

Wirtschaftliche Analysen über begrünte Lärmschutzsysteme



DI Dr. Franz Aschauer
franz.aschauer@boku.ac.at



DI Harald Schön
harald.schoen@teerag-asdag.at



Prof. Dr. Wei Wu
Wei.wu@boku.ac.at

Universität für Bodenkultur Wien
Department für Bautechnik und
Naturgefahren
Institut für Geotechnik
Feistmantelstraße 4
1180 Vienna
Tel.: +43-1-47654-5569;
Fax: +43-1-47654-5567

DI Harald Schön
TEERAG-ASDAG AG
Hafenstraße 64
3500 Krems
Tel.: +43-2732-85591-320;
Fax: +43-2732-85591-55

Die Budgetsituation der öffentlichen Hand wird zunehmend durch Investitionen in den aktiven Lärmschutz belastet. Der vorliegende Beitrag behandelt einen erfolgreichen Feldversuch, bei dem der Einsatz von bewehrten Steilwällen in Verbindung mit mineralischen Hochbaurestmassen als Schutzmaßnahme gegen Verkehrslärm, unter der Einhaltung der vorgeschriebenen Immissionsgrenzwerten des zu verarbeitenden Baumaterials, als eine technisch innovative und wirtschaftliche Lösung getestet wird. Aus den detaillierten Untersuchungen kann gezeigt werden, dass sich mit derartigen innovativen Lösungen für den Lärmschutz durch die Einsparung von Energie und Ressourcen Kostenvorteile realisieren lassen, wodurch begrünte Lärmschutzsteilwälle auch wirtschaftlich in Konkurrenz zu konventionellen Lärmschutzsystemen treten können.

1 Einleitung

Der Bedarf an Lärm- bzw. Umweltschutzmaßnahmen hat durch den stetigen Anstieg des Verkehrsaufkommens, aber auch infolge der erhöhten Sensibilisierung der Bevölkerung gegenüber Verkehrsbeeinträchtigungen, in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Dies führt allerdings auch zu einem enormen Kostenanstieg der öffentlichen Hand.

Als Lärmschutzmaßnahmen kommen nahezu ausschließlich Schallschutzwände aus Kunststoff, Aluminium, Holz und Beton zur Ausführung. Begrünte Lärmschutzsteilwälle finden aufgrund mangelnder Normen und Richtlinien sowie fehlender Kenntnis der Anwendungsbereiche von Geokunststoffen kaum Verwendung.

Von großen Bevölkerungsteilen aber auch von Experten wird immer wieder massive Kritik an den installierten monotonen Lärmschutzsystemen geäußert. Der geringe Platz- und Baustoffbedarf für deren Errichtung vermittelt

zwar den Eindruck einer kostengünstigen Variante, andererseits stellen die Lärmschutzwände einen markanten Einschnitt in das Orts- und Landschaftsbild dar und können verkehrspsychologisch betrachtet den sogenannten „Tunnelblick“ beim Autofahrer auslösen, was wiederum negative Auswirkungen auf den fließenden Verkehr haben kann. Diese konventionellen Systeme weisen auch Defizite in Bezug auf den Staubschutz auf und sind in Hinblick auf die Schallabsorption verbesserungsfähig.

Vor diesem Hintergrund wurde das Forschungsprojekt „Begrünte Lärmschutzsteilwälle aus Kunststoff- und Recyclingprodukten“ an der Universität für Bodenkultur initiiert. Wesentliches Ziel ist es, die Technik Steilwälle soweit zu entwickeln, dass Lärmschutzsteilwälle als Lärmschutzeinrichtung in Zukunft regelmäßig zur Anwendung kommen. Dadurch können Deponieraum und Deponiekosten eingespart werden, Baurestmassen einer vernünftigen Verwendung zugeführt werden und eine landschaftsgerechte Lösung am Markt angeboten werden.

2 Testkonstruktion

Um die verschiedenen Bausysteme, Einbaumethoden, Schütt- und Bewehrungsmaterialien sowie Oberflächengestaltungen zu analysieren und einen ökonomisch und ökologisch optimalen Lärmschutz zu entwickeln, wurde im Sommer 2005 in einer Kiesgrube eine 70 m lange und 4,5 m hohe Testkonstruktion ($70^\circ \leq$ Böschungsneigung $\leq 85^\circ$, $0,5 \text{ m} \leq$ Kronenbreite $\leq 2,5 \text{ m}$) aus recycelten mineralischen Baurestmassen errichtet (Bild 1).

Der Lärmschutzsteilwall ist in sieben Abschnitte á 10 m unterteilt, wobei insgesamt acht verschiedene Schal-



Bild 1: Fertiggestellte Testkonstruktion

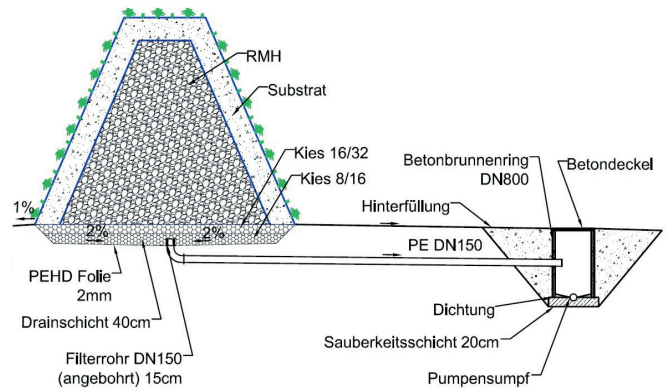


Bild 2: Schnitt durch die Testkonstruktion

systeme zur Ausführung gelangten, die eigentlich zur Abstützung von Geländesprüngen und Sicherung von Böschungen entwickelt und auf Lärmschutzsteilwälle adaptiert wurden.

Die gesamte Konstruktion wurde zum Untergrund hin abgedichtet und auf eine Flächendrainage aufgesetzt (Bild 2), um das Speichervermögen der Substratmischungen und des verwendeten Schüttmaterials zu bestimmen. Das in der Flächendrainage anfallende Sickerwasser wird für jeden Abschnitt getrennt in einen Sickerwasserschacht ausgeleitet und einem umfangreichen chemischen Messprogramm unterzogen, um das Auslaugungsverhalten des Steilwalles zu dokumentieren.

Die Außenhaut wurde bei der lagenweisen Errichtung mit verschiedenen Schalsystemen hergestellt, für die Bewehrung wurde in allen Abschnitten ein hochzugfestes Geogitter gewählt.

Als Schüttmaterial wurden mineralische Hochbaurestmassen, ein RMH 0-45 (Recyclierte Mineralische Hochbaurestmassen; ein gebrochenes Granulat aus Beton, Ziegelmauerwerk und natürlichem Gestein), verwendet, der verbleibende Abschnitt wurde zu Vergleichszwecken mit Kies errichtet.

An den Außenflächen wurde eine Substratmischung eingebaut, die einerseits die Nahrungsgrundlage der Begrünung bildet und mit einer Stärke von 0,5 m gleichzeitig die „Oberflächen- und Böschungsabdichtung“ darstellt. Es kamen unterschiedliche Ziegelsplitt-Humusmischungen mit einem Humusanteil von 10, 20 und 50 % zum Einsatz.

Bei diesem Forschungsprojekt wurde durch die Kombination eines Steilwalls mit einer darauf abgestimmten Begrünung eine innovative Lösung entwickelt, die gegenüber den konventionellen Maßnahmen für Lärmschutz auch auf optisch ansprechendere und effiziente Weise Lärmschutz bieten kann. Im Vergleich zu herkömmlichen Schallschutzwänden weisen abwechselnd begrünte Lärmschutzsteilwälle eine bessere schalltechnische Wirksamkeit auf, da sich die Schallwellen zwischen der unregelmäßigen Bepflanzung fangen und brechen, wodurch das Absorptionsvermögen verbessert wird, und andererseits die große Masse der gesamten Konstruktion eine bessere Schalldämmung gewährleistet.

Da für derartige Bauwerke noch wenig Erfahrungen über das Systemverhalten Bewehrung – Recycling – Schalungssystem – Substrat – Bepflanzung vorliegen, und um die verwendeten Lastannahmen zu überprüfen, wurde

während der Errichtung ein umfangreiches geotechnisches (Extensometer, Inklinometer, Kornverteilungen, Verdichtungskontrollen, ...), geodätisches (Tachymeter) und schalltechnisches Messprogramm ausgeführt. Diese Messungen werden seit Fertigstellung fortgesetzt.

3 Kostenkalkulation

Die beim o.g. Projekt untersuchten Systeme wurden einzeln nachkalkuliert. Die Leistungsansätze beruhen zum Teil auf den bei der Errichtung der Testkonstruktion ermittelten Zeitauern bzw. auf den in der Bauwirtschaft üblichen Ansätzen.

3.1 Kalkulationsgrundlagen

Um die im 1:1 Modellversuch errichteten Systeme untereinander vergleichen zu können, werden folgende Annahmen getroffen, die auf alle kalkulierten Systeme anzuwenden sind:

Geometrische Randbedingungen: Länge 1000 m, Höhe 4,50 m, Kronenbreite 1,0 m, Neigung 80°

Mannschaft: Belegschaft von 10 Mann (1 Vorarbeiter, 2 Facharbeiter, 3 angeleitete Bauarbeiter und 4 Hilfsarbeiter), Bruttomittelohn von 31,15 €/h.

Leistungsgeräte für die Errichtung: Raupenbagger (90 kW, 20,4 to), Vibrationsplatte (DVH 3010), Doppelvibrationswalze (DTV 233)

Leistungsgeräte für die Baustelleneinrichtung, -räumung, den Bodenabtrag und für die Errichtung der Steilwällauffstandsfläche: 1 LKW, (Zweiachser mit Ladekran), 1 Tiefelader, 1 Schuttmulde (10 m³), 1 Planierraupe (CAT D5M XLP), 1 Erdbauwalze (Bomag 213)

Vorhaltegeräte: Baucontainer und -wagen, Miet WC, PKW und Kleinbus sowie Kleingeräte

Materialien: RMH und Steine bzw. anstehendes Material, Geokunststoffe und Schalungselemente

Transportkosten: Variation in Abhängigkeit von Transportmittel, Anlieferentfernung und Anlieferstrecke; Transportentfernungen von 0 km (keine Anlieferung – Einbau von anstehendem Material) bis 50 km

Absturzsicherung: mittels Holzwehren (Berücksichtigung in den Baustellengemeinkosten)

Begrünungskosten: gesondert zu berücksichtigen aufgrund der unterschiedlichen Möglichkeiten; Setzpflanzen (6,0 €/m²), Kletterpflanzen (3,0 €/lfm), Stecklinge (2,0 €/m²), Spritzbegrünung (0,60 €/m²)

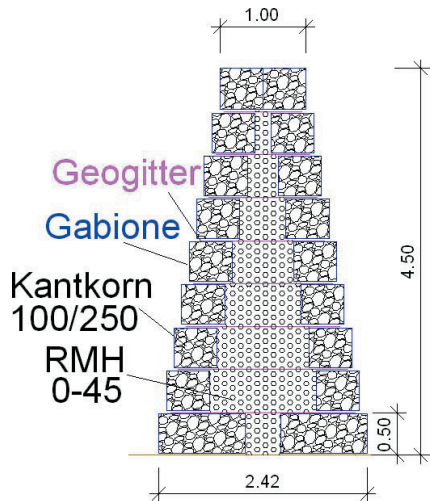


Bild 3: Gabionen

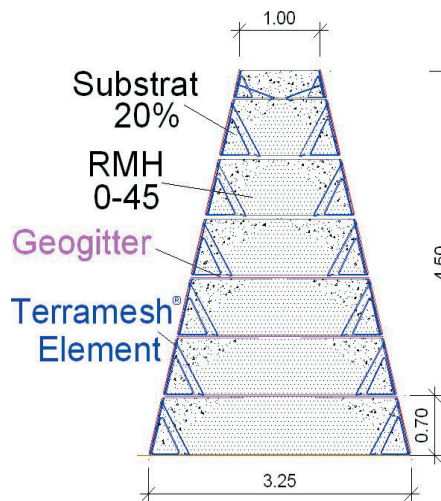


Bild 4: Terramesh

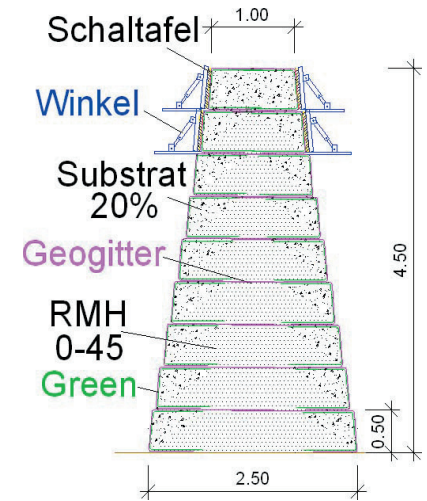


Bild 5: Polyslope T

3.2 Kalkulierte Systeme

Es werden die acht verschiedene Systeme (Gabionen, Ecowall, Polyslope S, Polyslope T, Vector Wall® Gabion, Vector Wall® Grün und Terramesh®), wie sie bei der Testkonstruktion zur Ausführung gelangten, sowie ein System mit fertig gelieferten Steinkörben kalkuliert.

3.2.1 Verlorene Schalung aus Gabionen/Steinkörbe

Für dieses System werden Gabionen verwendet, die vor Ort erst zu einem Kasten gefaltet werden und in weiterer Folge auf die projektierte Böschungskante gesetzt sowie mit Kantkorn 100/250 händisch gefüllt werden. Nach dem Verschließen des Deckels wird der Kern geschüttet und verdichtet (Bild 3). Analog dazu wird ein System mit gleichen Abmessungen kalkuliert, jedoch werden anstatt der Gabionen vorgefertigte gefüllte Steinkörbe verwendet, die direkt auf die projektierte Böschungskante aufgesetzt werden.

3.2.2 Verlorene Schalung mit aus Baustahlgittern verstärkten Drahtgittern (Terramesh®)

Nach dem Zusammenbauen der angelieferten gefalteten Schalungselemente werden diese an der Böschung Mann an Mann platziert und anschließend der Kern und dann der Substratkeil geschüttet (Bild 4).

3.2.3 Wiederverwendbare kombinierte Stahl- Holzschalung (Polyslope T)

Dieses Schalsystem besteht aus Stahlwinkeln, die ca. in einem Abstand von ca. einem Meter gesetzt werden und ausfachenden Schalttafeln (Bild 5). Diese Komponenten werden nach Fertigstellung der Schüttlage wieder gezo-

gen und auf die nächste umgestellt. Die zwischen den einzelnen Lagen eingelegten Geogitter werden an der Böschungsfrente umgeschlagen, wodurch sich ein „Polster“ bildet. Die Erosion des Schüttmaterials durch die Geogitter kann durch die zusätzliche Anordnung eines Erosionsschutzgitters (Green) verhindert werden. Es wird auch ein Erosionsschutzprodukt (Geotalus), bestehend aus hochzugfesten PE- Fasern in Kombination mit Baumwollfasern, die den Feuchtigkeitshaushalt der Bepflanzung positiv beeinflusst, im Polsterbereich untersucht.

3.2.4 Verlorene Schalung aus vorgebogenen Baustahlgittermatten (Polyslope S)

Als verlorene Schalung kommen winkelförmige Baustahlgittermatten zum Einsatz, die auf die gewünschte Neigung vorgefertigt sind. Die Erosion im Frontbereich muss wieder durch Erosionsschutzprodukte verhindert werden (Bild 6).

3.2.5 Baustahlgittermatten als verlorene Schalung (Vector Wall®)

Bei diesem Schalungstyp wird außerhalb der Dammaufstandsfläche eine temporäre Holzschalung errichtet, an die Baustahlgittermatten fixiert werden. Diese Baustahlgittermatten werden im Zuge der lagenweise Errichtung mittels Abspannhaken an Ankerblöcken befestigt. Je nach Ausführungsform der Sichtfläche kann dieses System begrünt werden (Vector Wall® Grün, Abb. 7) oder durch den Einbau einer Rundkornschicht in Kombination mit galvanisierten Baustahlgittermatten auch ein gabionenartiges Aussehen (Vector Wall® Gabion) erreicht werden, das nur mittels Kletterpflanzen begrünt werden kann (Abb. 8).

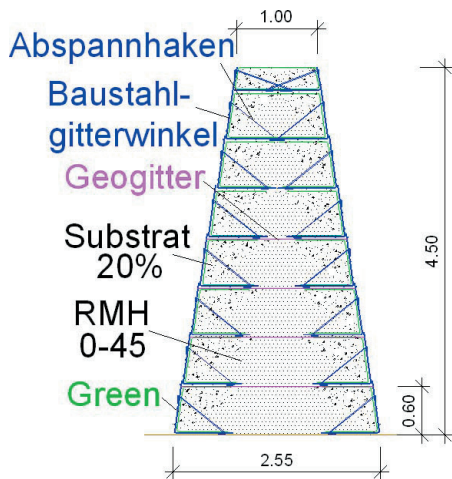


Bild 6: Polyslope S

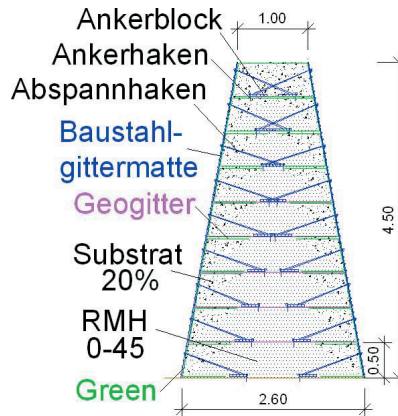


Bild 7: Vector Wall® Green

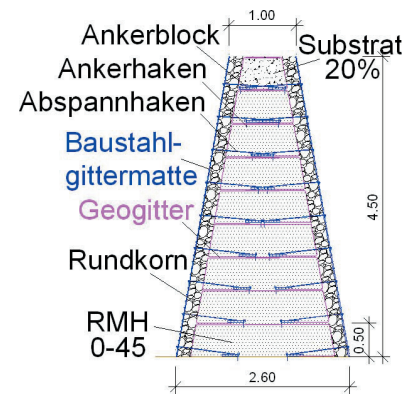


Bild 8: Vector Wall® Gabion

3.2.6 Zusammengesetzte Stahlmattenelemente als verlorene Schalung (Ecowall®)

Dabei werden jeweils zwei galvanisierte Stahlmattenelemente durch Einschieben einer Steckschließe verbunden, mittels Abspannhaken ausgesteift und die gewünschte Neigung eingestellt (Bild 9). Unmittelbar an der Böschungsvorderkante wird Rundkorn eingebaut. Eine Begrünung kann nur mit Kletterpflanzen erfolgen.

3.2.7 Gesondert zu berücksichtigende Kosten

Beim Vergleich der Kosten von Lärmschutzsteilwällen und Lärmschutzwänden sind einerseits die unterschiedlichen Aufstandsflächen der verschiedenen Ausführungsformen, die kostensteigernd wirken, und andererseits bei der Verwendung von Recyclingmaterial die nicht zu entrichtende Altlastensanierungsabgabe (ALSAG, derzeit mindestens 7,20 €/to) zu berücksichtigen.

3.3 Gegenüberstellung der Errichtungskosten

Für die einzelnen Systeme ergeben sich die in Bild 10 angeführten Errichtungskosten für eine Transportentfernung des Schüttmaterials von 0 km und 50 km bzw. für vor Ort recyciertes Material. Den Transportkosten wird ein LKW mit vier Achsen, bei einer Fahrt im Freiland zu Grunde gelegt.

Die so ermittelten Laufmeterkosten (€/lfm), dargestellt ohne Berücksichtigung der Begrünung, zusätzlichen Grundbedarf und ALSAG Abgabe, können den in Tab. 2 angegebenen Errichtungskosten von derzeit in der Praxis angewandten Lärmschutzwänden gegenübergestellt werden. Diese Errichtungskosten setzen sich aus den Kosten für die Fundierung, die Sockelelemente und die Hauptelemente für eine 4,50 m hohe Lärmschutzwand zusammen.

Das System mit den Steinkörben ist auf Grund der hohen Errichtungskosten gesondert zu betrachten und nicht in Bild 10 dargestellt. Die Kosten für einen im Werk gefüllten, gelieferten und versetzten Steinkorb (1,00/0,50/0,50 m) belaufen sich auf 128,70 €/Stück. Von den kalkulierten Laufmeterkosten des Steilwalls aus Steinkörben von

Tabelle 2: Errichtungskosten von Lärmschutzwänden

Lärmschutzwände (Höhe 4,5 m)	€/lfm	€/m ²
Holz-Flechtelemente	315,00	70,00
Holzbetonelemente	412,00	91,56
Aluelemente	442,00	98,22
Acrylglaselemente	747,00	166,00

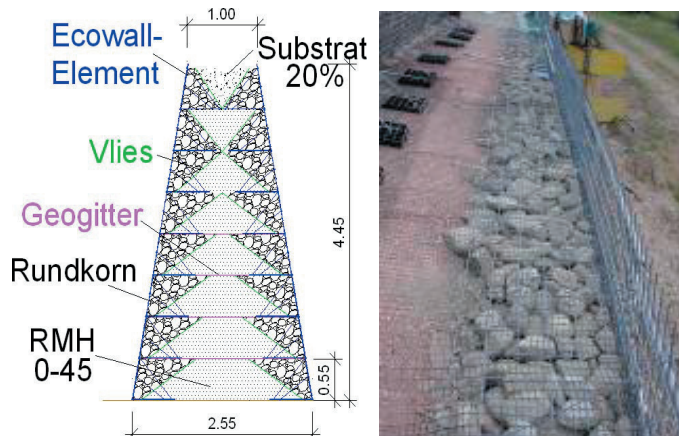


Bild 9: Ecowall

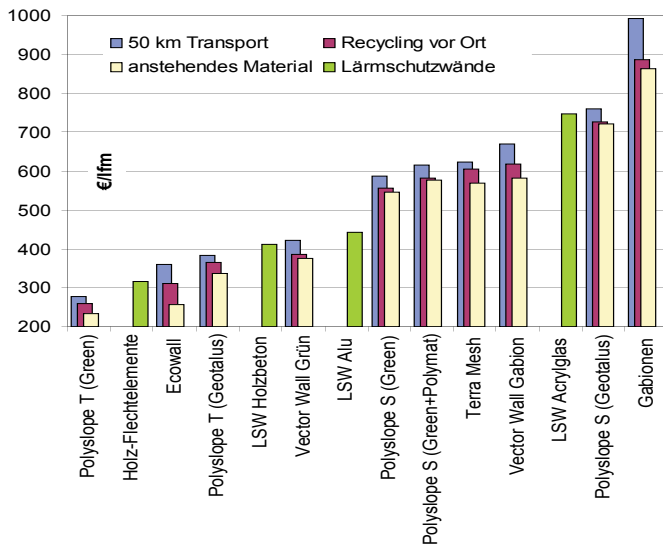


Bild 10: Gegenüberstellung der Kosten Lärmschutzwand – Lärmschutzsteilwall

rund 2.800 €/lfm, betragen alleine die Kosten für den Steinkorb, das Liefern und Aufstellen ca. 2.660 €/lfm.

Im Vergleich zu den in der Praxis angewandten Lärmschutzwänden ergeben sich in ansteigender Reihenfolge die in Bild 10 angeführten Errichtungskosten. Dabei ist zu erkennen, dass einzelne Systeme (Polyslope T, Ecowall und Vector Wall® Grün) gegenüber den derzeit am häufigsten verwendeten Lärmschutzwänden aus Aluelementen eine kostengünstigere Alternative darstellen. Die Errichtungskosten für das System Polyslope T, unter der Verwendung von polyfelt.Green als Erosionsschutz, sind mit Abstand am geringsten. Dies ist auf die kostengünstige wiederverwendbare Schalung und auf die geringen Materialkosten zurückzuführen.

Die Kosten der Systeme Ecowall, Polyslope T (Geotalus) und Vector Wall® Grün befinden sich in einem Bereich von ca. 20 %, aber um mehr als 30 % teurer als das System Polyslope T (Green). Diese geringeren Kosten der Systeme, sind ebenfalls auf die niedrigeren Kosten der Schalungssysteme zurückzuführen.

Die Systeme Polyslope S, Terramesh® und Vector Wall® Gabion können in einem Bereich von 110 % bis

140 % Mehrkosten zum Vergleichssystem Polyslope T zusammengefasst werden. Diese Mehrkosten sind mit der Verwendung einer verlorenen Schalung bei den Systemen zu begründen. Die höheren Kosten von Vector Wall® Gabion im Vergleich zu Vector Wall® Grün sind, bei gleichem Schalungssystem, auf die Mehrkosten der galvanisierten Baustahlgittermatten beim System Vector Wall® Gabion zurückzuführen.

Die höheren Kosten von Polyslope S, unter der Verwendung von Geotalus als Erosionsschutz, im Vergleich zum gleichen System bei Verwendung anderer Erosionsschutzgitter, sind mit den doppelt so hohen Materialkosten von Geotalus zu erklären.

Die Kosten der Gabionen- bzw. Steinkörbesysteme sind gesondert zu betrachten. Bei den Gabionen ist, im Gegensatz zu allen anderen Systemen, durch das händische Schichten ein größerer Zeitaufwand für die Errichtung erforderlich. Dadurch sind die höheren Errichtungskosten im Vergleich zu den anderen Systemen zu begründen.

4 Zusammenfassung

Anhand der Nachkalkulationen der verschiedenen Systeme der Testkonstruktion kann gezeigt werden, dass die Errichtungskosten einzelner Systeme unter jenen der konventionellen Bauweise liegen. Im Vergleich zu den derzeit am häufigsten verwendeten Lärmschutzwänden aus Aluelementen ist zu erkennen, dass die Systeme Polyslope T, Ecowall und Vector Wall® Grün eine reizvolle wirtschaftliche Alternative dort, wo die Trassierung von Verkehrswegen auf dem Niveau der Geländeoberkante verläuft, darstellen. Bei der Verwendung von Polyslope T (Green) kann, verglichen mit konventionellen Lärmschutzwänden, mit einer Kostenersparnis von bis zu 50% gerechnet werden.

Vor diesem Hintergrund wird sich das Anwendungsgebiet begrünter Lärmschutzsteilwände künftig ausdehnen, da ein Ersatz der teuren natürlichen Ressourcen durch Aushubmaterial bzw. Recyclingmaterial (Straßenaufbruch, mineralische Hochbaurestmassen, ...), im Vergleich zu herkömmlichen Lärmschutzwänden, selbst bei Berücksichtigung zusätzlicher Kosten für die größere Aufstandsfläche und für die Begrünung, ein günstigerer Systempreis für das Gesamtprojekt zu erzielen sein wird.