

# **Unterlage 17.1.2.4**

## **Variantenvergleich aktiver Lärmschutzmaßnahmen**

## Erläuterungen zum Variantenvergleich der Lärmschutzmaßnahmen

Grundlage der vorliegenden Variantenuntersuchung ist die vom Land Niedersachsen entwickelte und vom Land Schleswig-Holstein im Jahr 2015 übernommene Verfahrensweise.

Die hierin angewandte Verfahrensweise entstand im Zuge von Straßenbauvorhaben im Zusammenhang mit der einschlägigen Rechtsprechung der letzten Jahre. Anhand kapitalisierter Kosten für die jeweilige aktive Lärmschutzvariante wird eine schutzfallbezogene Kostenermittlung ermöglicht.

### Tabellenblatt „EP-Herstellung“

Die Herstellungskosten setzen sich aus den reinen Baukosten sowie den Kosten für Baustelleneinrichtung, Verkehrssicherung und Verwaltung zusammen.

### Tabellenblatt „EP-Erhaltung“

Die kapitalisierten Erhaltungskosten werden auf der Grundlage einer zeitlich unbegrenzten Erhaltungspflicht in Anlehnung an die Ablösungsbeträge-Berechnungsverordnung (ABBV) ermittelt. Sie setzen sich zusammen aus dem Anteil für die kapitalisierten Erneuerungskosten und dem Anteil für die kapitalisierten jährlichen Unterhaltungskosten. Ausgangsbasis für die Berechnung der kapitalisierten Erhaltungskosten sind die im Tabellenblatt „EP-Herstellung“ berechneten Herstellungskosten. Zusätzlich sind die im Rahmen einer Erneuerung anfallenden Kosten für den Abbruch der geplanten Lärmschutzmaßnahmen zu berücksichtigen.

### Tabellenblatt „Variantenvergleich“

#### Spalten 1 und 2 sowie 2a

In diesen Spalten werden die Varianten benannt und möglichst kurz und prägnant beschrieben. Variante 0 sollte dabei immer die Variante ohne aktiven Lärmschutz sein, um die Anzahl der Anspruchsberechtigten und das Ausmaß der Betroffenheiten aufzeigen zu können. Ausgehend vom Vollschutz ist dann mit schrittweisen Abschlägen beim aktiven Lärmschutz die Vorzugsvariante iterativ zu entwickeln.

#### Spalten 3 bis 8

In diesen Spalten werden die verbleibenden Betroffenheiten unter Berücksichtigung der aktiven Lärmschutzmaßnahmen der jeweiligen Varianten aufgelistet. Die höchsten Betroffenheiten sollte die Variante 0 „ohne aktiven Lärmschutz“ liefern. Eine Variante mit „Vollschutz“ sollte definitionsgemäß die verbleibenden Betroffenheiten auf 0 senken.

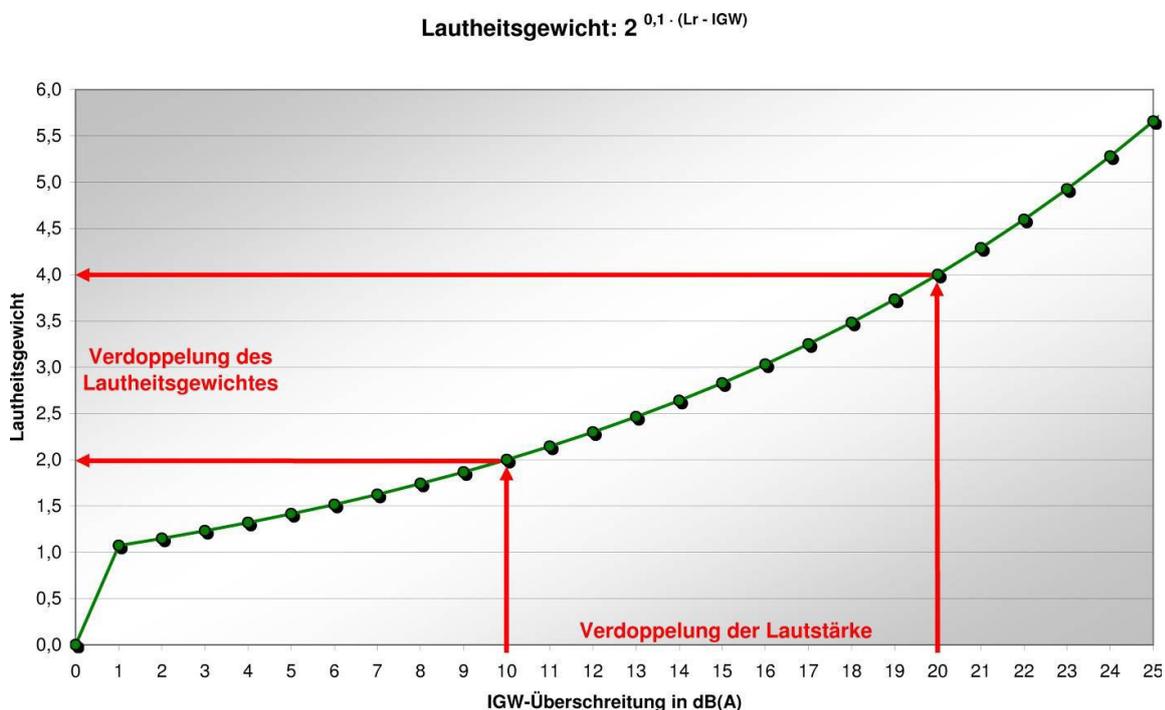
Die Ermittlung der Betroffenheiten erfolgt für jedes zu untersuchende Objekt bezogen auf einzelne Geschosseiten jeweils gesondert für den Tag- und Nachtzeitraum sowie für die Außenwohnbereiche. Geschosseite bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Objekte nach Hausseite und Stockwerk differenziert betrachtet werden.

*Beispiel: Ein vierseitiges Objekt mit Erdgeschoss und 1. Obergeschoss hätte demnach üblicherweise  $2 \times 4 = 8$  Geschosseiten, die zu untersuchen wären.*

Im SoundPLAN-Projekt ist grundsätzlich je Geschosseite ein Immissionsort auszuwerten. Bezugsmaßstab für diese Festlegung ist ein handelsübliches Einfamilienhaus. Davon abweichend kann es im Einzelfall sinnvoll sein, mehrere Immissionsorte an einer Gebäudeseite anzuordnen – z.B. bei längeren Mehrfamilienhäusern. Es liegt in der Verantwortung des Bearbeiters darauf zu achten, dass die höhere Gewichtung einzelner Objekte durch zusätzliche Immissionsorte nicht zu einer Ungleichbehandlung der Betroffenen führt.

In den Spalten 3, 5 und 7 ist die Anzahl der verbleibenden ungelösten Schutzfälle einer Variante anzugeben. Ein solcher Schutzfall liegt dann vor, wenn am anspruchsberechtigten Immissionsort der geltende Immissionsgrenzwert (IGW) weiterhin überschritten wird.

In den Spalten 4, 6 und 8 ist zur Berücksichtigung der Höhe der IGW-Überschreitungen die Summe der zu den Schutzfällen gehörenden Lautheitsgewichte anzugeben. Das Lautheitsgewicht wird in den Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen, Ausgabe 1997, (EWS) zur Bewertung von Lärmbelastungen verwendet. Anstelle des dort verwendeten Zielpiegels wird hier der IGW eingesetzt. Damit lässt sich das Lautheitsgewicht eines Schutzfalles nach der Formel  $g = 2^{0,1 \cdot (L_r - IGW)}$  bestimmen, wobei  $L_r$  für den in der Variante berechneten Beurteilungspegel am Immissionsort steht. Wenn der Beurteilungspegel den geltenden IGW nicht überschreitet, wird das Lautheitsgewicht per Definition auf 0 gesetzt. Das Lautheitsgewicht bewirkt, dass bei einer Zunahme der Geräuschbelastung oberhalb des IGW um 10 dB(A), also bei einer Verdoppelung der Lautstärke, sich auch die über das Lautheitsgewicht berücksichtigte Lärmbelastung verdoppelt. Das folgende Diagramm veranschaulicht den Zusammenhang zwischen der Höhe einer IGW-Überschreitung und dem Lautheitsgewicht:



Für die Ermittlung der Anzahl der Schutzfälle und der Summe der Lautheitsgewichte einer Variante sind als Anlage Vorlagen für Expertentabellen in SoundPLAN beigefügt. Nach dem Laden der erforderlichen Ergebnisdateien können die Anzahl der Schutzfälle und die Summe der zugehörigen Lautheitsgewichte unmittelbar in der Tabellenstatistik (hellblau hinterlegt) am Tabellenanfang abgelesen werden.

#### Spalten 9 bis 11

Hier werden die Herstellungs- und die kapitalisierten Erhaltungskosten sowie deren Summe aufgeführt. Wenn die Verknüpfungen beibehalten werden, errechnen sich die Kosten selbstständig in Abhängigkeit der hinterlegten Einheitspreise. Durch die Einbeziehung der kapitalisierten Erhaltungskosten wird die dauerhafte Wirtschaftlichkeit verschiedener aktiver Lärmschutzmaßnahmen im Sinne des ARS Nr. 8/2004 berücksichtigt. Zusätzliche Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen sollten sich damit erübrigen.

#### Spalten 12 bis 14

Maßgebende Kriterien für die Bewertung der Varianten sind die Effektivität (Spalte 12) und die Effizienz (Spalte 13). Effektivität ist ein Maß für die Zielerreichung (Wirksamkeit, Qualität der Zielerreichung). Sie wird durch die Minderung des Lautheitsgewichtes im Verhältnis zum Lautheitsgewicht der Variante 0 „ohne aktiven Lärmschutz“ dargestellt.

*Beispiel: In der Muster-Tabelle summieren sich die Lautheitsgewichte der Variante 0 zu 2.686,45. Bei Variante 4 verbleibt eine Summe von 616,37. Das Lautheitsgewicht wurde also um den Betrag  $2.686,45 - 616,37 = 2.070,08$  gemindert. Das entspricht einer Effektivität von  $2.070,08 : 2.686,45 = 77,1 \%$ .*

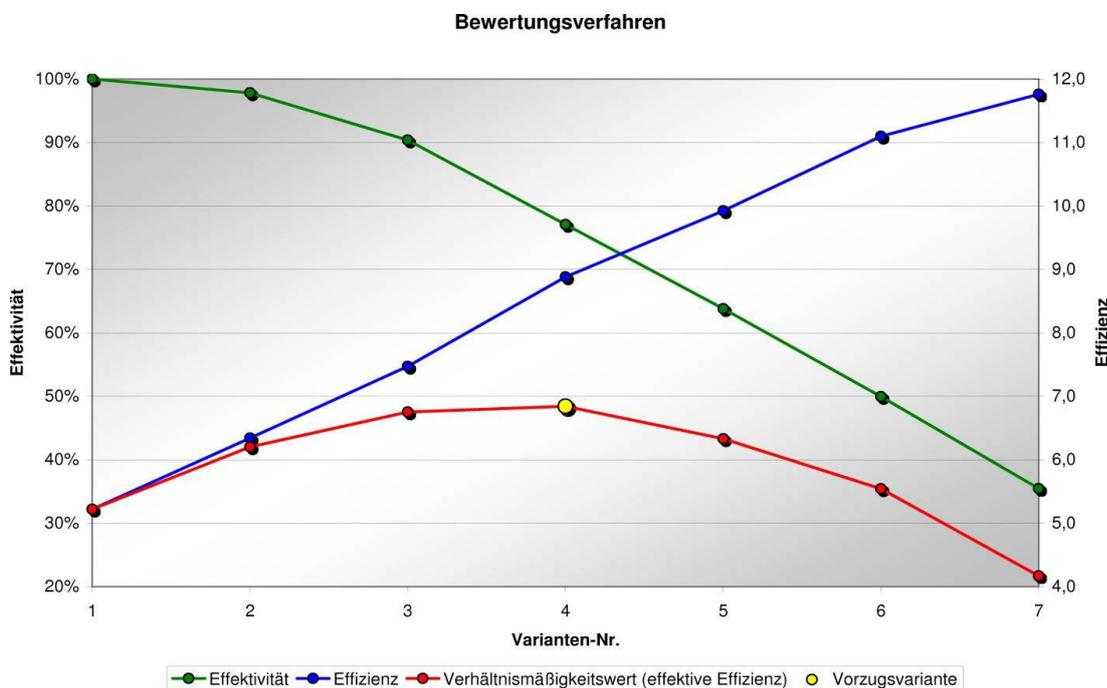
Effizienz ist ein Maß für die Wirtschaftlichkeit (Nutzen-Kosten-Relation). Dafür wird die Minderung des Lautheitsgewichtes ins Verhältnis zu den Kosten für den aktiven Schallschutz gesetzt.

*Beispiel: Wie o.a. mindert die Variante 4 das Lautheitsgewicht um den Betrag 2.070,08. Daraus ergibt sich eine Effizienz von  $2.070,08 : 2.331.590,40 = 8,9 \cdot 10^{-4}$ . Das entspricht einer Minderung des Lautheitsgewichtes um 8,9 je 10.000 €.*

Unglücklicherweise verhalten sich Effektivität und Effizienz tendenziell eher diametral. Das heißt, je mehr die Effektivität bei den schrittweisen Abschlägen am aktiven Lärmschutz abnimmt, desto besser wird die Effizienz. Um eine ausgewogene Lösung zu finden, die der Forderung nach einer möglichst hohen Effektivität bei gerade noch vertretbarer Effizienz gerecht wird, wurde in Spalte 14 der Verhältnismäßigkeitswert eingeführt. Dieser Wert wird auch als „effektive Effizienz“ bezeichnet, weil er sich aus dem Produkt von Effektivität und Effizienz ergibt.

*Beispiel: Variante 4 weist eine Effektivität von 77,1 % und eine Effizienz von 8,9 auf. Als Verhältnismäßigkeitswert ergibt sich demnach  $77,1 \% \cdot 8,9 = 6,84$ .*

Das Zusammenspiel von abnehmender Effektivität, zunehmender Effizienz und Verhältnismäßigkeit veranschaulicht das folgende Diagramm:



Die auf diese Weise rein wirtschaftlich bestimmte Vorzugsvariante ist nicht zwangsläufig die einzig mögliche Lösung, sondern stellt lediglich den Ausgangspunkt für die Abwägung der verschiedenen Varianten dar. Im vorliegenden Muster weist z.B. die Variante 3 einen nur geringfügig niedrigeren Verhältnismäßigkeitswert gegenüber der Variante 4 auf. Die Effektivität ist deutlich besser, die Effizienz entsprechend schlechter. Im Rahmen der Abwägung muss nun entschieden werden, ob die wirtschaftlichen Nachteile gegenüber der Variante 4 durch Berücksichtigung zusätzlicher, nicht monetärer Kriterien (wie z.B. Vorbelastung, städtebauliche Aspekte, Landschaftsbild, o.ä.) aufgewogen werden können.

Andere Randbedingungen für die Wahl einer Vorzugsvariante können auch analoge Lösungen zu anderen Abschnitten sein. Wenn z.B. in zwei benachbarten Abschnitten bereits OPA als eindeutige Vorzugsvariante ermittelt wurde, könnte OPA auch im aktuellen Abschnitt bevorzugt eingesetzt werden, um häufige Belagswechsel zu vermeiden – oder umgekehrt.

#### Spalten 15 und 16

Die Spalten 15 und 16 stehen als weitere Entscheidungshilfen zur Verfügung. Spalte 15 enthält die Summe der verbleibenden Schutzfälle einer Variante, Spalte 16 die Kosten pro Schutzfall. Nach den Vorgaben des BVerwG erfolgt die Untersuchung der Lärmschutzvarianten ausschließlich innerhalb der aktiven Maßnahmen. Dabei wird sich immer eine Variante als die relativ beste erweisen. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass die aus dieser Variante resultierenden Kosten absolut betrachtet in einem offensichtlichen Missverhältnis zum Schutzzweck stehen, weil sie z.B. den Verkehrswert des Objektes übersteigen.

Mit dem o.a. Urteil hat das BVerwG verkündet, dass die Relation zwischen Kosten und Nutzen, bei der die Unverhältnismäßigkeit des Aufwandes für aktiven Lärmschutz anzunehmen sei, nach den Umständen des Einzelfalls festzulegen sei. Somit kann keine Bagatellgrenze für die Kosten pro Schutzfall angegeben werden, unterhalb derer auf eine Variantenuntersuchung mit schrittweisen Abschlägen verzichtet

werden kann. 10.000 € pro Schutzfall können in einem Abschnitt verhältnismäßig sein, während 5.000 € pro Schutzfall für Vollschutz in einem anderen Abschnitt dadurch unverhältnismäßig werden, dass mit 4.000 € pro Schutzfall bereits eine Effektivität von 96 % erreicht werden kann.

Basierend auf den gesammelten Erfahrungen wird als oberer Orientierungswert für die Kosten pro Schutzfall ein Betrag von 20.000 € empfohlen. Dieser Betrag stellt keinen absoluten Grenzwert dar. Eine Annäherung oder eine Überschreitung sollten aber zu einer erhöhten Aufmerksamkeit bei der Auswahl einer Vorzugsvariante führen.

**A 25 / B 5 OU Geesthacht - Variantenuntersuchung von aktiven Lärmschutzmaßnahmen**

**Ermittlung der Einheitspreise für Herstellungskosten**

lfd.Nr.	Bauteil	Menge	EP Neubau	Baustellen- einrichtung	Verkehrs- sicherung	Verwaltungs- kosten	Herstellungs- kosten netto	Mehrwertsteuer	Herstellungs- kosten brutto
		ME	EUR / ME	EUR	EUR	EUR / ME	EUR	EUR	EUR
1	2	3	4	5 = 5% · 4	6	7 = 10% · (4+5+6)	8 = 4+5+6+7	9 = 19% · 8	10 = 8 + 9
1	Lärmschutzwand	1 m <sup>2</sup>	367,97	18,40	0,00	38,64	425,01	80,75	505,75*

\* Entspricht dem Wert aus aktuellen Planungen des Landesbetriebes Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein (LBV-SH) Niederlassung Lübeck

## A 25 / B 5 OU Geesthacht - Variantenuntersuchung von aktiven Lärmschutzmaßnahmen

**Ermittlung der Einheitspreise für kapitalisierte Erhaltungskosten E** in Anlehnung an die Ablösungsbeträge-Berechnungsverordnung (ABBV)

$E = \frac{1 + \frac{z}{100}}{1 + \frac{z}{100} \cdot \frac{m}{n}} \cdot K_e + \frac{p}{z} \cdot K_u$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>bei m = n und z = 4%</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>ergibt sich <math>E = \frac{1,04^0}{1,04^m - 1} \cdot K_e + \frac{p}{4} \cdot K_u = \frac{1}{1,04^m - 1} \cdot K_e + \frac{p}{4} \cdot K_u</math></p> </div> </div>												
lfd. Nr.	Bauteil	m = n	p	Herstellungskosten (brutto)	Kosten für Abbruch	Ke = Ku (Herst.-Kosten + Abbruch)	1,04 <sup>m</sup>	1 / (1,04 <sup>m</sup> - 1)	p / 4	1 / (1,04 <sup>m</sup> - 1) · Ke	p / 4 · Ku	E
		Jahre	%	EUR	EUR	EUR				EUR	EUR	EUR
1	1a	2	3	4	5	6 = 4 + 5	7	8	9	10 = 8 · 6	11 = 9 · 6	12 = 10 + 11
1	Lärmschutzwand	40	1,0	505,75	50,58	556,33	4,801	0,263	0,250	146,36	139,08	285,44

- E Kapitalisierte Erhaltungskosten
- Ke Erneuerungskosten der baulichen Anlage
- Ku Kosten der baulichen Anlage, die der Ermittlung der kapitalisierten Unterhaltungskosten zugrunde zu legen sind
- z Zinssatz der Kapitalisierung
- m Theoretische Nutzungsdauer der fiktiven baulichen Anlage
- n Restnutzungsdauer: Anzahl der Jahre vom Zeitpunkt der Fälligkeit der Ablösung bis zur nächsten fälligen theoretischen Erneuerung der alten vorhandenen baulichen Anlage
- p Jährliche Unterhaltungskosten der fiktiven baulichen Anlage in Hundertteilen der Kosten Ku

**A 25 / B 5 OU Geesthacht - Variantenuntersuchung von aktiven Lärmschutzmaßnahmen**

**Variantenvergleich aktiver Lärmschutzmaßnahmen - Gemeinde Escheburg**

Nr.	Variante		Betroffenheiten						Kosten			Bewertung				
	Beschreibung	Wandfläche [m <sup>2</sup> ]	Geschossseiten Tag		Geschossseiten Nacht		Außenwohnbereiche		Herstellungskosten [EUR]	Erhaltungskosten (kapitalisiert) [EUR]	Kosten des aktiven Schallschutzes (kapitalisiert) [EUR]	Effektivität (Anteil Minderung Lautheits- gewicht) [%]	Effizienz (Minderung Lautheits- gewicht pro Kosten) [10 <sup>-4</sup> ]	Verhältnis- mäßigkeit- wert (effektive Effizienz) [-]	Summe verbleibender Schutzfälle [-]	Kosten pro Schutzfall (kapitalisiert) [EUR]
			verbleibende Schutzfälle	Lautheits- gewicht	verbleibende Schutzfälle	Lautheits- gewicht	verbleibende Schutzfälle	Lautheits- gewicht								
1	2	2a	3	4 = 2 <sup>0,1 · (L-L<sub>IGW</sub>)</sup>	5	6 = 2 <sup>0,1 · (L-L<sub>IGW</sub>)</sup>	7	8 = 2 <sup>0,1 · (L-L<sub>IGW</sub>)</sup>	9	10	11 = 9 + 10					
0	Ohne aktiven Lärmschutz	-	6	6,43	97	120,47	2	2,30	-	-	-	-	-	-	105	-
1	Wände Vollsenschutz 932x2-6,5m	4.827	-	-	-	-	-	-	2.441.255,25	1.377.818,88	3.819.074,13	100,0	0,3	0,34	-	36.372,13
2	Wände 932x2-6m	4.631	-	-	2	2,14	-	-	2.342.128,25	1.321.872,64	3.664.000,89	98,3	0,3	0,34	2	35.572,82
3	Wände 932x2-5,5m	4.434	-	-	3	3,22	-	-	2.242.495,50	1.265.640,96	3.508.136,46	97,5	0,4	0,35	3	34.393,49
4	Wände 932x2-5m	4.227	-	-	7	7,50	-	-	2.137.805,25	1.206.554,88	3.344.360,13	94,2	0,4	0,34	7	34.126,12
5	Wände 932x2-4,5m	3.942	-	-	9	9,72	-	-	1.993.666,50	1.125.204,48	3.118.870,98	92,5	0,4	<b>0,35</b>	9	32.488,24
6	Wände 932x2-4m	3.564	-	-	22	23,89	-	-	1.802.493,00	1.017.308,16	2.819.801,16	81,5	0,4	0,30	22	33.973,51
7	Wände 932x2-3,5m	3.176	-	-	30	33,00	-	-	1.606.262,00	906.557,44	2.512.819,44	74,5	0,4	0,29	30	33.504,26
8	Wände 520x5m	2.600	-	-	38	42,76	-	-	1.314.950,00	742.144,00	2.057.094,00	66,9	0,4	0,28	38	30.702,90
9	Wände 520x4,5m	2.340	-	-	45	50,82	-	-	1.183.455,00	667.929,60	1.851.384,60	60,7	0,4	0,26	45	30.856,41
10	Wände 850x2-5m	4.105	-	-	20	21,98	-	-	2.076.103,75	1.171.731,20	3.247.834,95	83,0	0,3	0,27	20	38.209,82
11	Wände 850x2-4,5m	3.710	-	-	23	25,27	-	-	1.876.332,50	1.058.982,40	2.935.314,90	80,4	0,4	0,28	23	35.796,52

Für den passiven Lärmschutz und die Entschädigung für verbleibende Beeinträchtigungen der Außenwohnbereiche ohne aktive Lärmschutzmaßnahmen werden die Kosten wie folgend dargestellt ermittelt:

Kostenbasis: 2.500 €/Schutzfall am Gebäude und 500 € je Schutzfall Außenwohnbereich  
 Kosten passiv: 103 Schutzfälle x 2.500 € = 257,5 T€  
 Kosten AWB-Entschädigung: 2 Schutzfälle x 500 € = 1 T€  
 Gesamt: 258,5 T€

**A 25 / B 5 OU Geesthacht - Variantenuntersuchung von aktiven Lärmschutzmaßnahmen**

**Variantenvergleich aktiver Lärmschutzmaßnahmen - Stadt Geesthacht, Bereich Grünhof**

Nr.	Variante		Betroffenheiten						Kosten			Bewertung				
	Beschreibung	Wandfläche [m <sup>2</sup> ]	Geschossseiten Tag		Geschossseiten Nacht		Außenwohnbereiche		Herstellungskosten [EUR]	Erhaltungskosten (kapitalisiert) [EUR]	Kosten des aktiven Schallschutzes (kapitalisiert) [EUR]	Effektivität (Anteil Minderung Lautheits- gewicht) [%]	Effizienz (Minderung Lautheits- gewicht pro Kosten) [10 <sup>-4</sup> ]	Verhältnis- mäßigkeit- wert (effektive Effizienz) [-]	Summe verbleibender Schutzfälle [-]	Kosten pro Schutzfall (kapitalisiert) [EUR]
			verbleibende Schutzfälle	Lautheits- gewicht 4 = 2 <sup>0,1 · (Lr-IGW)</sup>	verbleibende Schutzfälle	Lautheits- gewicht 6 = 2 <sup>0,1 · (Lr-IGW)</sup>	verbleibende Schutzfälle	Lautheits- gewicht 8 = 2 <sup>0,1 · (Lr-IGW)</sup>								
2	2a	3	4 = 2 <sup>0,1 · (Lr-IGW)</sup>	5	6 = 2 <sup>0,1 · (Lr-IGW)</sup>	7	8 = 2 <sup>0,1 · (Lr-IGW)</sup>	9	10	11 = 9 + 10	12 = Δ <sub>L,GW</sub> : Σ <sub>L,GW</sub>	13 = Δ <sub>L,GW</sub> : 11	14 = 12 · 13	15 = 3 + 5 + 7	16 = 11 : Δ <sub>SF</sub>	
0	Ohne aktiven Lärmschutz	-	33	41,31	59	82,98	-	-	-	-	-	-	-	92	-	
1	Vollschutz an B 5 Wand 315x2-5m Höhe über Gradiente B 5	1.390	-	-	-	-	-	702.992,50	396.761,60	1.099.754,10	100,0	1,1	1,13	-	11.953,85	
2 *)	Vollschutz LSW auf vorhandenem LS-Wall 285x1,5-5,0m	1.163	-	-	-	-	-	663.187,25 **)	331.966,72	995.153,97	100,0	1,2	<b>1,25</b>	-	10.816,89	
3 *)	LSW auf vorhandenem LS-Wall 285x1,5-4,5m	1.079	-	-	6	6,51	-	620.704,25 **)	307.989,76	928.694,01	94,8	1,3	1,20	6	10.798,77	
4 *)	LSW auf vorhandenem LS-Wall 275x1,5-3,5m	897	3	3,29	11	14,02	-	528.657,75 **)	256.039,68	784.697,43	86,1	1,4	1,17	14	10.060,22	

\*) zur Errichtung der LSW ist ein Abtrag der Walkkrone um 1,00 m Höhe (Breite dann 4,00 m) und ein Wiederauftrag von 0,6 m Höhe (Breite 2,20 m) erforderlich

\*\*\*) hierin sind die Kosten für den Abtrag und den Wiederauftrag der Walkkrone in Höhe von 75 T€ mit berücksichtigt.

Für den passiven Lärmschutz ohne aktive Lärmschutzmaßnahmen werden die Kosten wie folgend dargestellt ermittelt:

Kostenbasis: 2.500 €/Schutzfall am Gebäude  
 Kosten passiv: 92 Schutzfälle x 2.500 € = 230 T€