

BAB A 4; Grundhafte Erneuerung mit Anbau von Stand- und Zusatzfahrstreifen zw. dem AD Kirchheim und der AS Wildeck / Obersuhl, Abschnitt Bad Hersfeld West (3. BA)

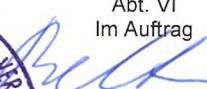
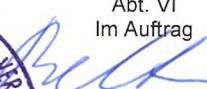
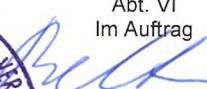
von Bau-km 0+000 bis Bau-km 3+888
Nächster Ort: Bad Hersfeld
Baulänge: 3,888 km

4. PLANÄNDERUNG

- Variantenuntersuchung der Lärmschutzmaßnahmen -

Unterlage 17.1-4.PÄ ersetzt Unterlage 17.1

Nr.	Art der Änderung	Datum	Name

<p>Aufgestellt: Fulda, den 27.05.2019 Hessen Mobil Planung Osthessen</p> <p style="text-align: center;"><u>i.A. Hilmar Heuser</u> Dezernent</p>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: right;">Unterlage</td> <td style="text-align: left;">Nr. 17.1 4. PÄ</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">zum</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Planfeststellungsbeschluss</td> </tr> <tr> <td colspan="2">vom 23.12.2019 Az. 061-k-04#2.168</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Wiesbaden, den 15.1.2020</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen Abt. VI Im Auftrag</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">  Baudirektor </td> </tr> </table>	Unterlage	Nr. 17.1 4. PÄ	zum		Planfeststellungsbeschluss		vom 23.12.2019 Az. 061-k-04#2.168		Wiesbaden, den 15.1.2020		Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen Abt. VI Im Auftrag		 Baudirektor	
Unterlage	Nr. 17.1 4. PÄ														
zum															
Planfeststellungsbeschluss															
vom 23.12.2019 Az. 061-k-04#2.168															
Wiesbaden, den 15.1.2020															
Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen Abt. VI Im Auftrag															
 Baudirektor															



Variantenuntersuchung der Lärmschutzmaßnahmen

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 GRUNDLAGE DER VARIANTENUNTERSUCHUNG	3
2 PROJEKTSPEZIFISCHE BESONDERHEITEN	4
3 ERGEBNIS DER VARIANTENUNTERSUCHUNG.....	4
3.1 BEREICH EICHHOF	5
3.2 BEREICH KURPARK	6
3.3 BEREICH JOHANNESBERG.....	7
3.4 GESAMTHAFTE BETRACHTUNG.....	8
4 ZUSAMMENFASSUNG DER VORZUGSLÖSUNG	10

1 Grundlage der Variantenuntersuchung

Die Methodik der vorliegenden Variantenuntersuchung entspricht der bestehenden Planungspraxis in Hessen. Erläuterungen hierzu beinhaltet die Anlage 1.

Zur Bewertung wird die Anzahl ungelöster Schutzfälle herangezogen. Als ungelöster Schutzfall ist jede fassaden- und geschossbezogene Immissionsgrenzwertüberschreitung (Gebäudeseitenetagen = GSE) im Tag- und/oder Nachtzeitraum und im Außenwohnbereich im Tagzeitraum definiert. Zur Bewertung der lärmindernden Wirkung wird das Lautheitsgewicht herangezogen, welches unabhängig von der Anzahl der verbleibenden Schutzfälle aus der Höhe der Beurteilungspegel berechnet wird. Hiermit wird in der Bewertung neben der Anzahl der Betroffenheiten auch die Minderung der Beurteilungspegel mitberücksichtigt. Die Ermittlung verhältnismäßiger aktiver Lärmschutzmaßnahmen ist somit wesentlich von der Anzahl der betroffenen Gebäudeseitenetagen (GSE) = Schutzfälle und der Höhe des jeweilig ermittelten Beurteilungspegels abhängig.

Mit der vorliegenden Untersuchung erfolgt ausgehend von der Ermittlung der jeweilig für den Vollschutz (Einhaltung der Immissionsgrenzwerte der 16. BImSchV) notwendigen aktiven Lärmschutzmaßnahmen (sofern ermittelbar und technisch realisierbar) eine Betrachtung weiterer Varianten, die neben aktiven Lärmschutzmaßnahmen auch passive Maßnahmen vorsehen. Ziel ist die Festlegung von verhältnismäßigen aktiven Lärmschutzmaßnahmen für alle betroffenen Gebäude.

Zusätzlich zu Lärmschutzwänden als aktive Lärmschutzmaßnahme wird in der vorliegenden Untersuchung der Einbau eines offenporigen Asphalts (OPA) mit einem Korrekturwert für die Fahrbahnoberfläche von $D_{\text{stro}} = -5 \text{ dB(A)}$ mit untersucht.

Bei der Bewertung der verschiedenen Schallschutzvarianten sind die Verhältnismäßigkeit sowie die Effektivität der unterschiedlichen Schallschutzmaßnahmen ausschlaggebend. Die Verhältnismäßigkeit, d.h. die Relation zwischen Kosten und Nutzen ist gemäß Rechtsprechung des BVerwG (BVerwG 9 A 72.07) nach den Umständen des Einzelfalls festzulegen. Gemäß den in Anlage 1 beigehefteten Erläuterungen zur Methodik der Variantenuntersuchung wird für die Verhältnismäßigkeit als oberer Orientierungswert ein Betrag von 20 T€ pro gelösten Schutzfall empfohlen.

Die Gegenüberstellung der Varianten erfolgt jeweils in Tabellenform (Anlage 3) entsprechend der Verfahrensweise in Niedersachsen. Grün hinterlegte Zeilen kennzeichnen die jeweilig favorisierte Variante.

Der Variantenuntersuchung werden der Einheitspreis für Lärmschutzwände der Kostenermittlung für die untersuchte Maßnahme zu Grunde gelegt. Die Mehrkosten für den Einbau von offenporigem Asphalt (OPA) werden anhand von Erfahrungswerten aus anderen Projekten mit $4,13 \text{ €/m}^2$ in den Herstellungskosten berücksichtigt. Weitere Ansätze für Herstellungspreise und die kapitalisierten Kosten sind in Anlage 1 aufgeführt. Die Kostengrundlagen dieser Variantenuntersuchung sind in den Tabellen der Anlage 2 zusammengefasst.

2 Projektspezifische Besonderheiten

Gegenstand der vorliegenden Untersuchung ist die geplante grundhafte Erneuerung mit Anbau von Stand- und Zusatzfahrstreifen der BAB A4 im Abschnitt Bad Hersfeld – West. Dieser Abschnitt stellt den 3. Bauabschnitt der grundhaften Erneuerung der BAB A4 zwischen dem AD Kirchheim und der AS Wildeck/Obersuhl dar.

Der Abschnitt beginnt etwa 5,7 km östlich des AD Kirchheim (BAB A 7 / A 4) bei Bau-km 0+000 (Str.-km 361,300) unmittelbar vor dem Stadtteil Eichhof der Stadt Bad Hersfeld. Er führt im gesamten Entwurfsbereich durch den Landkreis Hersfeld-Rotenburg und endet kurz vor der Anschlussstelle AS Bad Hersfeld bei Bau-km 3+888 (Str.-km 357,413) unmittelbar hinter dem Stadtteil Johannesberg der Stadt Bad Hersfeld.

Bestandteil des Vorhabens ist die Errichtung einer einseitigen PWC-Anlage an der Richtungsfahrbahn Eisenach auf dem Gelände der ehemaligen Autobahnmeisterei bei Bau-km 2+900.

Die BAB A4 ist im vorliegenden Streckenabschnitt derzeit durchgängig 4streifig (je Richtungsfahrbahn 2 Fahrstreifen ohne Standstreifen) ausgestattet.

Im Zuge der Grunderneuerung ist der neue Querschnitt RQ 31 (31,0 m Kronenbreite, je Richtungsfahrbahn zwei Fahrstreifen und ein Standstreifen) vorgesehen. Er umfasst zwei Richtungsfahrbahnen mit einer Gesamtbreite von je 12,0 m und einem Mittelstreifen von 4,0 m. Beidseitig gliedern sich Bankette mit jeweils 1,50 m Breite an.

In den Steigungsstrecken wird nach Erfordernis eine dritte Fahrspur (Zusatzfahrstreifen) angeordnet. In Fahrtrichtung Eisenach beginnt der Zusatzfahrstreifen als Fahrstreifenaddition in Verlängerung des Beschleunigungsstreifens der PWC-Anlage bei Bau-km 3+425 und schließt dann an den vorbereiteten 3-streifigen Teilabschnitt der AS Bad Hersfeld an. In Fahrtrichtung AD Kirchheim beginnt der Zusatzfahrstreifen bei Bau-km 1+550 und geht in den 3-streifig gebauten Nachbarabschnitt Kirchheim Ost über.

Eine ausführliche Darstellung der geplanten Maßnahmen und die straßenbauliche Beschreibung sind im Erläuterungsbericht, Teil A Unterlage 1d enthalten.

Im Zuge der Variantenuntersuchungen werden folgende 3 Abschnitte zur Auswertung möglicher Lärmschutzmaßnahmen gebildet.

Abschnitt 1: Bereich Eichhofsiedlung

Abschnitt 2: Bereich Kurpark

Abschnitt 3: Bereich Stadtteil Johannesberg

Zusätzlich erfolgt abschließend eine zusammenfassende Bewertung aller Abschnitte für die Betrachtung mit Einbau des OPA, da der OPA-Bereich für alle drei Bereiche wirksam ist.

3 Ergebnis der Variantenuntersuchung

Für die oben benannten Abschnitte erfolgte die Dimensionierung unterschiedlicher Lärmschutzvarianten. Die Betroffenheiten (Anzahl der Schutzfälle), die untersuchten Lärmschutzvarianten und deren Wirkung, sowie die Bewertung sind in den Tabellen der Anlage 3 enthalten. Im Folgenden erfolgt eine Auswertung der Tabellen für die jeweiligen Varianten.

Da die maximale Höhe von Lärmschutzwänden technischen Restriktionen in der Berechnungssoftware unterliegt, konnte die für den aktiven Vollschutz erforderliche Höhe der Lärmschutzwände nicht exakt ermittelt werden. Daher wurden mit Hilfe des vereinfachten Verfahrens der langen, geraden Straße fiktive Wandhöhen für die Immissionsorte mit der

lärmtechnisch ungünstigsten Lage zur BAB A 4 ermittelt. Dabei wurde deutlich, dass Lärmschutzwandhöhen von 15 bis 20 Metern erforderlich wären um den aktiven Vollschutz gewährleisten zu können. Da die Umsetzung von Lärmschutzwänden mit Höhen über 10 m in der Praxis nicht machbar ist, wurde in der Variantenabwägung das Szenario "Vollschutz" nicht betrachtet.

3.1 Bereich Eichhof

Die A 4 verläuft südlich der Eichhofsiedlung in Dammlage. Die betroffenen Gebäude befinden sich dabei in einem Abstand von ca. 100m bis 400m von der A 4. Das Gelände steigt mit zunehmender Entfernung von der A 4 in Richtung Norden an, sodass die betroffenen Gebäude im Bereich der Eichhofsiedlung in Hanglage höher liegen als die Bundesautobahn.

Die Gebäude sind durch den bereits vorhandenen Verkehrslärm der A 4 erheblich vorbelastet.

Die 2- bis 3-geschossige Wohnbebauung in Form von Ein- und Mehrfamilienhäusern wurde entsprechend der Festsetzungen in vorhandenen Bebauungsplänen bzw. nach vor Ort festgestellter tatsächlicher Nutzung in Anlehnung an die Flächennutzungsplanung der Gebietskategorie 2: Allgemeines Wohngebiet zugeordnet.

Im Bereich Eichhof wurden bei insgesamt 2206 Gebäudeseitenetagen (GSE) die Immissionspegel ermittelt. Ohne aktive Lärmschutzmaßnahmen treten bei 482 GSE Taggrenzwertüberschreitungen auf. Die Nachtgrenzwerte sind bei 1339 GSE überschritten. Die maximalen Immissionsgrenzwertüberschreitungen betragen tags 7,7 dB(A) und nachts 13,5 dB(A).

Die Ergebnisse des Variantenvergleichs für diesen Bereich sind in Anlage 3 Tabelle 1 enthalten.

Auf die Bewertung des Vollschutzes wurde aufgrund zu hoher erforderlicher Wandhöhen verzichtet. Entsprechend wurden für die geeigneten Lärmschutzwände Höhen von 10 Meter über Fahrbahnrand im Bereich der Strecke und 6 m über Fahrbahnrand im Bereich der Bauwerke angesetzt (Variante 1.1).

Darüber hinaus wurden folgende zusätzlich Varianten untersucht:

- Variante 1.2: Kombination von Lärmschutzwänden und Einbau von OPA (nicht auf Bauwerken)
- Variante 1.3: alleiniger Einbau von OPA (offenporiger Asphalt mit DStrO -5 dB(A); nicht auf Bauwerken) ohne Lärmschutzwände
- Variante 1.4: Kombination von Lärmschutzwänden und Einbau von OPA auch auf Bauwerken 0-2, 1-1 und 1-3
- Variante 1.5: Erhöhung der Lärmschutzwände im Bereich der Bauwerke auf 10m und OPA
- Variante 1.6: Erhöhung der Lärmschutzwände im Bereich der Bauwerke auf 8m und OPA
- Variante 1.7: Erhöhung der Lärmschutzwände im Bereich der Bauwerke auf 10m und OPA auch auf Bauwerken 0-2, 1-1, 1-3

Variante 1.3 ergibt im Vergleich den besten Verhältnismäßigkeitswert. Es verbleiben dabei jedoch 236 Schutzfälle im Tagzeitraum. Die Kombination aus Lärmschutzwänden mit einer durchgängigen Höhe von 10m sowie dem durchgängigen Einbau von OPA (Variante 1.7) gewährleistet zum einen die Einhaltung der Taggrenzwerte im Bereich Eichhof und weist bei einer verbleibenden Summe von 51 Schutzfällen im Nachtzeitraum eine Effektivität von 97,8% auf.

Variante 1.3 (nur OPA) hingegen erreicht lediglich eine Effektivität von 39%. Es verbleiben 236 ungelöste Schutzfälle am Tag sowie 948 ungelöste Schutzfälle nachts.
Empfehlung Vorzugsvariante:

Im Ergebnis der Variantenuntersuchung ist für den Bereich der Eichhofsiedlung Variante 1.2 zu favorisieren, da sie bei einer Effektivität von 93% keine verbleibenden Überschreitungen der Taggrenzwerte und nur 162 verbleibende Schutzfälle in der Nacht aufweist. Die Kosten vom pro gelösten Schutzfall mit ca. 11.500 € sind verhältnismäßig.

3.2 Bereich Kurpark

Nördlich der A 4 befindet sich zwischen der Eichhofsiedlung und dem Stadtteil Johannesberg der Kurpark, welcher sich bis zur Bahnlinie (Nebenstrecke Hatterode - Bad Hersfeld) in der ebenen Tallage der Fulda erstreckt. Über die Bahnlinie hinaus steigt das Gelände einschließlich der vorhandenen Bebauung nach Norden leicht an. Die Bebauung befindet sich in einer Entfernung von ca. 380 m bis 900 m zur A 4. Entsprechend der tatsächlichen Nutzung wurden die Gebäude im Kurpark den Kategorien 1 (Krankenhäusern, Schulen, Kurheime und Altenheime) und 2 (reine und allgemeine Wohngebiete) zugeordnet.

Im Bereich Kurgebiet (Realnutzung Wohngebiet und Kurheim/Krankenhaus) wurden für 69 Gebäude bei insgesamt 688 Gebäudeseitenetagen (GSE) die Immissionspegel ermittelt. Ohne aktive Lärmschutzmaßnahmen sind bei 35 Gebäuden Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte im Nachtzeitraum bei 140 GSE festzustellen. Die maximalen Immissionsgrenzwertüberschreitungen betragen nachts 4,4 dB(A) im Sondergebiet an der Klinik Am Weinberg 19.

Die Ergebnisse des Variantenvergleichs für diesen Bereich sind in Anlage 3 Tabelle 2 enthalten.

Für den Bereich Kurgebiet wurden zunächst 7 Lärmschutzvarianten untersucht. In der Variantengegenüberstellung wurde Variante 2.0a (LSW Eichhof und Johannesberg) als Referenzszenario (als bestehend angenommen) für die zu untersuchenden Lärmschutzmaßnahmen für den Bereich des Kurgebiets gewählt.

Die Gegenüberstellung beinhaltet folgende Betrachtungen:

- Variante 2.1: LSW mit 957m Länge und 4 m Höhe
- Variante 2.2: LSW mit 957m Länge und 3,5m Höhe
- Variante 2.3: LSW mit 755m Länge und 4m Höhe
- Variante 2.4: alleiniger Einbau von OPA (offenporiger Asphalt mit DStrO -5 dB(A); nicht auf Bauwerken) ohne zusätzliche Lärmschutzwand
- Variante 2.5: Kombination aus der effizientesten Wand (Variante 2.3) und des OPA-Einbaus

- Variante 2.6: Einbau von OPA (offenporiger Asphalt mit DStrO -5 dB(A) auch auf Bauwerken 2-2, 3-2, 3-4 ohne zusätzliche Lärmschutzwand
- Variante 2.7: Einbau von OPA (offenporiger Asphalt mit DStrO -5 dB(A) auch auf Bauwerken 3-2, 3-4 ohne zusätzliche Lärmschutzwand

Die Varianten 2.1 und 2.2 mit längeren Lärmschutzwänden im Bereich des Kurgebietes erreichen zwar eine höhere Effektivität für das Kurgebiet, aber einen schlechteren Verhältnismäßigkeitswert. Zudem liegen sie mit den Kosten von rund 21.200€ (Variante 2.1) bzw. 19.400€ pro gelösten Schutzfall (Variante 2.2) über denen der übrigen Varianten. Den besten Verhältnismäßigkeitswert ergibt die Variante 2.4 mit einer Effektivität von 85,6%, 22 verbleibenden Schutzfällen nachts und ca. 8.800 € Kosten pro gelöstem Schutzfall. Die Kombination aus Wand und dem Einbau von OPA erreicht zwar eine Effektivität von 100% ist aber mit ca. 23.300€ pro gelösten Schutzfall nicht verhältnismäßig.

Empfehlung Vorzugsvariante

Variante 2.4 erreicht mit einer Effektivität von 85,6% und mit Kosten von 8.800€ pro Schutzfall zwar den besten Verhältnismäßigkeitswert. Es verbleiben jedoch 22 nächtliche Schutzfälle im Kurgebiet. Da der durchgängige Einbau von OPA (auch auf den Bauwerken) die verbleibenden Lärmschutzansprüche auf 10 Schutzfälle reduziert und mit Kosten von ca 10.400€ pro Schutzfall verhältnismäßig ist, ist Variante 2.6 mit einer Effektivität von 93,6% die Vorzugsvariante. Die verbleibenden Schutzfälle können mit passiven Schallschutzmaßnahmen (Lärmschutzfenster, Schalldämmlüfter) abgewickelt werden.

3.3 Bereich Johannesberg

Die A 4 verläuft unmittelbar vor der Anschlussstelle Bad Hersfeld nördlich des Stadtteils Johannesberg in leichter Dammlage. Die betroffenen Gebäude befinden sich im Abstand von ca. 60m bis 50m zur A 4 und sind der Gebietskategorie 2 (reine und allgemeine Wohngebiete) zugeordnet.

Im Stadtteil Johannesberg wurden für 297 Gebäude bei insgesamt 1765 Gebäudeseitenetagen (GSE) die Immissionspegel ermittelt. Ohne aktive Lärmschutzmaßnahmen sind bei 229 Gebäuden Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte festzustellen. Taggrenzwertüberschreitungen treten bei 301 GSE auf. Die Nachtgrenzwerte sind bei 1056 GSE überschritten. Die maximalen Immissionsgrenzwertüberschreitungen betragen tags 8,7dB(A) und nachts 14,5 dB(A).

Die Ergebnisse des Variantenvergleichs für diesen Bereich sind in Anlage 3 Tabelle 3 enthalten.

Analog zum Bereich der Eichhofsiedlung wurden für den Stadtteil Johannesberg auf die Bewertung des Vollschatzes aufgrund zu hoher erforderlicher Wandhöhen verzichtet. Entsprechend wurden für die geeigneten Lärmschutzwände Maximalhöhen von 10m über Fahrbahnrand im Bereich der Strecke und 6 m über Fahrbahnrand im Bereich der Bauwerke angesetzt (Variante 3.1).

Darüber hinaus wurden folgende zusätzliche Varianten untersucht:

- Variante 3.2: alleiniger Einbau von OPA (offenporiger Asphalt mit DStrO -5 dB(A); nicht auf Bauwerken) ohne Lärmschutzwände
- Variante 3.3: Kombination von Lärmschutzwänden und Einbau von OPA (nicht auf Bauwerken)

- Variante 3.4: Kombination von Lärmschutzwänden und Einbau von OPA (inkl. Bauwerke 2-2, 3-2, 3-4)
- Variante 3.5: Kombination von Lärmschutzwänden und Einbau von OPA (inkl. Bauwerke 3-2, 3-4)
- Variante 3.6: Erhöhung der Lärmschutzwände auf den Bauwerken auf 10m und 5m auf BW 2-2 und Einbau von OPA (nicht auf Bauwerken)
- Variante 3.7: Erhöhung der Lärmschutzwände auf den Bauwerken auf 10m und 5m auf BW 2-2 und Einbau von OPA (inkl. BW 2-2, 3-2, 3-4)

Die Auswertung zeigt, dass ähnlich wie im Bereich Eichhof Variante 3.2 im Vergleich den besten Verhältnismäßigkeitswert ergibt. Doch auch hier verbleiben dabei 140 Schutzfälle im Tagzeitraum und 691 im Nachtzeitraum. Die Kombination aus Lärmschutzwänden mit einer durchgängigen Höhe von 10m (5m auf Fuldatabrücke) und durchgängigem OPA auch auf den Bauwerken (Variante 3.7) gewährleistet zum einen die Einhaltung der Taggrenzwerte im Bereich Johannesberg und weist bei einer verbleibenden Summe von 114 Schutzfällen in der Nacht eine Effektivität von 93% auf.

Variante 3.2 hingegen erreicht lediglich eine Effektivität von 41,14%. Darüber hinaus weist der alleinige Einbau von OPA für den Bereich des Stadtteils Johannesberg die größte Betroffenheit auf.

Empfehlung Vorzugsvariante:

Im Ergebnis der Variantenuntersuchung ist für den Bereich Johannesberg Variante 3.7 zu favorisieren, da Sie bei einer Effektivität von 93,0% keine verbleibenden Überschreitungen der Taggrenzwerte aufweist (114 in der Nacht) und die Kosten pro gelösten Schutzfall mit ca. 12.800 € verhältnismäßig sind. Variante 3.2 erreicht zwar einen höheren Verhältnismäßigkeitswert, ist aber mit einer Effektivität von lediglich 41,1% und 140 verbleibenden Schutzfällen im Tagzeitraum und 691 im Nachtzeitraum nicht zu empfehlen.

3.4 Gesamthafte Betrachtung

Die gesamthafte Betrachtung untersuchter Lärmschutzmaßnahmen beinhaltet die Abwägung von 14 verschiedenen Varianten. Hierbei wurden folgende Varianten einander gegenübergestellt:

- Variante 0: ohne Lärmschutz
- Variante 1: Lärmschutzwände für die Bereich Eichhof, Johannesberg und Kurpark und Einbau von OPA (nicht auf Bauwerken)
- Variante 2: Lärmschutzwände für die Bereich Eichhof und Johannesberg und Einbau von OPA (nicht auf Bauwerken)
- Variante 3: Lärmschutzwände für die Bereich Eichhof, Johannesberg und Kurpark (kein OPA)
- Variante 4: Lärmschutzwände für die Bereich Eichhof und Johannesberg (kein OPA)
- Variante 5: Einbau von OPA ohne Lärmschutzwände

- Variante 6: Kombination von Lärmschutzwänden und Einbau von OPA (inkl. aller Bauwerke)
- Variante 7: Kombination von Lärmschutzwänden und Einbau von OPA (inkl. Bauwerke 0-2, 1-1, 3-2, 3-4)
- Variante 8: Kombination von Lärmschutzwänden und Einbau von OPA (inkl. Bauwerke 0-2, 1-1)
- Variante 9: Kombination von Lärmschutzwänden und Einbau von OPA (inkl. Bauwerke 3-2, 3-4)
- Variante 10: Kombination von Lärmschutzwänden, Erhöhung der Lärmschutzwände auf den Bauwerken auf 8m (5m BW 2-2) und Einbau von OPA (inkl. aller Bauwerke)
- Variante 11: Kombination von Lärmschutzwänden, Erhöhung der Lärmschutzwände auf den Bauwerken auf 8m (5m BW 2-2) und Einbau von OPA (nicht auf Bauwerken)
- Variante 12: Kombination von Lärmschutzwänden, Erhöhung der Lärmschutzwände auf den Bauwerken auf 8m (5m BW 2-2) und Einbau von OPA (inkl. aller Bauwerke außer BW 2-2)
- Variante 13: Kombination von Lärmschutzwänden, Erhöhung der Lärmschutzwände auf den Bauwerken auf 10m (5m BW 2-2) und Einbau von OPA (inkl. aller Bauwerke)
- Variante 14: Kombination von Lärmschutzwänden, Erhöhung der Lärmschutzwände auf den Bauwerken auf 10m (5m BW 2-2) und Einbau von OPA (inkl. aller Bauwerke außer BW 2-2)

Die Auswertung zeigt, dass Variante 5 hinsichtlich des Verhältnismäßigkeitswerts das augenscheinlich beste Ergebnis darstellt. Da die Effektivität bei lediglich 41,8% liegt und 376 Schutzfälle mit Überschreitungen am Tag verbleiben, ist die Betrachtung von weiteren aktiven Maßnahmen auch in der Gesamtbetrachtung erforderlich.

Die Kombination aus Lärmschutzwänden mit einer durchgängigen Höhe von 10m (5m auf Fuldatalbrücke und dem durchgängigen Einbau von OPA auch über den Bauwerken (Variante 13) erreicht eine Effektivität von 95,7% und löst alle Überschreitungen der Tag-Grenzwerte. Die verbleibenden Beeinträchtigungen durch den Verkehrslärm beschränken sich daher auf den Nachtzeitraum und können mit passiven Schutzmaßnahmen gelöst werden.

Die Erweiterung um eine Lärmschutzwand im Kurgebiet (Variante 1 und 3) bewirkt gesamthaft betrachtet eine geringere Effektivität als Variante 2, da sich die durch die Lärmschutzwand entstehenden Reflexionen negativ auf den Stadtteil Johannesburg auswirken und hier den Lärm wiederum verstärken. Aus dem Gesamtvergleich wird deutlich, dass die Anzahl der verbleibenden Schutzfälle durch den Bau einer Lärmschutzwand im Bereich des Kurgebiets von 359 auf 362 steigt. Für jeden zusätzlich gelösten Schutzfall im Kurgebiet entsteht mindestens ein neuer Schutzfall im Bereich Johannesburg. Darüber hinaus bewirkt eine Lärmschutzwand bei den ohnehin schon verbleibenden Schutzfällen im Bereich Johannesburg eine Erhöhung der Beurteilungspegel und somit eine Steigerung des Lautheitsgewichts. Da die Beurteilungspegel der verbleibenden Schutzfälle im Bereich Johannesburg bereits ohne Lärmschutzwand für das Kurgebiet mit bis zu 54 dB(A) deutlich

über denen im Bereich des Kurgebiets (ebenfalls ohne Lärmschutzwand) mit bis zu 50 dB(A) liegen, ergibt die Abwägung, dass auf eine Lärmschutzwand für den Bereich Kurgebiet verzichtet werden muss. Die Varianten 1 und 3 waren daher auszuschließen.

4 Zusammenfassung der Vorzugslösung

Im Ergebnis der Variantenuntersuchung sind die folgenden aufgeführten aktiven Lärmschutzmaßnahmen zu empfehlen.

LSW Eichhof

Bau-km Anfang	Bau-km Ende	Höhe	Bemerkungen
0+232,0	0+618,0	10,0	Wandhöhe auf 18 m Länge von 4,3 m ansteigend, bis 6,0 m hochabsorbierend / über 6,0 m transparent reflektierend
0+618,0	0+676,0	10,0	transparent reflektierend
0+676,0	1+104,0	10,0	bis 6,0 m hochabsorbierend / über 6,0 m transparent reflektierend
1+104,0	1+172,0	10,0	transparent reflektierend
1+172,0	1+716,0	10,0	bis 6,0 m hochabsorbierend / über 6,0 m transparent reflektierend
1+716,0	1+876,0	10,0	transparent reflektierend
1+876,0	2+023,0	10,0	Wandhöhe auf 18 m Länge absinkend auf 4,3 m, bis 6,0 m hochabsorbierend / über 6,0 m transparent reflektierend

LSW Johannesberg

Bau-km Anfang	Bau-km Ende	Höhe	Bemerkungen
2+490,0	2+620,0	5,0	Fuldabrücke, transparent reflektierend
2+620,0	2+812,5	10,0	bis 6,0 m hochabsorbierend / über 6,0 m transparent reflektierend
2+802,5	3+073,0	10,0	entlang PWC-Anlage, hochabsorbierend / transparent reflektierend
3+053,0	3+099,0	10,0	bis 6,0 m hochabsorbierend / über 6,0 m transparent reflektierend
3+099,0	3+146,0	10,0	transparent reflektierend
3+146,0	3+164,0	10,0	bis 6,0 m hochabsorbierend / über 6,0 m transparent reflektierend
3+164,0	3+228,0	10,0	transparent reflektierend
3+228,0	3+906,0	10,0	Wandhöhe auf 18 m Länge absinkend auf 4,3 m, bis 6,0 m hochabsorbierend / über 6,0 m transparent reflektierend

Einbau von Offenporigem Asphalt mit einem DStrO von -5 dB(A) in der gesamten Baustrecke von Bau-km 0+000 bis Bau-km 3+880.

Mit den o.g. aktiven Lärmschutzmaßnahmen verbleiben insgesamt keine ungelösten Schutzfälle im Tagzeitraum (ohne Lärmschutz 784) und 175 ungelöste Schutzfälle im Nachtzeitraum (ohne Lärmschutz 2537).

Anlage 1
Erläuterungen zur Methodik der
Variantenuntersuchung

Erläuterungen zur Methodik der Variantenuntersuchung

Die 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" (Anlage 2.1)

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

Tabellenblatt "EP-Erhaltung"(Anlage 2.2)

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"(Anlage 3)

Spalten 1 und 2 sowie 2a bis 2d

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 Abschlagen 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.

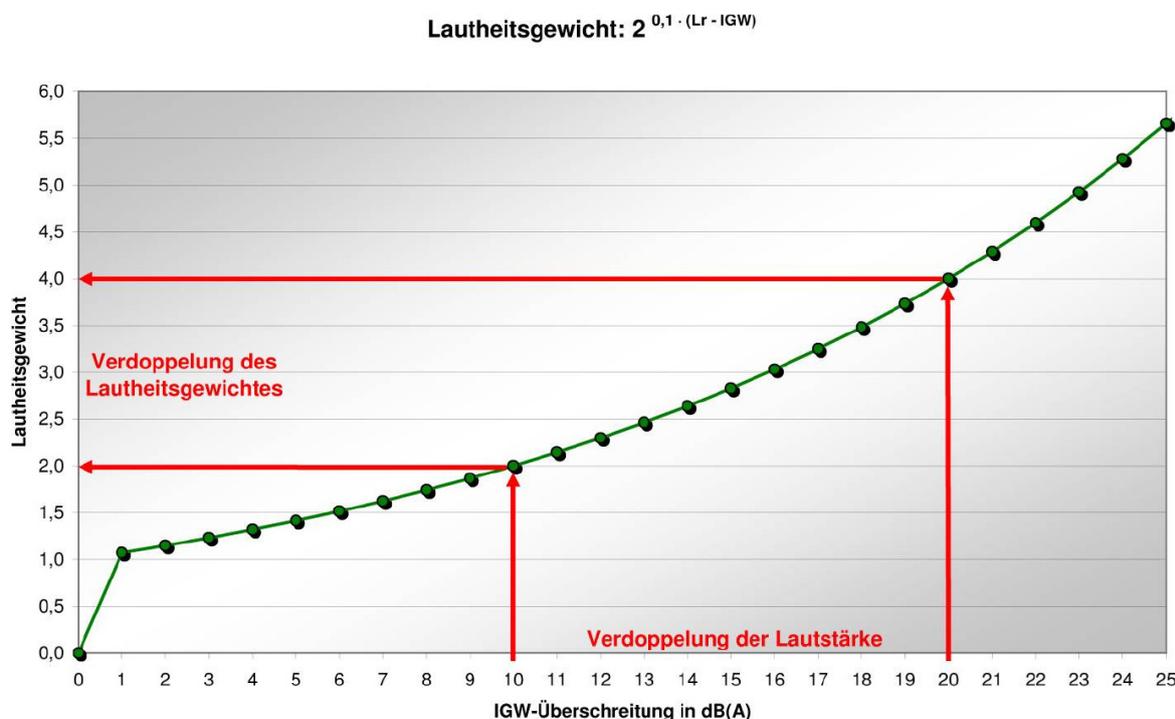
Beispiel: Ein vierseitiges Objekt mit Erdgeschoss und 1. Obergeschoss hätte demnach üblicherweise

$2 \times 4 = 8$ 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 $g = 2^{0,1 \cdot (Lr - IGW)}$ bestimmen, wobei Lr 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:



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 $2.070,08 : 2.686,45 = 77,1 \%$.

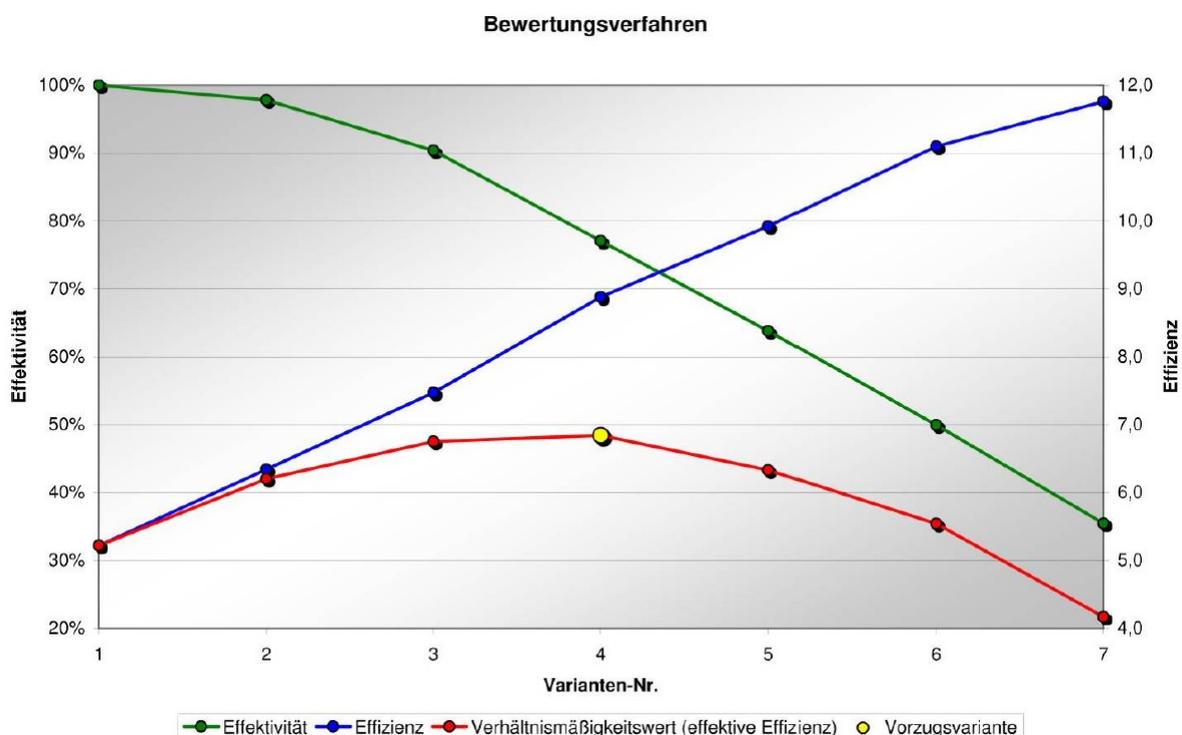
Effizienz ist ein Maß für die Wirtschaftlichkeit (Nutzen-Kosten-Relation). Dafür wird die Minderung des Lautheitsgewichtes ins Verhältnis zu den Kosten für den aktiven Schallschutz gesetzt.

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.

Anlage 2.1

Ermittlung der Einheitspreise für Herstellungskosten

lfd.Nr.	Bauteil	Menge	EP Neubau	Baustelleneinrichtung	Verkehrssicherung	Verwaltungskosten	Herstellungskosten netto	Mehrwertsteuer	Herstellungskosten 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
1a	OPA (inkl. Binder)	1 m ²	17,00	0,85		1,79	19,64	3,73	23,37
1b	Gussasphalt	1 m ²	6,00	0,30		0,63	6,93	1,32	8,25
	Summe								31,62
2	SMA (inkl. Binder)	1 m ²	20,00	1,00		2,10	23,10	4,39	27,49
	Mehrkosten OPA								4,13
3	Kastentrinnen	1 m	182,00		0,00		182,00	34,58	216,58
4	Lärmschutzwand	1 m ²	458,87	22,94	0,00	48,18	530,00	100,70	630,70
5	Lärmschutzwand über Bauwerk	1 m ²	363,64	18,18	0,00	38,18	420,00	79,80	499,80

Anlage 2.2

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

$E = \frac{1 + \frac{z}{100} \cdot m \cdot n}{1 + \frac{z}{100}} \cdot K_e + \frac{p}{z} \cdot K_u$ bei $m = n$ und $z = 4\%$ ergibt sich $E = \frac{1,04^0}{1,04^m - 1} \cdot K_e + \frac{p}{4} \cdot K_u = \frac{1}{1,04^m - 1} \cdot K_e + \frac{p}{4} \cdot K_u$												
lfd. Nr.	Bauteil	m = n	p	Herstellungskosten (brutto)	Kosten für Abbruch	Ke = Ku (Herst.-Kosten + Abbruch)	$1,04^m$	$\frac{1}{1,04^m - 1}$	$\frac{p}{4}$	$\frac{1}{1,04^m - 1} \cdot K_e$	$\frac{p}{4} \cdot K_u$	E
1	1a	Jahre	%	EUR	EUR	EUR	7	8	9	10 = 8 · 6	11 = 9 · 6	12 = 10 + 11
1a	OPA	8	3,0	23,37	2,34	25,71	1,369	2,713	0,750	69,76	19,28	89,04
1b	Gussasphalt	20	1,0	8,25	0,83	9,08	2,191	0,840	0,250	7,62	2,27	9,89
	Summe											98,93
2	SMA	20	3,0	27,49	2,75	30,24	2,191	0,840	0,750	25,39	22,68	48,07
	Mehrkosten OPA											50,86
3	Kastentrinnen	50	1,0	216,58	21,66	238,24	7,107	0,164	0,250	39,01	59,56	98,57
4	Lärmschutzwand	40	1,0	630,70	63,07	693,77	4,801	0,263	0,250	182,52	173,44	355,96
5	Lärmschutzwand über Bauwerk	40	1,0	499,80	49,98	549,78	4,801	0,263	0,250	144,64	137,45	282,09

- 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

Anlage 3.1

Variantenvergleich aktiver Lärmschutzmaßnahmen

Nr.	Beschreibung	Variante				Betroffenheiten						Kosten			Bewertung				
		Wandfläche [m2] 2a	Wandfläche über Bauwerk [m2] 2b	OPA-Fläche [m2] 2c	OPA-Entwässerung [m] 2d	Geschossseiten Tag		Geschossseiten Nacht		Außenwohnbereiche		Herstellungskosten [EUR] 9	Erhaltungskosten (kapitalisiert) [EUR] 10	Kosten des aktiven Schallschutzes (kapitalisiert) [EUR] 11 = 9 + 10	Effektivität (Anteil Minderung Lautheitsgewicht) [%] 12 = $\Delta_{L,GW} : \Sigma_{L,GW}$	Effizienz (Minderung Lautheitsgewicht pro Kosten) [10 ⁻⁴] 13 = $\Delta_{L,GW} : 11$	Verhältnismäßigkeitswert (effektive Effizienz) [-] 14 = 12 · 13	Summe verbleibender Schutzfälle [-] 15 = 3 + 5 + 7	Kosten pro Schutzfall (kapitalisiert) [EUR] 16 = 11 : Δ_{SP}
						verbleibende Schutzfälle 3	Lautheitsgewicht 4 = $2^{0,1 \cdot (L-L_{IGW})}$	verbleibende Schutzfälle 5	Lautheitsgewicht 6 = $2^{0,1 \cdot (L-L_{IGW})}$	verbleibende Schutzfälle 7	Lautheitsgewicht 8 = $2^{0,1 \cdot (L-L_{IGW})}$								
1.0	Ohne aktiven Lärmschutz	-	-	-	-	482	609,22	1.339	1.976,95	-	-	-	-	-	-	-	1.821	-	
1.1	LSW 1358m*10m + 286m*6m	15.050	1.716	-	-	1	1,07	478	562,77	-	-	10.349.691,80	5.841.264,44	16.190.956,24	78,2	1,2	0,98	479	12.064,80
1.2	LSW 1358m*10m + 286m*6m + OPA	15.050	1.716	42.400	1.600	-	-	162	181,46	-	-	10.871.331,80	8.155.440,44	19.026.772,24	93,0	1,3	1,18	162	11.468,82
1.3	nur OPA	-	-	42.400	1.600	236	279,42	948	1.298,06	-	-	521.640,00	2.314.176,00	2.835.816,00	39,0	3,6	1,39	1.184	4.451,83
1.4	LSW 1358m*10 + 286m*6m+OPA inkl. BW0-2,1-1,1-3	15.050	1.716	50.000	1.900	-	-	132	146,24	-	-	10.967.693,80	8.571.547,44	19.539.241,24	94,3	1,2	1,18	132	11.568,53
1.5	LSW 1358m*10m + 286m*10m (BW 0-2,1-1,1-3)	15.050	2.860	42.400	1.600	-	-	80	88,24	-	-	11.443.103,00	8.478.151,40	19.921.254,40	96,6	1,3	1,21	80	11.442,42
1.6	LSW 1358m*10m + 286m*8m (BW 0-2,1-1,1-3)	15.050	2.288	42.400	1.600	-	-	109	121,21	-	-	11.157.217,40	8.316.795,92	19.474.013,32	95,3	1,3	1,21	109	11.375,01
1.7	LSW 1358m*10 + 286m*10m+OPA inkl. BW0-2,1-1,1-3	15.050	2.865	50.000	1.900	-	-	51	56,21	-	-	11.541.964,00	8.895.668,85	20.437.632,85	97,8	1,2	1,21	51	11.546,69

Anlage 3.2

Variantevergleich aktiver Lärmschutzmaßnahmen

Nr.	Beschreibung	Variante				Betroffenheiten						Kosten			Bewertung				
		Wandfläche [m ²] 2a	Wandfläche über Bauwerk [m ³] 2b	OPA-Fläche [m ²] 2c	OPA-Ent- wässerung [m] 2d	Geschossseiten Tag		Geschossseiten Nacht		Außenwohnbereiche		Herstellungskosten [EUR] 9	Erhaltungskosten (kapitalisiert) [EUR] 10	Kosten des aktiven Schallschutzes (kapitalisiert) [EUR] 11 = 9 + 10	Effektivität (Anteil Minderung Lautheits- gewicht) [%] 12 = $\Delta_{L,GW} : \Sigma_{L,GW}$	Effizienz (Minderung Lautheits- gewicht pro Kosten) [10 ⁻⁴] 13 = $\Delta_{L,GW} : 11$	Verhältnis- mäßigkeits- wert (effektive Effizienz) [-] 14 = 12 · 13	Summe verbleibende r Schutzfälle [-] 15 = 3 + 5 + 7	Kosten pro Schutzfall (kapitalisiert) [EUR] 16 = 11 : Δ_{SF}
						verbleibende Schutzfälle 3	Lautheits- gewicht 4 = $2^{0,1 \cdot (L+IGW)}$	verbleibende Schutzfälle 5	Lautheits- gewicht 6 = $2^{0,1 \cdot (L+IGW)}$	verbleibende Schutzfälle 7	Lautheits- gewicht 8 = $2^{0,1 \cdot (L+IGW)}$								
2.0a	ohne Lärmschutz mit LSW Eichhof+Johannesberg	-	-	-	-	-	-	149	167,41	-	-	-	-	-	-	-	149	-	
2.0	ohne Lärmschutz	-	-	-	-	-	-	140	159,70	-	-	-	-	-	-	-	140	-	
2.1	LSW 957mx4m	-	3.830	-	-	-	-	8	8,57	-	-	1.914.234,00	1.080.404,70	2.994.638,70	94,9	0,5	0,50	8	21.238,57
2.2	LSW 957mx3,5m	-	3.350	-	-	-	-	14	15,08	-	-	1.674.330,00	945.001,50	2.619.331,50	91,0	0,6	0,53	14	19.402,46
2.3	LSW 755mx4,0m	-	3.020	-	-	-	-	13	13,93	-	-	1.509.396,00	851.911,80	2.361.307,80	91,7	0,6	0,60	13	17.362,56
2.4	LSW Eichhof+Johannesberg +OPA	-	-	16.700	630	-	-	22	24,12	-	-	205.416,40	911.461,10	1.116.877,50	85,6	1,3	1,10	22	8.794,31
2.5	LSW Eichhof+Johannesberg +LSW 755mx4,0m+ OPA	-	3.020	16.700	630	-	-	-	-	-	-	1.714.812,40	1.763.372,90	3.478.185,30	100,0	0,5	0,48	-	23.343,53
2.6	LSW Eichhof+Johannesberg + OPA inkl. BW 2-2,3-2,3-4	-	-	21.630	820	-	-	10	10,72	-	-	266.927,50	1.180.929,20	1.447.856,70	93,6	1,1	1,01	10	10.416,24
2.7	LSW Eichhof+Johannesberg + OPA inkl. BW 3-2,3-4	-	-	18.850	710	-	-	20	21,97	-	-	231.622,30	1.028.695,70	1.260.318,00	86,9	1,2	1,00	20	9.769,91

Anlage 3.3

Variantenvergleich aktiver Lärmschutzmaßnahmen

Nr.	Beschreibung	Variante				Betroffenheiten						Kosten			Bewertung				
		Wandfläche [m2] 2a	Wandfläche über Bauwerk [m2] 2b	OPA-Fläche [m2] 2c	OPA-Entwässerung [m] 2d	Geschossseiten Tag		Geschossseiten Nacht		Außenwohnbereiche		Herstellungskosten [EUR] 9	Erhaltungskosten (kapitalisiert) [EUR] 10	Kosten des aktiven Schallschutzes (kapitalisiert) [EUR] 11 = 9 + 10	Effektivität (Anteil Minderung Lautheitsgewicht) [%] 12 = $\Delta_{L,GW} : \Sigma_{L,GW}$	Effizienz (Minderung Lautheitsgewicht pro Kosten) [10 ⁻⁴] 13 = $\Delta_{L,GW} : 11$	Verhältnismäßigkeitswert (effektive Effizienz) [-] 14 = 12 · 13	Summe verbleibender Schutzfälle [-] 15 = 3 + 5 + 7	Kosten pro Schutzfall (kapitalisiert) [EUR] 16 = 11 : Δ_{SF}
						verbleibende Schutzfälle 3	Lautheitsgewicht 4 = $2^{0,1 \cdot (L-L_{IGW})}$	verbleibende Schutzfälle 5	Lautheitsgewicht 6 = $2^{0,1 \cdot (L-L_{IGW})}$	verbleibende Schutzfälle 7	Lautheitsgewicht 8 = $2^{0,1 \cdot (L-L_{IGW})}$								
3.0	Ohne aktiven Lärmschutz	-	-	-	-	301	379,43	1.056	1.501,24	-	-	-	-	-	-	-	1.357	-	
3.1	LSW 1205mx10m+130mx4m+111m*6m	12.050	1.186	-	-	3	3,22	350	416,40	-	-	8.192.697,80	4.623.876,74	12.816.574,54	77,7	1,1	0,89	353	12.765,51
3.2	nur OPA			34.450	1.300	140	164,70	691	942,20	-	-	423.832,50	1.880.268,00	2.304.100,50	41,1	3,4	1,38	831	4.380,42
3.3	LSW 1205mx10m+130mx4m+111m*6m + OPA	12.050	1.186	34.450	1.300	-	-	175	199,21	-	-	8.616.530,30	6.504.144,74	15.120.675,04	89,4	1,1	0,99	175	12.792,45
3.4	LSW 1205mx10m+130mx4m+111m*6m + OPA inkl. BW 2-2, 3-2,3-4	12.050	1.186	39.380	1.490	-	-	122	139,61	-	-	8.678.041,40	6.773.612,84	15.451.654,24	92,6	1,1	1,04	122	12.511,46
3.5	LSW 1205mx10m+130mx4m+111m*6m + OPA inkl. BW 3-2,3-4	12.050	1.186	36.600	1.380	-	-	152	173,70	-	-	8.642.736,20	6.621.379,34	15.264.115,54	90,8	1,1	1,02	152	12.667,32
3.6	LSW 1205mx10m+130mx5m+111m*10m + OPA	12.050	1.760	34.450	1.300	-	-	152	173,54	-	-	8.903.415,50	6.666.064,40	15.569.479,90	90,8	1,1	1,00	152	12.920,73
3.7	LSW 1205mx10m+130mx5m+111m*10m + OPA inkl. BW 2-2, 3-2,3-4	12.050	1.760	39.380	1.490	-	-	114	130,74	-	-	8.964.926,60	6.935.532,50	15.900.459,10	93,0	1,1	1,02	114	12.792,00

Anlage 3.4

Variantenvergleich aktiver Lärmschutzmaßnahmen

Nr.	Beschreibung	Variante				Betroffenheiten						Kosten			Bewertung				
		Wandfläche [m2] 2a	Wandfläche über Bauwerk [m2] 2b	OPA-Fläche [m2] 2c	OPA-Entwässerung [m] 2d	Geschossseiten Tag		Geschossseiten Nacht		Außenwohnbereiche		Herstellungskosten [EUR] 9	Erhaltungskosten (kapitalisiert) [EUR] 10	Kosten des aktiven Schallschutzes (kapitalisiert) [EUR] 11 = 9 + 10	Effektivität (Anteil Minderung Lautheitsgewicht) [%] 12 = $\Delta_{LGW} : \Sigma_{LGW}$	Effizienz (Minderung Lautheitsgewicht pro Kosten) [10 ⁻⁴] 13 = $\Delta_{LGW} : 11$	Verhältnismäßigkeitswert (effektive Effizienz) [-] 14 = 12 · 13	Summe verbleibender Schutzfälle [-] 15 = 3 + 5 + 7	Kosten pro Schutzfall (kapitalisiert) [EUR] 16 = 11 : Δ_{SF}
						verbleibende Schutzfälle 3	Lautheitsgewicht 4 = $2^{0,1 \cdot (L-L_{IGW})}$	verbleibende Schutzfälle 5	Lautheitsgewicht 6 = $2^{0,1 \cdot (L-L_{IGW})}$	verbleibende Schutzfälle 7	Lautheitsgewicht 8 = $2^{0,1 \cdot (L-L_{IGW})}$								
0	ohne Lärmschutz	-	-	-	-	784	989,72	2.537	3.640,48	-	-	-	-	-	-	-	3.321	-	
1	LSW im Bereich Eichhof (1505m*10 + 286m*6m), Johannesberg (1205mx10m+130mx4m+111m*6m) und Kurgebiet (957mx4,0m) und OPA	27.100	6.730	93.550	3.530	-	-	362	416,75	-	-	21.606.512,90	16.650.886,80	38.257.399,70	91,0	1,1	1,00	362	12.929,17
2	LSW im Bereich Eichhof (1505m*10 + 286m*10m) und Johannesberg (1205mx10m+130mx4m+111m*6m) und OPA	27.100	2.902	93.550	3.530	-	-	359	404,79	-	-	19.693.278,50	15.571.046,28	35.264.324,78	91,3	1,2	1,09	359	11.905,58
3	LSW im Bereich Eichhof und Johannesberg (wie Var. 1) und Kurpark bis PWC (755mx4m)	27.100	5.922	-	-	6	6,51	862	1.027,15	-	-	20.051.785,60	11.317.052,98	31.368.838,58	77,7	1,1	0,89	868	12.787,95
4	LSW im Bereich Eichhof und Johannesberg (wie Var. 1)	27.100	2.902	-	-	4	4,29	977	1.146,58	-	-	18.542.389,60	10.465.141,18	29.007.530,78	75,1	1,2	0,90	981	12.396,38
5	nur OPA (nicht auf Bauwerken)	-	-	93.550	3.530	376	444,20	1.663	2.249,34	-	-	1.150.888,90	5.105.905,10	6.256.794,00	41,8	3,1	1,29	2.039	4.880,49
6	LSW im Bereich Eichhof und Johannesberg (wie Var. 1) und OPA inkl. Bauwerke	27.100	2.902	103.032	3.888	-	-	228	256,40	-	-	19.809.974,80	16.088.588,86	35.898.563,66	94,5	1,2	1,15	228	11.606,39
7	LSW im Bereich Eichhof und Johannesberg (wie Var. 1) und OPA inkl. BW 0-2, BW 1-1, BW 3-2 und BW 3-4	27.100	2.902	95.400	3.600	-	-	305	343,30	-	-	19.716.079,60	15.672.037,18	35.388.116,78	92,6	1,2	1,12	305	11.733,46
8	LSW im Bereich Eichhof und Johannesberg (wie Var. 1) und OPA BW 0-2, 1-1	27.100	2.902	93.280	3.520	-	-	329	369,49	-	-	19.689.997,60	15.556.328,38	35.246.325,98	92,0	1,2	1,11	329	11.780,19
9	LSW im Bereich Eichhof und Johannesberg (wie Var. 1) und OPA BW 3-2, BW 3-4	27.100	2.902	96.460	3.640	-	-	336	379,75	-	-	19.729.120,60	15.729.891,58	35.459.012,18	91,8	1,2	1,10	336	11.879,07
10	LSW im Bereich Eichhof (1505m*10 + 286m*8m), Johannesberg (1205mx10m+130mx5m+111m*8m) und OPA durchgängig	27.100	3.826	103.032	3.888	-	-	193	217,35	-	-	20.271.790,00	16.349.240,02	36.621.030,02	95,3	1,2	1,15	193	11.707,49
11	LSW im Bereich Eichhof (1505m*10 + 286m*8m), Johannesberg (1205mx10m+130mx5m+111m*8m) und OPA nicht auf BW	27.100	3.826	93.550	3.530	-	-	283	318,87	-	-	20.155.093,70	15.831.697,44	35.986.791,14	93,1	1,2	1,12	283	11.845,55
12	LSW im Bereich Eichhof (1505m*10 + 286m*8m), Johannesberg (1205mx10m+130mx5m+111m*8m) und OPA durchgängig ohne Fuldabrücke	27.100	3.826	99.216	3.744	-	-	232	261,36	-	-	20.224.842,40	16.140.964,18	36.365.806,58	94,4	1,2	1,13	232	11.772,68
13	LSW im Bereich Eichhof (1505m*10 + 286m*10m), Johannesberg (1205mx10m+130mx5m+111m*10m) und OPA durchgängig	27.100	4.620	103.032	3.888	-	-	175	197,66	-	-	20.668.631,20	16.573.219,48	37.241.850,68	95,7	1,2	1,14	175	11.837,84
14	LSW im Bereich Eichhof (1505m*10 + 286m*10m), Johannesberg (1205mx10m+130mx5m+111m*10m) und OPA durchgängig ohne Fuldabrücke	27.100	4.620	99.216	3.530	-	-	211	238,12	-	-	20.575.335,48	16.343.849,66	36.919.185,14	94,9	1,2	1,13	211	11.871,12