

ZAK Energie GmbH
Herrn Thomas Gabler
Postfach 26 70
87416 Kempten

Müller-BBM GmbH
Robert-Koch-Str. 11
82152 Planegg bei München

Telefon +49(89)85602 0
Telefax +49(89)85602 111

www.MuellerBBM.de

Dipl.-Ing. Jochen Sperber
Telefon +49(89)85602 185
Jochen.Sperber@mbbm.com

20. November 2020
M160135/01 Version 1 SPR2/HRK

Müllheizkraftwerk Kempten Stellungnahme zur Abschätzung des zukünftigen Schalleistungspegels an der Kaminmündung nach Drehzahlerhöhung des Saugzuggebläses

Notiz Nr. M160135/01

1 Situation und Aufgabenstellung

Die ZAK Energie GmbH beabsichtigt im Müllheizkraftwerk Kempten eine Drehzahlerhöhung des bestehenden Saugzuggebläses durchzuführen. Hierfür soll die Gebläsedrehzahl auf zukünftig 1.600 Umdrehungen/min. gesteigert werden. Infolgedessen ist auch der Austausch des derzeit verwendeten Antriebsmotors vorgesehen. In diesem Zuge wird auch ein neuer Schalldämpfer als Ersatz für den alten, nicht mehr funktionstüchtigen Schalldämpfer installiert.

Zur Ermittlung der an der Kaminmündung nach Drehzahlerhöhung und Antriebsmotortausch sowie Installation von neuem Schalldämpfer zu erwartenden Schallemissionen sollen im Vorfeld Berechnungen durchgeführt werden. Diese sollen auf Basis vorgelegter Unterlagen und Messwerte an der Kaminmündung für den derzeitigen Zustand (niedrigere Drehzahl, beschädigter Schalldämpfer, unbekannte Dämpfungswerte) abgeleitet werden.

Die Erstellung einer dementsprechenden schalltechnischen Stellungnahme ist Inhalt der vorliegenden Notiz.

Müller-BBM GmbH
HRB München 86143
USt-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer:
Joachim Bittner, Walter Grotz,
Dr. Carl-Christian Hantschk,
Dr. Alexander Ropertz,
Stefan Schierer, Elmar Schröder

2 Hersteller- und Betreiberangaben, die für die nachfolgenden Berechnungen herangezogen wurden

In nachfolgender Tabelle 1 ist das A-bewertete Oktavspektrum der Schallemissionen über die Kaminmündung für eine vom Hersteller beauftragte Messung im April 2019 angegeben. Laut Betreiberangaben betrug die Ventilator Drehzahl zum Zeitpunkt der Messung ca. 1.350 Umdrehungen/min.

Tabelle 1. Gemessenes Schallemissionsspektrum an der Kaminmündung.

Wert	Drehzahl in 1/min	Summe	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Kaminmündung, Messwert, L_{WA} in dB(A)	1350	85	75	72	78	79	77	76

Wert	Drehzahl in 1/min	Summe	4000 Hz	8000 Hz
Kaminmündung, Messwert, L_{WA} in dB(A)	1350	85	72	62

Für den Ventilator bei einer zukünftigen Drehzahl von ca. 1.525 Umdrehungen/min. wurde für die in den druckseitigen Kanal abgestrahlten Schallemissionen das in Tabelle 2 angegebene Schalleistungspegelspektrum vorgegeben.

Tabelle 2. Druckseitiger Schalleistungspegel des Ventilators gemäß Herstellerangabe.

Wert	Drehzahl in 1/min	Summe	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Druckseite, Herstellerangabe, L_{WA} in dB(A)	1525	112	95	102	102	108	105	104

Wert	Drehzahl in 1/min	Summe	4000 Hz	8000 Hz
Druckseite, Herstellerangabe, L_{WA} in dB(A)	1525	112	99	93

Vom Hersteller weiterhin angegeben wurde die zu erwartende Einfügungsdämpfung des neuen Schalldämpfers.

Tabelle 3. Einfügungsdämpfung des neuen Schalldämpfers.

Wert	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Dämpfung neuer Schalldämpfer, Herstellerangabe, D_e in dB	9	19	31	29	28	22	15	10

Zusätzlich wurde vom Hersteller noch das erwartete Strömungsrauschen angegeben.

Tabelle 4. Strömungsrauschen durch den neuen Schalldämpfer.

Wert	Drehzahl in 1/min	Summe	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Strömungsrauschen durch neuen Schalldämpfer, Herstellerangabe, L_{WA} in dB(A)	1525	73	49	56	62	67	68	66

Wert	Drehzahl in 1/min	Summe	4000 Hz	8000 Hz
Strömungsrauschen durch neuen Schalldämpfer, Herstellerangabe, L_{WA} in dB(A)	1525	73	60	52

Die übrigen Extrapolationen wurden auf Grundlage unserer Erfahrungswerte bereitgestellt.

3 Extrapolationen und Hochrechnungen

Für die Wellenleistung im Bezug zur Drehzahl des Ventilators wurden vom Betreiber Herstellerangaben des derzeitigen Ventilator motors sowie des zukünftigen Ventilator motors bereitgestellt. Diese sind in nachfolgender Tabelle 5 kursiv dargestellt. Mit Hilfe dieser Angaben wurden eine logarithmische Extrapolation zur Drehzahl zum Zeitpunkt der Messung an der Kaminmündung sowie zur zukünftig geplanten Drehzahl durchgeführt. Dieser sind in nachfolgender Tabelle 5 sowie zugehöriger Abbildung 1 dargestellt.

Tabelle 5. Extrapolation der Wellenleistung für vorgegebene Drehzahlen.

Angabe bzw. Annahme	Drehzahl in 1/min	Wellenleistung in kW
<i>Datenblatt Ventilator derzeit</i>	<i>1470</i>	<i>332</i>
<i>Datenblatt Ventilator zukünftig</i>	<i>1515</i>	<i>367</i>
<i>Datenblatt Ventilator zukünftig</i>	<i>1525</i>	<i>378</i>
Extrapolation Ventilator derzeit, Messung Kaminmündung	1350	228
Extrapolation Ventilator zukünftig	1600	435

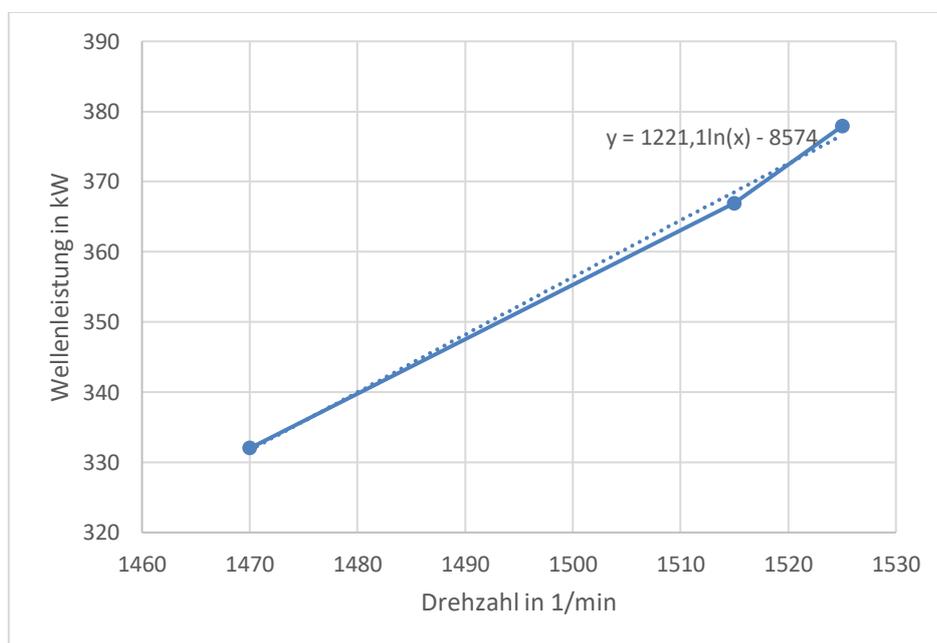


Abbildung 1. Rechnerische Ermittlung einer Extrapolationsfunktion für die zu erwartende Wellenleistung für vorgegebene Drehzahl.

In obenstehender Tabelle 2 wurde für einer vorgegebenen Drehzahl die vom Hersteller zu erwartende druckseitige Schallemissionen in Form eines Schallleistungspegels in Oktavbandbreite angegeben. Auf Grundlage der vorgegebenen technischen Hauptparameter erfolgten mittels unserer Erfahrungswerte eigene Berechnungen. Diese differierten geringfügig, wie in nachfolgender Tabelle 6 dargestellt. Der hierbei ermittelte Korrekturwert von in Summe - 3 dB wird nachfolgend für sämtliche Berechnungen angewendet, d. h. sämtliche Berechnungen werden auf das vom Hersteller angewendete Schallleistungspegelspektrum normiert.

Tabelle 6. Ermittlung eines Korrekturwertes zwischen Herstellerangabe und eigenen Berechnungen des Saugzugs für eine vorgegebene Drehzahl.

Wert	Drehzahl in 1/min	Summe	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz
Druckseite, Herstellerangabe, L_{WA} in dB(A)	1525	112	95	102	102	108	105
Druckseite, Berechnung aus technischen Daten, L_{WA} in dB(A)	1525	115	93	102	110	110	109
Korrekturwert, Anpassung der Berechnung auf Herstellerangabe, Delta L_{WA} in dB	1525	-3	2	-1	-8	-2	-4

Wert	Drehzahl in 1/min	Summe	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Druckseite, Herstellerangabe, L_{WA} in dB(A)	1525	112	104	99	93
Druckseite, Berechnung aus technischen Daten, L_{WA} in dB(A)	1525	115	106	101	95
Korrekturwert, Anpassung der Berechnung auf Herstellerangabe, Delta L_{WA} in dB	1525	-3	-2	-2	-2

4 Abschätzung der derzeitigen Dämpfung des Kanalsystems

Für die Abschätzung der derzeitigen Dämpfung des Kanalsystems einschließlich verbauten defektem Schalldämpfer, Längsdämpfung an der Kaminröhre, die Umlenkung mit Rohrbogen zwischen horizontal Rauchgaskanal und Kaminrohr sowie Mündungsreflektionen etc. an der Kaminmündung wurde als Grundlage des über die Kaminmündung abgestrahlten Schalls das in Tabelle 1 genannte Oktavspektrum herangezogen. Dieses erfolgte gemäß Betreiberangaben für eine Drehzahl von ca. 1.350 Umdrehungen/min. Dementsprechend wurde auf Grundlage des in Tabelle 5 erfolgten Extrapolation für diese Drehzahl angegebene berechnete Wellenleistung eine Berechnung der vom Radialventilator zu erwartenden Schallemission in den druckseitigen Kanal erstellt. Diese wurde entsprechend des Korrekturwertes in Tabelle 6 angepasst. Der für die Drehzahl von 1.350 Umdrehungen/min. vom verbauten Schalldämpfer zum Zeitpunkt der Messung an der Kaminmündung für die angegebene Drehzahl zu erwartende, eingestrahelte Schalleistungspegel ist in nachfolgender Tabelle 7 angegeben.

Tabelle 7. Angenommener, in die Druckseite abgestrahlter Schalleistungspegel zum Zeitpunkt der Messungen an der Kaminmündung.

Wert	Drehzahl in 1/min	Summe	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz
Druckseite, korrigierte Berechnung, L_{WA} in dB(A)	1350	109	92	99	98	105	102

Wert	Drehzahl in 1/min	Summe	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Druckseite, korrigierte Berechnung, L_{WA} in dB(A)	1350	109	101	97	90

Aus der Differenz des abgeschätzten Schalleistungspegels über die Druckseite zum Zeitpunkt der Messungen gemäß Tabelle 7 und der an der Kaminmündung gemessenen Schalleistung gemäß Tabelle 1 kann für das derzeitige System, mit bestehendem, jedoch teilweise funktionslosen Schalldämpfer gemäß Betreiberangaben von folgender Spektraler Dämpfung ausgegangen werden wie in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8. Berechnete derzeitige Dämpfung für das Kanalsystem (ventilator Drehzahlunabhängig).

Wert	Summe	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz
derzeitige Dämpfung Kanalsystem, defekter Schalldämpfer, Kaminröhre, Kaminmündung, Delta L in dB	24	17	27	20	26	25

Wert	Summe	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
derzeitige Dämpfung Kanalsystem, defekter Schalldämpfer, Kaminröhre, Kaminmündung, Delta L in dB	24	25	25	28

In nachfolgender Abbildung 2 ist der spektrale Verlauf der derzeitigen Dämpfung sowie der vom Hersteller angegebenen Einfügungsdämpfung des neuen Schalldämpfers vergleichend gegenübergestellt.

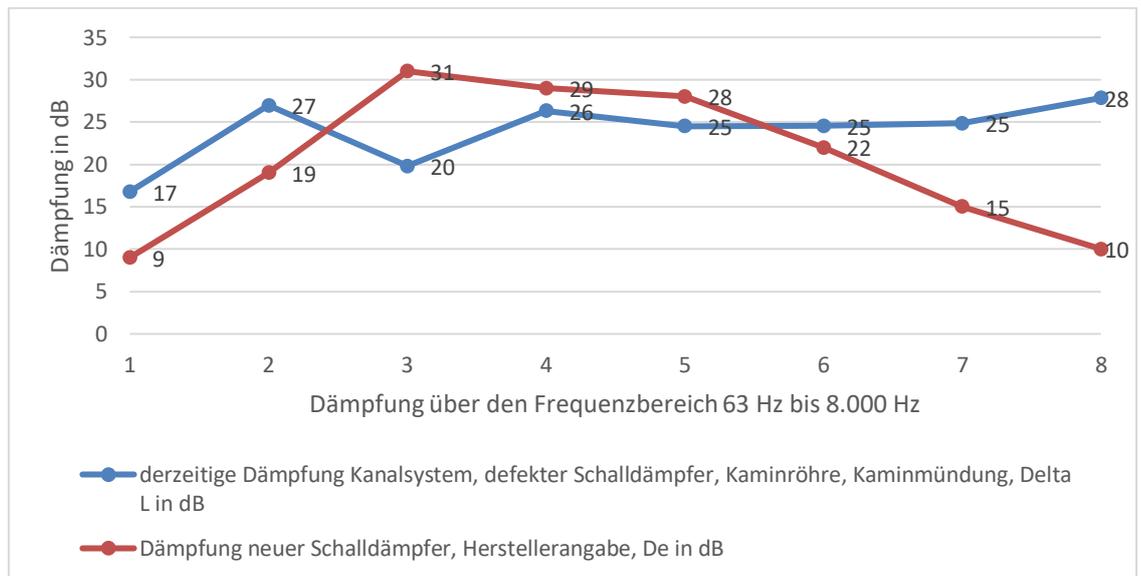


Abbildung 2. Vergleich der derzeit abgeschätzten Dämpfung des Kanalsystems und der Einfügungsdämpfung des neuen Schalldämpfers in den 8 Oktavbänder von 63 bis 8000 Hz.

\\S-nue-fs01\allefirmen\Proj\160\M160135\M160135_01_Not_1D.DOCX:20.11.2020

Wie Abbildung 2 zeigt, liegen im Bereich tieferer Frequenzen sowie im Bereich höhere Frequenzen durch das derzeitige Kanalsystem, für das für den Schalldämpfer von nun nicht mehr funktionierender Einfügungsdämpfung gemäß Betreiber auszugehen ist, die Dämpfungswerte höher als diese für den neuen Schalldämpfer alleine angenommen werden. Dies bedeutet, dass selbst wenn der derzeitige Schalldämpfer noch funktionstüchtig wäre, durch das übrige Kanalsystem wie Längsdämpfungen, Umlenkverluste etc. Dämpfungen im Bereich niedriger und höherer Frequenzen zu erwarten sind, die über die Standardeinfügungsdämpfung eines Schalldämpfers wie dieser neu verbaut wird und daher vermutlich auch wie des bisher verbauten Schalldämpfers hinausgehen. Für die niedrigen und höheren Frequenzbereiche wird daher davon ausgegangen, dass die insgesamt Dämpfung im Kanalsystem einschließlich neuem Schalldämpfer sich im Bereich der blauen Kurve, d. h. der derzeitigen Dämpfung befindet. Für den Bereich mittlerer Frequenzen, in dem die Einfügungsdämpfung des neuen Schalldämpfers höher ist als die derzeit abgeschätzte Gesamtdämpfung des Kanalsystems wird die Einfügungsdämpfung des neuen Schalldämpfers sowie ein logarithmisch berechneter Differenzwert zur aktuellen Dämpfung des Kanalsystems als Summenwert herangezogen. Die hierfür von uns in Ansatz gebrachte Gesamtdämpfung des Kanalsystems einschließlich dem neuen Schalldämpfer ist in nachfolgender Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9. Zu erwartende Gesamtdämpfung des Kanalsystems einschließlich neuem Schalldämpfer.

Wert	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Gesamtdämpfung mit neuem Schalldämpfer, Berechnung, Delta L in dB	17	27	31	32	31	25	25	28

5 Berechnung der zukünftig über die Kaminmündung abgestrahlten Schallemissionen für erhöhte Drehzahl

Wie vom Betreiber mitgeteilt, soll der Saugzug zukünftig mit einer Drehzahl von bis zu 1.600 Umdrehungen/min. betrieben werden. Für diese Drehzahl ergibt sich aus unseren Berechnungen, korrigiert bzw. normiert auf die Herstellerangaben für die in die Druckseite abgestrahlten Schallemissionen die in Tabelle 10 dargestellte, druckseitige Schallemission des Saugzuggebläses zukünftig.

Tabelle 10. Zukünftig zu erwartende Schallemission in die Druckseite.

Wert	Drehzahl in 1/min	Summe	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz
Druckseite, korrigierte Berechnung, L_{WA} in dB(A)	1600	113	96	103	103	110	107

Wert	Drehzahl in 1/min	Summe	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Druckseite, korrigierte Berechnung, L_{WA} in dB(A)	1600	113	105	101	95

Für die erhöhte Drehzahl gehen wir weiterhin davon aus, dass im Schalldämpfer aufgrund der höheren Volumenströme und der höheren Strömungsgeschwindigkeiten das vom Hersteller angegebene Strömungsrauschen sich ebenfalls geringfügig erhöht. Die Abschätzung für das erhöhte Strömungsrauschen für die angegebene Drehzahl ist in nachfolgender Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11. Abschätzung des Strömungsrauschen für erhöhte Drehzahl.

Wert	Drehzahl in 1/min	Summe	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz
Strömungsrauschen zukünftig, Abschätzung, L_{WA} in dB(A)	1600	76	50	58	66	70	71

Wert	Drehzahl in 1/min	Summe	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Strömungsrauschen zukünftig, Abschätzung, L_{WA} in dB(A)	1600	76	69	62	55

Unter Berücksichtigung des korrigierten, berechneten Wertes der Schallemission des Ventilators über die Druckseite für eine Drehzahl von 1.600 Umdrehungen/min. gemäß Tabelle 10, einer angenommenen Gesamtdämpfung mit neuem Schalldämpfer für das Gesamtkanalsystem gemäß Tabelle 9 und einem zu erwartenden Strömungsrauschen im neuen Schalldämpfer gemäß Tabelle 11 ergibt sich für die Erhöhung der Drehzahl die über die Kaminmündung zu erwartende Schallemission gemäß nachfolgender Tabelle 12.

Tabelle 12. Prognosewert für die über die Kaminmündung zu erwartende Schallemission für Drehzahlerhöhung und Einbau des neuen Schalldämpfers.

Wert	Drehzahl in 1/min	Summe	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz
Kaminmündung, Prognosewert, L_{WA} in dB(A)	1600	86	79	76	73	78	77

Wert	Drehzahl in 1/min	Summe	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Kaminmündung, Prognosewert, L_{WA} in dB(A)	1600	86	80	76	67

6 Beurteilung

Wie Tabelle 12 zeigt, ergibt sich gemäß unserer Prognose für die von der Kaminmündung abgestrahlte Schallemission ein Schalleistungspegel von $L_{WA} = 86 \text{ dB(A)}$ für eine Drehzahl von 1.600 Umdrehungen/min. Vergleicht man dies mit dem Messwert über die Kaminmündung bei einer angenommenen Drehzahl von 1.350 Umdrehungen/min. mit einem Schalleistungspegel von $L_{WA} = 85 \text{ dB(A)}$, so ergibt sich nur eine geringfügige Erhöhung. Diese ist insbesondere auch der Erhöhung im Bereich tieferer Frequenzen geschuldet. Im Bereich mittlerer Frequenzen hingegen mit geringeren Schallemissionen aufgrund der verbesserten Wirkungsweise durch den neuen Schalldämpfer zu rechnen. Die erwarteten Frequenzverläufe in Oktavbandbreite sind in nachfolgender Abbildung 3 dargestellt.

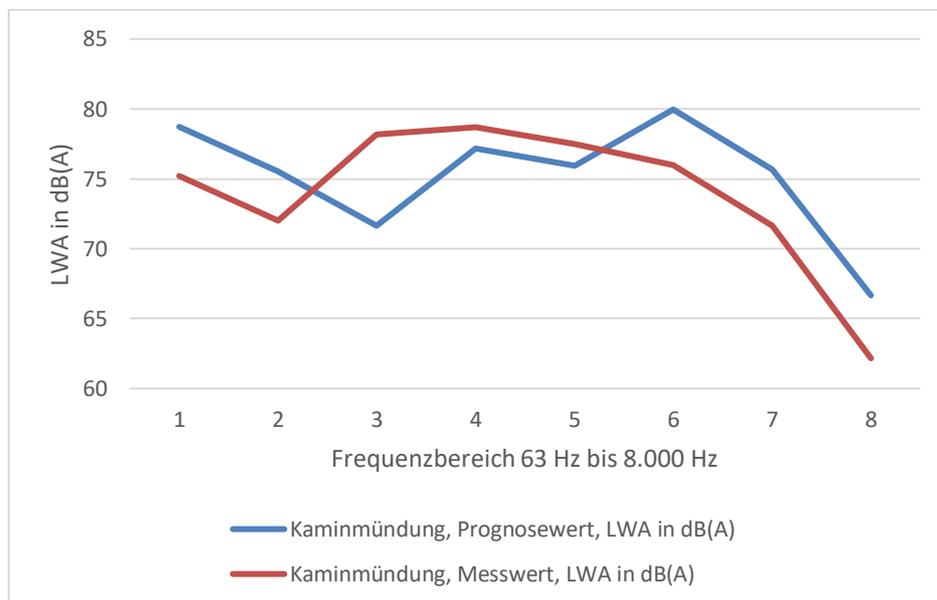


Abbildung 3. Erwartete Frequenzverläufe in Oktavbandbreite.

7 Verwendete Unterlagen

- Angebot 20000267 von Fa. PILLER Industrieventilatoren GmbH, Moringen vom 21.07.2020.
- Schalldaten/Geräuschdaten des neuen Saugzuges, Ventilator typ: 52572 KKW 81000, Fa. PILLER Industrieventilatoren GmbH, Moringen vom 02.10.2020.
- Betriebsanleitung für Piller-Radialventilator 52572 KKW 81000 vom 28.03.1996.
- Schalldaten neuer Saugzug, Fa. Hertz Technischer Schallschutz, Billerbeck.
- Fa. Tecum GmbH, Kempten Bericht Nr. 19.015.1/F „Schalltechnische Untersuchung – Bestimmung des Schalleistungspegels der Schornsteinmündung der Ofenlinie K1 des MHKW in Kempten“ vom 25.04.2019
- Planzeichnung Kamin, Zeichnungsnummer 238 750, Fa. Martin GmbH vom 19.04.1994.
- Planzeichnung Übersicht Rauchgaskanäle Achse 0.10 bis 0.7, Zeichnungsnummer 237742, Fa. Martin GmbH.
- Unbewertetes Terzpegeldiagramm „Bestimmung des Schalleistungspegels der Schornsteinmündung der Ofenlinie 1“, Fa. Tecum vom 26.10.2020.
- Angabe der Saugzug-Drehzahlen durch Herrn Gabler via E-Mail vom 27.10.2020.

Für den technischen Inhalt verantwortlich:



Dipl.-Ing. Jochen Sperber

Diese Notiz darf nur in ihrer Gesamtheit, einschließlich aller Anlagen, vervielfältigt, gezeigt oder veröffentlicht werden. Die Veröffentlichung von Auszügen bedarf der schriftlichen Genehmigung durch Müller-BBM. Die Ergebnisse beziehen sich nur auf die untersuchten Gegenstände.



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-14119-01-01
D-PL-14119-01-02
D-PL-14119-01-03
D-PL-14119-01-04

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018
akkreditiertes Prüflaboratorium.
Die Akkreditierung gilt nur für den in der
Urkundenanlage aufgeführten Akkreditierungsumfang.