

# **Geotechnische Beurteilung und Vergleich unterschiedlicher Ersatzbaustoffe beim Bau von Lärmschutzwällen**

Dipl.-Geol. Alfred Vinmans, GTBM GmbH

März 2013

## **1. Einleitung**

Bei der Planung eines Lärmschutzwalles spielen viele Faktoren eine Rolle. Aufgrund der Lärmsituation werden Rahmendaten wie die notwendige Länge und Höhe des Walles berechnet. Hierbei finden die Nähe zur Lärmquelle und die Entfernung zum Schutzgut bzw. den Betroffenen Berücksichtigung.

Entscheidend für den Entwurf und die statische Berechnung des Erdbauwerks sind dann die zu verwendenden Baustoffe. Im Rahmen dieser Berechnung muss neben den hydrogeologischen Randbedingungen (Bodenverhältnisse, Abstand zum Grundwasser, Schutzgebiete) auch die Standsicherheit des Erdbauwerks, z.B. gegen Böschungsbruch, nachgewiesen werden.

Durch den Einsatz von Ersatzbaustoffen wie Recyclingprodukten und industriellen Nebenprodukten können in geeigneten Baumaßnahmen des Erd- und Straßenbaus die natürlichen Ressourcen geschont werden. Die Anforderungen an die Eignung der Ersatzbaustoffe sind länderspezifisch geregelt, in NRW z.B. über entsprechende Gemeinsame Runderlasse [1, 2, 3], in den meisten anderen Bundesländern durch die LAGA M20 [6]. Die Details dieser Regelungen werden im Folgenden aus Platzgründen nicht weiter aufgeführt. Weitergehende Informationen über Einsatzmöglichkeiten von Sekundärbaustoffen bietet z.B. das Handbuch Ersatzbaustoffe [4].

Neben den chemisch-analytischen und stofflichen Anforderungen an die Ersatzbaustoffe sind die bodenmechanischen Kennwerte und die damit verbundene Verdichtbarkeit der Baustoffe zu beachten. Die Eignung eines Ersatzbaustoffes ist durch Untersuchungen nachzuweisen. Diese werden i.d.R. durch die Fremdüberwachung durchgeführt. Darüber hinaus sind für spezielle geotechnische Nachweise weitere Untersuchungen erforderlich. Details hierzu finden sich u.a. im Handbuch ZTV E-StB [5].

## **2. Planung eines Lärmschutzwalles**

### **2.1 Allgemeines**

Im Vorfeld der Planung eines Lärmschutzwalles müssen zunächst die lokalen Randbedingungen geprüft werden. Dies umfasst zunächst eine Bedarfsanalyse, ob Lärmschutz überhaupt erforderlich ist. Hierzu sind entsprechende Karten der Fachbehörden auszuwerten oder ggfs. ist ein auf den Einzelfall bezogenes Gutachten einzuholen. In einem solchen Gutachten würde auch die Wirkung unterschiedlicher aktiver Lärmschutzmaßnahmen wie z.B. Lärmschutzwände oder -wälle berechnet und verglichen.

Bei festgestellter Erfordernis des Lärmschutzes und Entscheidung für eine bauliche Maßnahme sind die Antragsunterlagen für einen Bauantrag zusammenzustellen. Der Bauantrag umfasst i.d.R. folgende Unterlagen:

- Angaben zum Antragsteller
- In Anspruch genommene Flächen (Flur, Flurstücke)
- Besitzverhältnisse

- Prüfung der Baufläche im Hinblick auf Schutzgebiete (Natur-, Landschafts-, Denkmal- und Wasserschutzgebiete)
- Angaben zum Baugrund, ggf. ist ein gesondertes Baugrundgutachten erforderlich
- Angaben zur Hydrogeologie der Baufläche, ggf. ist ein gesondertes hydrogeologisches Gutachten erforderlich
- Belange von Versorgungsträgern (Strom, Gas, Wasser, Telekommunikation)
- Beschreibung der Baumaßnahme, Baumaterialien, Bauweise, Gestaltung
- Entwässerung der Flächen
- Bei Rodungsmaßnahmen Angaben zu Ersatzaufforstungen

Sollten für die Baumaßnahme Ersatzbaustoffe wie z.B. RC-Material oder industrielle Nebenprodukte verwendet werden, ist bereits vor Beginn der Maßnahme der für den Einbau vorgesehene Baustoff im Rahmen einer wasserrechtlichen Erlaubnis zu beantragen. In dem Antrag auf wasserrechtliche Erlaubnis sind die Ersatzbaustoffe und deren Erzeuger zu benennen sowie die vorhandene Deklarationsanalytik bzw. Prüfzeugnisse vorzulegen. In Abhängigkeit von der chemisch-analytischen Qualität der Ersatzbaustoffe sind gemäß den technischen Regelwerken die erforderlichen Abdichtungsmaßnahmen anzugeben.

In der Baugenehmigung selbst werden die oben aufgelisteten Punkte berücksichtigt und in Form von Nebenbestimmungen der jeweiligen beteiligten Fachbehörden aufgenommen.

## 2.2 Planerische Vorgaben gemäß Gemeinsamen Runderlass [1, 2, 3]

Für die Errichtung eines Lärmschutzwalles mit Ersatzbaustoffen müssen in Nordrhein-Westfalen die in den entsprechenden Gemeinsamen Runderlassen aufgeführten Voraussetzungen erfüllt sein. Dies umfasst hydrogeologische Anforderungen (Grundwasserflurabstand) an den Standort, rechtliche Voraussetzungen (Wasserschutzgebiete) sowie Anforderungen an die Abdichtung des Bauwerks. Die Vorgaben sind in den entsprechenden Gemeinsamen Runderlassen NRW tabellarisch aufgeführt. Die Einbauweisen sind in den Anlagen 4 und 5 der Runderlasse NRW [1, 2, 3] schematisch dargestellt.

Im Folgenden wird die Ausführung eines Lärmschutzwalles mit Ersatzbaustoffen betrachtet. Hierbei ist von folgenden Randbedingungen auszugehen.

Lärmschutzwall	
<b>Standort</b>	Hydrogeologisch günstig, Grundwasserflurabstand > 1 m, keine Wasserschutzgebiete
<b>Böschungsneigung</b>	1 : 1,5
<b>Abdichtung</b>	Anspritzung mit Bitumen, alternativ Dichtungsschicht (z.B. Ton, geosynthetische Dichtungsbahn)
<b>Rekultivierung</b>	Natürlicher Boden
<b>Material</b>	Hausmüllverbrennungssasche, Boden, Boden und Bauschutt, Recyclingmaterial
<b>Kronenbreite</b>	3 m oder 1 m
<b>Höhe</b>	Variabel, entsprechend den Anforderungen an den Lärmschutz (siehe auch Tabelle 4)

**Tabelle 1:** Randbedingungen

### 3. Baustoffe

#### 3.1 Allgemeines

Es wurden zunächst alle Lärmschutzwälle (LSW) mit folgenden Baumaterialien/Ersatzbaustoffen als Monobaustoff im Kern berechnet:

- Hausmüllverbrennungssasche (HMVA)
- Recyclingbaustoff (RCL)
- Boden/Bauschuttgemisch (Anteil an Bauschutt 10 – 30%)
- Lokal anstehender Boden

Zusätzlich wurden folgende praxisrelevante Kombinationen an Baustoffen betrachtet:

- Boden/Bauschuttgemisch als innerer Kern mit HMVA ummantelt
- Boden/Bauschuttgemisch als innerer Kern mit RCL ummantelt
- RCL als innerer Kern mit HMVA ummantelt

Hieraus ergeben sich je berechnetem Querschnitt insgesamt 7 Varianten.

Durch den Bau einer Ummantelung können Baustoffe in Wällen eingebaut werden, die allein nicht standsicher wären. Die Dicke der Ummantelung bestimmt dann die Gesamtstandsicherheit des Bauwerks. Für die Ummantelung wurde deswegen eine Dicke bestimmt, die nur geringe Einflüsse des Kerns auf die Gesamtstandsicherheit zulässt. In den LSW Variante 1 und 2 ergab sich daraus ein Mantel von 3 m Dicke. In der Variante 3 wurde aufgrund der Gesamthöhe von 20 m eine 10 m dicke Ummantelung berechnet.

Die Abdichtung aller geplanten Wälle wird gemäß der Gemeinsamen Runderlasse NRW [1, 2, 3] mit einer Anspritzung aus Bitumen vorgenommen. Alternativ sind Abdichtungen mit mineralischen Stoffen wie z.B. Ton, geosynthetischen Dichtungsbahnen oder Kunststoffdichtungsbahnen zulässig. Darüber werden Rekultivierungsböden aufgebaut.

#### 3.2 Bodenmechanische Kennwerte

Die maßgebenden bodenmechanischen Kennwerte für die Standsicherheitsberechnung sind Wichte, Scherfestigkeit und Kohäsion.

Die Wichte des Bodens wird für die Berechnung des Grundbruches benötigt. Man erhält die Wichte durch Umrechnung der versuchstechnisch ermittelten Dichte. Hierbei wird unterschieden in Wichte und Wichte unter Auftrieb. In der Tabelle 3 ist die Wichte aufgeführt, in den Berechnungen in den Bildern 1 bis 21 ist die Wichte unter Auftrieb ebenfalls mit angegeben.

Die Standsicherheit wird bei nichtbindigen Böden (Sande und Kiese) allein durch die Scherfestigkeit bestimmt. Diese entspricht dem Reibungswinkel bei Normalspannung. Ein Versagen des Baustoffes tritt ein, wenn die Schubspannung die Scherfestigkeit überschreitet. Die somit angegebene bzw. im Versuch ermittelte Scherfestigkeit stellt den maximal möglichen Spannungszustand vor Versagen des Baustoffes dar.

Bei bindigen Böden wird die Standsicherheit durch die Scherfestigkeit und die Kohäsion bestimmt. Die Kohäsion ist von der Normalspannung unabhängig und ist auf die zwischen den Körnern wirkenden Haftkräfte

zurückzuführen. Sie ist abhängig vom Anteil der Tonminerale und der Vorbelastung des bindigen Bodens. Mit zunehmendem Wassergehalt nimmt die Kohäsion ab. Bei einer breiigen Zustandsform des Bodens ist die Kohäsion gleich Null.

Für die Berechnung der Standsicherheit von Lärmschutzwällen ist die Bestimmung der bodenmechanischen Kennwerte (Scherfestigkeit, Kohäsion) der verwendeten Materialien erforderlich. Diese Daten wurden der entsprechenden Literatur [10] entnommen. Für die Hausmüllverbrennungsasche wurden zusätzliche praxisrelevante Werte für die Beurteilung der Einbaufähigkeit herangezogen. Basis waren zwei Prüfzeugnisse der Aufbereitungsanlagen MAV GmbH, Krefeld vom 28. Juni 2012 [8] und der MAV Lünen GmbH, Lünen vom 13.8.2012 [9]. Die darin angegebenen relevanten bodenmechanischen Parameter hinsichtlich der bautechnischen Eignung sind in der Tabelle 2 aufgeführt.

Bezeichnung	Einheit	MAV Krefeld	MAV Lünen
Trockenrohdichte	Mg/m <sup>3</sup>	2,54	2,48
Schlagzertrümmerungswert SZ8/12,5	M.-%	30,3	40,0
Proctordichte	Mg/m <sup>3</sup>	1,70	1,52
Optimaler Wassergehalt	%	14,5	18,6
Bodenart (Hauptgruppe)		GU	GW
Wasserwirtschaftliche Merkmale		HMVA II	HMVA II

**Tabelle 2:** Datenauszug der Prüfzeugnisse [8, 9] der MAV GmbH und MAV Lünen GmbH

Für Böden und Aushubböden können auf Grundlage von Erfahrungen und Angaben in der Literatur [10] auch die Scherfestigkeit und die Kohäsion angegeben werden. Im Einzelfall werden die Angaben für die bodenmechanischen Parameter zur Beurteilung der Einbaufähigkeit auf Grundlage von Baugrunderkundungen abgeleitet. Bei konkreten Bauvorhaben sollten die Kennwerte für die vorgesehenen Baustoffe im Laborversuch ermittelt werden. Für diese Studie werden übliche Kennwerte für Wichte, Scherfestigkeit und Kohäsion für natürliche anstehende Böden angegeben. In der Tabelle 3 sind die für die Standsicherheitsberechnungen herangezogenen Kennwerte aufgeführt. Die Daten für Hausmüllverbrennungsaschen wurden dem Prüfbericht der IBL-Laermann GmbH [7] entnommen, die im Auftrag der MAV GmbH die Prüfung der Scherfestigkeit mittels Rahmenscherversuch durchgeführt hat.

Baustoff	Wichte $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Scherfestigkeit $\phi$ [°]	Kohäsion $c$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Hausmüllverbrennungsasche (HMVA)	21,0	38,0	5
Boden	20,5	27,5	7
Boden und Bauschutt	20,0	32,5	0
Recyclingmaterial (RCL)	22,0	37,5	0
Lösslehm	19,0	27,5	10
Rekultivierungsboden	20,0	27,5	5
Ton-/Schluffstein	22,0	27,5	50

**Tabelle 3:** Bodenmechanische Kennwerte

Die oben genannten Kennwerte werden in allen Berechnungen verwendet. Technische Maßnahmen zur Böschungssicherung wie z.B. der Einsatz von Geogittern („bewehrte Erde“) werden in den Berechnungen nicht berücksichtigt, da die Materialeigenschaften im Vordergrund stehen.

### **3.3 Charakterisierung der (Ersatz-)Baustoffe**

#### **3.3.1 Hausmüllverbrennungsasche**

Die Hausmüllverbrennungsaschen (HMVA) stammen aus der Verbrennung von Siedlungsabfällen, deren feste Rückstände, sog. Rohaschen/-schlacken, einer Aufbereitung zugeführt werden.

Die Aufbereitung erfolgt mechanisch durch Klassierung (Sieben) der mineralischen Fraktion und Separierung von Wertstoffen (Metalle und NE-Metalle) sowie von organischen Fremdbestandteilen. Nach einer dreimonatigen Lagerung erfüllt HMV-Asche aufgrund der Alterung die wasserwirtschaftlichen Anforderungen an Ersatzbaustoffe. Aufgrund ihrer stofflichen und chemischen Zusammensetzung wird HMV-Asche den Güteklassen I und II gemäß Gem.Rd.Erl. [3] zugeordnet und in unterschiedlichen Lieferkörnungen angeboten. In diesem Fall wird die HMV-Asche der Körnung 0/32 mm betrachtet.

Aufgrund der kontinuierlichen Aufbereitung der Aschen und der Lagerung (Alterung) ist in der Regel eine größere Lagermenge vorhanden. Die Qualität wird durch die Eigenüberwachung und die Fremdüberwachung dokumentiert. Diese belegt, dass die Asche nach Auswertung der Körnungslinie als frostsicher einzustufen ist. Der Einbau ist somit nur eingeschränkt witterungsabhängig. Durch die gemischt körnige Zusammensetzung ist ein gute Verdichtbarkeit gegeben.

#### **3.3.2 Boden**

Bei dem Baustoff Boden handelt es sich um regional natürlich anstehendes Bodenmaterial. Der Boden als solches ist in Abhängigkeit vom Ausgangsgestein verschieden und wird nach Bodengruppen gemäß DIN 18196 klassifiziert. In der genannten DIN werden auf Grundlage der Körnung und der Eigenschaften (bindig, rollig) Bodengruppen definiert, die die bodenmechanischen Kennwerte stark beeinflussen. Für diese Studie wurden allgemeine Bodenkennwerte aus der Literatur angenommen. Hierbei sind Einflüsse durch stark vernässte Böden nicht berücksichtigt, da diese grundsätzlich nicht eingebaut werden dürfen.

Neben der DIN 18196 werden die Bodenklassen der DIN 18300 zur Charakterisierung herangezogen. Die Bodenklassen 1 – 7 beschreiben verschiedene Aggregatsformen des Bodens. Für eine Verwendung als Baustoff im Erdbau sind ausschließlich die Bodenklassen 3 und 5 geeignet. Die Bodenklasse 3 umfasst leicht lösbare Bodenarten wie nichtbindige und schwachbindige Sande und Kiese (maximal 15% Schluff und Ton), während die Bodenklasse 5 schwer lösbare Bodenarten wie Sande und Kiese mit einem deutlich höheren Steinanteil beinhaltet. Diese Böden sind auch in der Studie betrachtet worden.

Bei der Verwendung von natürlich anstehenden Böden ist die Verfügbarkeit maßgeblich für den Bauablauf. Die an der Oberfläche aus Baustellen gewonnenen Aushubböden (z.B. Lösslehm, Geschiebelehm, Auelehme) weisen geologisch bedingt eine bindige Matrix auf und werden als Boden der Bodenklasse 3-4 (Bodenklasse 3: leicht lösbare Bodenarten, schwach schluffig; Bodenklasse 4: mittelschwer lösbare Bodenarten, stark schluffig, daher wasserempfindlich) charakterisiert. Diese Böden weichen bei Vernässung auf und sind nicht mehr einbaubar. Natürlich anstehende gemischt körnige Böden sind ideal als Baustoff geeignet. Allerdings sind solche Böden nur selten verfügbar. Daher ist bei einer Verwendung von Bodenmaterial in jedem Fall eine Überprüfung der bodenmechanischen Kennwerte zu empfehlen. Ggf. werden Maßnahmen zur Bodenverbesserung erforderlich.

### **3.3.3 Boden/Bauschuttgemische**

Bei Boden und Bauschutt handelt es sich um Gemische aus Boden mit Fremdbestandteilen, die in einer Größenordnung von ca. 10 – 30% enthalten sind. Diese Boden/Bauschuttgemische sind gemäß LAGA M20 [6] als Bauschutt zu deklarieren, da der Anteil an Bauschutt bzw. Fremdbestandteilen > 10% ist.

Eine Klassierung dieser Materialien ist ohne Aufbereitung in einer Anlage nur schwer möglich, da mit unterschiedlichen Korngrößen gerechnet werden muss. In der Regel ist auch keine definierte Körnung mit einer gleichbleibenden Qualität vorhanden. Die Materialien stammen oft je nach Verfügbarkeit direkt aus anderen Baumaßnahmen ohne weitere Aufbereitung. Es kann erfahrungsgemäß nicht ausgeschlossen werden, dass Störstoffe wie z.B. größere Bauschuttstücke in dem Material enthalten sind. Die Boden-/Bauschutt-Gemische sind zusätzlich der Witterung ausgesetzt. Hierbei kann sich der Zustand und die Verdichtungsfähigkeit des Materials verschlechtern, besonders wenn hohen Anteile von bindigem Boden vorhanden sind. Als Folge entstehen für die Bauherren Zusatzkosten bei der Konditionierung (Bodenstabilisierung) oder beim Ausbau von bereits angelieferten Mengen.

### **3.3.4 RCL**

Bei dem Ersatzbaustoff RCL handelt es sich um Gesteinskörnungen aus recyceltem Bauschutt. Der Bauschutt stammt aus Rückbaumaßnahmen, die in mobilen oder stationären Bauschuttaufbereitungsanlagen gesammelt und aufbereitet werden.

Die Aufbereitung erfolgt mechanisch über Brech- und Klassieranlagen. Der Bauschutt wird über Separation mittels Abscheidung von Wertstoffen (Metalle) und organischen Fremdbestandteilen getrennt. Der Austrag der unterschiedlichen Körnungen erfolgt über Bänder. Die Zuordnung zu den Güteklassen nach Gem.Rd.Erl. [1] erfolgt auf Grundlage der chemischen Untersuchungen und Bewertung hinsichtlich der wasserwirtschaftlichen Merkmale. In diesem Fall wird die Körnung 0/45 betrachtet.

Der Ersatzbaustoff RCL ist ebenfalls güteüberwacht und wird aus recyceltem Bauschutt hergestellt. Die Qualität wird durch die Eigenüberwachung und die Fremdüberwachung dokumentiert. Die Frostsicherheit des Materials in der Körnung 0/45 mm ist gegeben. Der Einbau ist somit ebenfalls nur eingeschränkt witterungsabhängig. Das Angebot an RCL ist stark abhängig von der Marktsituation und dem generellen Einsatz von RCL.

### **3.3.5 Rekultivierungsboden**

Bei Rekultivierungsboden handelt es sich um natürliche bindige Böden, die bewuchsfähig sind. In diesen Böden sind keine Fremdbestandteile wie z.B. Bauschutt oder Ziegel enthalten.

## **4. Stand sicherheitsnachweis**

### **4.1 Allgemeine Angaben**

Der Standsicherheitsnachweis ist entsprechend DIN 1054:2010 zu führen. Hiernach ist nachzuweisen, dass die Grenzzustände der Tragfähigkeit (GEO 3) mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen sind.

Die Sicherheit ist rechnerisch nachgewiesen, wenn die Grenzzustandsbedingungen nicht verletzt werden. Dazu sind die jeweils ungünstigsten Mechanismen, Kombinationen und hydraulischen Bedingungen zu untersuchen.

## 4.2 Berechnungsmethode

Mit dem Programm GGU-Stability werden Böschungsbruchberechnungen nach DIN 4084 (neu) und mit Kreisgleitflächen nach Bishop [11] und polygonale Gleitflächen nach Janbu [12] durchgeführt. Das Programm verwendet die in DIN 4084 (neu) und DIN 1054:2010 angegebenen Formeln und Beziehungen.

In DIN 4084 (neu) wird nach der probabilistischen Methode mit Teilsicherheitsbeiwerten gearbeitet. Die Sicherheiten werden somit bereits in den Widerständen und Einweisung berücksichtigt. Als Ergebnis der Berechnungen erhält man den Ausnutzungsgrad „ $\mu$ “. Eine Böschung ist standsicher, wenn der Ausnutzungsgrad  $\mu \leq 1$  beträgt.

## 4.3 Nachweis GEO 3 „Grenzzustand des Verlustes der Gesamtstandsicherheit“

Der Nachweis der Gesamtstandsicherheit GEO 3 wurde für einen Lärmschutzwall (LSW) in drei Varianten des Aufbaus geführt. An allen Schnitten wurden vier unterschiedliche Bodenarten/Baustoffe auf dem anstehenden, gewachsenen Boden berechnet. Hierbei wurden unterschiedliche Gestaltungen des Querschnitts und Kombinationen der zur Verfügung stehenden Baustoffe zu Grunde gelegt.

In der folgenden Tabelle sind die berechneten Querschnitte mit den zugehörigen Baustoffen aufgeführt.

	LSW Variante 1	LSW Variante 2	LSW Variante 3
Höhe [m]	9	4 + 3 (Erdkörbe)	20
Kronenbreite [m]	3	3	1
Sohle	Flach	Flach	Geneigt
Aufstandsfläche [m]	30	15	63
Böschungsneigung	1 : 1,5	1 : 1,5	1 : 1,5
Grundwasserflurabstand [m]	> 2	> 2	> 2
Bemerkungen	Standardvariante nahe der Emissionsquelle und mittlere Entfernung zum Schutzgut	Beengte Platzverhältnisse nahe der Emissionsquelle und nah zum Schutzgut	Mittlere Entfernung zur Emissionsquelle und größere Entfernung zum Schutzgut

**Tabelle 4:** Berechnete Varianten der Lärmschutzwälle (LSW)

Die LSW Variante 1 ist in dieser Form mit leichten Abweichungen am Autobahnkreuz Kamener Kreuz in den Jahren 2009/2010 gebaut worden. Der Wall wurde auf einem annähernd ebenen Gelände errichtet.

Die LSW Variante 2 ist bei sehr beengten Platzverhältnissen entlang einer Bahnlinie in NRW im Jahr 2011 geplant worden und soll in diesem Jahr errichtet werden. Hierbei stand für die Erreichung des Lärmschutzzieles erforderliche Mindesthöhe von 7 m in Vordergrund. In Abhängigkeit von den zur Verfügung stehenden Aufstandsflächen wurde eine Kombination aus einem Wall mit aufgestellten Erdkörben geplant.

Die LSW Variante 3 ist derzeit in Planung im Anschluss an den Ausbau der BAB A1 in NRW. Dort ist die Besonderheit das zur Autobahn abfallende Gelände. Ein direkter Anschluss an die Autobahn ist aufgrund von Leitungen nicht möglich, so dass der LSW in einer mittleren Entfernung von der Emissionsquelle aufgebaut werden muss. Die Höhe ergibt sich aus dem Schallgutachten für das relativ weit entfernte Schutzgut. Aufgrund der für diesen konkreten Fall zur Verfügung stehenden Baustoffe ist dort eine Variante mit einer Berme erforderlich, die in dieser Studie nicht weiter dargestellt wird. In diesem Fall wird die Regelbauweise ohne Berme betrachtet.

## 5. Ergebnisse der Berechnungen

Im Rahmen der Standsicherheitsberechnung wurden drei Ausführungsvarianten des Lärmschutzwalles in 7 Kombinationen untersucht. In den folgenden Kapiteln sind die untersuchten Varianten und die Ergebnisse der Berechnungen aufgeführt.

### 5.1 Lärmschutzwall Variante 1

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Berechnungen für den Lärmschutzwall Variante 1 aufgeführt. Die Berechnungen und die grafischen Darstellungen sind der Anlage 1.1 zu entnehmen.

LSW Variante 1				
Berechnung	Beschreibung	$\mu_{\max}$	Bemerkungen	Anlagen-Nr.
1	Kern aus HMVA	0,80	standsicher	1.1.1
2	Kern aus Boden	0,93	standsicher	1.1.2
3	Kern aus Boden/Bauschuttgemisch	1,06	nicht standsicher	1.1.3
4	Kern aus RCL	0,94	standsicher	1.1.4
5	Kern aus Boden/Bauschuttgemisch ummantelt mit HMVA, Dicke 3 m	0,85	standsicher	1.1.5
6	Kern aus RCL ummantelt mit HMVA, Dicke 3 m	0,80	standsicher	1.1.6
7	Kern aus Boden/Bauschuttgemisch ummantelt mit RCL, Dicke 3 m	0,94	standsicher	1.1.7

**Tabelle 5:** Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen, LSW Variante 1

### 5.2 Lärmschutzwall Variante 2

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Berechnungen für den Lärmschutzwall Variante 2 aufgeführt. In dieser Variante ist eine ständige Last durch Erdkörbe berücksichtigt. Diese können alternativ durch Gabionen ersetzt werden. Die Berechnungen und die grafischen Darstellungen sind der Anlage 1.2 zu entnehmen.

LSW Variante 2				
Berechnung	Beschreibung	$\mu_{\max}$	Bemerkungen	Anlagen-Nr.
1	Kern aus HMVA	0,58	standsicher	1.2.1
2	Kern aus Boden	0,62	standsicher	1.2.2
3	Kern aus Boden/Bauschuttgemisch	0,64	standsicher	1.2.3
4	Kern aus RCL	0,62	standsicher	1.2.4
5	Kern aus Boden/Bauschuttgemisch ummantelt mit HMVA, Dicke 3 m	0,59	standsicher	1.2.5
6	Kern aus RCL ummantelt mit HMVA, Dicke 3 m	0,58	standsicher	1.2.6
7	Kern aus Boden/Bauschuttgemisch ummantelt mit RCL, Dicke 3 m	0,62	standsicher	1.2.7

**Tabelle 6:** Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen, LSW Variante 2

### 5.3 Lärmschutzwall Variante 3

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Berechnungen für den Lärmschutzwall Variante 3 aufgeführt. Die Besonderheit dieser Berechnung ist die Höhe von 20 m und die geneigte Aufstandsfläche. Die Berechnungen und die grafischen Darstellungen sind der Anlage 1.3 zu entnehmen.

LSW Variante 3				
Berechnung	Beschreibung	$\mu_{\max}$	Bemerkungen	Anlagen-Nr.
1	Kern aus HMVA	0,78	standsicher	1.3.1
2	Kern aus Boden	1,06	nicht standsicher	1.3.2
3	Kern aus Boden/Bauschuttgemisch	1,09	nicht standsicher	1.3.3
4	Kern aus RCL	0,91	standsicher	1.3.4
5	Kern aus Boden/Bauschuttgemisch ummantelt mit HMVA, Dicke 10 m	0,82	standsicher	1.3.5
6	Kern aus RCL ummantelt mit HMVA, Dicke 10 m	0,78	standsicher	1.3.6
7	Kern aus Boden/Bauschuttgemisch ummantelt mit RCL, Dicke 10 m	0,91	standsicher	1.3.7

**Tabelle 7:** Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen, LSW Variante 3

### 6. Bewertung der Untersuchungsergebnisse

Die Standsicherheit des Lärmschutzwalles LSW Variante 1 (9 m Höhe) ist in den Berechnungen 1, 2 sowie 4 – 7 gegeben. Die Berechnung mit einem Kern aus Boden/Bauschuttgemischen ist nicht ausreichend standsicher.

Beim Lärmschutzwall Variante 2 (Höhe 4 m plus 3 m Erdkörbe) ist die Standsicherheit in allen Fällen gegeben. Es sind rechnerisch keine kritischen Lastfälle ermittelt worden. Die Variante mit dem Einbau von Boden/Bauschuttgemischen ist ebenfalls standsicher, da in diesem Fall vergleichsweise geringe Lasten auf die Konstruktion einwirken.

Die Standsicherheit des Lärmschutzwalles LSW Variante 3 (20 m Höhe) ist in den Berechnungen 1 sowie 4 – 7 gegeben. Bei den Berechnungen 2 (reiner Boden als Kern) und 3 (Kern aus Boden/Bauschuttgemisch) besteht keine rechnerische Sicherheit. Dies ist begründet durch die extrem hohen Lastenwirkungen aufgrund der Höhe des Walls von 20 m.

Die durchgeführten Beispielrechnungen zeigen, dass bei einer Bauweise entsprechend den Gemeinsamen Runderlassen NRW mit einer Böschungsneigung von 1 : 1,5 die Ausführung mit reiner HMV-Asche oder die Ausführung mit RCL-Material im Kern und einer Ummantelung aus HMV-Asche die größten Sicherheitsreserven bietet. Mit ansteigenden Bauhöhen und daraus resultierenden Lasten weisen reine Böden oder Boden/Bauschuttgemische nur noch geringe bzw. gar keine Sicherheitsreserven mehr auf. Um dennoch in Wällen Boden/Bauschuttgemische einbauen zu können, ist eine Kombination von Boden/Bauschuttgemischen mit HMVA oder RCL ein erfolgreicher Lösungsansatz.

In den Berechnungen sind Hinweise auf die Mindestdicke der Ummantelung unter Berücksichtigung der jeweiligen Variante gegeben. So ist von einer Ummantelung mit HMVA/RCL von mindestens 3 m Dicke bei Wällen bis 9 m Höhe auszugehen. Ein Einbau von den Ersatzbaustoffen in geringerer Dicke bietet deutlich geringere Sicherheitsreserven. In deutlich größeren Wällen (LSW Variante 3) ist eine Ummantelung mit

Ersatzbaustoffen in einer Mindestdicke von 10 m zu empfehlen. Schon in dieser Dicke der Ummantelung sind Einflüsse durch die Boden/Bauschuttgemische im Kern feststellbar. Bei einer Verringerung der Dicke der Ummantelung führt dies zum rechnerischen Versagen der Konstruktion.

Die Verwendung von industriellen Nebenprodukten wie Hausmüllverbrennungasche oder RCL-Material beim Bau von Lärmschutzwällen bietet aufgrund der technischen Aufbereitung dieser Stoffe im Vergleich zu anderen Materialien eine konstante Qualität hinsichtlich Körnung und Zusammensetzung. Diese wird durch die Eigen- und Fremdüberwachung dokumentiert. Das ist einer der Gründe für das bessere Abschneiden dieser Ersatzbaustoffe gegenüber lokal anstehendem Bodenmaterial oder Boden/Bauschuttgemischen. Ein weiterer positiver Effekt auf die Standsicherheit resultiert aus der nachträglichen (Selbst)Verfestigung insbesondere der HMV-Asche nach dem Einbau.

Bei einer Verwendung von Hausmüllverbrennungasche oder Recyclingmaterial werden im Regelfall keine konstruktiven Maßnahmen zur Verbesserung der Standsicherheit wie z.B. das Abflachen der Böschungen oder das Herstellen von Bermen erforderlich. Dies schont somit den Flächenverbrauch durch optimierte Aufstandsflächen, verkürzt damit ggf. die Bauzeit und somit die reinen Baukosten. Aufgrund der bautechnischen Eigenschaften ist der Baufortschritt kaum witterungsanfällig, was die Ausführungsdauer positiv beeinflussen kann.

**Autor:**

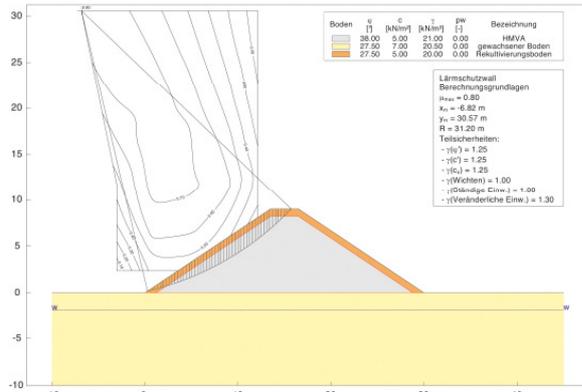
Dipl.-Geol. Alfred Vinmans  
GTBM GmbH Umwelt Geotechnik Bodenmanagement  
Wagnerweg 16  
58313 Herdecke  
Email: [a.vinmans@gtbm.de](mailto:a.vinmans@gtbm.de) | [www.gtbm.de](http://www.gtbm.de)

## Literatur und Regelwerk

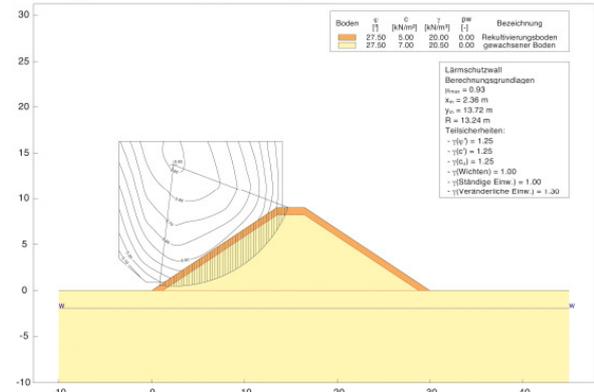
- [1] Gem.RdErl. d. Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz IV-3-953-26308-IV-8-1573-30052 und des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand, Energie und Verkehr – VI A 3-32-40/45 - vom 09.10.2001: Anforderungen an den Einsatz von mineralischen Stoffen aus Bautätigkeiten (Recycling-Baustoffe) im Straßen und Erdbau.
- [2] Gem.RdErl. d. Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz IV-3-953-26308-IV-8-1573-30052 und des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand, Energie und Verkehr – VI A 3-32-40/45 - vom 09.10.2001: Güteüberwachung von mineralischen Stoffen im Straßen- und Erdbau.
- [3] Gem.RdErl. d. Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz IV-3-953-26308-IV-8-1573-30052 und des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand, Energie und Verkehr – VI A 3-32-40/45 - vom 09.10.2001: Anforderungen an die Güteüberwachung und den Einsatz von Hausmüllverbrennungsaschen im Straßen- und Erdbau.
- [4] granova. Handbuch Ersatzbaustoffe, Grundlagen für den Einsatz von RC-Baustoffen und HMV-Aschen, Herausgeber: REMEX Mineralstoff GmbH, Düsseldorf, Stand August 2012
- [5] Handbuch ZTV E-StB – Kommentar und Leitlinien mit Kompendium Erd- und Felsbau, 4. Auflage, Kirschbaum-Verlag, Bonn, 2009
- [6] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (Hrsg.), Mitteilung M20, Anforderungen an stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen/Reststoffen (Technische Regeln), Stand 06.11.1997
- [7] Prüfzeugnis-Nr. E 5203/03, Bestimmung der Scherfestigkeit mittels Rahmenscherversuch nach DIN 18.137 T1 an einer HMV-Asche, ibl, 24.11.2003
- [8] Prüfbericht F 12/06/427, Fremdüberwachung an Hausmüllverbrennungsasche 0/32 mm, KM GmbH, 28.06.2012
- [9] Untersuchungsbericht 1207049, Halbjährliche Fremdüberwachung an HMVA, IFTA GmbH, 13.08.2012
- [10] Wendehorst, Bautechnische Zahlentafeln, 34. Auflage 2012
- [11] Bishop, A. W.: The use of the slip circle in the stability analysis of earth slopes, Géotechnique 7 (1955), S. 7-17
- [12] Janbu, N.: Application of composite slip surface for stability analysis. European Conference on Stability of Earth Slopes. Stockholm, 1954, S. 43-49

# Anhang 1.1

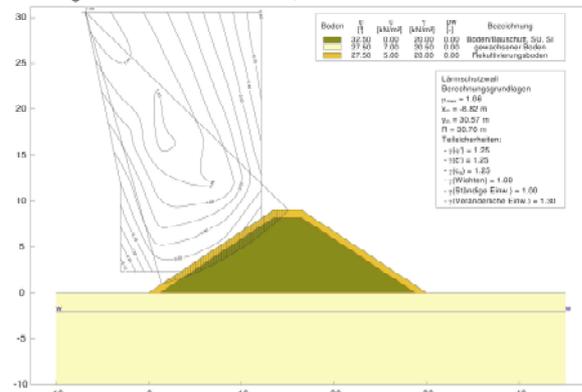
Anlage 1.1.1: Lärmschutzwall, Höhe 9 m



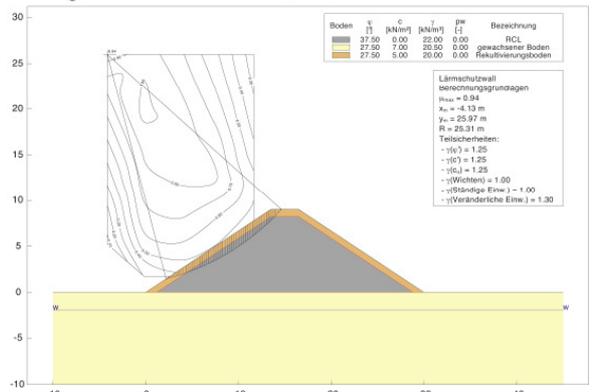
Anlage 1.1.2: Lärmschutzwall, Höhe 9 m



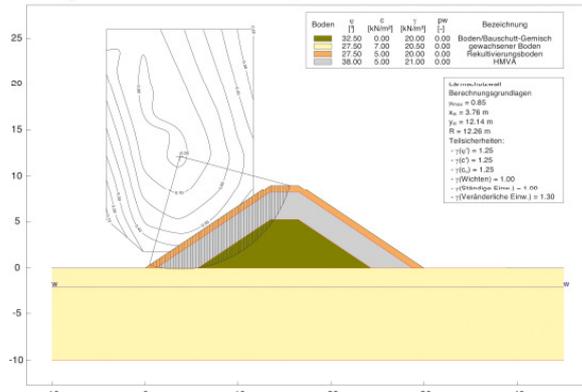
Anlage 1.1.3: Lärmschutzwall, Höhe 9 m



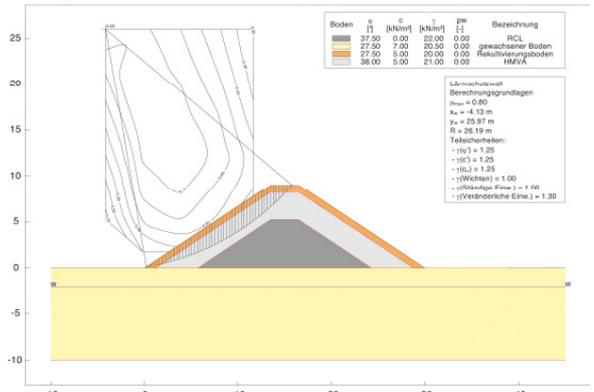
Anlage 1.1.4: Lärmschutzwall, Höhe 9 m



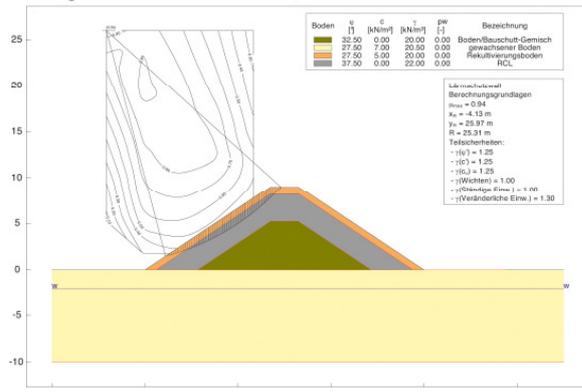
Anlage 1.1.5: Lärmschutzwall, Höhe 9 m



Anlage 1.1.6: Lärmschutzwall, Höhe 9 m



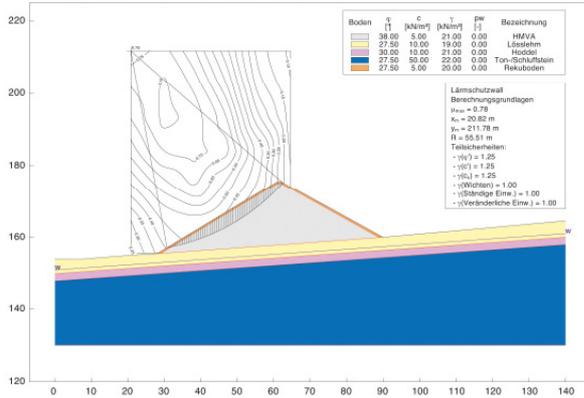
Anlage 1.1.7: Lärmschutzwall, Höhe 9 m



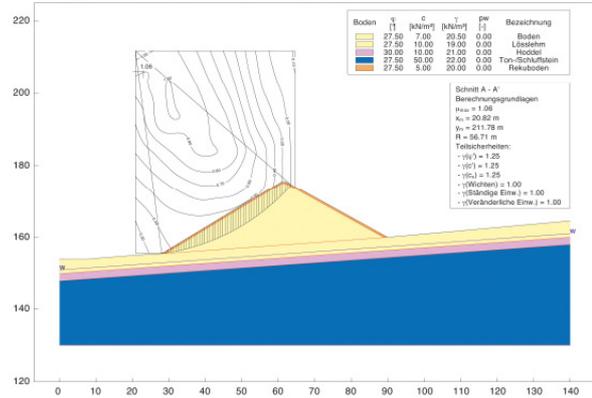


# Anhang 1.3

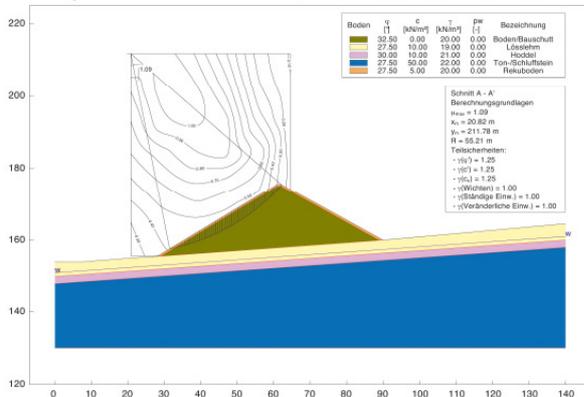
Anlage 1.3.1: Lärmschutzwall, Höhe 20 m



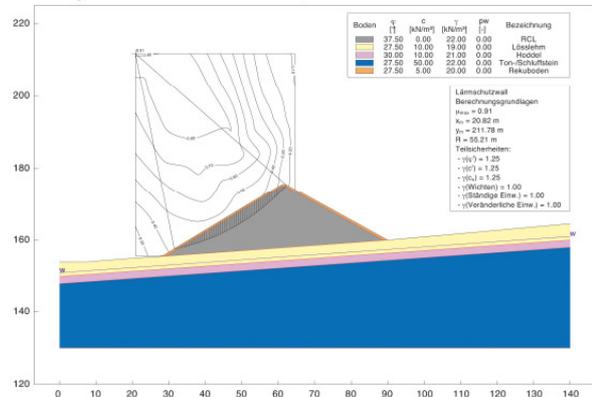
Anlage 1.3.2: Lärmschutzwall, Höhe 20 m



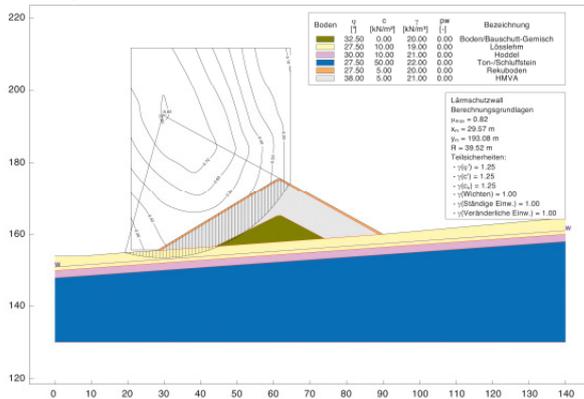
Anlage 1.3.3: Lärmschutzwall, Höhe 20 m



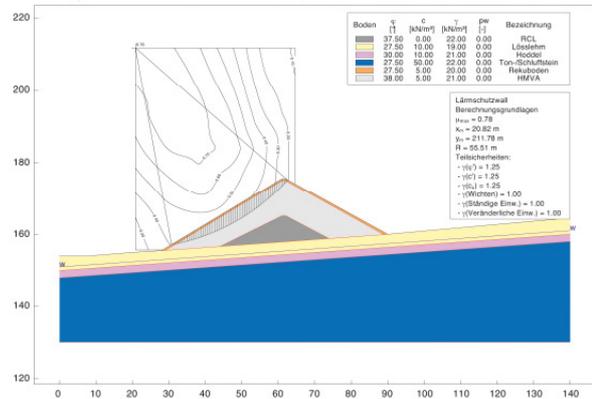
Anlage 1.3.4: Lärmschutzwall, Höhe 20 m



Anlage 1.3.5: Lärmschutzwall, Höhe 20 m



Anlage 1.3.6: Lärmschutzwall, Höhe 20 m



Anlage 1.3.7: Lärmschutzwall, Höhe 20 m

