

Offenporige Asphaltdeckschichten

Ökonomische Bewertung im Vergleich mit Lärmschutzwällen und -wänden

Christian Holldorb, Karlsruhe

Auf der Basis von Langzeituntersuchungen an Abschnitten mit offenporigen Asphalten durch die BAST, die diese in einem Statuspapier veröffentlichte, kann für OPA der II. Generation von einer lärmindernden Wirkung von mindestens vier bis sechs Jahren ausgegangen werden [1]. Für OPA der III. Generation, die seit 1998 eingebaut werden sollen, kann sogar „von einer über diese Zeiträume hinausgehenden akustischen Wirksamkeit sowie einer besseren Anfangsminderung ausgegangen werden“ [2]. Daher können OPA als Alternative zu anderen lärmindernden Maßnahmen (insbes. Lärmschutzwände und -wälle) zum Einsatz kommen, ihre Wirksamkeit muss jedoch nach vier bis sechs Jahren überprüft werden. Zurzeit ist der Einsatz von OPA durch Vorgaben des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) noch auf Ausnahmefälle beschränkt [2].

Im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurden Vergleichsrechnungen für den Einsatz von OPA als Alternative zum Einsatz von Lärmschutzwänden und -wällen durchgeführt. Hierbei wurden nur die Kosten für den Straßenbaulasträger berücksichtigt, die sich hinreichend genau prognostizieren lassen. Weitere Vor- und Nachteile für Verkehrsteilnehmer und Anwohner lassen sich nur unzureichend monetär bewerten und sind differenziert zu betrachten; sie blieben daher entsprechend den Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS 1997) [3] in dieser Betrachtung unberücksichtigt.

Die Kostenberechnung wurde als Teilkostenrechnung durchgeführt, bei der nur entscheidungsrelevante Komponenten berücksichtigt wurden, irrelevante Komponenten jedoch unberücksichtigt blieben. Somit wurden bei den Baukosten zur erstmaligen Herstellung der Straße beispielsweise nur die Differenzkosten zwischen OPA und Referenzbelag angesetzt. Bei

* Vortrag, gehalten bei den XII. Deutschen Asphalttagen 2004 in Berchtesgaden

der Instandhaltung wurden hingegen alle Instandhaltungskosten aufgenommen, da die Instandhaltungsintervalle von OPA und Referenzbelag differieren.

Entsprechend den EWS [3] wurden die einmaligen Kosten auf den Zeitpunkt der Fertigstellung bezogen; hierfür mussten die zukünftig anfallenden Kosten mit einem Zinssatz von 3% p.a. abgezinst werden. Preissteigerungen bei künftig anfallenden Kosten blieben unberücksichtigt, da der zugrunde liegende Zinssatz dem langfristigen Realzins entspricht. Abweichend von den EWS wurden als Bewertungszeitraum 30 Jahre zugrunde gelegt, um auch längerfristige Instandsetzungsintervalle mit ausreichender Genauigkeit berücksichtigen zu können. Die auf den Zeitpunkt der Fertigstellung bezogenen Kosten wurden dann in einem weiteren Schritt in jährliche Kosten über den Bewertungszeitraum mit Hilfe der Annuitätenmethode umgewandelt. Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind somit jährlich anfallende Differenzkosten für den Einsatz einer OPA und einer alternativen Lärmschutzmaßnahme. Sind diese Differenzkosten positiv, so ist der Einsatz einer OPA wirtschaftlich vorteilhaft; bei negativen Differenzkosten sind für die alternative Lärmschutzmaßnahme geringere Kosten zu erwarten. Da die Abschreibungszeiträume von Lärmschutzwällen und -wänden nicht mit dem Untersuchungszeitraum korrelieren, wurden für sie Restwerte unter Berücksichtigung der Restlebensdauer und einer linearen Abschreibung berücksichtigt.

Folgende Komponenten und ihre Auswirkungen auf Verkehrssicherheit, Fahrkomfort sowie Wohn- und Aufenthaltsqualität der Anwohner gehen in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nicht ein, da sie sich nicht hinreichend genau prognostizieren oder monetär bewerten lassen:

- Sprühhahnenreduktion und erhöhte Griffbarkeit durch die verbesserte Drainagefähigkeit,

- Verkehrsbehinderungen infolge reduzierter Instandsetzungsintervalle sowie

- visuelle Trennwirkung und Verschattung infolge Lärmschutzwand oder -wall.

Berechnung und Bewertung von Lärmimmissionen

Die durch den Neubau einer Straße erzeugten Lärmimmissionen dürfen die Immissionsgrenzwerte (IGW) gemäß § 2 Abs. 1 der 16. BImSchV nicht überschreiten [4]. Der maßgebende Immissionspegel wurde gemäß den Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen (RLS-90) berechnet [5]. Er hängt von einer Vielzahl von Einflussgrößen ab, u.a. von Verkehrsstärke und -zusammensetzung, der Belagsart, der Topografie, dem Bebauungsabstand, der Bebauung und den Hindernissen. Überschreitet der berechnete Immissionspegel den IGW, werden Schallschutzmaßnahmen notwendig. Hierbei ist gemäß [5] den aktiven Schallschutzmaßnahmen, zu denen auch Lärmschutzwände und -wälle gehören, der Vorzug zu geben. Als aktive Lärmschutzmaßnahme kann auch die Reduktion der Emissionspegel durch die Verwendung von OPA eingestuft werden, so dass diese hinsichtlich der Qualität des Lärmschutzes gleichwertig sind.

Beim Einsatz von OPA kann bei Außerortsstraßen mit zulässigen Höchstgeschwindigkeiten > 60 km/h für die Berechnung der Immissionspegel eine Reduktion der Lärminderung angesetzt werden, wenn sie im Neuzustand einen Hohlraumgehalt von mindestens 15% aufweisen. Der Fahrbahnoberflächen-Korrekturwert D_{Stro} beträgt -5 dB(A) bei Kornaufbau 0/8 bzw. -4 dB(A) bei Kornaufbau 0/11 [2]. Aufgrund der von der Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlichten Ergebnisse ist diese lärmindernde Wirkung bei OPA der II. Generation, die über einen Hohlraumgehalt von mindestens 22% verfügen, für eine Zeitdauer von sechs

Jahren (vier Jahre bei Aufbau 0/11 an einbahnigen Straßen) gewährleistet. Für OPA der III. Generation ist eine noch längere akustische Dauerhaftigkeit zu erwarten. Nach sechs bzw. vier Jahren sind daher die Immissionspegel zu überprüfen und ggf. eine neue Deckschicht einzubauen.

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde eine OPA 0/8 mit ausreichendem Hohlraumgehalt zugrunde gelegt, so dass eine lärmindernde Wirkung von mindestens sechs Jahren zum Ansatz kommen kann. In den Berechnungen wurde bei der angrenzenden Bebauung von reinen und allgemeinen Wohngebieten ausgegangen, für die IGW von 59 dB(A) bei Tag bzw. 49 dB(A) bei Nacht einzuhalten sind.

Die Berechnung der Immissionspegel erfolgte mit dem EDV-Programm Soundplan, Version 5.6 gemäß RLS-90. Maßgebende Verkehrsstärke M und maßgebender Lkw-Anteil p wurden gemäß Tabelle 3 der RLS-90 für die Tages- und Nachtstunde auf Grundlage des angesetzten DTV berechnet. Für die Berechnungen wurde von ebenem Gelände sowie vereinfacht von einem „langen, geraden“ Fahrstreifen ohne Längsneigung ausgegangen. Die Immissionspegel wurden für eine vierstöckige Einzelbebauung berechnet; maßgebend ist in der Regel der Immissionspegel im 3. Obergeschoss.

Als Referenzbelag wird ein konventioneller Splittmastixasphalt (SMA) betrachtet. Hierbei wird differenziert nach einem SMA, für den kein Fahrbahnoberflächen-Korrekturwert angesetzt werden kann (SMA₀), und einem SMA ohne Absplittung, für den gemäß [2] die Lärminderung D_{Str0} = -2,0 dB(A) beträgt (SMA₋₂).

Kosten für Bau, Instandsetzung und Unterhaltung der Fahrbahn

Maßgebend für die Instandsetzungsintervalle der OPA ist ihre lärmtechnische Lebensdauer, die mindestens sechs Jahre beträgt. Somit wurden im 30-jährigen Untersuchungszeitraum vier Instandsetzungsmaßnahmen bei OPA berücksichtigt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass in vielen Fällen für OPA der III. Generation die lärm-

mindernde Wirkung länger andauert, so dass in der Praxis häufig auch die bautechnische Lebensdauer maßgebend wird, die aufgrund der bisherigen Erfahrungen für OPA mit ca. zehn Jahren angenommen werden kann. In diesem Fall wären nur zwei Instandsetzungen nach 10 und 20 Jahren zu berücksichtigen. In der Szenarienbewertung wurde dies alternativ zum vorgenannten sechsjährigen Instandsetzungszyklus betrachtet.

Für den Referenzbelag, den konventionellen SMA, liegen bisher keine abgesicherten Erfahrungen zur Lebensdauer vor. In Anlage 10 der Richtlinien für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Straßenbefestigungen (RPE-Stra 01) werden als vorläufiger Wert für SMA bei den Bauklassen SV, I und II 16 Jahre genannt [6]. Hierauf aufbauend wurde für den SMA von einer Instandsetzungsmaßnahme zur Hälfte des Untersuchungszeitraumes ausgegangen. Eindeutige Aussagen zu den Bau- bzw. Instandsetzungskosten sind nicht möglich. Sie unterliegen u.a. regionalen und konjunkturellen Einflüssen. Höhere Kosten bei OPA resultieren aus den erhöhten Materialanforderungen, der hohen Einbauqualität, der notwendigen Abdichtung gegenüber den unteren Schichten sowie den Zusatzkosten für die seitliche Wasserableitung, wenn die Straße nicht frei über das Bankett entwässert. Im Außerortsbereich ist dies jedoch in der Regel der Fall, so dass keine Zusatzkosten für die Entwässerung berücksichtigt wurden. Kostenmindernd bei OPA wirkt sich der hohe Hohlraumgehalt aus, der bei gleicher Einbaudicke der Deckschicht zu einer erheblichen Materialersparnis führt.

Für OPA lagen die Baukosten inklusive notwendiger Abdichtung in den 90er Jahren bei ca. 7,50 Euro/m² (15

DM/m²) und damit ca. 3,00 Euro/m² (6 DM/m²) über den Baukosten für konventionellen Asphalt [8]. Im Bereich der Autobahndirektion Nordbayern wurden Mitte 2001 OPA für ca. 10 Euro/m² angeboten. Die zusätzlichen Kosten für die Dichtungsschicht mit Splittabstreufung, die während der Bauzeit auch befahren wurde, lagen bei ca. 2,50 Euro/m². Zum Vergleich lagen die Kosten für einen SMA bei 4,50 Euro/m² und damit insgesamt 8,00 Euro/m² niedriger [8].

Über erheblich günstigere Baukosten wird in [9] berichtet: Aufgrund aktueller Erfahrungen, vor allem mit dem Einbau auf Autobahnen in Niedersachsen, liegen die Mehrkosten gegenüber einem SMA bei nur 1,50 Euro/m². Es wird deutlich, dass mit der Verwendung von OPA höhere Baukosten verbunden sind; diese lassen sich jedoch nicht allgemeingültig quantifizieren. Für die Berechnungen wurden auf Basis der vorgenannten Veröffentlichungen Mehrkosten von 3,00 Euro/m² angesetzt.

Bei der Instandsetzung der Deckschicht fallen neben den Baukosten für den Belag weitere Kosten für das Abfräsen der alten Decke, die Baustelleneinrichtung etc. an. Diese Zusatzkosten wurden bei beiden Alternativen mit je 7 Euro/m² gleich hoch angesetzt. Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurden die in Bild 1 zusammengestellten Werte berücksichtigt.

Bewertungsrelevante Zusatzkosten für OPA sind bei der baulichen Unterhaltung sowie dem Winterdienst zu berücksichtigen. Die Mehrkosten für die bauliche Unterhaltung von OPA wurden überschlägig mit 0,20 Euro/m² p.a. angesetzt. Für den Winterdienst wurden pauschal entsprechend [7] 50% erhöhte Winterdienstkosten berücksichtigt. Als Berechnungsgrundlage wurden die jährlichen

	Offenporiger Belag	Splittmastixbelag
Differenzkosten Neubau	3 Euro/m ²	
Instandsetzungszeitpunkte	nach 6, 12, 18 und 24 Jahren (alternativ: nach 10 und 20 Jahren)	nach 15 Jahren
gesamte Instandsetzungskosten je Instandsetzungsmaßnahme	15 Euro/m ²	12 Euro/m ²

Bild 1: Bewertungsparameter für Bau und Instandsetzung von offenporigen Asphaltdeckschichten und Splittmastixbelägen

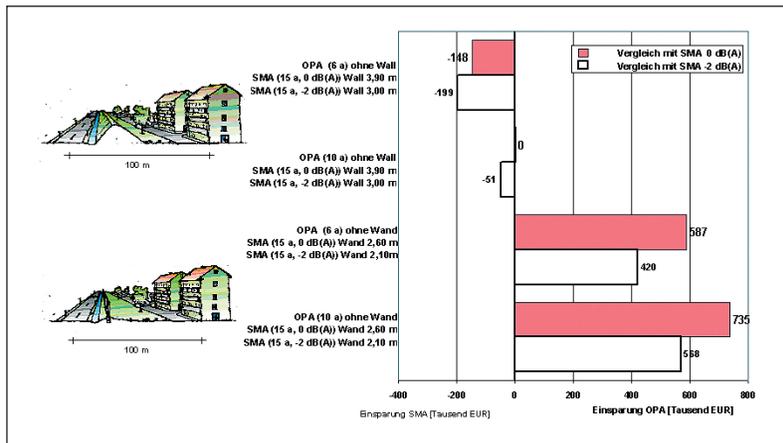


Bild 2: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Bundesstraßen (RQ 10,5/DTV 15.000 Fz/d) mit einseitiger Bebauung im Abstand von 100 m – Differenzkosten über 30 Jahre

Winterdienstkosten der Winter 1996/97 bis 2001/02 herangezogen, die für Bundesautobahnen bei 5.300 Euro und für Bundesstraßen bei 1.500 Euro je Streckenkilometer lagen [10].

Berücksichtigung von Lärmschutzwand und -wall

Alternativ zum Einsatz von OPA wurde der Bau von Lärmschutzwänden und -wällen untersucht. Die Höhe dieser aktiven Lärmschutzmaßnahmen wurde iterativ im Rahmen der Berechnung der Immissionspegel so ermittelt, dass die maßgebenden IGW am Immissionsort eingehalten werden. Weiterhin wurde analysiert, inwieweit Wälle und Wände in ihrer Höhe reduziert werden können, wenn eine OPA eingebaut wird. Die Anordnung der Lärmschutzwände und Lärmschutzwälle neben der Fahrbahn richtet sich nach den Richtzeichnungen für Lärmschirme außerhalb von Kunstbauten (RiZaK-88) [11].

Die Investitionskosten basieren auf der Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen 2001, die vom BMVBW herausgegeben wurde [12]. Danach betragen die Kosten für Lärmschutzwände von 1998 bis 2001 im Mittel 250 Euro/m² Wandfläche. Hierbei unberücksichtigt bleiben überproportionale Kostensteigerungen bei sehr hohen Wänden aufgrund dann auftretender besonderer statischer Anforderungen. Ist die Bebauung sehr dicht an der Straße bzw. hinter der Lärmschutzwand angeordnet, so wurden transparente Bauweisen in die Berech-

nung einbezogen; ihre Kosten lagen 2001 im Mittel bei 443 Euro/m², zum Ansatz kommen 445 Euro/m². Die Kosten der Lärmschutzwälle sind sehr stark von den Grunderwerbskosten sowie der Verfügbarkeit der benötigten Materialien abhängig. Im Mittel betragen sie im Zeitraum 1979 bis 2001 inklusive Grunderwerb 7 Euro/m³ [12]. Als Abschreibungszeiträume wurden gemäß EWS für Lärmschutzwände 25 und für Wälle 100 Jahre angesetzt [3]. Besondere Unterhaltungskosten für Lärmschutzwälle blieben unberücksichtigt, da die anfallenden Aufwendungen – vor allem im Rahmen der Grünpflege – nur schwer quantifizierbar sind. Für Lärmschutzwände wurden jährliche Unterhaltungskosten gemäß [13] von 2,50 Euro je lfd. Meter angesetzt. Sie berücksichtigen kleine Reparaturarbeiten, aber ggf. auch Reinigungsleistungen sowie Kontroll- und Wartungsarbeiten.

Einsatz auf Bundesfernstraßen

Szenario 1: Bundesstraße mit einseitiger Bebauung im Abstand 100 m
In Szenario 1 wurde der Einsatz einer OPA auf einer Umgehungsstraße untersucht. Für sie wurde ein DTV-Wert von 15.000 Kfz/24 h sowie eine Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 70 km/h zugrunde gelegt. Die Umgehungsstraße ist als Bundesstraße klassifiziert und mit einem Regelquerschnitt RQ 10,5 trassiert. Die einseitige Bebauung hat einen Abstand von 100 m zur Straßenachse. Für dieses Szenario werden bei Ein-

satz einer OPA die geltenden IGW von 59 dB(A) bzw. 49 dB(A) unterschritten, so dass keine weiteren Lärmschutzmaßnahmen notwendig sind. Bei Einbau des Referenzbelages ohne lärmindernde Wirkung liegen die Emissionspegel hingegen um 5 dB(A) bzw. 3 dB(A) höher, so dass eine alternative Lärmschutzmaßnahme zur Einhaltung der IGW notwendig wird. Bei Einbau eines SMA₀ als Referenzbelag kann hierfür entweder ein Lärmschutzwand in einer Höhe von 3,90 m oder alternativ eine Lärmschutzwand in einer Höhe von 2,60 m gebaut werden. Bei Verwendung des SMA₋₂ ist ein 3,00 m hoher Wall bzw. eine 2,10 m hohe Wand notwendig.

Für einen 1 km langen Streckenabschnitt betragen die zusätzlichen Baukosten für eine OPA ca. 22.500 Euro. Die Baukosten einer 1 km langen, 2,60 m hohen Lärmschutzwand belaufen sich hingegen auf ca. 650.000 Euro; für den 3,90 m hohen Lärmschutzwand fallen ca. 187.000 Euro Bau- und Grunderwerbskosten an. Bei einer Wand mit 2,10 m Höhe liegen die Baukosten bei 525.000 Euro, für den 3 m hohen Lärmschutzwand bei 115.500 Euro. Somit können die Baukosten während der Bauphase durch den Einsatz einer OPA deutlich gesenkt werden.

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind aber vor allem die langfristig anfallenden Kosten von Bedeutung. Daher sind die Instandsetzungskosten für die Erneuerung der Deckschicht zu berücksichtigen, die für eine OPA einmalig ca. 112.500 Euro und für den Referenzbelag lediglich 90.000 Euro betragen. Berücksichtigt man zusätzlich kürzere Instandsetzungsintervalle für die OPA aufgrund einer abnehmenden Lärminderung, so liegen die Instandsetzungskosten für OPA deutlich höher als für den Referenzbelag. Geht man von einer nur sechsjährigen Nutzungsdauer als Mindestwert aus, so summieren sich für die OPA die zusätzlichen Instandsetzungskosten innerhalb von 30 Jahren, bezogen auf das Jahr der Fertigstellung, auf ca. 237.000 Euro je Streckenkilometer. Bei einer zehnjährigen Nutzungsdauer des lärmindernden Belages, der nach Ablauf der ersten sechs Jahre durch entsprechende Lärmessungen nachzuweisen wäre, würden sich die

Mehrkosten auf ca. 88.000 Euro belaufen.

Die Kostenunterschiede im laufenden Betrieb sind im Vergleich zu Bau- und Instandhaltungskosten eher gering: Für die bauliche Unterhaltung kommen 375 Euro p.a., für den Winterdienst 750 Euro p.a. zusätzliche Kosten bei einer OPA zum Ansatz. Dies entspricht über 30 Jahre abgezinsten Mehrkosten von ca. 22.000 Euro. Demgegenüber stehen Unterhaltungskosten von 6.500 Euro p.a. (entsprechend 124.000 Euro über 30 Jahre) für die 1 km lange Lärmschutzwand. Beim Lärmschutzwall wurden keine zusätzlichen Unterhaltungskosten angesetzt.

In Bild 2 sind die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für dieses Szenario zusammengestellt. Es wird deutlich, dass der Einbau einer OPA im Vergleich zu einem Lärmschutzwall keine Kostenvorteile für den Straßenbaulastträger erwarten lässt. Bei einer prognostizierten Nutzungsdauer von sechs Jahren betragen die Mehrkosten je nach Referenzbelag für die OPA in 30 Jahren 148.000 Euro bzw. 199.000 Euro (s. Zeile 1 und 2 in Bild 2). Bei einer ausreichenden Lärminderung über 10 Jahre sind beide Bauweisen hingegen kostenneutral, wenn man von einer Lärminderung um 5 dB(A) ausgeht. Im Vergleich zu einem SMA mit 2 dB(A) Emissionsminderung ist eine OPA in diesem Szenario jedoch um ca. 51.000 Euro teurer (s. Zeile 3 und 4). Für eine Lärmschutzwand betragen die Mehrkosten gegenüber dem Einbau einer OPA bei nur sechsjähriger Nutzungsdauer der Decke bereits 587.000 Euro bzw. 420.000 Euro in 30 Jahren (s. Zeile 5 und 6); bei zehnjähriger Nutzungsdauer der OPA sogar 735.000 Euro bzw. 568.000 Euro p.a. (s. Zeile 7 und 8).

Szenario 2: Bundesstraße mit einseitiger Bebauung im Abstand 20 m
In Szenario 2 wurde der Bebauungsabstand zur Straßenachse auf 20 m reduziert. Bei diesem geringen Bebauungsabstand ist kein ausreichender Platz für einen Lärmschutzwall vorhanden, so dass eine Lärmschutzwand notwendig wird. Es wird davon ausgegangen, dass diese transparent ausgeführt wird.

Die lärmindernde Wirkung einer OPA ist bei dem geringen Bebauungs-

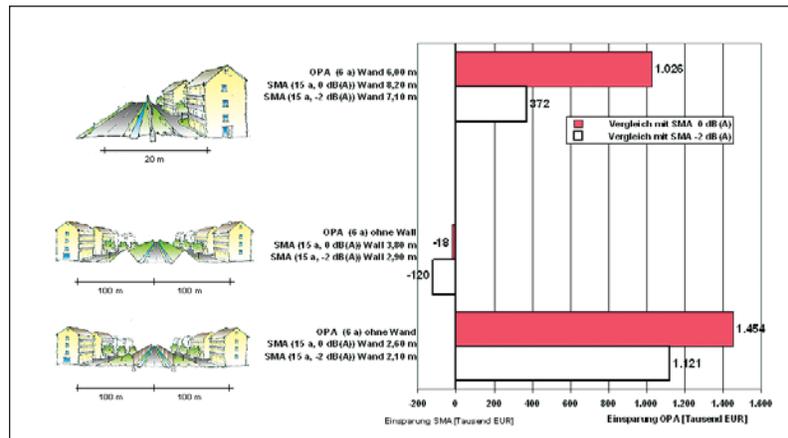


Bild 3: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Bundesstraßen (RQ 10,5/DTV 15.000 Fz/d) mit ein- und zweiseitiger Bebauung – Differenzkosten über 30 Jahre

abstand nicht ausreichend, so dass durch ihren Einsatz nur die Höhe der Lärmschutzwand reduziert werden kann. Zur Einhaltung der IGW ist bei einem SMA ohne Lärminderung eine Lärmschutzwand von 8,20 m Höhe, bei einem SMA₂ von 7,10 m Höhe notwendig. Bei Einbau einer OPA kann ihre Höhe auf 6,00 m reduziert werden.

Die Baukosten für die 8,20 m hohe transparente Lärmschutzwand betragen ca. 3,6 Mio. Euro je Kilometer. Für eine transparente Lärmschutzwand von 7,10 m Höhe belaufen sich die Baukosten auf 3,2 Mio. Euro. Durch den Einbau der OPA und die damit verbundene Reduktion der Bauhöhe können die Kosten für die Lärmschutzwand auf 2,7 Mio. Euro reduziert werden. Bei diesem linearen Kostenansatz bleiben einerseits überproportionale Baukosten für sehr hohe Wände und andererseits die einmalig anfallenden Kosten für Planung, Grunderwerb etc. unberücksichtigt, doch ist davon auszugehen, dass sich diese in etwa ausgleichen. Die weiteren Kosten sind mit denen in Szenario 1 vergleichbar. Aufgrund der erheblichen Kosteneinsparungen bei der Lärmschutzwand ist mit einem Gesamtnutzen innerhalb von 30 Jahren von ca. 1 Mio. Euro bzw. 0,4 Mio. Euro für den Straßenbaulastträger zu rechnen (s. Zeile 1 und 2 in Bild 3).

Szenario 3: Bundesstraße mit zweiseitiger Bebauung im Abstand 100 m
In einem weiteren Szenario wird der Einsatz von OPA bei zweiseitiger Be-

bauung untersucht, die einen Abstand von je 100 m zur Fahrbahnachse hat. Bei zweiseitiger Bebauung werden auf der Fahrbahnseite absorbierende Lärmschutzwände angeordnet, so dass Mehrfachreflexionen nur eine untergeordnete Rolle spielen. Zusatzkosten für die Absorption bleiben jedoch unberücksichtigt, da hierfür keine ausreichende Zahlengrundlage zur Verfügung steht.

Bei dem vorgesehenen Bebauungsabstand von 100 m ist es möglich, durch den Einsatz einer OPA auf weitere Lärmschirme zu verzichten. Alternativ werden Lärmschutzwände in einer Höhe von je 2,60 m oder Lärmschutzwälle in einer Höhe von 3,80 m notwendig. Bei Einbau einer SMA₂ müssten die Wände 2,10 m und die Wälle 2,90 m hoch sein.

Die Zeilen 3 bis 6 in Bild 3 enthalten die Ergebnisse für beidseitig angeordnete Lärmschutzwände und -wälle. Der Bau von Lärmschutzwällen auf zwei Seiten ist unter normalen Bedingungen im Vergleich mit einem SMA₀ nahezu kostenneutral mit dem Einsatz einer OPA. Dies jedoch nur dann, wenn die lärmindernde Wirkung nach sechs Jahren so weit abgenommen hat, dass die Decke aus lärmtechnischen Gründen erneuert werden muss (s. Zeile 3). Würde man eine längere lärmindernde Wirkung, z.B. von 10 Jahren erreichen, so wären durch die OPA deutliche Kostenvorteile zu erwarten. Im Vergleich mit einem SMA₂ sind bei sechsjähriger Nutzungsdauer für die OPA in 30 Jahren Mehrkosten von ca. 120.000 Euro zu erwarten (s. Zeile 4). Diese

würden bei zehnjähriger Nutzungsdauer auf ein Minimum reduziert. Ist es nicht möglich, Lärmschutzwälle anzuordnen, so dass Lärmschutzwände gebaut werden müssen, ist der Nutzen des Einbaus einer OPA mit über 1,4 Mio Euro bzw. 1,1 Mio Euro erheblich (s. Zeile 5 und 6).

Es wird deutlich, dass bei zweiseitig zu schützender Bebauung der Einsatz von OPA eine wirtschaftliche Alternative sein kann. Vor allem, wenn kein ausreichender Platz für Lärmschutzwälle vorhanden ist und somit Lärmschutzwände notwendig werden, sind OPA langfristig kostengünstiger – dies sogar bei einer angesetzten lärmtechnischen Funktionsdauer von nur sechs Jahren.

Einsatz auf Autobahnen

Szenario 4: Vierstreifige Bundesautobahn mit einseitiger Bebauung im Abstand 200 m

In Szenario 4 wurde der Einsatz einer OPA auf einer Bundesautobahn mit einem RQ 29,5 und einem DTV-Wert von 50.000 Kfz/24 h bewertet. Die Bebauung ist einseitig angeordnet; ihr Abstand zur Streckenachse beträgt 200 m.

Bei diesem Szenario ist es durch den Einsatz der OPA nicht möglich, die IGW für reine Wohngebiete einzuhalten. Daher kann ihr Einsatz nur zum Ziel haben, die Höhe von Lärmschutzwall oder -wand zu reduzieren. Bei Einsatz des Referenzbelages ist ein sehr hoher Lärmschutzwall von 12,50 m notwendig. Bildet man diesen mit Regelprofil aus, so wird ein Grundstückstreifen von 38,50 m Breite benötigt. Die Kosten für Grunderwerb und Bau des Lärmschutzwalles belaufen sich auf ca. 1,7 Mio. Euro je Kilometer. Verwendet man einen SMA₋₂, würde die Wallhöhe 9,70 m und die Breite am Fuß ca. 30 m betragen; die entsprechenden Kosten lägen bei ca. 1,1 Mio. Euro. Bei Einbau einer OPA kann die Höhe des Walls auf 6,00 m und die benötigte Breite auf 19 m reduziert werden. Die Kosten für diesen Wall belaufen sich auf ca. 440.000 Euro und betragen somit nur noch gut ein Viertel der Kosten gegenüber dem Wall mit 12,50 m Höhe. Unter Berücksichtigung des Restwertes am Ende des Untersuchungszeitraums können die Kosten für den Lärmschutzwall um 900.000 Euro

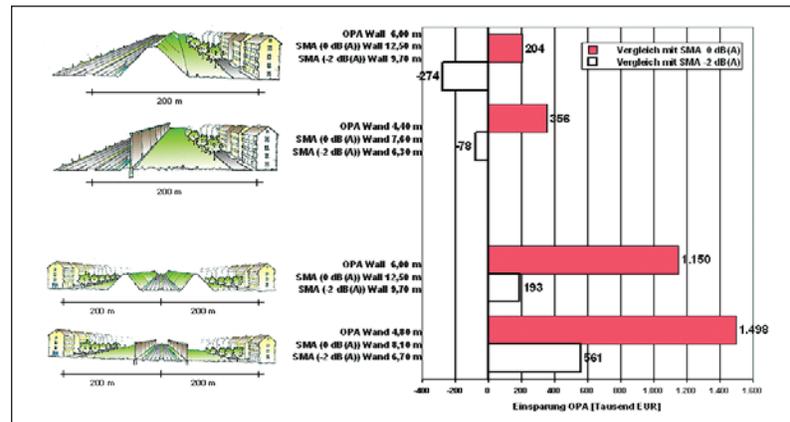


Bild 4: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für vierstreifige Bundesautobahnen (RQ 29,5 / DTV 50.000 Fz/d) – Differenzkosten über 30 Jahre

bzw. 400.000 Euro reduziert werden. Dem gegenüber stehen jedoch zusätzliche Baukosten für die OPA in Höhe von 69.000 Euro sowie Kosten für zusätzliche und aufwändigere Instandsetzungsmaßnahmen in Höhe von 568.000 Euro über 30 Jahre (diskontiert auf den Fertigstellungstermin). Die zusätzlichen Aufwendungen für die bauliche Unterhaltung und den Winterdienst fallen wie bei der Bundesstraße kaum ins Gewicht. In diesem Szenario ergibt sich über 30 Jahre auch bei nur einseitig notwendigem Lärmschutz und gering angesetzter Funktionsdauer für die OPA ein Kostenvorteil von 204.000 Euro im Vergleich mit einem SMA₀ (s. Zeile 1 in Bild 4). Berücksichtigt man als Alternative einen SMA₋₂, ist die OPA nicht wirtschaftlicher, ihre Mehrkosten liegen dann bei 274.000 Euro p.a. (s. Zeile 2).

Alternativ zum Wall wurde auch der Bau einer Lärmschutzwand bewertet. Diese kann erheblich niedriger ausfallen, da die Beugungskante näher an der Fahrbahnachse bzw. dem Emissionsort liegt. Notwendig ist eine Lärmschutzwand von 7,60 m (SMA₀) bzw. 6,30 m (SMA₋₂) Höhe. Sie kann auf 4,40 m reduziert werden, wenn zusätzlich eine lärmmindernde OPA zum Ansatz kommt. Die Gesamtkosten für die 7,60 m hohe Wand werden mit 2,54 Mio. Euro, für die 6,30 m hohe Wand mit 2,10 Mio. Euro und für die 4,40 m hohe Wand mit 1,47 Mio. Euro kalkuliert. Dieser Kostensenkung von 1,1 Mio. Euro bzw. 0,6 Mio. Euro stehen die zusätzlichen

Kosten der OPA gegenüber. Insgesamt betragen die Einsparungen durch den Einsatz der OPA im Vergleich mit einem SMA ohne lärmmindernde Wirkung über 30 Jahre 356.000 Euro (s. Zeile 3 in Bild 4). Im Vergleich mit einem SMA₋₂ ist die OPA hingegen nicht wirtschaftlicher; die Mehrkosten betragen über 30 Jahre 78.000 Euro (s. Zeile 4).

Aus Szenario 4 wird deutlich, dass der Einsatz von OPA auch dann wirtschaftliche Vorteile mit sich bringen kann, wenn zwar ausreichend Platz für einen Lärmschutzwall vorhanden ist, dieser jedoch sehr hoch für einen ausreichenden Lärmschutz sein muss. Weiterhin lässt sich erkennen, dass auch im Autobahnbereich eine OPA wirtschaftlich sein kann, wenn dadurch die Bauhöhe einer Lärmschutzwand deutlich gesenkt werden kann.

Szenario 5: Vierstreifige Bundesautobahn mit zweiseitiger Bebauung im Abstand 200 m

Analog zu Szenario 4 wurde in Szenario 5 der Einsatz einer OPA auf einer Bundesautobahn bei zweiseitiger Bebauung analysiert. Hierbei wird wiederum der Einsatz einer OPA zur Reduktion eines Lärmschutzwalles und zur Reduktion einer Lärmschutzwand betrachtet. Die weiteren Parameter des Szenarios sind mit Szenario 4 identisch.

Ebenso wie bei Variante 4 kann durch den Einsatz der OPA die Höhe von Lärmschutzwall und -wand erheblich reduziert werden. Die Höhen der Lärmschutzwälle unterscheiden sich nicht von denen in Variante 4, da

keine relevanten Reflexionen an den zweiseitig angeordneten Wällen auftreten. Somit verdoppelt sich bei zweiseitiger Bebauung die Einsparung durch die Reduktion des Lärmschutzwalls, während keine weiteren Kosten für Bau, Instandsetzung und Unterhaltung der OPA anfallen. Hierdurch werden die Gesamtkosten über 30 Jahre um über 1,1 Mio. Euro gesenkt. Auch im Vergleich mit einem SMA₂ hat die Reduktion der Lärmschutzwälle Kostenvorteile, der Gesamtnutzen liegt bei knapp 200.000 Euro (s. Zeile 5 und 6 in Bild 4).

Werden anstatt Wällen Lärmschutzwände errichtet, so sind gegenüber der einseitigen Bebauung etwas größere Höhen notwendig, um den maßgebenden IGW von 49 dB(A) einzuhalten. Insgesamt verdoppeln sich die Einsparungen für die reduzierten Lärmschutzwände gegenüber der einseitigen Bebauung jedoch ebenfalls und betragen über 30 Jahre ca. 2,2 Mio. Euro bzw. 1,2 Mio. Euro. Unter Berücksichtigung der Mehrkosten für Bau, Instandsetzung und Unterhaltung beträgt über 30 Jahre der Kostenvorteil der OPA mit reduzierten Lärmschutzwänden 1,5 Mio. Euro (im Vergleich zu einem SMA₀) bzw. 0,6 Mio. Euro (im Vergleich zu einem SMA₂) (s. Zeile 7 und 8).

Aus den Ergebnissen von Szenario 5 wird deutlich, dass die wirtschaftlichen Vorteile der OPA bei zweiseitig zu schützender Bebauung überproportional ansteigen, da sich gegenüber der einseitigen Bebauung die Einsparungen für Wälle und Wände in etwa verdoppeln, gleichzeitig aber keine weiteren Mehrkosten für die OPA auftreten.

Szenario 6: Sechsstreifige Bundesautobahn mit einseitiger Bebauung im Abstand 200 m

In einem weiteren Szenario wurden die wirtschaftlichen Auswirkungen des Einbaus einer OPA bei einer hochbelasteten, sechsstreifigen Autobahn untersucht. Dem Szenario wurde eine Autobahn mit RQ 35,5 und einer Verkehrsbelastung von 100.000 Fz/24 h zugrunde gelegt. Lkw-Anteil und Stundenbelastungen werden wie bei den anderen Szenarien mit den Regelwerten gemäß RLS-90 angesetzt. Aus Gründen der direkten Vergleichbarkeit mit dem Szenario 4 wird ebenfalls eine einseitige Bau-

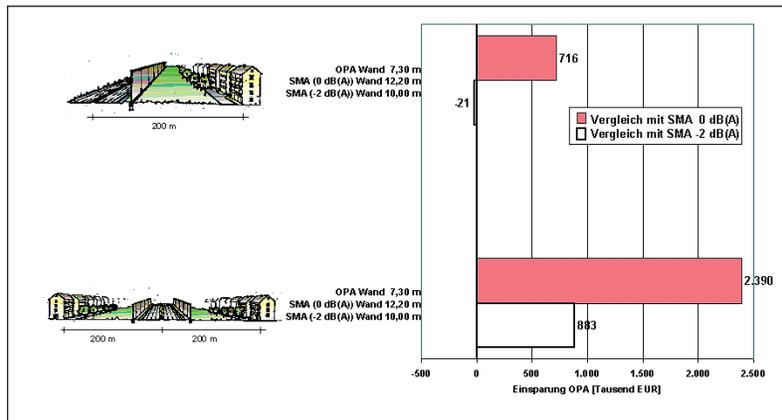


Bild 5: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für sechsstreifige Bundesautobahnen (RQ 35,5 / DTV 100.000 Fz/d) – Differenzkosten über 30 Jahre

ung im Abstand von 200 m angeordnet.

Soll in diesem Szenario der Lärmschutz durch einen Wall mit Regelabmessungen realisiert werden, so wäre bei konventionellem Belag eine Wallhöhe von über 20 m, bei einem SMA₂ von 16 m notwendig. Diese kann durch den Einsatz einer OPA auf eine Höhe von 10,60 m erheblich reduziert werden. Somit kann die bei Regelquerneigung notwendige Breite am Dammfuß von 61 m bzw. 49 m auf 31 m reduziert werden. Diese Berechnungsergebnisse lassen erkennen, dass bei hochbelasteten Autobahnen mit eng angrenzender Bebauung OPA eine Möglichkeit sind, Lärmschutzwälle soweit zu reduzieren, dass sie auch unter technischen und landschaftsgestalterischen Aspekten eine Alternative sind. Ein wirtschaftlicher Vergleich mit Hilfe des für die vorangehenden Szenarien angewandten Berechnungsmodells ist aufgrund der praxisfernen Ausgangsbedingungen nicht sinnvoll.

Wenn für den Lärmschutz Wände anstatt Wälle zum Einsatz kommen, so ist auch hierbei eine erhebliche Senkung der notwendigen Bauhöhe möglich: Bei der Variante ohne lärmmindernde OPA beträgt die notwendige Wandhöhe 12,20 m bzw. 10,00 m, während sie durch den Einsatz einer OPA um 40% bzw. 27% auf 7,30 m reduziert werden kann. Dies hat im Vergleich zu einem SMA₀ Einsparungen für die Wand in Höhe von 1,6 Mio. Euro zur Folge, die weit höher als die Mehrkosten für die OPA auf den

beiden Richtungsfahrbahnen sind. Somit ergibt sich in diesem Vergleich eine Gesamteinsparung von 716.000 Euro über 30 Jahre (s. Zeile 1 in Bild 5). Vergleicht man die OPA mit einem SMA₂, so reduzieren sich die Einsparungen für die Lärmschutzwand auf 0,9 Mio. Euro, die die Mehrkosten für die OPA nicht ganz kompensieren können; es ergeben sich rechnerisch Mehrkosten von 21.000 Euro über 30 Jahre, was jedoch mit 2% der betrachteten Teilkosten vernachlässigbar ist (s. Zeile 2).

Zusammenfassend wird deutlich, dass bei einer hochbelasteten Autobahn und einem Bebauungsabstand von 200 m die Errichtung eines konventionellen Lärmschutzwalls aufgrund seiner großen Höhe in der Praxis wohl kaum realisierbar ist. In diesem Szenario sind entweder Lärmschutzwände notwendig, oder die Fahrbahn wird mit einer OPA ausgerüstet, durch die die Höhe des Lärmschutzwalls halbiert werden kann. Bei Verwendung von Lärmschutzwänden können diese durch den Einsatz der OPA so weit in ihrer Höhe reduziert werden, dass OPA auch bei der betrachteten sechsjährigen Nutzungsdauer wirtschaftlich bzw. kostenneutral sind. Im Vergleich der Alternativen OPA, Lärmschutzwand und Lärmschutzwand als aktive Lärmschutzmaßnahmen ist aus wirtschaftlichen Gründen dem Bau einer Lärmschutzwand mit OPA der Vorzug zu geben, wenn ausreichende Flächen und einzubauende Materialien zur Verfügung stehen.

Szenario 7: Sechsstreifige Bundesautobahn mit zweiseitiger Bebauung im Abstand 200 m

In Szenario 7 wurde für die hochbelastete, sechsstreifige Autobahn der Einsatz von OPA bei zweiseitiger Bebauung bewertet. Wie bei der vierstreifigen Autobahn verdoppeln sich die Kosten für die zweiseitig angeordneten Wände, während die Mehrkosten für Bau, Instandsetzung und Unterhaltung der OPA konstant bleiben. Hierdurch werden die Einsparungen, die bei Einsatz einer OPA und reduzierten Wandhöhen möglich sind, überproportional gesteigert. Es sind Einsparungen von 2,4 Mio. Euro (im Vergleich zu einem SMA₀) bzw. 0,9 Mio. Euro (im Vergleich zu einem SMA₂) über 30 Jahre möglich (s. Zeile 3 und 4 in Bild 5).

Zusammenfassung

An Bundesstraßen kann bei den betrachteten Szenarien (Bilder 2 und 3) durch den Einsatz einer OPA i.d.R. auf Wand oder Wall verzichtet werden. Nur bei unmittelbar angrenzender Bebauung ist auch bei den OPA weiterhin eine Lärmschutzwand notwendig, die jedoch niedriger sein kann. Einsparungen durch den Einsatz von OPA können immer dann erzielt werden, wenn auf eine Lärmschutzwand verzichtet oder ihre Höhe erheblich reduziert werden kann. Im Vergleich zu Lärmschutzwällen, die bei geringen Höhen erheblich günstiger als Lärmschutzwände sind, sind für OPA auf Bundesstraßen in den betrachteten Szenarien jedoch keine Kostenvorteile vorhanden. Kostengünstigste Lösung ist in diesen Fällen i.d.R. der Einbau einer lärmoptimierten SMA, für die eine Reduktion der Lärmemission um -2 dB(A) berücksichtigt werden kann, in Kombination mit einem reduzierten Lärmschutzwall.

Bei den untersuchten Szenarien für Bundesautobahnen (Bilder 4 und 5) kann durch den Einsatz von OPA nicht auf Lärmschutzwand oder -wand verzichtet werden; sie können aber in ihrer Höhe reduziert werden. Aufgrund der großen Höhen, die bei den zugrunde liegenden Bebauungsabständen von 200 m notwendig sind, führt allein diese Reduktion bereits zu so großen Kostensenkungen, dass mit den OPA erhebliche Kostenvorteile für den Straßenbaulastträger verbun-

den sind, wenn man als Referenzbelag einen SMA ohne Korrekturwert für die Lärminderung betrachtet. Im Vergleich zu einem SMA₂ hingegen sind Bau-, Erhaltungs- und Unterhaltungskosten der OPA bei nur sechsjähriger Nutzungsdauer so viel höher, dass sie die Einsparungen für Wall oder Wand i.d.R. nicht kompensieren. Bei zweiseitiger Bebauung sind Kostenvorteile für die OPA zu erwarten, da den doppelten Einsparungen für Wall oder Wand keine weiteren Mehrkosten für die OPA gegenüber stehen. Die durchgeführten Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen lassen erkennen, dass der Einsatz von OPA als aktive Lärmschutzmaßnahme in vielen Fällen eine wirtschaftliche Alternative bzw. Ergänzung zu Lärmschutzwänden und -wällen sein kann, auch wenn man nur eine lärmtechnische Nutzungsdauer von sechs Jahren berücksichtigt. Wenn die Nachmessungen nach Ende dieser „garantierten“ Lärminderungsdauer ergeben, dass die lärmmindernde Wirkung weiterhin gegeben ist, so verbessert sich die Wirtschaftlichkeit dieser Bauweise für den Straßenbaulastträger noch weiter. Die Kostenvergleiche mit einem SMA₂ lassen erkennen, dass vielfach in der Kombination aus lärmemissionsreduziertem Belag und reduzierten Wänden und Wällen ein wirtschaftliches Optimum zu erwarten ist. Gegenüber dem Einsatz von Lärmschutzwänden werden i.d.R. klare wirtschaftliche Vorteile der OPA deutlich - auch wenn ansonsten ein geräuschreduzierter SMA₂ eingebaut wird. Somit können OPA immer dann sinnvoll sein, wenn für einen Lärmschutzwand kein Platz vorhanden ist oder dieser aus anderen Gründen nicht zweckmäßig ist, z.B. bei Straßen in Dammlage. Durch den Einsatz einer OPA konnte die Höhe der Lärmschutzwand in den berechneten Szenarien um 1 bis 5 m reduziert werden; diese Reduktion führt zu deutlichen Einsparungen. Weiterhin kann die Berücksichtigung von OPA zum Lärmschutz dann empfohlen werden, wenn sehr hohe Lärmschutzwälle notwendig wären, die aus technischen und landschaftsgestalterischen Aspekten in der Praxis nicht umsetzbar sind. Hierbei ist es möglich, die Höhe des Walls und somit sein Volumen überproportional zu reduzieren.

Weitere Kostenvorteile sind bei einer OPA immer dann zu verzeichnen, wenn auf beiden Seiten der Straße Bebauung vorhanden ist, für die Lärmschutzmaßnahmen notwendig sind. In diesen Fällen macht sich der Umstand bezahlt, dass durch den Einbau einer OPA die Lärmemission der Straße direkt reduziert wird, was für das gesamte Straßenumfeld positiv ist, während Wall und Wand auf beiden Seiten der Straße angeordnet werden müssen.

Allerdings lassen die Szenarien auch die Grenzen der rein wirtschaftlichen Vorteile des Einsatzes von OPA für den Straßenbaulastträger erkennen: Immer dann, wenn ausreichend Platz für einen Lärmschutzwand vorhanden ist und er nicht besonders hoch ausgebildet werden muss, ist der Bau eines Erdwalls die kostengünstigere Lösung für den Straßenbaulastträger zur Einhaltung der IGW.

Neben den monetären Kriterien für den Straßenbaulastträger sollten bei der Entscheidung, OPA zu verwenden, auch weitere Vor- und Nachteile gegeneinander abgewogen werden, die nur schwer quantifizierbar bzw. monetär bewertbar sind: Hierzu zählen die Verkehrsbehinderungen durch zusätzliche Instandsetzungsmaßnahmen, deren volkswirtschaftliche Kosten unter Berücksichtigung optimaler Bauabläufe in Abhängigkeit von Verkehrsbelastung, Trassierung, Querschnittsgestaltung etc. differenziert zu ermitteln sind. Ebenso sollten die Steigerung des Fahrkomforts durch reduzierte Sprühhahnen und die Reduktion der Aquaplaning-Gefahr in die Bewertung eingehen. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes und die optische Trennwirkung durch Lärmschutzwand oder -wand - insbesondere bei großen Höhen - erheblich sein können, während der Einsatz einer OPA in dieser Hinsicht positiv zu bewerten ist.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen lassen erkennen, dass OPA durchaus eine wirtschaftliche Alternative zum aktiven Lärmschutz sein können - und dies auch bei nur geringer lärmtechnischer Nutzungsdauer. Daher sollten OPA als eine Komponente bei der Optimierung des aktiven Lärmschutzes verstärkt berücksichtigt werden. Es wird auch deutlich, dass keine pauschalen Aussagen möglich

sind, ob eine OPA zur langfristigen Kostensenkung beiträgt. Hierfür sind die tatsächlichen Randbedingungen einer Planungsmaßnahme, d.h. Geländetopografie, Trassierung der Straße im Lage- und Höhenplan, Lage der Bebauung, Grunderwerbsverhältnisse, Verfügbarkeit der notwendigen Erdmassen etc. zu berücksichtigen und detaillierte Berechnungen zum notwendigen Lärmschutz durchzuführen. Mit Hilfe des vorliegenden Modells können reale Planungsvorhaben einfach analysiert werden; hierbei können dann auch projektspezifische Kostensätze Berücksichtigung finden. Weiterhin bestehen Kostensenkungspotenziale in der Optimierung der möglichen aktiven Lärmschutzmaßnahmen: Wall, Wand und OPA bzw. andere lärmoptimierte Fahrbahnbeläge. ■

Literatur

[1] Bundesanstalt für Straßenwesen, Statuspapier der Bundesanstalt für Straßenwesen vom 18. Oktober 2001 - Offenporige Asphaltdeckschichten (OPA), Anlage zum ARS Nr. 5/2002 des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, veröffentlicht in: Verkehrsblatt 2002, Heft 8, Bonn 2002

[2] BMVBW, ARS Nr. 5/2002: Richtlinien für den Lärmschutz - RLS-90 - Fahrbahnoberflächen-Korrekturwerte DStrO für offenporigen Asphalt (OPA), veröffentlicht in: Verkehrsblatt 2002, Heft 8, Bonn 2002

[3] FGSV, Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS), Köln 1997

[4] BMVBW, Richtlinien für den Verkehrslärmschutz an Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes (VLärmSchR 97), veröffentlicht in: Verkehrsblatt 1997, Heft 12, Bonn 1997

[5] FGSV, Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen (RLS), Köln 1990

[6] FGSV, Richtlinien für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Straßenbefestigungen (RPE-Stra 01), Köln 2001

[7] Holldorb, Christian, Beitrag zur Bewertung des Einsatzes offener Asphaltdeckschichten auf Autobahnen, Darmstadt 1997

[8] Frech, Erfahrung bei Bau und Unterhalt von offenporigen Asphaltdeckschichten, in: Informationstage „Geräuschmindernde Fahrbahnbeläge in der Praxis“, Müller-BBM, Planegg b. München 2002

[9] Schäfer, Volker, Erfahrungen mit Offenporigen Asphaltdeckschichten (OPA), Vortrag Deutscher Straßen- und Verkehrskongress 2002, Vortragsunterlagen

[10] Kutter, M. Straßenunterhaltung und Betriebsdienst, in: Der Elsner 2003, Handbuch für Straßen- und Verkehrswesen, Dieburg 2002

[11] Der Bundesminister für Verkehr, Richtlinien für Lärmschirme außerhalb von Kunstbauten - Ausgabe 1988, (RiZaK-88), veröffentlicht in: Verkehrsblatt 1989, Heft 7, Bonn 1989

[12] BMVBW, Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen 2001, Bonn 2002

[13] Larssen; Lars Ellebjerg / Bendtsen; Hans, Noise reduction with porous asphalt - costs and perceived effect, ISAP-Congress, August 2002, Copenhagen, Atkins Danmark A/S, Copenhagen 2002

Anschrift des Verfassers:

Dr.-Ing. Christian Holldorb
Durth Roos Consulting GmbH
Niederlassung Karlsruhe

Gartenstraße 26
D-76133 Karlsruhe

E-Mail:

christian.holldorb@durth-roos.de