80 Hz	93,0	94,0	91,4	89,2	88,2	86,2
100 Hz	75,9	77,5	74,0	71,2	71,7	71,5
125 Hz	74,7	76,6	72,8	69,6	70,8	70,6
160 Hz	65,4	66,7	65,5	65,1	65,7	61,8
200 Hz	62,5	64,9	63,2	62,1	61,7	62,2
250 Hz	61,4	63,0	62,4	59,0	61,5	60,3
315 Hz	58,4	59,0	57,6	56,1	55,7	56,5
400 Hz	56,7	57,6	57,4	55,9	57,1	57,6
500 Hz	55,3	55,1	55,1	56,3	56,8	54,8
630 Hz	54,9	55,3	56,1	53,5	54,0	54,4
800 Hz	55,1	55,1	56,2	54,1	53,8	54,2
1.0 kHz	53,0	53,6	53,1	52,0	52,1	52,8
1.25 kHz	51,5	52,6	52,1	50,5	51,6	52,6
1.6 kHz	50,4	51,5	52,6	49,2	50,2	50,7
2.0 kHz	52,7	50,3	51,0	49,5	49,5	50,2
2.5 kHz	49,6	49,5	50,1	47,2	47,7	48,9
3.15 kHz	49,3	50,0	50,3	48,0	48,6	48,7
4.0 kHz	46,5	46,9	46,2	44,4	44,7	45,5
5.0 kHz	42,6	42,6	41,7	39,9	39,7	40,7
6.3 kHz	38,1	38,7	40,4	36,2	37,6	38,0
8.0 kHz	34,7	35,6	34,7	31,8	32,0	32,6
10.0 kHz	35,3	36,0	34,0	32,8	33,1	32,8
Gesamt	94,5	95,7	93,2	88,6	94,5	93,2

**Schallmessung Biogasanlage B**

Tabelle 3: Zusammenstellung der Messwerte (A-bewertet) Gesamtspektren - Messpunkte 1 bis 2 m zum Kamin

Terzband- mittenfre- quenzen	Oktavspektren, A-bewertet					
	1	2	3	4	5	6
File-Nr.						
Mess-File	201	201	201	202	202	202
Aggregat	Kamin 1 m +15°	Kamin 1 m 0°	Kamin 1 m -15°	Kamin 2 m +15°	Kamin 2 m 0°	Kamin 2 m -15°
63 Hz	70,9	71,9	69,3	67,1	66,1	64,2
125 Hz	61,3	63,1	59,7	57,3	58,1	57,2
250 Hz	56,9	58,5	57,3	55,2	56,0	55,8
500 Hz	57,2	57,6	57,8	56,8	57,5	57,1
1.0 kHz	58,0	58,5	58,7	57,0	57,3	58,0
2.0 kHz	57,1	56,5	57,3	54,7	55,2	56,0
4.0 kHz	52,8	53,3	53,3	51,1	51,6	52,0
8.0 kHz	40,0	40,7	41,5	37,8	38,9	39,3
	Terzspektren, A-bewertet					
50 Hz	53,0	54,7	52,6	49,3	49,5	48,8
63 Hz	56,1	57,1	54,4	51,9	51,0	50,0
80 Hz	70,6	71,6	69,0	66,8	65,8	63,8
100 Hz	56,8	58,4	54,9	52,1	52,6	52,4
125 Hz	58,6	60,5	56,7	53,5	54,7	54,5
160 Hz	52,2	53,5	52,3	51,9	52,5	48,6
200 Hz	51,7	54,1	52,4	51,3	50,9	51,4
250 Hz	52,8	54,4	53,8	50,4	52,9	51,7
315 Hz	51,8	52,4	51,0	49,5	49,1	49,9
400 Hz	52,0	52,9	52,7	51,2	52,4	52,9
500 Hz	52,1	51,9	51,9	53,1	53,6	51,6
630 Hz	53,0	53,4	54,2	51,6	52,1	52,5
800 Hz	54,4	54,4	55,5	53,4	53,1	53,5
1.0 kHz	53,0	53,6	53,1	52,0	52,1	52,8
1.25 kHz	52,1	53,2	52,7	51,1	52,2	53,2
1.6 kHz	51,4	52,5	53,6	50,2	51,2	51,7
2.0 kHz	53,9	51,5	52,2	50,7	50,7	51,4
2.5 kHz	50,9	50,8	51,4	48,5	49,0	50,2
3.15 kHz	50,5	51,2	51,5	49,2	49,8	49,9
4.0 kHz	47,5	47,9	47,2	45,4	45,7	46,5
5.0 kHz	43,2	43,2	42,3	40,5	40,3	41,3
6.3 kHz	38,0	38,6	40,3	36,1	37,5	37,9
8.0 kHz	33,6	34,5	33,6	30,7	30,9	31,5
10.0 kHz	31,3	32,0	29,9	28,7	29,1	29,1
Gesamt	72,0	73,0	70,8	68,7	68,3	67,2

Schallmessung Biogasanlage B

Gesamtspektren Entfernungen 1 – 10 m (Messhöhe = Höhe Kaminmündung)

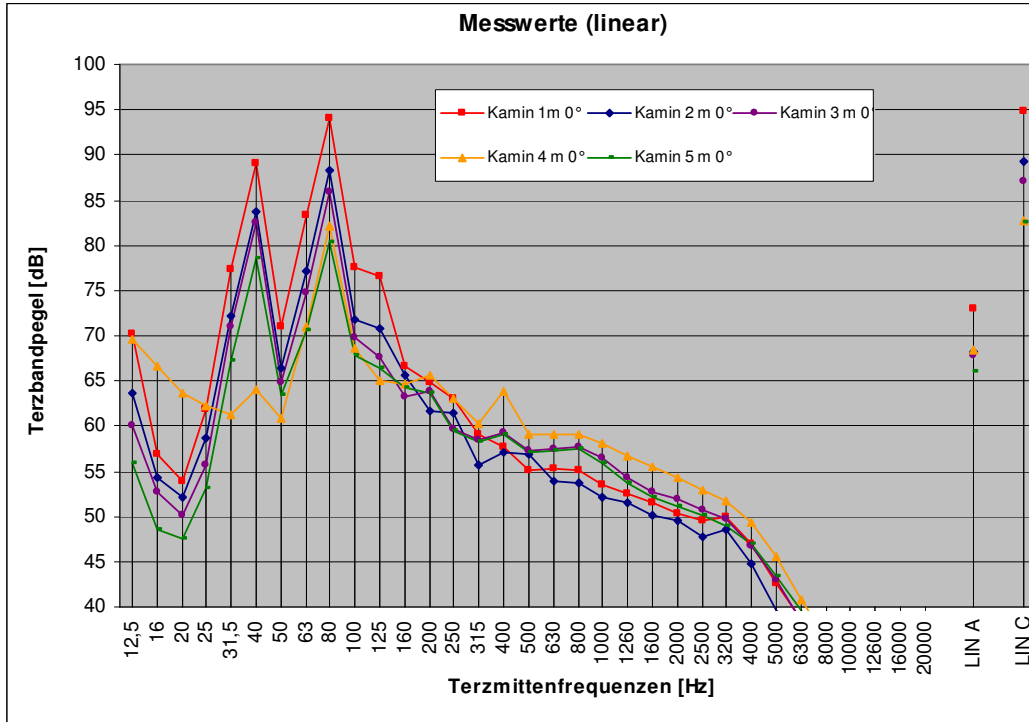


Bild 5: Gesamtspektren (LIN) - Messpunkte waagrecht zur Kaminmündung in Entfernungen zum Kamin von 1 bis 5 m

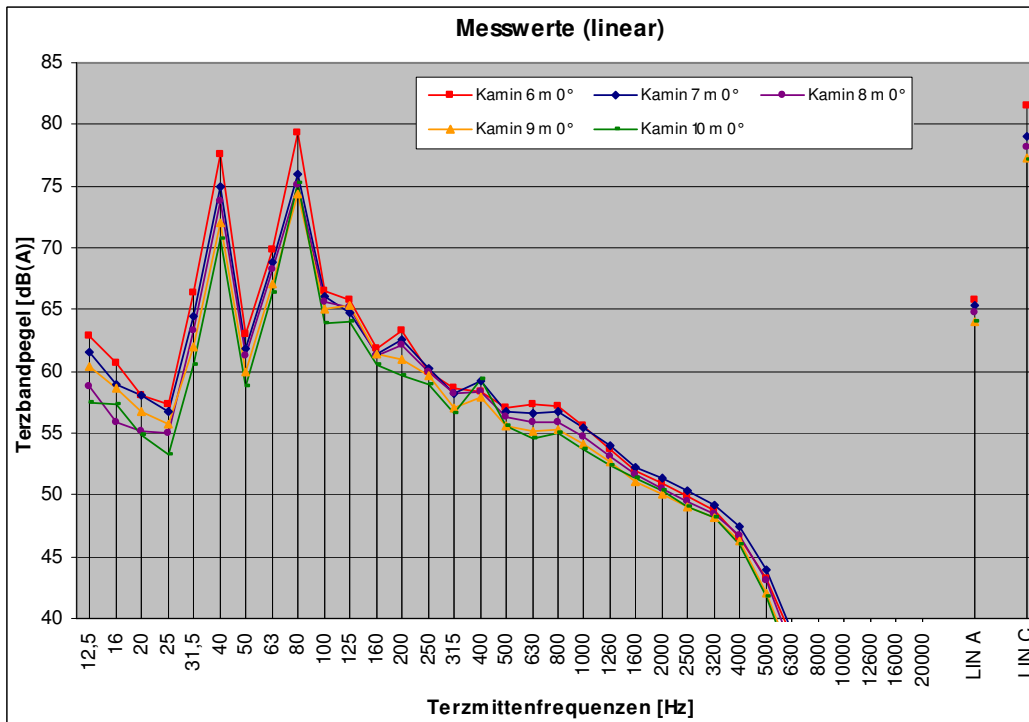


Bild 6: Gesamtspektren (LIN) - Messpunkte waagrecht zur Kaminmündung in Entfernungen zum Kamin von 6 bis 10 m

Schallmessung Biogasanlage B

Gesamtspektren Entfernungen 1 – 10 m (Messhöhe = Höhe Kaminmündung)

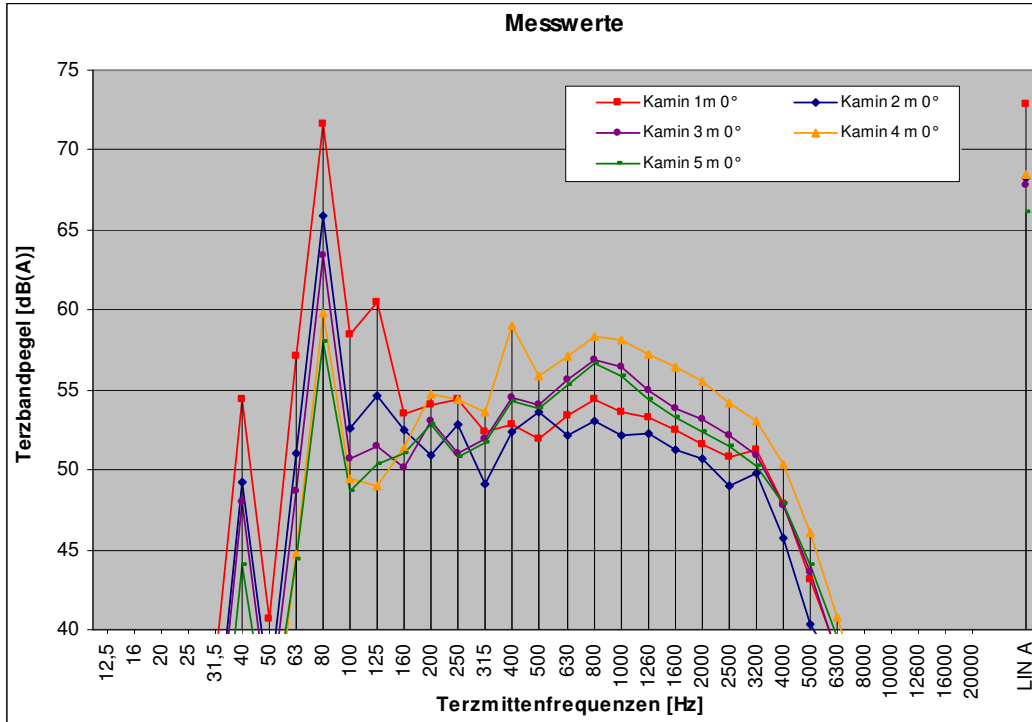


Bild 7: Gesamtspektren (A-bewertet) - Messpunkte waagrecht zur Kaminmündung in Entfernungen zum Kamin von 1 bis 5 m

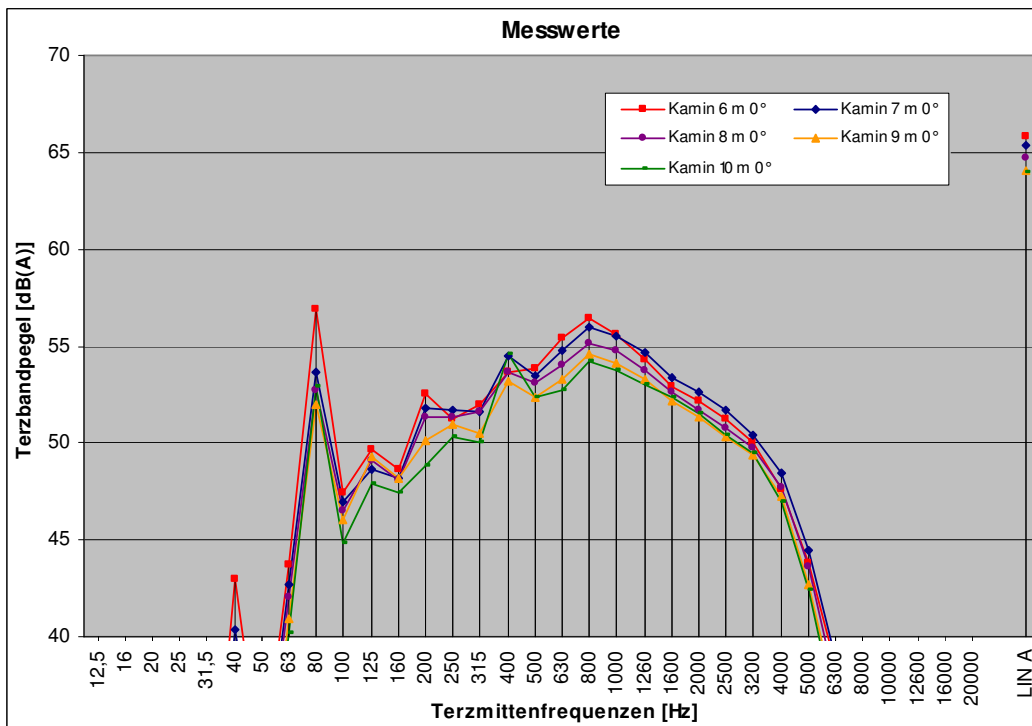


Bild 8: Gesamtspektren (A-bewertet) - Messpunkte waagrecht zur Kaminmündung in Entfernungen zum Kamin von 6 bis 10 m

**Schallmessung Biogasanlage B**

Tabelle 4: Zusammenstellung der Messwerte (LIN) Gesamtspektren - Messpunkte waagrecht zur Kaminmündung – Entfernung 1 bis 10 m zum Kamin

Terzband- mittenfre- quenzen	Oktavspektren, linear									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
File-Nr. Mess-File	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210
Aggregat	Kamin 1 m 0°	Kamin 2 m 0°	Kamin 3 m 0°	Kamin 4 m 0°	Kamin 5 m 0°	Kamin 6 m 0°	Kamin 7 m 0°	Kamin 8 m 0°	Kamin 9 m 0°	Kamin 10 m 0°
63 Hz	95,6	89,9	87,9	84,7	83,1	82,5	79,8	78,6	78,1	77,7
125 Hz	80,3	74,8	72,4	71,3	71,2	69,9	69,3	69,2	69,1	67,9
250 Hz	67,7	65,1	66,1	68,2	65,8	65,8	65,5	65,2	64,2	63,3
500 Hz	60,9	60,9	62,9	66,0	62,6	62,4	62,4	61,8	61,2	61,8
1.0 kHz	58,7	57,4	61,1	62,8	60,7	60,5	60,3	59,5	58,9	58,6
2.0 kHz	55,3	54,0	56,7	59,1	56,0	55,7	56,2	55,4	54,9	55,1
4.0 kHz	52,2	50,5	52,1	54,3	51,8	51,5	52,1	51,4	50,9	50,8
8.0 kHz	41,8	39,7	40,7	43,1	42,3	40,7	41,3	40,2	39,6	38,9
	Terzspektren, linear									
50 Hz	89,4	84,2	83,0	80,7	79,1	79,1	76,9	75,3	75,0	73,1
63 Hz	83,3	77,2	74,8	70,9	70,5	69,9	68,8	68,2	67,1	66,3
80 Hz	94,0	88,2	85,8	82,2	80,4	79,3	76,0	75,1	74,3	75,3
100 Hz	77,5	71,7	69,8	68,6	67,8	66,5	66,1	65,6	65,1	63,9
125 Hz	76,6	70,8	67,6	65,1	66,5	65,8	64,8	65,2	65,4	64,0
160 Hz	66,7	65,7	63,3	64,6	64,2	61,8	61,4	61,3	61,4	60,6
200 Hz	64,9	61,7	63,8	65,6	63,6	63,3	62,6	62,1	60,9	59,6
250 Hz	63,0	61,5	59,7	63,0	59,4	59,9	60,3	60,0	59,6	58,9
315 Hz	59,0	55,7	58,5	60,2	58,3	58,6	58,2	58,2	57,1	56,6
400 Hz	57,6	57,1	59,2	63,8	59,0	58,4	59,2	58,4	57,9	59,3
500 Hz	55,1	56,8	57,3	59,1	57,0	57,0	56,7	56,3	55,6	55,6
630 Hz	55,3	54,0	57,5	59,0	57,2	57,3	56,6	55,9	55,1	54,6
800 Hz	55,1	53,8	57,6	59,1	57,4	57,2	56,7	55,9	55,3	55,0
1.0 kHz	53,6	52,1	56,4	58,1	55,8	55,6	55,5	54,7	54,1	53,7
1.25 kHz	52,6	51,6	54,3	56,6	53,8	53,7	54,0	53,1	52,6	52,4
1.6 kHz	51,5	50,2	52,8	55,4	52,2	51,9	52,3	51,6	51,1	51,3
2.0 kHz	50,3	49,5	51,9	54,3	51,1	50,9	51,4	50,5	50,1	50,3
2.5 kHz	49,5	47,7	50,8	52,9	50,2	49,9	50,4	49,5	49,0	49,1
3.15 kHz	50,0	48,6	49,7	51,8	49,0	48,8	49,2	48,5	48,1	48,2
4.0 kHz	46,9	44,7	46,8	49,3	46,9	46,6	47,4	46,7	46,2	46,0
5.0 kHz	42,6	39,7	43,0	45,5	43,4	43,2	43,9	43,0	42,1	41,8
6.3 kHz	38,7	37,6	38,5	40,8	39,6	38,6	39,0	37,6	36,8	36,2
8.0 kHz	35,6	32,0	34,3	36,4	35,5	34,2	34,4	33,0	33,0	32,4
10.0 kHz	36,0	33,1	33,1	35,8	36,2	32,6	34,4	34,5	33,8	32,6
Gesamt	95,7	90,1	88,0	82,9	80,5	79,4	78,9	79,4	78,9	78,4

**Schallmessung Biogasanlage B**

Tabelle 5: Zusammenstellung der Messwerte (A-bewertet) Gesamtspektren - Messpunkte waagrecht zur Kaminmündung – Entfernung 1 bis 10 m zum Kamin

Terzband- mittenfre- quenzen	Oktavspektren, A-bewertet									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
File-Nr. Mess-File	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210
Aggregat	Kamin 1 m 0°	Kamin 2 m 0°	Kamin 3 m 0°	Kamin 4 m 0°	Kamin 5 m 0°	Kamin 6 m 0°	Kamin 7 m 0°	Kamin 8 m 0°	Kamin 9 m 0°	Kamin 10 m 0°
63 Hz	71,9	66,1	63,7	60,0	58,4	57,3	54,2	53,3	52,4	53,3
125 Hz	63,1	58,1	55,6	54,9	54,9	53,4	52,8	52,8	52,8	51,6
250 Hz	58,5	56,0	56,8	59,1	56,6	56,7	56,5	56,2	55,3	54,5
500 Hz	57,6	57,5	59,6	62,3	59,3	59,2	59,0	58,4	57,7	58,1
1.0 kHz	58,5	57,3	60,9	62,7	60,5	60,3	60,2	59,4	58,8	58,5
2.0 kHz	56,5	55,2	57,9	60,3	57,2	56,9	57,4	56,6	56,1	56,3
4.0 kHz	53,3	51,6	53,2	55,4	52,8	52,6	53,2	52,5	52,0	51,9
8.0 kHz	40,7	38,9	40,0	42,3	41,3	40,0	40,5	39,2	38,6	38,0
	Terzspektren, A-bewertet									
50 Hz	54,7	49,5	48,3	33,6	44,5	43,5	41,1	40,0	38,2	37,0
63 Hz	57,1	51,0	48,6	44,7	44,3	43,7	42,6	42,0	40,9	40,1
80 Hz	71,6	65,8	63,4	59,8	58,0	56,9	53,6	52,7	51,9	52,9
100 Hz	58,4	52,6	50,7	49,5	48,7	47,4	47,0	46,5	46,0	44,8
125 Hz	60,5	54,7	51,5	49,0	50,4	49,7	48,7	49,1	49,3	47,9
160 Hz	53,5	52,5	50,1	51,4	51,0	48,6	48,2	48,1	48,2	47,4
200 Hz	54,1	50,9	53,0	54,8	52,8	52,5	51,8	51,3	50,1	48,8
250 Hz	54,4	52,9	51,1	54,4	50,8	51,3	51,7	51,4	51,0	50,3
315 Hz	52,4	49,1	51,9	53,6	51,7	52,0	51,6	51,6	50,5	50,0
400 Hz	52,9	52,4	54,5	59,1	54,3	53,7	54,5	53,7	53,2	54,6
500 Hz	51,9	53,6	54,1	55,9	53,8	53,8	53,5	53,1	52,4	52,4
630 Hz	53,4	52,1	55,6	57,1	55,3	55,4	54,7	54,0	53,2	52,7
800 Hz	54,4	53,1	56,9	58,4	56,7	56,5	56,0	55,2	54,6	54,3
1.0 kHz	53,6	52,1	56,4	58,1	55,8	55,6	55,5	54,7	54,1	53,7
1.25 kHz	53,2	52,2	54,9	57,2	54,4	54,3	54,6	53,7	53,2	53,0
1.6 kHz	52,5	51,2	53,8	56,4	53,2	52,9	53,3	52,6	52,1	52,3
2.0 kHz	51,5	50,7	53,1	55,5	52,3	52,1	52,6	51,7	51,3	51,5
2.5 kHz	50,8	49,0	52,1	54,2	51,5	51,2	51,7	50,8	50,3	50,4
3.15 kHz	51,2	49,8	50,9	53,0	50,2	50,0	50,4	49,7	49,3	49,4
4.0 kHz	47,9	45,7	47,8	50,3	47,9	47,6	48,4	47,7	47,2	47,0
5.0 kHz	43,2	40,3	43,6	46,1	44,0	43,8	44,5	43,6	42,7	42,4
6.3 kHz	38,6	37,5	38,4	40,7	39,5	38,5	38,9	37,5	36,7	36,1
8.0 kHz	34,5	30,9	33,2	35,3	34,4	33,1	33,3	31,9	31,9	31,3
10.0 kHz	32,0	29,1	29,7	32,3	32,7	29,4	30,7	30,5	30,0	29,3
Gesamt	73,0	68,3	67,9	68,5	66,2	65,8	65,5	64,8	64,2	64,1



**Schallmessung Biogasanlage C**



Bild 1: Blick aus westlicher Richtung auf die Anlage (Kamin)



Bild 2: Blick aus südlicher Richtung auf die Anlage (Mikrophon – Kamin)



Bild 3: Blick aus östlicher Richtung auf die Anlage (Rückkühler – Kamin)

**Schallmessung Biogasanlage C**

**Messergebnisse Terzfrequenz 80 Hz**

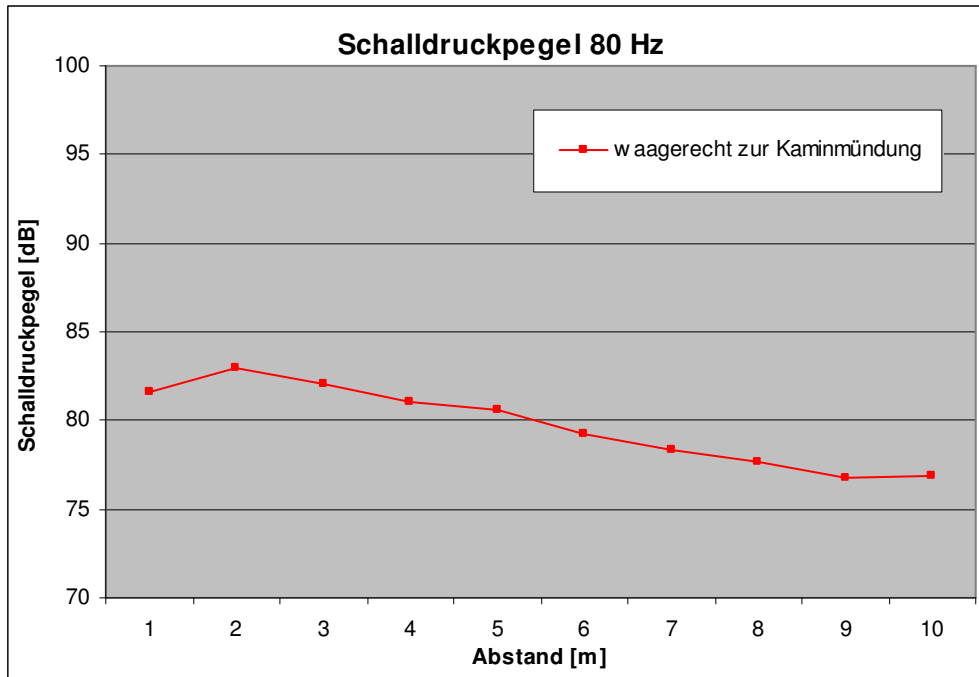


Bild 4: Diagramm mit der Darstellung der linearen Schalldruckpegel

Tabelle 1: Zusammenstellung der Messwerte (LIN) 80 Hz-Terz

Abstand [m]	Lineare Schalldruckpegel [dB]			Mittelwert [dB]
	oberhalb	10 m waagerecht der Kaminmündung	unterhalb	
1		81,6		-
2		83,0		-
3		82,1		-
4		81,1		-
5		80,6		-
6		79,2		-
7		78,4		-
8		77,7		-
9		76,8		-
10		76,9		-

**Schallmessung Biogasanlage C**

**Gesamtspektren Entfernungen 1 – 10 m (Messhöhe = Höhe Kaminmündung – senkrecht zur Ausblasrichtung des abgekrümmten Kamins)**

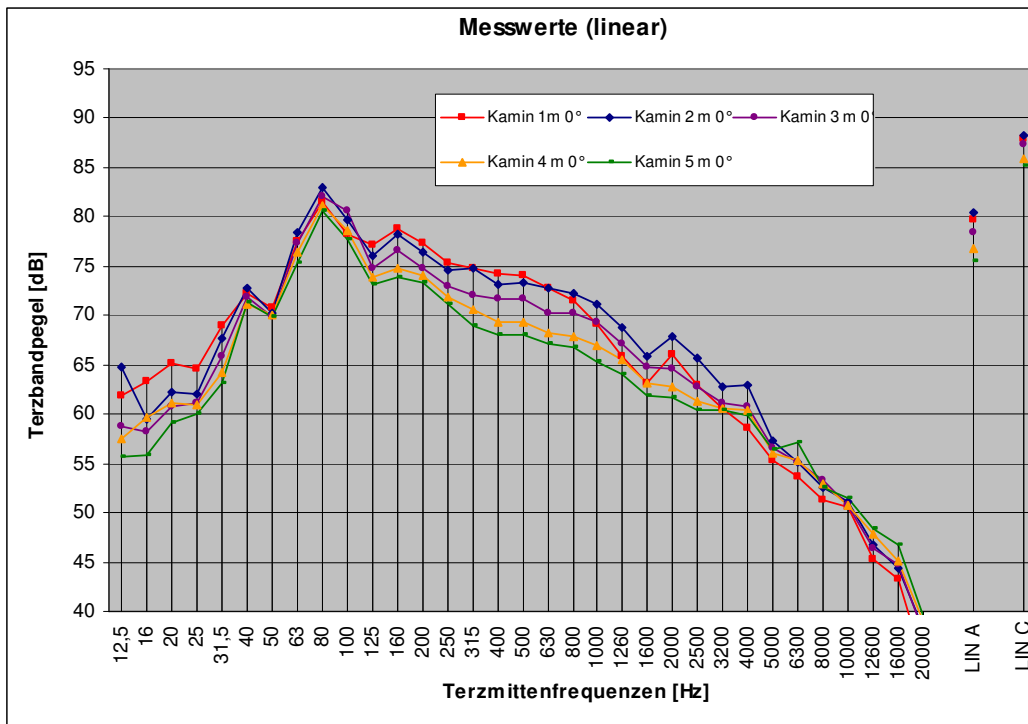


Bild 5: Gesamtspektren (LIN) - Messpunkte waagrecht zur Kaminmündung in Entfernungen zum Kamin von 1 bis 5 m

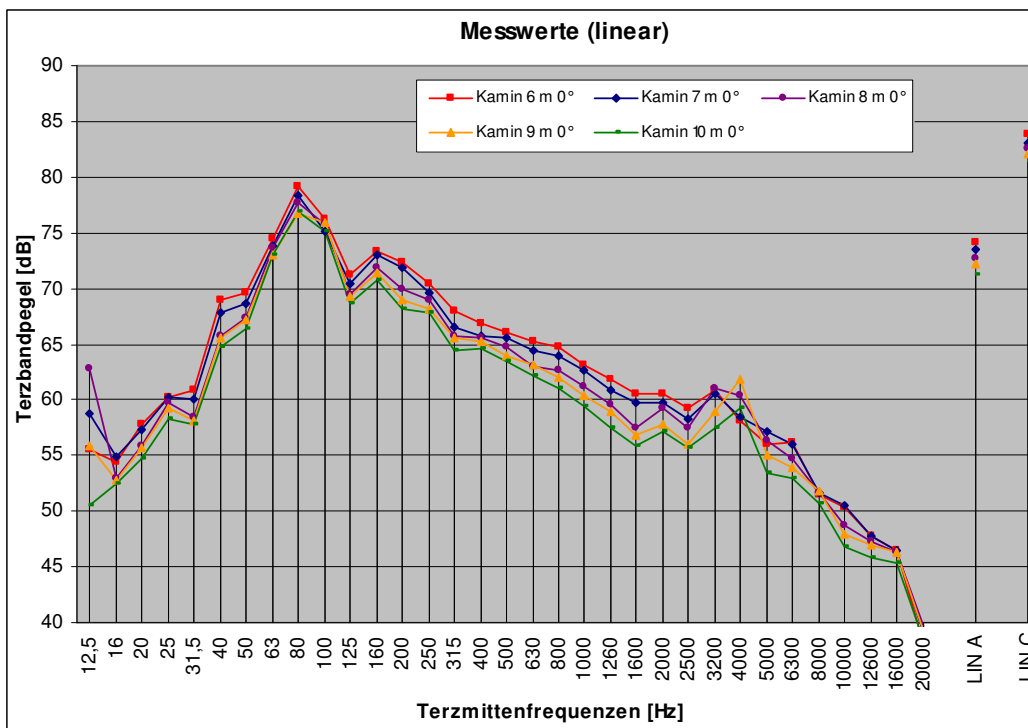


Bild 6: Gesamtspektren (LIN) - Messpunkte waagrecht zur Kaminmündung in Entfernungen zum Kamin von 6 bis 10 m

Schallmessung Biogasanlage C

Gesamtspektren Entfernungen 1 – 10 m (Messhöhe = Höhe Kaminmündung – senkrecht zur Ausblasrichtung des abgekrümmten Kamins)

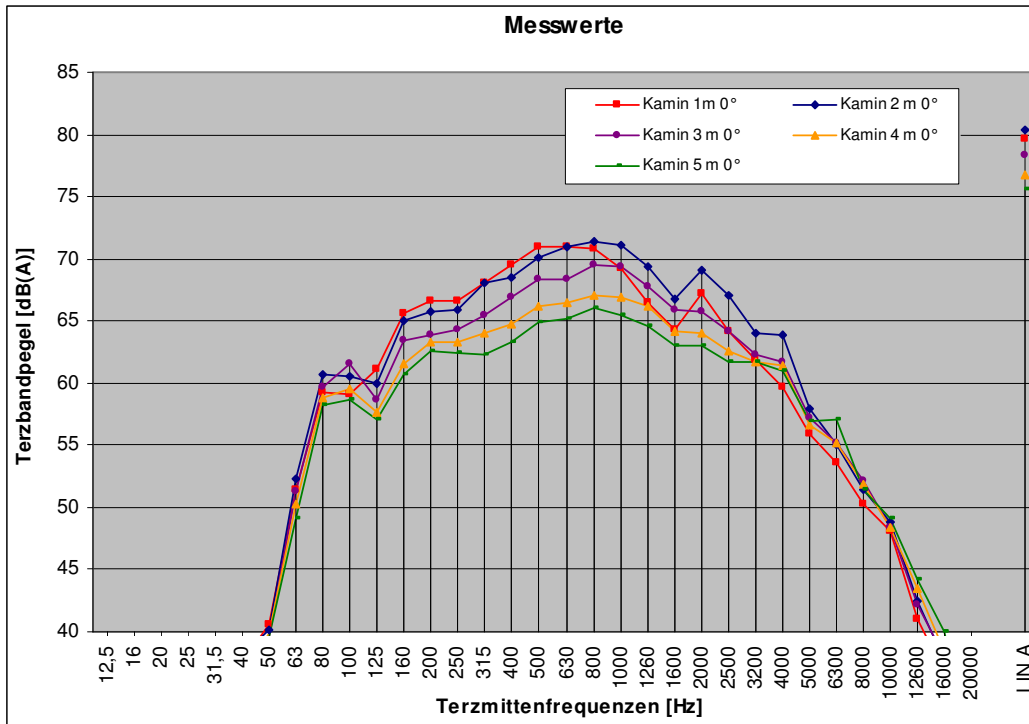


Bild 7: Gesamtspektren (A-bewertet) - Messpunkte waagrecht zur Kaminmündung in Entfernungen zum Kamin von 1 bis 5 m

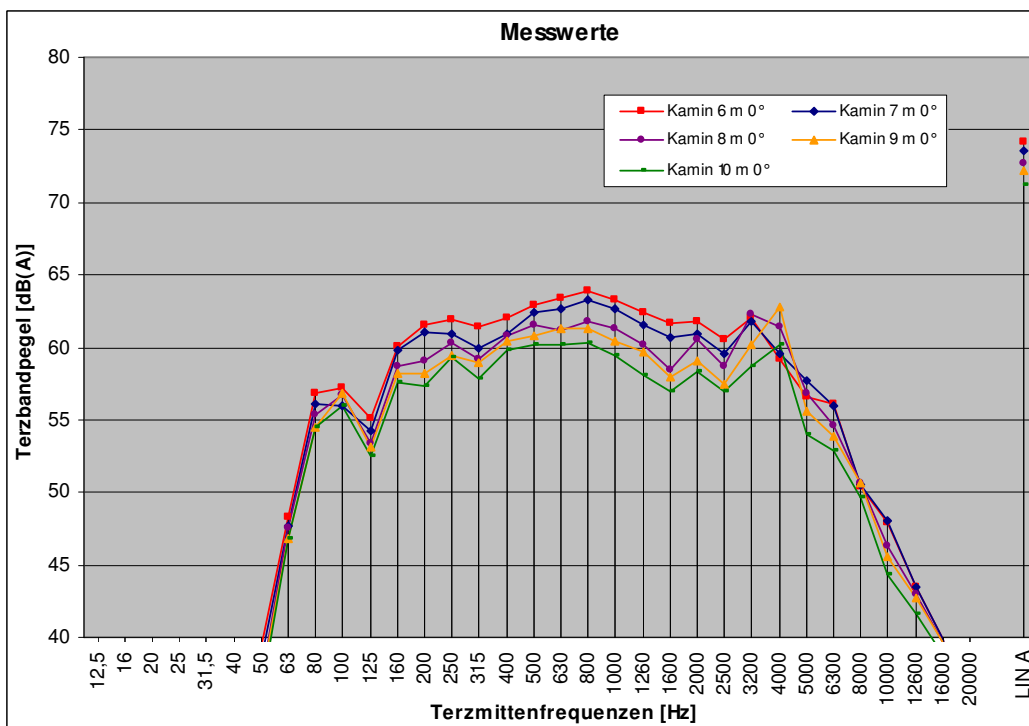


Bild 8: Gesamtspektren (A-bewertet) - Messpunkte waagrecht zur Kaminmündung in Entfernungen zum Kamin von 6 bis 10 m

**Schallmessung Biogasanlage C**

Tabelle 2: Zusammenstellung der Messwerte (LIN) Gesamtspektren - Messpunkte waagrecht zur Kaminmündung – Entfernung 1 bis 10 m zum Kamin

Terzband- mittenfre- quenzen	Oktavspektren, linear									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
File-Nr.	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310
Mess-File	Kamin 1 m 0°	Kamin 2 m 0°	Kamin 3 m 0°	Kamin 4 m 0°	Kamin 5 m 0°	Kamin 6 m 0°	Kamin 7 m 0°	Kamin 8 m 0°	Kamin 9 m 0°	Kamin 10 m 0°
63 Hz	84,0	84,9	84,0	83,1	82,5	81,2	80,4	79,8	79,0	78,9
125 Hz	82,9	83,0	82,8	81,0	80,2	78,9	78,0	78,0	77,9	77,1
250 Hz	80,7	80,1	78,1	77,2	76,3	75,4	74,6	73,3	72,5	71,9
500 Hz	78,6	77,9	76,0	73,8	72,5	70,9	70,1	69,3	69,0	68,3
1.0 kHz	74,2	75,7	73,8	71,6	70,3	68,2	67,5	66,1	65,4	64,3
2.0 kHz	69,0	71,3	68,9	67,2	66,2	64,9	64,1	62,9	61,8	61,0
4.0 kHz	63,4	66,4	64,7	64,2	64,0	63,5	63,7	64,4	64,2	62,1
8.0 kHz	57,3	58,6	58,7	58,8	59,8	58,9	58,9	58,0	57,5	56,4
	Terzspektren, linear									
50 Hz	76,8	76,4	75,2	74,8	74,5	73,2	72,5	71,4	70,7	69,7
63 Hz	77,6	78,4	77,4	76,4	75,3	74,4	73,8	73,7	73,0	73,0
80 Hz	81,6	83,0	82,1	81,1	80,6	79,2	78,4	77,7	76,8	76,9
100 Hz	78,2	79,7	80,6	78,6	77,7	76,3	75,1	75,8	76,0	75,1
125 Hz	77,2	76,1	74,8	73,8	73,2	71,3	70,4	69,5	69,3	68,6
160 Hz	78,8	78,3	76,6	74,8	73,9	73,3	73,0	71,9	71,4	70,8
200 Hz	77,4	76,5	74,7	74,1	73,4	72,3	71,8	69,9	69,0	68,2
250 Hz	75,3	74,6	72,9	71,9	71,1	70,5	69,6	68,9	68,1	67,9
315 Hz	74,7	74,7	72,1	70,6	68,9	68,0	66,5	65,8	65,5	64,4
400 Hz	74,3	73,2	71,7	69,4	68,0	66,8	65,7	65,5	65,2	64,6
500 Hz	74,1	73,3	71,6	69,4	68,1	66,1	65,6	64,8	64,0	63,4
630 Hz	72,8	72,8	70,2	68,3	67,1	65,3	64,5	63,0	63,2	62,1
800 Hz	71,5	72,2	70,2	67,8	66,8	64,7	64,0	62,6	62,0	61,1
1.0 kHz	69,2	71,1	69,3	66,9	65,4	63,2	62,6	61,2	60,4	59,4
1.25 kHz	65,8	68,7	67,2	65,5	64,0	61,8	60,9	59,5	59,0	57,5
1.6 kHz	63,2	65,8	64,8	63,1	61,9	60,6	59,7	57,4	56,9	55,9
2.0 kHz	66,0	67,8	64,5	62,8	61,7	60,5	59,7	59,3	57,8	57,1
2.5 kHz	62,9	65,7	62,8	61,3	60,4	59,2	58,3	57,4	56,1	55,7
3.15 kHz	60,6	62,8	61,1	60,5	60,4	60,8	60,5	61,0	59,0	57,5
4.0 kHz	58,6	62,9	60,7	60,4	59,9	58,2	58,5	60,4	61,8	59,2
5.0 kHz	55,3	57,3	56,6	56,1	56,3	56,0	57,1	56,3	55,0	53,4
6.3 kHz	53,7	55,1	55,2	55,3	57,1	56,2	56,1	54,7	53,9	52,9
8.0 kHz	51,3	52,6	53,3	53,0	52,5	51,5	51,6	51,7	51,8	50,7
10.0 kHz	52,3	53,3	53,0	53,4	54,3	53,4	53,5	52,6	52,2	51,1
Gesamt	88,3	88,7	87,6	84,3	83,5	83,0	82,4	83,0	82,4	82,0

**Schallmessung Biogasanlage C**

Tabelle 3: Zusammenstellung der Messwerte (A-bewertet) Gesamtspektrum - Messpunkte waagrecht zur Kaminmündung – Entfernung 1 bis 10 m zum Kamin

Terzband- mittenfre- quenzen	Oktavspektren, A-bewertet									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
File-Nr.	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310
Mess-File	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Messpunkt	Kamin 1 m 0°	Kamin 2 m 0°	Kamin 3 m 0°	Kamin 4 m 0°	Kamin 5 m 0°	Kamin 6 m 0°	Kamin 7 m 0°	Kamin 8 m 0°	Kamin 9 m 0°	Kamin 10 m 0°
Aggregat										
63 Hz	60,0	61,3	60,4	59,4	58,8	57,5	56,7	56,1	55,2	55,3
125 Hz	67,6	67,3	66,4	64,7	63,8	62,7	62,1	61,5	61,3	60,6
250 Hz	72,0	71,5	69,4	68,3	67,2	66,4	65,4	64,3	63,7	63,0
500 Hz	75,3	74,7	72,7	70,6	69,3	67,6	66,8	66,0	65,7	64,9
1.0 kHz	73,9	75,5	73,7	71,5	70,2	68,0	67,3	65,9	65,3	64,2
2.0 kHz	70,3	72,5	70,1	68,4	67,3	66,1	65,2	64,1	63,0	62,3
4.0 kHz	64,5	67,5	65,7	65,2	65,0	64,6	64,7	65,5	65,2	63,1
8.0 kHz	56,2	57,5	57,7	57,7	58,8	57,9	57,9	56,8	56,3	55,2
	Terzspektren, A-bewertet									
50 Hz	42,6	42,4	41,8	41,7	41,5	40,7	39,7	38,2	38,1	37,2
63 Hz	51,4	52,2	51,2	50,2	49,1	48,2	47,6	47,5	46,8	46,8
80 Hz	59,2	60,6	59,7	58,7	58,2	56,8	56,0	55,3	54,4	54,5
100 Hz	59,1	60,6	61,5	59,5	58,6	57,2	56,0	56,7	56,9	56,0
125 Hz	61,1	60,0	58,7	57,7	57,1	55,2	54,3	53,4	53,2	52,5
160 Hz	65,6	65,1	63,4	61,6	60,7	60,1	59,8	58,7	58,2	57,6
200 Hz	66,6	65,7	63,9	63,3	62,6	61,5	61,0	59,1	58,2	57,4
250 Hz	66,7	66,0	64,3	63,3	62,5	61,9	61,0	60,3	59,5	59,3
315 Hz	68,1	68,1	65,5	64,0	62,3	61,4	59,9	59,2	58,9	57,8
400 Hz	69,6	68,5	67,0	64,7	63,3	62,1	61,0	60,8	60,5	59,9
500 Hz	70,9	70,1	68,4	66,2	64,9	62,9	62,4	61,6	60,8	60,2
630 Hz	70,9	70,9	68,3	66,4	65,2	63,4	62,6	61,1	61,3	60,2
800 Hz	70,8	71,5	69,5	67,1	66,1	64,0	63,3	61,9	61,3	60,4
1.0 kHz	69,2	71,1	69,3	66,9	65,4	63,2	62,6	61,2	60,4	59,4
1.25 kHz	66,4	69,3	67,8	66,1	64,6	62,4	61,5	60,1	59,6	58,1
1.6 kHz	64,2	66,8	65,8	64,1	62,9	61,6	60,7	58,4	57,9	56,9
2.0 kHz	67,2	69,0	65,7	64,0	62,9	61,7	60,9	60,5	59,0	58,3
2.5 kHz	64,2	67,0	64,1	62,6	61,7	60,5	59,6	58,7	57,4	57,0
3.15 kHz	61,8	64,0	62,3	61,7	61,6	62,0	61,7	62,2	60,2	58,7
4.0 kHz	59,6	63,9	61,7	61,4	60,9	59,2	59,5	61,4	62,8	60,2
5.0 kHz	55,9	57,9	57,2	56,7	56,9	56,6	57,7	56,9	55,6	54,0
6.3 kHz	53,6	55,0	55,1	55,2	57,0	56,1	56,0	54,6	53,8	52,8
8.0 kHz	50,2	51,5	52,2	51,9	51,4	50,4	50,5	50,6	50,7	49,6
10.0 kHz	49,1	50,0	49,6	50,0	50,7	49,8	49,8	48,7	48,1	47,0
Gesamt	79,8	80,4	78,5	76,7	75,7	74,2	73,6	72,8	72,2	71,2