

Müller-BBM GmbH
Robert-Koch-Straße 11
82152 Planegg / München
Telefon +49 (89) 85602-0
Telefax +49 (89) 85602-111
www.MuellerBBM.de

Dipl.-Ing. Josef Danner
Telefon +49 (89) 85602-167
Josef.Danner@MuellerBBM.de

16. Dezember 2010
M47 327/15 da/hmr

Wasserkraftwerk Hals

Schallimmissionsmessungen und Untersuchungen zur Geräuschminderung

Bericht Nr. M47 327/15

Auftraggeber:	Wasserkraftwerke Passau GmbH Regensburger Str. 29 94063 Passau
Bearbeitet von:	Dipl.-Ing. Josef Danner
Berichtsumfang:	Insgesamt 21 Seiten, davon 8 Seiten Textteil, 5 Seiten Abbildungen und 8 Seiten Anhang

Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabe	3
2	Tag der Geräuschmessungen, Betriebszustand der Anlage und Messgeräte	3
3	Durchführung der Geräuschmessungen und Ergebnisse	3
4	Vorschläge für Schallschutzmaßnahmen	5
5	Berechnung der Schallimmission	6
6	Prognose zur Schallimmission	7

Abbildungen

Anhang

1 Situation und Aufgabe

Die Wasserkraftwerke Passau GmbH plant, das derzeit ausschließlich tagsüber in Betrieb befindliche Wasserkraftwerk Hals auf durchgehenden Dauerbetrieb, d. h. auch Nachtbetrieb umzustellen. Dazu sind aus Schallschutzgründen zusätzliche Maßnahmen erforderlich, um die Schallimmission in der Nachbarschaft zu begrenzen; siehe Lageplan in Abbildung 4 und Luftbild in Abbildung 5.

Es besteht die Aufgabe, hierfür geeignete Schallschutzmaßnahmen zur Geräuschminderung auszuarbeiten.

2 Tag der Geräuschmessungen, Betriebszustand der Anlage und Messgeräte

Die schalltechnischen Untersuchungen am Wasserkraftwerk erfolgten am 12.12.2010 bei bestimmungsgemäßem Anlagenbetrieb. Turbine 1 und Turbine 2 hatten jeweils Nennlast. Nach Auskunft des Betreibers lagen typische Geräuschverhältnisse des Wasserkraftwerkes bei normalen Wasserständen an.

- Turbine 1 ca. 1 MW
- Turbine 2 ca. 400 kW
- Turbine 3 außer Betrieb

Die Kalibrierung der verwendeten und nachfolgend aufgeführten Messgeräte wurde vor Ort überprüft und ihre einwandfreie Funktion festgestellt. Im Rahmen des hauseigenen Qualitätssicherungssystems werden die Geräte zusätzlich in regelmäßigen Abständen überwacht und kontrolliert.

Tabelle 1. Verwendete Messgeräte

Bezeichnung	Typ	Hersteller	Seriennummer
Integrierender Präzisionsschallpegelmesser	2260	Brüel & Kjaer	1824867
Kondensatormikrofon ½" mit Windschirm	4189	Brüel & Kjaer	1836921
Akustischer Kalibrator	4230	Brüel & Kjaer	1440809
Beschleunigungsaufnehmer	4334	Brüel & Kjaer	301717
Beschleunigungsaufnehmer	4378	Brüel & Kjaer	1553921
Schwingungskalibrator	4294	Brüel & Kjaer	1760016

3 Durchführung der Geräuschmessungen und Ergebnisse

Die Schallemission des Wasserkraftwerkes wird in erster Linie bestimmt durch die Turbine 1. Auf Grund der starren Verbindung zwischen Turbinengehäuse und Gebäude erfolgt eine massive Übertragung der Getriebegeräusche in die Gebäudestruktur, die dann auch über die Außenwände des Wasserkraftwerksgebäudes abgestrahlt werden.

Bezogen auf das Wohnhaus, d. h. den Immissionsort Mühlengasse 4, sind dabei wesentlich die Südseite des Dükers sowie die Süd- und Ostseite des Kraftwerkgebäudes

einschließlich Fenster und Tor. Bezüglich Tor und Fenster kommt noch hinzu, dass diese eine geringere Luftschalldämmung aufweisen als das übrige, massive Betongebäude. Außerdem sind beim Tor, das aus Betonplatten besteht, undichte Anschläge insbesondere im Bereich der Schwelle vorhanden. Eine weitere wichtige Schallquelle des Wasserkraftwerkes ist auch das Wasserrauschen und Turbinengeräusch am Auslauf. Die Lüftungsjalousien im Giebelbereich sind demgegenüber vernachlässigbar, weil in den dort angeschlossenen Lüftungskanal ca. 1,5 m lange Kulissenschalldämpfer eingebaut sind und die Lüftungsöffnungen nur Nachtströmöffnungen sind. Die Doppeltüre als Zugang zum Dachgeschoss ist als Lüftungstür ausgeführt. Die Schallemission über diese Türe wird daher in den Berechnungen mit einbezogen.

Um so wohl die maßgebliche Luftschallemission des Kraftwerkes als auch die Abstrahlung der durch Körperschall beaufschlagten Außenwände zu erfassen, wurde zunächst der Luftschallpegel im Turbinenraum und an der Doppeltür im Dachgeschoss sowie am Wasserauslauf der Turbinen gemessen. Der Körperschallpegel auf den verschiedenen Wandscheiben wurde anschließend an mehreren Punkten mit einem Beschleunigungsaufnehmer erfasst. Zusätzlich wurde auch noch der Körperschall auf der Bodenplatte zwischen dem Kraftwerk und dem Wohnhaus, Mühlengasse 4, gemessen, um etwaige bauliche Verbindungen zwischen beiden Bauwerken zu überprüfen. Sämtliche Messungen erfolgten spektral in Terzbandbreite im Frequenzbereich von 25 Hz bis 5000 Hz.

Die gemessenen Beschleunigungspegel wurden dann für die einzelnen Flächenelemente energetisch gemittelt, anschließend zum A-bewerteten Schnellepegel integriert und A-bewertet. In der folgenden Tabelle 2 sind die resultierenden Schalldruckpegel der Luftschallmessungen und die aus den Körperschallmessungen ermittelten Schalldruckpegel der einzelnen Flächenelemente der Wandoberflächen aufgetragen.

Tabelle 2. A-bewertete Schalldruckpegel und resultierende A-bewertete Schalldruckpegel einzelner Wandelemente

Bezeichnung	Schalldruckpegel in dB(A)
Südfassade Turbinenhaus	64
Isolierfenster Turbinenhaus	67
Betonplatten am Tor Turbinenhaus	56
Turbinenhalle	91
Ostfassade Turbinenhaus	56
Dükerwand	58
Doppeltor-Jalousie, Dachgeschoss	68
Turbinen-Wasserauslauf	68

4 Vorschläge für Schallschutzmaßnahmen

Wegen der Körperschallproblematik ist es erforderlich, nicht nur die Luftschallemission des Kraftwerkes, sondern auch die Körperschallemission der dem Immissionsort zugewandten Gebäudeseiten, soweit technisch möglich und wirtschaftlich verhältnismäßig, zu mindern.

Es werden folgende Schallschutzmaßnahmen vorgeschlagen:

- a) die Südseite des Dükers erhält eine Vorsatzschale mit z. B. folgendem Aufbau:

Vor die Dükerwand wird ein Ständerwerk gestellt, das nur ganz oben mit der Dükerwand verbunden ist. Das Ständerwerk ist somit so zu dimensionieren, dass es statisch freistehend die Vorsatzschale trägt.

Die Dükerwand wird mit 100 mm Mineralfasermatten (Raumgewicht ca. 60 kg/m³) belegt.

Als Vorsatzschale können z. B. 1 mm Aluminium- oder Stahltrapezbleche beliebiger Profilierung oder Glattbleche vorgesehen werden. Die Bleche benötigen aber einen Entdröhnbelag mit 2 kg/m², aufgespritzt oder aufgeklebt. Die Ränder werden entsprechend abgedeckt, aber so montiert, dass zwischen dem Düker und der Vorsatzschale keine starre Verbindung entsteht.

- b) Der Wasserauslauf der Turbine 1 erhält auf den Betonkanal aufgelegt eine komplette Abdeckung die bis zum Ende des Geländers bzw. bis zum Kabelkanal nach vorne reicht. Schalltechnisch geeignet hierfür sind z. B. Holzbohlen, versetzt übereinander genagelt, damit sie fugendicht sind mit entsprechender Unterkonstruktion. Alternativ kann auch 1 mm Glattblech oder Stahltrapezdach beliebiger Profilierung mit jeweils 4 kg/m² Entdröhnbelag, aufgespritzt oder vollflächig aufgeklebt, verwendet werden. Wegen der Hochwasserproblematik müssen diese Teile entsprechend angekettet werden.

Die Überlegung eine entsprechende Schirmwand auf die Betonwand am Turbinenauslauf aufzusetzen, ergibt nach den Berechnungen keine ausreichende Abschirmwirkung.

- c) Da bei dem Turbinengebäude aus architektonischen Gründen eine Vorsatzschale nicht möglich ist und andererseits die Schalldämmung der Fenster und auch die Abdichtung des Tores schalltechnisch unzureichend ist, wird vorgeschlagen, die Turbine 1 mit einer Schallhaube zu isolieren. Folgender Aufbau ist z. B. geeignet:
- Anstelle des vorhandenen Geländers um die Turbinengrube herum wird eine allseits dichte Schallhaube gebaut, die entweder bis zur Decke reicht oder oberhalb des Generators einen Deckenabschluss erhält. Zur Lüftung werden nach Erfordernis schallabsorbierende Umlenkungen eingebaut, die 10 dB Pegelminderung erreichen. Zur Lüftungsunterstützung kann innerhalb der Kapselung ein Axialventilator vorgesehen werden.

Schalltechnisch geeignet ist z. B. folgender Aufbau der Kapsel Elemente:

- 1,5 mm Stahlblech
- 80 mm Mineralfasermatten
- Lochblechabdeckung mit 30 % Lochanteil

Die Kapsel ist zur Körperschallisolierung elastisch auf dem Boden aufzustellen und auch die Wandanschlüsse sind elastisch auszuführen. Geeignet hierfür sind z. B. Sylomermatten von der Fa. Getzner.

Die vor Ort bei den Geräuschemessungen diskutierte Maßnahme zur Verbesserung der Schalldämmung des Tores ist bei Weitem nicht so wirksam, wie die beschriebene Kapselung der Turbine. Denn mit der Kapselung wird automatisch auch die Schallimmission über die vorhandenen Fenster herabgesetzt.

5 Berechnung der Schallimmission

Zur Validierung der Schallimmissionsberechnungen wird zunächst ein Vergleich zwischen der Immissionsmessung und der für den erfassten Betriebszustand des Wasserkraftwerkes berechneten Schallimmission vorgenommen.

In Abbildung 1 sind die entsprechenden Oktavspektren des A-bewerteten Schalldruckpegels aufgetragen. Neben den Messergebnissen am 12.12.2010 am Wohnhaus Mühlengasse 4, sind für diesen Immissionsort zwei Berechnungsvarianten dokumentiert. Einmal erfolgt die Berechnung der Schallimmission aus den Körperschallmessungen an den einzelnen Fassadenflächen, ergänzt durch die Luftschallimmission des undichten Tores, dem Wasserauslauf der Turbinen und der Jalousietüre am Dachgeschoss.

Die Luftschallmessung dokumentiert die Schallemission aus dem Turbinenhaus über die Fensterflächen und die Außenwände des Gebäudes unter Berücksichtigung der jeweiligen Schalldämmung sowie die Schallemission am Turbinenauslauf und am oberen Jalousietor und zusätzlich die Körperschallemission der Dükerwand. Man erkennt, dass die Luftschallemission mit 55 dB(A) einen niedrigeren Schalldruckpegel am Immissionsort hervorruft als die Berechnungen über die Körperschallmessungen, die 57 dB(A) ergeben. Zudem ist der spektrale Verlauf der Ergebnisse aus den Körperschallmessungen näher am spektralen Verlauf der Schalldruckpegelmessungen am Immissionsort Mühlengasse 4. Dieses Ergebnis kann daher dahingehend gedeutet werden, dass die Körperschallemissionen über die Gebäudeoberflächen einen wesentlichen Anteil an der Gesamtschallemission des Wasserkraftwerkes haben.

Die Ergebnisse aus den Immissionsberechnungen unter Berücksichtigung der vorgeschlagenen Schallschutzmaßnahmen sind in Abbildung 2 eingetragen. Für den Immissionsort Mühlengasse 4 werden dabei nach der Prognose drei verschiedene Schalldruckpegel für drei verschiedene Annahmen ausgewiesen. Als ungünstigster Fall wird dabei angenommen, dass die für die Turbine 1 vorgeschlagene Schallhaube die Schallemission der Betonfassade des Turbinengebäudes nicht mindert, wohl aber wirkte sich die Maßnahme auf die Fenster und das Tor aus. Der resultierende Schalldruckpegel am Immissionsort beträgt danach 52 dB(A) – **Variante 1**.

Im nächsten Szenario – **Variante 2** – werden die Berechnungen wie in Variante 1 angesetzt, mit dem Unterschied, dass durch die Schallhaube auch die Körperschallemission der Außenfassade des Turbinengebäudes herabgesetzt werden kann. Als Begründung dafür wird angenommen, dass die gemessenen Körperschallpegel zu einem gewissen Anteil auch durch den auf der Innenseite anliegenden Luftschallpegeln verursacht sind. Nach dieser Berechnung ergibt sich ein Schalldruckpegel am Immissionsort von 47 dB(A).

Im dritten Szenario – **Variante 3** – wird optimistisch angenommen, dass die Schallemission des Turbinengebäudes durch die vorgeschlagene Schallhaube maßgeblich vermindert werden kann und der resultierende Schalldruckpegel am Immissionsort dadurch auf 44 dB(A) sinkt.

In Abbildung 3 sind die vorhandenen Schnellpegel (aus den gemessenen Beschleunigungspegeln berechnet) auf den verschiedenen Wandabschnitten des Wasserkraftwerkes aufgetragen und zusätzlich sind noch die Schnellepegel auf der Bodenplatte zwischen dem Wasserkraftwerk und dem Wohnhaus Mühlengasse 4 angegeben. Ein weiterer Messpunkt lag auf der Hauswand, d. h. Ziegelwand Mühlengasse 4. Als Ergebnis dieser Messungen ist insbesondere zu sehen, dass die Schnellepegel von der Turbinenhausfassade zum Teerboden vor dem Turbinenhaus bis hinüber zur Betonplatte vor der Eingangstüre Mühlengasse 4 und der Ziegelwand kontinuierlich abnehmen und, dass eine vorrangige Körperschallübertragung zwischen beiden Gebäuden nicht vorhanden ist.

6 Prognose zur Schallimmission

Mit den Ansätzen für die Schallemission einzelner Anlagenteile nach Kapitel 5 werden die hierdurch am festgelegten Immissionsort prognostizierten Schalldruckpegel für die verschiedenen Berechnungsvarianten ausgewiesen.

Die berechneten Schalldruckpegel sind nach DIN ISO 9613-2 als Langzeitmittelungspegel für gleiche Windverteilung berechnet. Die Dämpfung auf Grund des Bodeneffektes wird frequenzunabhängig für überwiegend porösen Boden angesetzt, weil das Anlagengeräusch kein reiner Ton ist und nur der A-bewertete Schalldruckpegel am Immissionsort von Interesse ist. Die verwendeten Oktavspektren sind im Anhang, Tabelle A1 und die Schalldämm-Maße bzw. Einfügungsdämpfungsmaße der Tabelle A2 zu entnehmen. In Tabelle A3 sind die Schalleistungspegel der einzelnen Geräuschquellen der mittleren Variante 2 zusammengestellt. Die Einzelergebnisse aus den Immissionsberechnungen in Tabelle A4 sind für alle drei Varianten angegeben.

Nach der Schallimmissionsprognose, in der die vorgeschlagenen Schallschutzmaßnahmen mit einfließen, ergeben sich für die drei unterschiedenen Berechnungsvarianten folgende Schalldruckpegel am Immissionsort Mühlengasse 4:

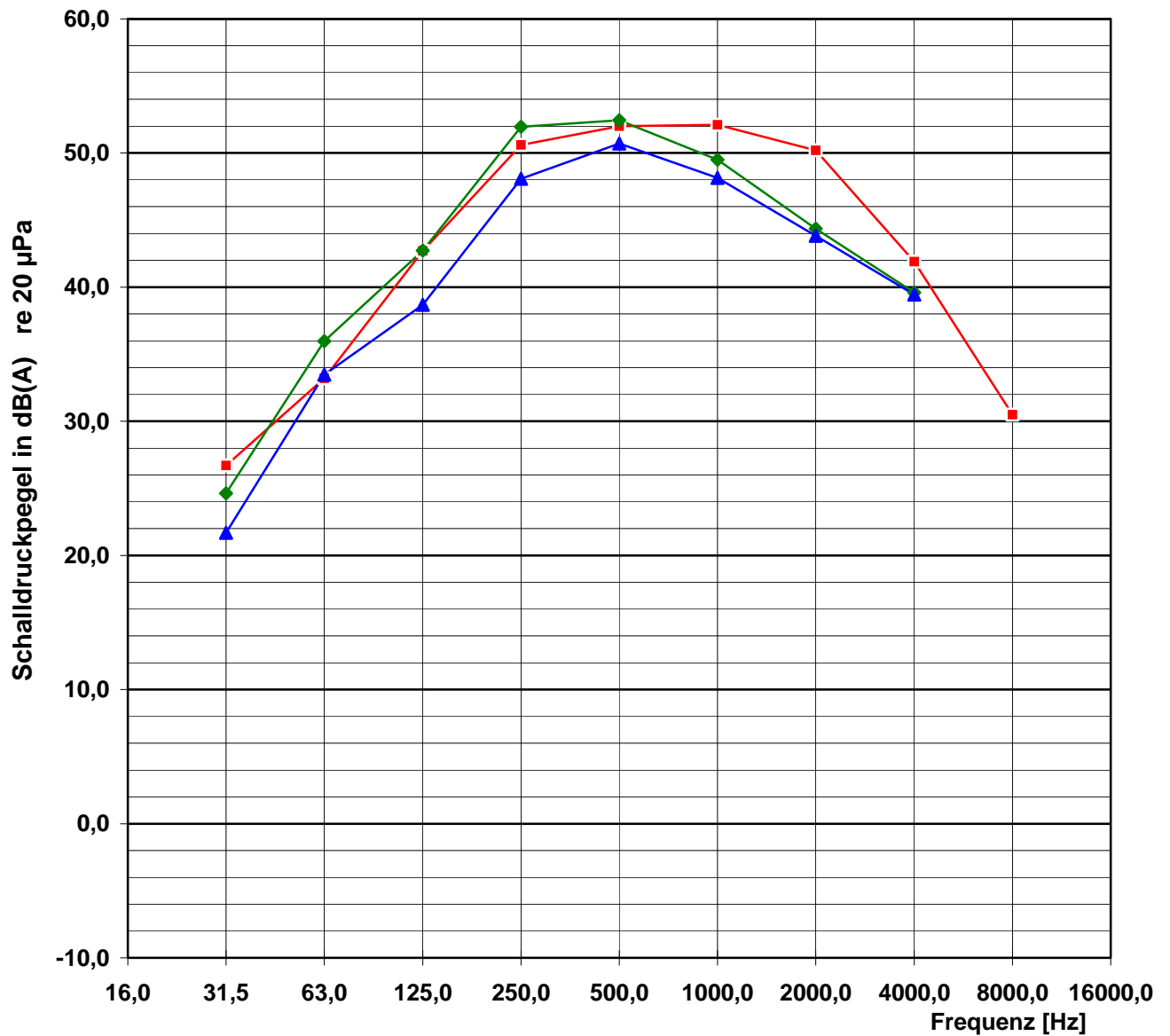
- Variante 1, verminderte Körperschallminderung der Schallhaube $L_A = 52 \text{ dB(A)}$
- Variante 2, Schallhaube mindert auch Körperschall der Wände $L_A = 47 \text{ dB(A)}$
- Variante 3, Luftschallemission, Schallhaube voll wirksam $L_A = 44 \text{ dB(A)}$.

Die kalkulierte Spanne der angesetzten Pegelminderung zwischen Variante 1 und 3 ist mit $\Delta L = 12$ dB sehr groß. Die beiden Schalldruckpegel repräsentieren mit 52 dB(A) bzw. 44 dB(A) aber Eckwerte, die einerseits den ungünstigsten und andererseits den günstigsten Immissionspegel ausweisen.

Diese Vorgehensweise ist notwendig, weil die vorhandene Kombination von Körperschall- und Luftschallemissionen ohne wesentlich aufwendigere Untersuchungen nicht eindeutig zu trennen ist. Andererseits ergibt sich daraus eine Abschätzungsmöglichkeit für den zu erwartenden Beurteilungspegel an der Mühlengasse 4. Als Ergebnis der Untersuchungen erscheint es realistisch, bei Durchführung der vorgeschlagenen Schallschutzmaßnahmen an der Mühlengasse 4 einen Beurteilungspegel deutlich unter 50 dB(A) zu erreichen. Es kann aber nicht gewährleistet werden, dass der für Mischgebiete nachts zulässige Immissionsrichtwert von 45 dB(A) eingehalten werden kann. Auf Grund der Gemengelage zwischen dem Wasserkraftwerk und dem nahe gelegenen Wohnhaus sollte geprüft werden, ob eine geringe Pegelüberschreitung die nach der Schätzung bei etwa 3 dB liegen wird, zugelassen werden kann.



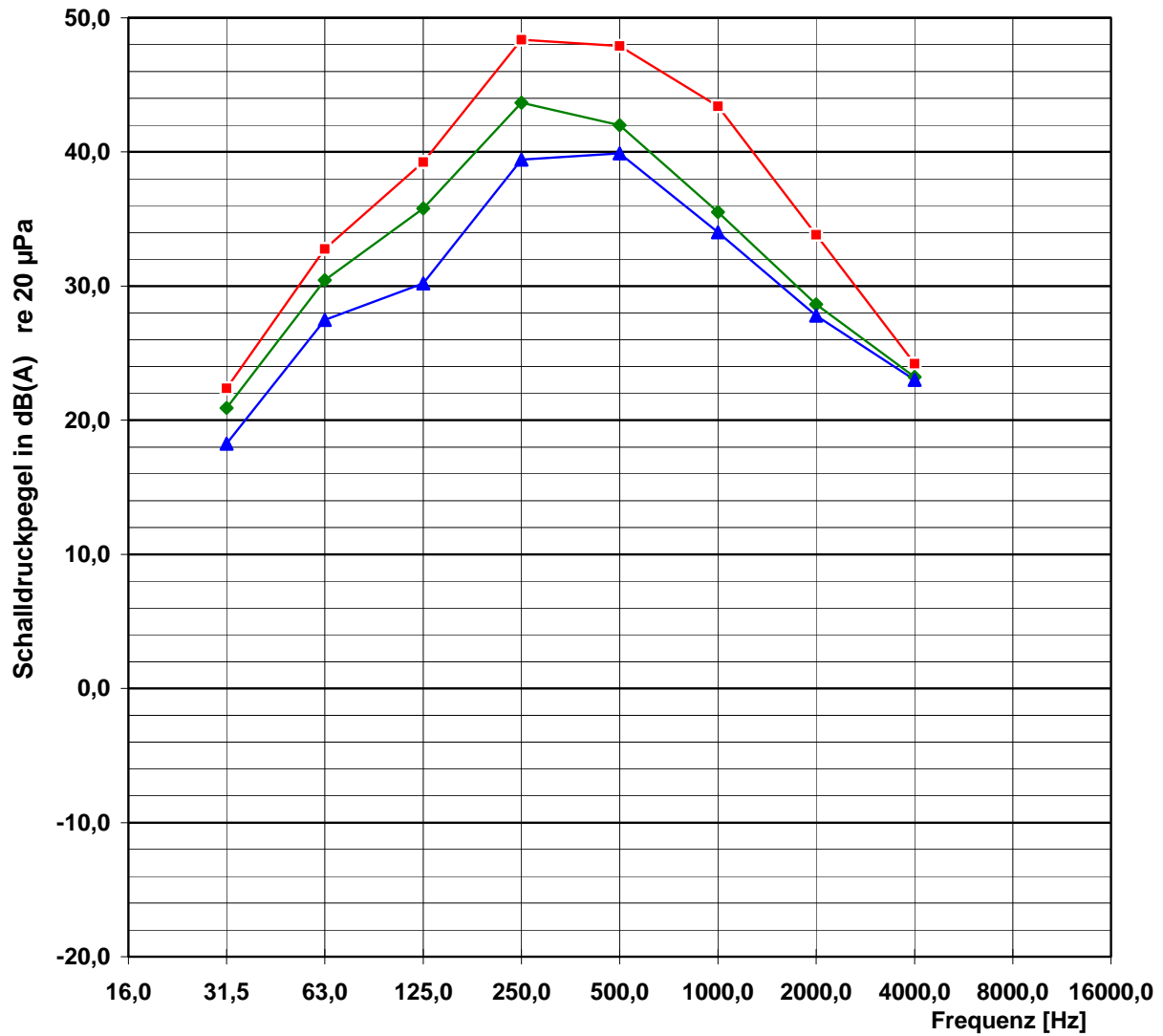
Dipl.-Ing. Josef Danner



3

- Nr. : LA = 58 dB(A) - Mühlengasse 4, Messung am 12.12.2010,
- ◆— Nr. : LA = 57 dB(A) - Mühlengasse 4, Immissionsberechnung aus Körperschallmessungen,
- ▲— Nr. : LA = 55 dB(A) - Mühlengasse 4, Immissionsberechnung aus Luftschallmessungen,

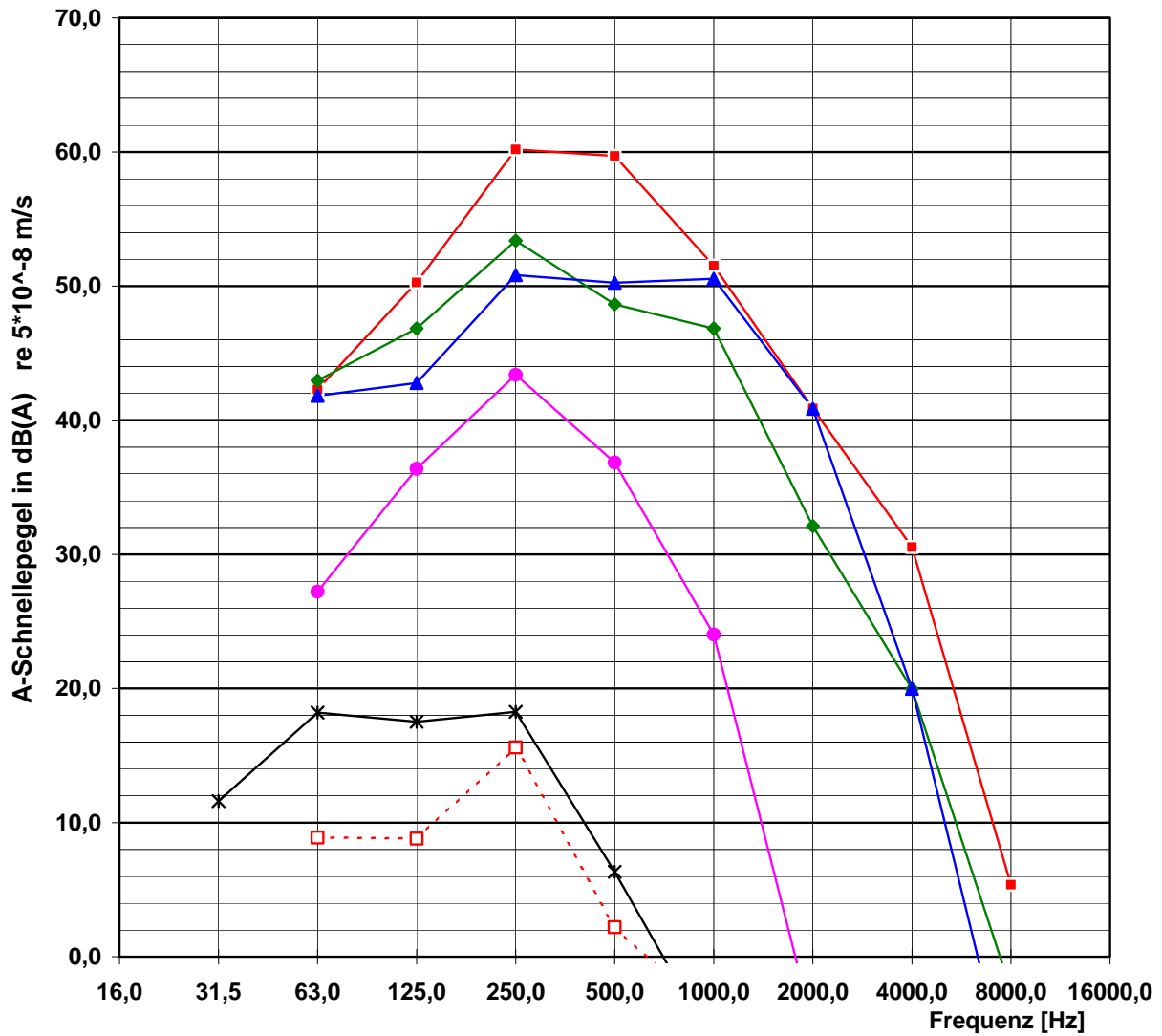
Abb. 1: Vergleich vom Immissionsmessung und -berechnung,



4

- Nr. : LA = 52 dB(A) - Mühlengasse 4, Schallschutzberechnung aus Körperschallmessungen, Schallhaube an Fassade unwirksam,
- ◆— Nr. : LA = 47 dB(A) - Mühlengasse 4, Schallschutzberechnung aus Körperschallmessungen, Schallhaube generell wirksam,
- ▲— Nr. : LA = 44 dB(A) - Mühlengasse 4, Schallschutzberechnung aus Luftschallmessungen,


Abb. 2: Schallschutzmaßnahmen und Berechnung der Schallimmission



2

- Nr. : LA = 64 dB(A) - Fassade am Tor, Turbinenhaus,
- ◆— Nr. : LA = 56 dB(A) - Betonplatte Tor, Turbinenhaus,
- ▲— Nr. : LA = 56 dB(A) - Fassade zur Str., Turbinenhaus,
- Nr. : LA = 45 dB(A) - Teerboden vor Turbinenhaus-Tor,
- ×— Nr. : LA = 23 dB(A) - Betonplatte vor Türe Mühlengasse 4,
- - - □ - - - Nr. : LA = 17 dB(A) - Ziegelwand Mühlengasse 4,

Abb. 3: Schnellepegel (A-bewertet) bei Volllast der Turbinen 1 und 2 gemessen am 12.12.2010

<p>Stadtwerke Passau Regensburger Straße 29 94036 Passau</p> <p>1:250</p>		<p style="text-align: center;">N </p> <p>Bearbeiter: Weinzierl</p> <p>Datum: 2010-12-13</p> <p>Uhrzeit: 12:21</p>
---	---	---



5384546
 Maßstab: 1:250  Meter

Durch Druck, Kopieren und Faxen können Maßstabsverzerrungen auftreten!
 Es besteht kein rechtlicher Anspruch.

Abb. 4: Lageplan mit Immissionsort



Abb. 5: Luftbild vom Wasserkraftwerk

Erläuterung der Ergebnistabellen im Anhang Programm: Prima, Version 5.42

Tabelle der verwendeten Spektren

Spalte:

Nr.	Nummer des Spektrums
Kurzbezeichnung	Kurzbezeichnung des Spektrums
L_p/L_w	' L_p ' bei Schalldruckpegel-, ' L_w ' bei Schalleistungspegel-Spektren (A-bewertet)
32 - 8 k [Hz]	Pegel in den Oktaven
Σ [dB(A)]	A-bewerteter Summenpegel, berechnet aus dem Oktavspektrum

Nach dieser Zeile können zusätzliche Erläuterungen folgen.

Tabelle der verwendeten Schalldämmmaße

Diese Tabelle enthält die bei der Rechnung verwendeten frequenzabhängigen Dämm-Maße, Einfügungsdämpfungen, Richtwirkungsmaße, Pegelminderungen, etc.

Spalte:

Nr.	Nummer des Dämm-Maßes
Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Dämm-Maßes, der Einfügungsdämpfung, etc.
32 - 8 k [Hz]	Dämm-Maße in den einzelnen Oktavbändern
R'_w [dB]	ggf. das bewertete Bauschalldämm-Maß R'_w

Nach dieser Zeile können zusätzliche Erläuterungen folgen.

Tabellen der Immissionspegel

Diese Tabellen enthalten die gem. E DIN ISO 9613-2 berechneten Langzeit-Mittelungspegel an den Immissionsorten. Der Tabellenkopf enthält die jeweilige Bezeichnung des Immissionsortes inkl. seiner Koordinaten. Für jede Schallquelle werden in **maximal drei Zeilen** folgende Angaben ausgegeben:

Spalte:

1. Zeile:

Schallquelle	Kurzbezeichnung der Schallquelle
Spektrum	Kurzbezeichnung des Spektrums
Dämmung	Kurzbezeichnung des ersten Dämm-Maßes
Anzahl [Stk]	Anzahl der Schallquellen, die zu einer zusammengefasst werden
Abst [m]	Entfernung zwischen Schallquelle und Immissionsort
A_{gr} [dB]	Bodeneffekt
Fläche [m ²]	Fläche der Schallquelle
diff [dB]	Korrekturmaß für den Schallfeldübergang
C_{met} [dB]	meteorologische Korrektur (nur bei Langzeit-Mittelungspegel)
D_c [dB]	Richtwirkungskorrektur = Summe der Richtwirkungsmaße
o. RW	D_I und D_Ω
	oder frequenzabhängiges Richtwirkungsmaß
Zeit [dB]	Zeitbewertung für diskontinuierlich emittierende Quellen
ΔL [dB]	frequenzunabhängiger Zu- oder Abschlag
L_s [dB(A)] bzw. L_{WA} [dB(A)]	A-bewertete Schalldruckpegel am Immissionsort bzw. immissionswirksame Schalleistungspegel

2. Zeile (optional):

Schallquellen	Produkt $z \times K_{\text{met}}$ zur Berechnung der Abschirmung A_{bar} durch einen Schirm
Dämmung	sind mehr als einem Dämm-Maß (maximal 4) eingesetzt, stehen die Kurzbezeichnungen 2 bis 4 in der 2. Zeile und sind mit einem '+' getrennt
Dc [dB] o. RW	Bezeichnung eines verwendeten Spektrums aus der Dämm-Maßtabelle (z. B. frequenzabhängige Richtwirkung)

3. Zeile (alternativ 2. Zeile):

32 - 8k [Hz]	A-bewertete Immissionspegel bzw. immissionswirksame Schalleistungspegel in den Oktaven
--------------	--

Ist eine Gliederung in Quellengruppen vorhanden, werden zusätzlich die jeweiligen Zwischensummenpegel der Gruppen berechnet und angegeben.

Optional werden in einem verkürzten Ausdruck nur die Pegelanteile von Quellengruppen sowie die Immissionspegel von Einzelschallquellen ausgewählter Quellengruppen ausgedruckt.

Am Ende der Ergebnistabelle wird in einem Zelleintrag die Programmversion, der Name der Projektmappe und der ausgewählte Betriebszustand dokumentiert.

**Tabelle A1. Wasserkraftwerk Hals, Schallschutz aus Körperschallminderung berechnet
Liste der verwendeten Spektren**

Nr.	Kurzbezeichnung	Lp/ Lw	A-bewertete Oktavpegel								Σ dB(A)
			32	63	125	250	500	1k	2k	4k	
3	L64 S-Fassade Tb	Lp	34	42	50	60	60	52	41	31	64
2	L67 Isolierfenster	Lp	35	44	55	65	60	57	51	44	67
4	L56 S-Betontor	Lp	33	43	47	53	49	47	32	20	56
5	L91 Turbinenhalle	Lp	40	51	70	81	88	86	79	73	91
6	L56 O-FassadeTb	Lp	30	42	43	51	50	51	41	20	56
7	L58 Dükerwand KS	Lp	36	46	47	53	55	46	42	42	58
8	L68 Torjalousie	Lp	32	50	54	65	62	60	54	53	68
9	L68 Turbinenauslauf	Lp	35	48	52	63	62	61	60	56	68

Tabelle A2. Wasserkraftwerk Hals, Schallschutz aus Körperschallminderung berechnet
Liste der verwendeten Dämmmaße

Nr.	Kurzbezeichnung	R [dB]								R' _w dB	
		32	63	125	250	500	1k	2k	4k		8kHz
672	Sigma Beton	4	3	0	0	0	0	0	0		
673	Schallhaube Turb	4	5	6	8	10	14	14	15		
38	1mm Alutrapez Aluminium-Trapezblech	2	5	11	13	12	15	20	21		16
140	Stahltrapzdach Stahltrapezbl. 135/310/0,88	8	9	10	10,4	19,9	23,8	22	24		21

**Tabelle A3. Wasserkraftwerk Hals, Schallschutz aus Körperschallminderung berechnet
Schalleistungspegel der Quellen; Variante 2**

Oktav-Schalleistungspegel [dB(A)]										Koordinaten			Anz	Fläche	diff	L _{WA}
Schallquelle		Spektrum				Dämmung				x[m]	y[m]	h[m]	[Stk]	[m ²]	[dB]	[dB(A)]
32	63	125	250	500	1k	2k	4k	8kHz								
S-Fassade TurbHa L64 S-Fassade Tb		Sigma Beton								15	7,7	3	1	24		68
		Schallhaube Turb														
40	48	58	66	64	52	41	30									
Isolierfenster S L67 Isolierfenster		Schallhaube Turb								15	7,7	3	1	2		62
34	42	52	60	53	46	40	32									
Beton-Tor, TurbHa L56 S-Betontor		Sigma Beton								18	8,5	2	1	14		59
		Schallhaube Turb														
36	46	52	56	50	44	29	16									
Beton-Tor, undicht L91 Turbinenhalle		Schallhaube Turb								18	8,5	2	1	0,2	-6	67
23	33	51	60	65	59	52	45									
O-Fassade, TurbHa L56 O-Fassade Tb		Sigma Beton								19	13	3	1	72		65
		Schallhaube Turb														
41	53	56	62	59	56	46	24									
Isolierfenster O L67 Isolierfenster		Schallhaube Turb								19	13	3	3	2		66
39	47	57	65	58	51	45	37									
Dükerwand S L58 Dükerwand K		Sigma Beton								9	6,7	3	1	60		64
		1mm Alutrapez														
48	56	54	58	61	49	40	39									
S-Jalousietüre auf L68 Torjalousie										8	17	7	1	4		74
38	56	60	71	68	66	60	59									
Wasserauslauf Tur L68 Turbinenausla		Stahltrapzdach								19	13	0,5	1	25		68
41	53	56	67	56	51	52	46									
Gesamtpegel																
51	61	65	75	72	68	62	59								78	

Tabelle A4. Wasserkraftwerk Hals, Schallschutz aus Körperschallminderung berechnet
Berechnete Schalldruckpegel für Dauerbetrieb nachts; Variante 2

Mühlengasse 4

x=26m y=0m h=5m

Oktav-Schalldruckpegel [dB(A)] (Langzeit - Mittelungspegel)														Anz	Abst	A _{gr}	Fläche	diff	C _{met}	Dc[dB]	Zeit	ΔL	L _s
Schallquelle	Spektrum				Dämmung				[Stk]	[m]	[dB]	[m ²]	[dB]										
	32	63	125	250	500	1k	2k	4k	8kHz														
S-Fassade TurbHa L64 S-Fassade Tb										1	14	0,0	24	0,0	6					41			
12 20 30 38 36 24 13 2																							
Isolierfenster S L67 Isolierfenster										1	14	0,0	2	0,0	6					34			
6 14 24 32 25 18 12 4																							
Beton-Tor, TurbHa L56 S-Betontor										1	12	0,0	14	0,0	6					32			
10 20 26 30 24 18 3 -11																							
Beton-Tor, undicht L91 Turbinenhalle										1	12	0,0	0,2	-6	0,0	6				41			
-4 6 24 33 38 32 25 18																							
O-Fassade, TurbHa L56 O-Fassade Tb										1	15	0,0	72	0,0	6					36			
12 24 27 33 30 27 17 -5																							
Isolierfenster O L67 Isolierfenster										3	15	0,0	2	0,0	6					38			
10 18 28 36 29 22 16 8																							
Dükerwand S L58 Dükerwand KSSigma Beton										1	18	0,0	60	0,0	6					34			
17 25 23 27 30 18 9 8																							
S-Jalousietüre auf L68 Torjalousie										1	25	0,0	4	0,0	1					36			
0 18 22 33 30 28 22 20																							
Wasserauslauf Tur L68 Turbinenausla										1	15	0,0	25	0,0	3					36			
9 21 24 35 24 19 20 14																							
Gesamtpegel																							
21 30 36 44 42 36 29 23																				47			

PRIMA Version 5.42d; Projekt: P:\da\47\47327\Messung\PRIMA1.xls; Zustand: 4

46,9

Tabelle A4. Wasserkraftwerk Hals, Schallschutz aus geringer Körperschallminderung berechnet
Berechnete Schalldruckpegel für Dauerbetrieb nachts; Variante 1

Mühlengasse 4

x=26m y=0m h=5m

Oktav-Schalldruckpegel [dB(A)] (Langzeit - Mittelungspegel)														Anz	Abst	A _{gr}	Fläche	diff	C _{met}	Dc[dB]	Zeit	ΔL	L _s
Schallquelle	Spektrum				Dämmung				[Stk]	[m]	[dB]	[m ²]	[dB]										
	32	63	125	250	500	1k	2k	4k	8kHz														
S-Fassade TurbHa L64 S-Fassade Tb	16	25	36	46	46	38	27	17		1	14	0,0	24	0,0	6				50				
Isolierfenster S L67 Isolierfenster	6	14	24	32	25	18	12	4		1	14	0,0	2	0,0	6				34				
Beton-Tor, TurbHa L56 S-Betontor	10	20	26	30	24	18	3	-11		1	12	0,0	14	0,0	6				32				
Beton-Tor, undicht L91 Turbinenhalle	-4	6	24	33	38	32	25	18		1	12	0,0	0,2	-6	0,0	6			41				
O-Fassade, TurbHa L56 O-Fassade Tb	16	29	33	41	40	41	31	10		1	15	0,0	72	0,0	6				46				
Isolierfenster O L67 Isolierfenster	10	18	28	36	29	22	16	8		3	15	0,0	2	0,0	6				38				
Dükerwand S L58 Dükerwand KSSigma Beton	17	25	23	27	30	18	9	8		1	18	0,0	60	0,0	6				34				
S-Jalousietüre auf L68 Torjalousie	0	18	22	33	30	28	22	20		1	25	0,0	4	0,0	1				36				
Wasserauslauf Tur L68 Turbinenausla	9	21	24	35	24	19	20	14		1	15	0,0	25	0,0	3				36				
Gesamtpegel	22	33	39	48	48	43	34	24											52				

**Tabelle A4. Wasserkraftwerk Hals der Stadtwerke Passau, Schallschutz aus Luftschallminderung
Berechnete Schalldruckpegel für Dauerbetrieb nachts; Variante 3**

Mühlengasse 4

x=26m y=0m h=5m

Oktaf-Schalldruckpegel [dB(A)] (Langzeit - Mittelungspegel)														Anz	Abst	A _{gr}	Fläche	diff	C _{met}	Dc[dB]	Zeit	ΔL	L _s
Schallquelle	Spektrum								Dämmung	[Stk]	[m]	[dB]	[m ²]										
	32	63	125	250	500	1k	2k	4k	8kHz														
S-Fassade TurbHa L91 Turbinenhalle										20 cm Stahlbet.	1	14	0,0	24	-6	0,0	6				9		
										Schallhaube Turb													
	-21	-17	-1	6	5	-10	-21	-27															
Isolierfenster S L91 Turbinenhalle										4/8 Luft/4	1	14	0,0	2	-6	0,0	6				27		
										Schallhaube Turb													
	-7	0	15	24	21	6	-7	-15															
Beton-Tor, TurbHa L91 Turbinenhalle										10 cm Stahlbet.	1	12	0,0	14	-6	0,0	6				19		
										Schallhaube Turb													
	-11	-7	7	16	16	0	-15	-29															
Beton-Tor, undicht L91 Turbinenhalle										Schallhaube Turb	1	12	0,0	0,2	-6	0,0	6				41		
	-4	6	24	33	38	32	25	18															
O-Fassade, TurbHa L91 Turbinenhalle										20 cm Stahlbet.	1	15	0,0	72	-6	0,0	6				13		
										Schallhaube Turb													
	-17	-13	3	10	9	-6	-17	-23															
Isolierfenster O L91 Turbinenhalle										4/8 Luft/4	3	15	0,0	2	-6	0,0	6				30		
										Schallhaube Turb													
	-3	4	19	28	25	10	-3	-11															
Dükerwand S L58 Dükerwand										KSigma Beton	1	18	0,0	60		0,0	6				34		
										1mm Alutrapez													
	17	25	23	27	30	18	9	8															
S-Jalousietüre auf L68 Torjalousie											1	25	0,0	4		0,0	1				36		
	0	18	22	33	30	28	22	20															
Wasserauslauf Tur L68 Turbinenausla										Stahltrapzdach	1	15	0,0	25		0,0	3				36		
	9	21	24	35	24	19	20	14															
Gesamtpegel	18	27	30	39	40	34	28	23													44		

PRIMA Version 5.42d; Projekt: P:\da\47\47327\Messung\PRIMA1.xls; Zustand: 5

43,7