

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

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

www.MuellerBBM.com

M. Eng. Philipp Meistring  
Telefon +49(89)85602 228  
Philipp.Meistring@mbbm.com

08. Oktober 2014  
M47327/17 MSG/DNK

## **Wasserkraftwerk Hals**

### **Schalltechnische Abnahmemessungen an der Vorsatzschale und Berechnung der Schallimmission**

**Bericht Nr. M47327/17**

<b>Auftraggeber:</b>	Wasserkraftwerke Passau GmbH Regensburger Straße 29 94036 Passau
<b>Bearbeitet von:</b>	Dipl.-Ing. Josef Danner M. Eng. Philipp Meistring
<b>Berichtsumfang:</b>	Insgesamt 12 Seiten, davon 6 Seiten Textteil und 6 Seiten Anhang.

Zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem nach ISO 9001  
Akkreditiertes Prüflaboratorium nach ISO/IEC 17025

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

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

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Situation und Aufgabe</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Betriebszustand der Anlage und verwendete Messgeräte</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Durchführung der Geräuschmessungen und Ergebnisse</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Berechnung der Schallimmission</b>	<b>6</b>

Anhang

## 1 Situation und Aufgabe

Im Rahmen von Sanierungsarbeiten am Wasserkraftwerk Hals wurde u. a. eine Vorsatzschale an der Dükersüdwand errichtet und ein neues Maschinenhaustor als Hochwasserbarriere eingebaut. Des Weiteren wurden die Fenster einschließlich der Fensterrahmen erneuert.

Im Zuge schalltechnischer Abnahmemessungen war die Wirksamkeit dieser Maßnahmen zu bewerten und die resultierende Schallimmission am maßgeblichen Immissionsort zu berechnen.

## 2 Betriebszustand der Anlage und verwendete Messgeräte

Die schalltechnischen Untersuchungen am Wasserkraftwerk wurden am 24.09.2014 bei bestimmungsgemäßem Anlagenbetrieb der Turbinen 1 und 2 mit Nennlast durchgeführt.

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	2180654
Intensitätssonde	2683	Brüel & Kjaer	2879400
Kondensatormikrofon ½" mit Windschirm	4197	Brüel & Kjaer	2464217-1
Kondensatormikrofon ½" mit Windschirm	4197	Brüel & Kjaer	2464217-2
Intensitätssondenkalibrator	4297	Brüel & Kjaer	2439841
Kondensatormikrofon ½" mit Windschirm	4189	Brüel & Kjaer	2160894
Beschleunigungsaufnehmer	4368	Brüel & Kjaer	630103
Körperschallkalibrator	4294	Brüel & Kjaer	1573116
Akustischer Kalibrator	4231	Brüel & Kjaer	3002163

### 3 Durchführung der Geräuschmessungen und Ergebnisse

Zur Ermittlung der Schallabstrahlung der einzelnen Fassadenabschnitte wurde der mittlere Schallintensitätspegel außen über der Messfläche gemessen. Die abgestrahlte Intensitäts-Normalkomponente wurde durch kontinuierliches Abtasten der Messfläche bestimmt. Die Messungen erfolgten in Terzen im Frequenzbereich von 31,5 Hz bis 10.000 Hz.

Die Messungen wurden an der Dükerwand und an den verschiedenen Bauteilen auf der Südseite der Maschinenhalle durchgeführt.

Durch Anwendung der Intensitätsmesstechnik und gezielte Auswahl von Messzeiträumen wurden Fremdgeräusche soweit wie möglich ausgeblendet.

Parallel dazu wurden Körperschallmessungen an den einzelnen Wandabschnitten durchgeführt.

Bei der Auswertung der Messergebnisse wurde der flächengemittelte A-bewertete Schallintensitätspegel der einzelnen Fassadenbauteile ermittelt. In Tabelle 2 sind die resultierenden A-bewerteten Schalldruck- bzw. Schallintensitäts-Pegel, die für die Immissionsberechnung verwendet werden, denen von Müller-BBM Bericht Nr. M47 327/15 vom 16.12.2010 gegenübergestellt.

Tabelle 2. A-bewertete Schalldruck- bzw. Schallintensitäts-Pegel, gemessen am 12.12.2010 und am 24.09.2014 (nach Einbau von Schallschutzmaßnahmen).

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Schalldruckpegel	Schalldruck-/ Schallintensitäts-Pegel
		gemessen am 12.12.2010 in dB(A)	gemessen am 24.09.2014 in dB(A)
1	Südfassade Turbinenhaus	64	63
2	(Isolier-)Fenster Turbinenhaus	67	59
3	Turbinenhalle (Innenpegel)	91	91
4	Ostfassade Turbinenhaus	56	-
5	Dükerwand	58	-
6	Dükerwand mit Vorsatzschale	-	49
7	Vorsatzschale auf Gebäudesockel	-	58
8	Tor Maschinenhaus	-	57
9	Tor Rahmen (Hochwasserschutz)	-	64
10	Doppeltor-Jalousie, Dachgeschoss	68	-
11	Turbinen-Wasserauslauf	68	-

Aus dem Vergleich der beiden Messergebnisse ergibt sich, dass die elastisch gelagerte Vorsatzschale an der Dükerwand (Ifd. Nr. 6) eine ausreichende Pegelminderung (ca. 9 dB) bewirkt, während die Vorsatzschale, die auf dem Sockel des Gebäudes aufgesetzt ist (Ifd. Nr. 7), zu praktisch keiner Pegelminderung führt. Dennoch ist festzustellen, dass unter Berücksichtigung des vergleichsweise kleinen Flächenanteils der auf den Gebäudesockel aufgesetzten Vorsatzschale und des vergleichsweise großen Abstands dieses Wandabschnittes zu dem maßgeblichen Immissionsort die Dükerwand insgesamt hinsichtlich der Schallabstrahlung ausreichend verbessert wurde.

Das neue Tor in der Maschinenhalle (Ifd. Nr. 8) erfüllt nach optischer Begutachtung die schalltechnischen Anforderungen mit guten umlaufenden Dichtungen, speziell auch bei der Personentür. Mit einem Knebelverschluss wird ausreichender Anpressdruck erreicht. Akustisch nachteilig hat sich entsprechend des subjektiven Eindrucks vor Ort und der Messergebnisse der für den Hochwasserschutz erforderliche Torrahmen (Ifd. Nr. 9) erwiesen. Dieser wird aufgrund der starren Einbindung in den Baukörper stark mit Körperschall angeregt und führt zu einer erheblichen Schallabstrahlung.

Als wesentliches Ergebnis der Abnahmemessungen kann festgestellt werden, dass sowohl die Schallemission der Gebäudemauer des Turbinenhauses als auch die Schallemission des Tores maßgeblich durch Körperschallanregung erfolgt. Eine relevante Luftschallübertragung kann im vorgefundenen Bau- und Betriebszustand ausgeschlossen werden.

#### 4 Berechnung der Schallimmission

Mit den Ansätzen für die Schallemission einzelner Fassadenteile nach Kapitel 3 wird die Schallimmission am Immissionsort Mühlengasse 4 ermittelt. Die Berechnungen erfolgen nach DIN ISO 9613-2 als Langzeitmittelungspegel für gleiche Windverteilung. Die Dämpfung aufgrund des Bodeneffekts 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 Schalldämmmaße der Tabelle A2 zu entnehmen. In Tabelle A3 sind die Schalleistungspegel der einzelnen Geräuschquellen und in Tabelle A4 die berechneten Schalldruckpegel am Immissionsort aufgelistet.

Als Ergebnis der Berechnungen ergibt sich für den Immissionsort Mühlengasse 4 ein Beurteilungspegel von

$$L_r = 54 \text{ dB(A)}.$$

Gegenüber den Berechnungen in Müller-BBM Bericht Nr. M47 327/15 vom 16.12.2010 bedeutet das am Immissionsort eine Pegelminderung von

$$\Delta L = 4 \text{ dB}$$

und damit mehr als eine Halbierung der Schallenergie des Wasserkraftwerks.

Pegelbestimmend für diesen Immissionsort ist die südliche Gebäudefassade der Maschinenhalle und an zweiter Stelle der Wasserauslauf der Turbinen. Als nächste Quelle ist das neue Tor und der Torrahmen maßgebend, die trotz guter Luftschalldämmung ebenso wie die Gebäudefassade Körperschall abstrahlen. Demgegenüber ist die Schallabstrahlung der Dükerwand am betrachteten Immissionsort nicht mehr pegelbestimmend und die erreichte Pegelminderung an der Dükerwand somit ausreichend.

Abschließend ist festzustellen, dass die schalltechnische Sanierung des Wasserkraftwerkes jetzt technisch an Grenzen stößt, da die festgestellte Abstrahlung von Körperschall durch die Fassade des denkmalgeschützten Gebäudes nach unserer Einschätzung nicht mehr weiter vermindert werden kann, es sei denn, man denkt an eine vor längerer Zeit schon einmal diskutierte elastische Lagerung der Turbine 1.



M. Eng. Philipp Meistring



Dipl.-Ing. Josef Danner

## Erläuterung der Ergebnistabellen im Anhang Programm: Prima, Version 5.43

### 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
$\Sigma$ [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 <sup>2</sup> ]	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	$D_1$ und $D_\Omega$
Zeit [dB]	<b>oder</b> frequenzabhängiges Richtwirkungsmaß
$\Delta L$ [dB]	Zeitbewertung für diskontinuierlich emittierende Quellen
$L_s$ [dB(A)] bzw. $L_{WA}$ [dB(A)]	frequenzunabhängiger Zu- oder Abschlag
	A-bewertete Schalldruckpegel am Immissionsort bzw. immissionswirksame Schalleistungspegel

**2. Zeile (optional):**

Schallquellen	Produkt $z \times K_{\text{met}}$ zur Berechnung der Abschirmung $A_{\text{bar}}$ 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 Schallleistungspegel 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 , Abnahmemessung von Düker-Vorsatzschale und MH-Tor  
Liste der verwendeten Spektren**

Nr.	Kurzbezeichnung	Lp/ Lw	A-bewertete Oktavpegel								$\Sigma$ dB(A)	
			32	63	125	250	500	1k	2k	4k		8kHz
11	Gebäudemauer	Lp	21,83	34,98	47,8	62,14	53,29	46,32	36,28	24,61		63
12	Fenster	Lp	28,1	32,85	39,25	54,95	56,07	44	35,16	15,72		59
13	Tor	Lp	10,32	36,12	46,48	54,55	51,21	45,61	34,48	17,23		57
14	Torraahmen	Lp	12,28	36,43	50,65	63,26	53,73	48,84	33,56	3,552		64
5	L91 Turbinenhalle	Lp	40	51	70	81	88	86	79	73		91
15	Vorsatzschale	Lp	33,61	35,63	35,98	48	39,44	31,58	23	8,342		49
16	VorsatzGebäudesock	Lp	30,53	41,03	44,24	57,57	45,21	32,87	23	20,12		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 , Abnahmemessung von Düker-Vorsatzschale und MH-Tor  
Liste der verwendeten Dämmmaße**

Nr.	Kurzbezeichnung	R [dB]								R' <sub>w</sub> dB
		32	63	125	250	500	1k	2k	4k	
189	8 /12 Luft/ 8 Isolierverglasung aus 2*8mm, 12mm Luft-Zwischenraum	12	18	20	22	32	36	33	33	33

**Tabelle A3. Wasserkraftwerk Hals , Abnahmemessung von Düker-Vorsatzschale und MH-Tor Schalleistungspegel der Quellen**

Oktav-Schalleistungspegel [dB(A)]										Koordinaten			Anz	Fläche	diff	L <sub>WA</sub>
Schallquelle	Spektrum					Dämmung				x[m]	y[m]	h[m]	[Stk]	[m <sup>2</sup> ]	[dB]	[dB(A)]
	32	63	125	250	500	1k	2k	4k	8kHz							
S-Fassade TurbHa Gebäudemauer										15	7,7	3	1	42		79
38	51	64	78	70	63	53	41									
Isolierfenster S Fenster										15	7,7	3	1	2		62
31	36	42	58	59	47	38	19									
Tor, TurbHaus Tor										18	8,5	2	1	14		69
22	48	58	66	63	57	46	29									
Tor-Rahmen Torrahmen										18	8,5	2	1	5		71
19	43	58	70	61	56	41	11									
O-Fassade TurbH Gebäudemauer										19	13	3	1	72		82
40	54	66	81	72	65	55	43									
Isolierfenster O L91 Turbinenhalle 8 /12 Luft/ 8										19	13	3	3	2	-6	63
30	35	52	61	58	52	48	42									
VorsatzDükerw S Vorsatzschale										9	6,7	3	1	45		66
50	52	53	65	56	48	40	25									
SokelVorsatzsch S VorsatzGebäudesock										9	6,7	3	1	19		71
43	54	57	70	58	46	36	33									
S-Jalousietüre auf L68 Torjalousie										8	17	7	1	4		74
38	56	60	71	68	66	60	59									
Wasserauslauf Tur L68 Turbinenauslauf										19	13	0,5	1	25		82
49	62	66	77	76	75	74	70									
<b>Gesamtpegel</b>	<b>54</b>	<b>65</b>	<b>71</b>	<b>84</b>	<b>79</b>	<b>76</b>	<b>74</b>	<b>70</b>							<b>87</b>	

**Tabelle A4. Wasserkraftwerk Hals , Abnahmemessung von Düker-Vorsatzschale und MH-Tor  
Berechnete Schalldruckpegel für Dauerbetrieb nachts**

**Mühlengasse 4**

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

Oktav-Schalldruckpegel [dB(A)] (Langzeit - Mittelungspegel)														Anz	Abst	A <sub>gr</sub>	Fläche	diff	C <sub>met</sub>	Dc[dB]	Zeit	ΔL	L <sub>s</sub>
Schallquelle					Spektrum			Dämmung			[Stk]	[m]	[dB]										
32	63	125	250	500	1k	2k	4k	8kHz															
S-Fassade TurbHa Gebäudemauer										1	14	0,0	42	0,0	6				51				
10	24	36	51	42	35	25	13																
Isolierfenster S Fenster										1	14	0,0	2	0,0	6				34				
3	8	15	30	31	19	10	-9																
Tor, TurbHaus Tor										1	12	0,0	14	0,0	6				42				
-5	21	31	39	36	30	19	2																
Tor-Rahmen Torrahmen										1	12	0,0	5	0,0	3				41				
-10	14	28	41	31	26	11	-19																
O-Fassade TurbHa Gebäudemauer										1	15	0,0	72	0,0	-5				42				
1	14	27	41	32	25	15	3																
Isolierfenster O L91 Turbinenhalle 8 /12 Luft/ 8										3	15	0,0	2	-6	0,0	-5			24				
-10	-5	12	21	18	12	8	2																
VorsatzDükerw S Vorsatzschale										1	18	0,0	45	0,0	3				32				
17	19	19	31	23	15	6	-9																
SokelVorsatzsch S VorsatzGebäudesock										1	18	0,0	19	0,0	1				36				
8	19	22	35	23	10	0	-3																
S-Jalousietüre auf I L68 Torjalousie										1	25	0,0	4	0,0	-8				27				
-9	9	13	24	21	19	13	11																
Wasserauslauf Tur L68 Turbinenauslauf										1	15	0,0	25	0,0	1				48				
15	28	32	43	42	41	40	36																
<b>Gesamtpegel</b>																							
<b>20</b>	<b>31</b>	<b>39</b>	<b>53</b>	<b>46</b>	<b>43</b>	<b>40</b>	<b>36</b>													<b>54</b>			

PRIMA Version 5.43; Projekt: S:\M\Proj\047\M47327\2014-09-24\_Messungen\PRIMA\_Sanier.xls; Zustand: 6

54,2