



Ingenieurbüro und Prüfinstitut für Straßenbau- und Umwelttechnik

Durch Erlass des Ministerium für Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen – III.1 – 30-05/48.121 – vom 08.03.2022 für die Fachgebiete/Prüfungsarten A1, A3, A4, BB3, BB4, D0, D3, D4, F2; F3, F4, G3, G4, H1, H3, H4, I1, I2, I3 und I4 gemäß RAP Stra 15 bundesweit anerkannt.

KM GmbH für Straßenbau- und Umwelttechnik
Weg am Kötterberg 51 • D-44807 Bochum

REMEX GmbH
Betriebstätte Düsseldorf
Am Fallhammer 1

D-40221 Düsseldorf



Mitglied des Bundesverbandes
unabhängiger Institute für
bautechnische Prüfungen

**Anerkannte Prüfstelle für Wasserbausteine
gemäß RAP WaBa**



Dr.- Ing. Klaus Mesters
Von der IHK im mittleren Ruhrgebiet zu
Bochum ö. b. u. v. Sachverständiger für
Straßenbaustoffe

KM-Ingenieurbüro:
Tel.: (0234) 59 29 24
Fax: (0234) 59 35 44
E-Mail: info@kmgmbh.com
Homepage: www.kmgmbh.com

KM-Prüfinstitut:
Handwerksweg 8a • D-44805 Bochum
Tel.: (0234) 96 29 487 10
Fax: (0234) 96 29 487 20

Kol./Kwi.

17. August 2022

Prüfbericht F 22/08/0773

Fremdüberwachungsprüfung III/2022 (halbjährlich) an **Hausmüllverbrennungs-Asche 0/32 mm (HMV-Asche 0/32)** gemäß den Technischen Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau Teil: Güteüberwachung – TL G SoB-StB /1/ und dem Gem. RdErl. des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz -IV-3-953-26308-IV-8-1573-30052- und des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr -VI A 3-32-40/45- vom 09.10.01 /2/ der **REMEX GmbH, Betriebsstätte Düsseldorf.**

Der Prüfbericht umfasst **10 Textseiten** und **9 Anlagen.**

1. Vorgang

Die KM GmbH für Straßenbau- und Umwelttechnik wurde damit beauftragt, für die Hausmüllverbrennungsasche 0/32 mm (HMV-Asche 0/32) der REMEX GmbH, Betriebsstätte Düsseldorf, die Fremdüberwachungsprüfung durchzuführen. Die Grundlage für die nachfolgende Fremdüberwachungsprüfung bilden die TL G SoB-StB /1/ und der Gem. RdErl. /2/.

2. Probenahme

Die Probenahme erfolgte am 01.06.2022 vom Haufwerk (Vorratsmenge: 5.000 t) an der Aufbereitungsanlage Wesermünder Straße 15 der B+R Baustoff-Handel und Recycling Düsseldorf-Neuss GmbH in Düsseldorf-Hafen. Anwesend waren dabei:

- ⇒ Herr Kuhnigk B+R GmbH, Düsseldorf-Hafen
- ⇒ Herr Kadam, Herr Uzun KM GmbH für Straßenbau- und Umwelttechnik, Bochum

Es wurden aus verschiedenen Entnahmestellen Proben aus dem Haufwerk gemäß DIN EN 932-1 /3/ von insgesamt rund • 80 kg HMV-Asche 0/32 • 40 kg HMV-Asche 8/16
entnommen und in Polyethylentüten verpackt.

3. Vorschriften

Die für diese Untersuchungen verwendeten Vorschriften sind **Anlage 1** und **2** zu entnehmen.

4. Aufbereitung und Lagerung

Die Aufbereitung und Lagerung der HMV-Asche ist gegenüber der Eignungsprüfung unverändert.

5. Beurteilung der werkseigenen Produktionskontrolle (WPK)

Die werkseigene Produktionskontrolle (WPK) der HMV-Asche 0/32 erfolgte sowohl hinsichtlich bautechnischer als auch hinsichtlich umweltrelevanter Merkmale im vorschriftsmäßigen Umfang. Entsprechende Prüfzeugnisse lagen bis zur 20. KW 2022 vor. Verantwortlich für die WPK ist Frau Ladda.

6. Untersuchungen und Untersuchungsergebnisse

6.1. Geometrische Anforderungen

6.1.1 Stoffliche Zusammensetzung

Die Prüfung der stofflichen Zusammensetzung der HMV-Asche wurde gemäß TP Gestein-StB Teil 3.1.4 /4/ an der Körnung > 4 mm in gewaschenem Zustand durch Feststellen der Anteile der unterschiedlichen Stoffgruppen nach Augenschein durchgeführt. Die Anteile der einzelnen Stoffgruppen sind mit den Anforderungen gemäß TL Gestein-StB /5/ in **Tab. 1** zusammengefasst.

Tabelle 1: Stoffliche Zusammensetzung der HMV-Asche 0/32 des Anteils an Korn > 4 mm mit Anforderungen gemäß /5/

| Stoffgruppe | Anteile > 4 mm ¹⁾ | Anforderungen gemäß TL Gestein-StB /5/ |
|--|------------------------------|--|
| | [M.-%] | [M.-%] |
| Asche/Schlacke | 71,7 | — |
| Glas/Keramik | 21,9 | — |
| Metalle | 0,1 | ≤ 5 |
| Sonstiges (Betonbruch, Naturstein, Ziegel, Mörtel) | 6,3 | — |
| Unverbranntes | 0,0 | ≤ 0,5 |

1) Der Anteil der Körnung > 4 mm im Gesamtgemisch betrug 59,6 M.-%

6.1.2 Korngrößenverteilung

Die Korngrößenverteilung der HMV-Asche wurde gemäß DIN EN 933-1 /6/ durch Nasssiegung ermittelt. In **Tab. 2** sind die Siebanteile und -durchgänge in M.-% für die jeweiligen Siebweiten zusammengestellt. Darüber hinaus sind die Anforderungen an Frostschutzschicht 0/32 mm (FSS 0/32) gemäß TL SoB-StB /7/ mit aufgeführt. Weiterhin ist in **Anlage 3** die Korngrößenverteilung grafisch dargestellt.

Tabelle 2: Korngrößenverteilung der HMV-Asche 0/32 mit Anforderungen gemäß /7/

| Korngruppe d/D [mm/mm] | | 0/32 | | Anforderungen gemäß TL SoB-StB /7/ |
|------------------------|------------|-----------|--------------------|------------------------------------|
| Sieböffnungsweite | Anteil | Durchgang | Durchgang FSS 0/32 | |
| [mm] | [M.-%] | [M.-%] | [M.-%] | [M.-%] |
| 45 | 0,0 | 100,0 | | 100 |
| 31,5 | 3,0 | 97,0 | | 90 - 99 ¹⁾ |
| 22,4 | 3,7 | 93,3 | | — |
| 16 | 9,3 | 84,0 | | 47 - 87 |
| 11,2 | 10,2 | 73,8 | | — |
| 8 | 11,1 | 62,7 | | NR |
| 5,6 | 13,0 | 49,7 | | — |
| 4 | 9,3 | 40,4 | | NR |
| 2 | 12,7 | 27,7 | | 15 - 75 |
| 1 | 9,1 | 18,6 | | NR |
| 0,5 | 6,8 | 11,8 | | NR |
| 0,063 | 7,2 | 4,6 | | 0 - 5 |
| < 0,063 | 4,6 | — | | — |
| Summe | 100 | — | | — |

1) Gemäß TL SoB-StB /7/ darf der Durchgang durch die Siebgröße *D* unter Umständen auch größer als 99 M.-% sein; in diesem Fall muss der Lieferant jedoch die typische Korngrößenverteilung angeben.

6.1.3 Feinanteile

Der Gehalt des Feinanteils wurde gemäß DIN EN 933-1 /6/ bestimmt und ist mit der entsprechenden Kategorie und Anforderung an FSS gemäß TL SoB-StB /7/ in **Tab. 3** aufgeführt.

Tabelle 3: Feinanteil mit Angabe der Kategorie und Anforderung gemäß /7/

| Bezeichnung | Feinanteil | Anteil < 0,063 mm | Kategorie UF | Anforderung an FSS gemäß TL SoB-StB /7/ |
|----------------|----------------------|-------------------|-----------------|--|
| [mm] | [-] | [M.-%] | [-] | [-] |
| HMV-Asche 0/32 | Maximaler Feinanteil | 4,6 | UF ₅ | UF ₅ /UF ₃ ¹⁾ |
| | Minimaler Feinanteil | keine Anforderung | | LF _{NR} |

1) Die Kategorie UF₃ gilt nur für Gemische, wenn Grundwasser bis in Höhe des Planums aufsteigen kann.

6.1.4 Überkorn

Der Überkornanteil wurde gemäß DIN EN 933-1 /6/ bestimmt und ist mit der entsprechenden Kategorie und Anforderung an FSS gemäß TL SoB-StB /7/ in **Tab. 4** zusammengestellt.

Tabelle 4: Überkornanteil mit Angabe der Kategorie und Anforderung gemäß /7/

| Bezeichnung | Siebgröße | Durchgang | Kategorie OC | Anforderung an FSS gemäß TL SoB-StB /7/ | |
|----------------|-----------------|-----------|------------------|--|------------------|
| | | | | Durchgang | Kategorie OC |
| [mm] | [-] | [M.-%] | [-] | [M.-%] | [-] |
| HMV-Asche 0/32 | 1,4 D | 100 | OC ₉₀ | 100 | OC ₉₀ |
| | D ¹⁾ | 97,0 | | 90 - 99 | |

1) Gemäß TL SoB-StB /7/ darf der Durchgang durch die Siebgröße D unter Umständen auch größer als 99 M.-% sein; in diesem Fall muss der Lieferant jedoch die typische Korngrößenverteilung angeben.

6.1.5 Kornform

Die Kornform wurde gemäß DIN EN 933-3 /8/ als Plattigkeitskennzahl an der Prüfkörnung 4/32 mm bestimmt und ist mit Angabe der entsprechenden Kategorie und Anforderung gemäß TL Gestein-StB /5/ in **Tab. 5** aufgeführt.

Tabelle 5: Plattigkeitskennzahl mit Angabe der Kategorie und Anforderung gemäß /5/

| Bezeichnung | Prüfkörnung | Plattigkeitskennzahl FI | Kategorie FI | Anforderung an FSS gemäß TL Gestein-StB /5/ |
|----------------|-------------|----------------------------|------------------|---|
| [mm] | [mm/mm] | [-] | [-] | [-] |
| HMV-Asche 0/32 | 4/32 | 10 | FI ₁₅ | FI ₅₀ |

6.1.6 Reinheit und schädliche Bestandteile

Die Prüfung auf Reinheit und schädliche Bestandteile wurde gemäß DIN EN 1744-1 /9/ vorgenommen. Die Ergebnisse sind in **Tab. 6** zusammengefasst.

Tabelle 6: Reinheit und schädliche Bestandteile gemäß /9/

| Bezeichnung | Feinanteile < 0,063 mm | Fremdstoffe und grobe Stoffe organischen Ursprungs | Feine organische Bestandteile (Färbung der Natronlauge) | Anteil an mergeligen und tonigen Körnern |
|----------------|---------------------------|---|--|--|
| [mm] | [M.-%] | [-] | [-] | [M.-%] |
| HMV-Asche 0/32 | 4,6 | keine | gelb | keine |

6.2. Physikalische Anforderungen

6.2.1 Wassergehalt

Der Wassergehalt wurde gemäß DIN EN 1097-5 /10/ bestimmt. Die Ergebnisse sind in **Tab. 7** zusammengefasst.

Tabelle 7: Wassergehalt gemäß /10/

| Bezeichnung | Wassergehalt |
|----------------|--------------|
| [mm] | [M.-%] |
| HMV-Asche 0/32 | 16,6 |

6.2.2 Rohdichte

Die Rohdichte am Korngemisch 0/32 mm wurde gemäß Merkblatt über die Verwendung von Hausmüllverbrennungsasche im Straßenbau /11/ ermittelt. Die Ergebnisse sind **Tab. 7** zu entnehmen.

Tabelle 7: Rohdichte gemäß /11/

| Bezeichnung | Rohdichte | | |
|----------------|----------------------|-------|----------------------|
| | Einzelwerte | | Mittelwert |
| [mm] | [Mg/m ³] | | [Mg/m ³] |
| HMV-Asche 0/32 | 2,591 | 2,615 | 2,60 |

6.2.3 Schüttdichte

Die Schüttdichte am Korngemisch 0/32 mm wurde gemäß DIN EN 1097-3 /12/ ermittelt. Die Ergebnisse sind **Tab. 8** zu entnehmen.

Tabelle 8: Schüttdichte gemäß /12/

| Bezeichnung | Schüttdichte | | | |
|----------------|----------------------|-------|----------------------|-------------|
| | Einzelwerte | | Mittelwert | |
| [mm] | [Mg/m ³] | | [Mg/m ³] | |
| HMV-Asche 0/32 | 1,229 | 1,220 | 1,238 | 1,23 |

6.2.4 Proctordichte

Die Proctordichte der HMV-Asche 0/32 wurde gemäß Merkblatt über die Verwendung von Hausmüllverbrennungsasche im Straßenbau /11/ ermittelt. Die Proctordichte mit dem dazugehörigen optimalen Wassergehalt ist in **Tab. 9** zusammengestellt. Des Weiteren ist in **Anlage 3** die Proctorkurve dargestellt.

Tabelle 9: Proctordichte mit dazugehörigem optimalem Wassergehalt gemäß /11/

| Bezeichnung | 100 % Proctordichte | Optimaler Wassergehalt | 97 % Proctordichte | Min./max. Wassergehalt |
|----------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| [mm] | [g/cm ³] | [M.-%] | [g/cm ³] | [M.-%] |
| HMV-Asche 0/32 | 1,690 | 16,1 | 1,639 | 13,7 / 18,8 |

6.2.5 Widerstand gegen Zertrümmerung

Der Widerstand gegen Zertrümmerung wurde gemäß DIN EN 1097-2 /13/ als Los Angeles-Koeffizient an der Prüfkörnung 10/14 mm bestimmt. Der Los Angeles-Wert ist mit der entsprechenden Kategorie in **Tab. 10** dargestellt.

Tabelle 10: Los Angeles-Koeffizient mit Angabe der Kategorie und Anforderung gemäß /13/

| Bezeichnung | Prüfkörnung | LA-Koeffizient | Kategorie LA | Anforderung gemäß TL Gestein-StB /5/ |
|----------------|-------------|----------------|------------------|--------------------------------------|
| [mm] | [mm/mm] | [-] | [-] | [-] |
| HMV-Asche 0/32 | 10/14 | 34 | LA ₄₀ | ≤ 45 |

6.2.6 Widerstand gegen Frostbeanspruchung

Der Widerstand gegen Frostbeanspruchung wurde durch 10malige Frost-Tau-Wechselbeanspruchung gemäß TP Gestein-StB Teil 6.3.1 /14/ an der Prüfkörnung 8/11,2 mm geprüft. Die Prüfergebnisse (arithmetisches Mittel aus drei Einzelbestimmungen) sind mit Angabe der entsprechenden Kategorie und Anforderung gemäß TL Gestein-StB /5/ in **Tab. 11** dargestellt.

Tabelle 11: Absplitterungen nach 10maliger Frost-Tau-Wechselbeanspruchung mit Angabe der Kategorie und Anforderung gemäß /5/

| Bezeichnung | Prüfkörnung | Siebweite | Absplitterungen | Kategorie F | Anforderungen an FSS gemäß TL Gestein-StB /5/ |
|----------------|-------------|-----------|-----------------|------------------|---|
| [mm] | [mm/mm] | [mm] | [M.-%] | [-] | [-] |
| HMV-Asche 0/32 | 8/11,2 | < 4 | 4,5 | F _{4,5} | F ₄ ¹⁾ |

1) Eine Überschreitung der Kategorie F₄ ist bei Frostschutzschichten gemäß TL SoB-StB /7/ zulässig, wenn die Anforderungen gemäß Tab. 12 eingehalten sind.

Für Frostschutzschichten ist bei einer Überschreitung der Anforderungen der Kategorie F₄ gemäß TL Gestein-StB /5/ der Widerstand gegen Frostbeanspruchung zusätzlich eine 10malige Frost-Tau-Wechselbeanspruchung an der gewaschenen Gesamtkörnung > 0,063 mm gemäß TP Gestein-StB Teil 6.3.2 /15/ durchzuführen. Die Prüfergebnisse (arithmetisches Mittel aus drei Einzelbestimmungen) sind in **Tab. 12** dargestellt. Die Anforderungen gemäß TL SoB-StB /7/ an den Widerstand gegen Frost-Tau-Wechselbeanspruchung sind mit aufgeführt.

Tabelle 12: Ergebnisse des zusätzlichen Befrostungsversuches mit Anforderungen gemäß /7/

| Bezeichnung | urspr. enth. Anteil < 0,063 mm | Prüfkörnung | Siebweite | Absplitterungen | zus. entst. Anteil < 0,063 mm / Summe urspr. u. zusätzl. enth. Anteil < 0,063 mm | Anforderungen an FSS gemäß TL SoB-StB /7/ |
|----------------|--------------------------------|-------------|-----------|-----------------|--|---|
| [mm] | [M.-%] | [mm/mm] | [mm] | [M.-%] | [M.-%] | [M.-%] |
| HMV-Asche 0/32 | 4,6 | 0,063/32 | < 0,063 | 1,2 | 1,2 / 5,8 | ≤ 2,0 / ≤ 9,0 ¹⁾ |

1) Gemäß TL SoB-StB /7/ darf die Summe aus dem ursprünglich enthaltenen Anteil < 0,063 mm und dem im Befrostungsversuch zusätzlich entstandenen Anteil < 0,063 mm nicht mehr als 9,0 M.-% betragen.

6.2.7 Raumbeständigkeit

Die Prüfung der Raumbeständigkeit erfolgte gemäß Anhang B der TL Gestein-StB /5/ in Verbindung mit der TP Gestein-StB Teil 6.7.7 /16/. Nach den TL Gestein-StB /5/ kann HMV-Asche für den Einsatz im Straßen- und Erdbau als ausreichend raumbeständig bezeichnet werden, wenn

- beim Hebungsversuch die maßgebende Hebung nach 30 Tagen $\leq 3 \text{ ‰}$ und bei der mineralogischen Untersuchung die Calcit-Intensität ≥ 140 counts und die Anhydrit-Intensität ≤ 40 counts beträgt.
- beim Überschreiten der maßgebenden Hebung nach 30 Tagen $> 3 \text{ ‰}$ und $< 5 \text{ ‰}$, zusätzlich die maßgebende Hebung nach 120 Tagen $\leq 5 \text{ ‰}$ beträgt.

HMV-Aschen, deren maßgebende Hebung nach 30 Tagen $> 5 \text{ ‰}$ beträgt, sind als nicht ausreichend raumbeständig zu bezeichnen.

6.2.7.1 Hebungsversuch

Die TP Gestein-StB Teil 6.7.7 /16/ dient der Bestimmung der Raumbeständigkeit von HMVA, die in Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau sowie für die Verfüllung von Bauräumen im Hochbau verwendet wird. Die durch die Reaktion der in der HMVA enthaltenen chemischen Verbindungen sowie Metallen verursachten Volumenzunahmen werden durch direkte Messung kontinuierlich erfasst. Der grafische Verlauf der Hebung in Abhängigkeit von der Versuchsdauer ist für die HMV-Asche 0/32 in **Abb. 1** dargestellt. Nach 30 Tagen wurde eine maximale Hebung bei der HMV-Asche 0/32 von **1,2 ‰** ermittelt.

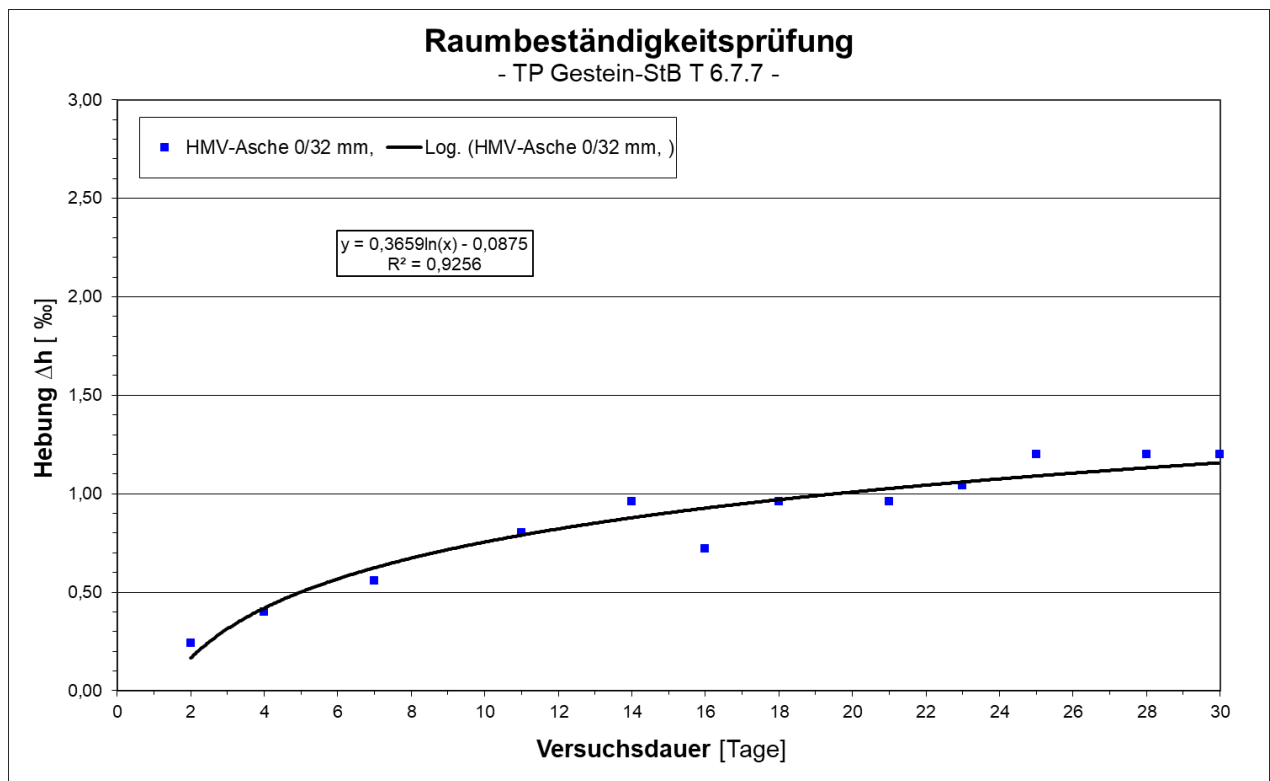


Abbildung 1: Verlauf der Hebung in Abhängigkeit von der Versuchsdauer der untersuchten HMV-Asche 0/32

6.2.7.2 Röntgendiffraktometer-Verfahren

Die TP Gestein-StB Teil 6.7.8 /17/ dient der Bestimmung der Raumbeständigkeit von HMVA, die in Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau sowie für die Verfüllung von Bauräumen im Hochbau verwendet wird. Mit Hilfe dieses Prüfverfahrens wird eine kurzfristige Bewertung der Raumbeständigkeit von HMVA auf mineralogischer Basis ermöglicht. Die Reaktionsfähigkeit (Reifegrad) der HMVA wird anhand charakteristischer Mineralphasen bestimmt, die mit Mineralreaktionen verbunden sind und zu Volumenänderungen führen. Zur Bewertung der Raumbeständigkeit von HMVA auf mineralogischer Basis gemäß TP Gestein-StB Teil 6.7.8 /17/ wird eine Laboratoriumsprobe bei 40 °C 72 Stunden getrocknet und anschließend der Trockensiebung unterzogen, wobei für die mineralogische Analyse die Kornklasse 0,063/0,09 mm (Analyseprobe) separiert wird. Aufgrund der ermittelten Calcit (Calcit-counts = 171) / Anhydrit (Anhydrit-counts = 36)-Verhältnisse handelt es sich bei der hier geprüften HMV-Asche 0/32 um eine ausreichend raumbeständige HMV-Asche.

6.3. Chemische Anforderungen

6.3.1 Umweltrelevante Merkmale

Die Prüfung der umweltrelevanten Merkmale erfolgte gemäß Gem. RdErl. des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz -IV-3-953-26308-IV-8-1573-30052- und des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr -VI A 3-32-40/45- vom 09.10.01 „Anforderungen an die Güteüberwachung und den Einsatz von Hausmüllverbrennungsaschen im Straßen- und Erdbau“ /2/. Die Prüfung wurde von der Geotaix GmbH (akkreditierter Vertragspartner der KM GmbH) in Würselen durchgeführt. Der Original-Prüfbericht wurde zu unseren Akten gelegt. Die Eluatherstellung erfolgte gemäß den TP Gestein-StB Teil 7.1.1 /18/ und die Feststoffanalyse gemäß TP Gestein-StB Teil 7.2 /19/. Die Untersuchungsergebnisse mit Gegenüberstellung der Grenzwerte für HMVA I und HMVA II gemäß /2/ sind in **Tab. 13** aufgeführt. Die Grenzwerte der TL Gestein StB /5/ sind nur zum Vergleich mit aufgeführt; maßgeblich sind die Grenzwerte gemäß /2/.

Tabelle 13: Umweltrelevante Merkmale der HMV-Asche 0/32 mit Gegenüberstellung der Grenzwerte für HMV-Asche gemäß /2, 5/

| Parameter | Einheit | Prüfergebnisse | Grenzwert gemäß /2/ | | Grenzwert gemäß /5/ | | Bestimmungsgrenze | Methode |
|---------------------------|---------|----------------|---------------------|---------|---------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| | | | HMVA I | HMVA II | HMVA-1 | HMVA-2 | | |
| ELUATANALYSE | | | | | | | | |
| pH-Wert ¹⁾ | [-] | 11,7 | 7-13 | 7-13 | 7-13 | 7-13 | 0,1 | DIN 38404 C 5 |
| Elektrische Leitfähigkeit | [µS/cm] | 1.900 | < 2.000 | < 5.000 | < 2.000 | < 6.000 | 1 | DIN EN 27888 |
| Chlorid | [mg/l] | 210 | ≤ 50 | ≤ 250 | ≤ 50 | ≤ 250 | 10 | ISO 10304-2 |
| Sulfat | [mg/l] | 350 | ≤ 200 | ≤ 600 | ≤ 200 | ≤ 600 | 10 | ISO 10304-2 |
| Blei | [µg/l] | < 7 | ≤ 50 | ≤ 50 | ≤ 50 | ≤ 50 | 7 | DIN 38406 E 6-3 |
| Cadmium | [µg/l] | < 0,5 | ≤ 5 | ≤ 5 | ≤ 5 | ≤ 5 | 0,5 | DIN 38406 E 19-3 |
| Chrom VI ²⁾ | [µg/l] | < 7,0 | ≤ 50 | ≤ 50 | - | - | 7 | DIN 38405 D 24 |
| Kupfer | [µg/l] | 62 | ≤ 300 | ≤ 300 | ≤ 300 | ≤ 300 | 10 | an. DIN 38406 E 19 |
| Zink | [µg/l] | < 40 | ≤ 300 | ≤ 300 | ≤ 300 | ≤ 300 | 40 | an. DIN 38406 E 19 |
| FESTSTOFFANALYSE | | | | | | | | |
| TOC | [M.-%] | 1,2 | ≤ 3 | ≤ 3 | ≤ 3 ³⁾ | ≤ 3 ³⁾ | 0,1 | DIN EN 13137 |
| EOX | [mg/kg] | < 1 | ≤ 3 | ≤ 3 | ≤ 3 | ≤ 3 | 0,8 | an. DIN 38409 H 8 |

1) Kein Grenzwert

2) Wert gilt als eingehalten, wenn Chrom gesamt < dem angegebenen Grenzwert

3) Untersuchungen zeigen, dass rund 2/3 des TOC aus elementarem (inertem) Kohlenstoff bestehen (siehe Kowalczyk, Schirmer und Truppat: VGB Kraftwerkstechnik 1995 H. 11 S. 961 bis 967)

7. Beurteilung

Bei der auf dem Betriebsgelände Wesermünder Straße 15 der B + R Baustoff-Handel und Recycling Düsseldorf-Neuss GmbH für die REMEX GmbH, Betriebsstätte Düsseldorf, entnommenen Gesteinskörnungsprobe handelt es sich um eine HMV-Asche, die bei der Verbrennung von Hausmüll und hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen anfällt. Bezüglich der stofflichen Zusammensetzung (Anteil an Korn > 4 mm) besteht das untersuchte Gemisch zum überwiegenden Teil aus Asche/Schlacke, Glas und Keramik. Die HMV-Asche wird zu einem Korngemisch 0/32 mm aufbereitet und ist entsprechend DIN 18196 /20/ wie ein weitgestufter gestufter Kies (GW) zu klassifizieren.

Der Wassergehalt der hier untersuchten HMV-Asche beträgt 16,6 M.-%. Der Wassergehalt sollte in der Regel bei Auslieferung gemäß /7/ 70 % des optimalen Wassergehalts nicht unterschreiten ($0,7 \cdot 16,1 \text{ M.-%} = 11,3 \text{ M.-%}$).

Hinsichtlich der umweltrelevanten Merkmale werden die Anforderungswerte gemäß Gem. RdErl. des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz -IV-3-953-26308-IV-8-1573-30052- und des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr -VI A 3-32-40/45- vom 09.10.01 „Anforderungen an die Güteüberwachung und den Einsatz von Hausmüllverbrennungsaschen im Straßen- und Erdbau“ /2/ für HMVA II eingehalten.

Die Einsatzmöglichkeiten in Abhängigkeit von den entsprechenden Verwertungsgebieten sind aus den **Anlagen 4 bis 9** ersichtlich. Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen ist die geprüfte HMV-Asche gemäß Merkblatt M HMVA /11/ für folgende Anwendungsmöglichkeiten geeignet:

- Hydraulisch gebundene Deck- und Tragdeckschicht nach ZTV LW /21/
- Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln nach ZTV LW /21/
- Frostschutzschichten und Schichten aus frostunempfindlichem Material nach ZTV SoB-StB /22/ und ZTV LW /21/
- Tragschichten von wenig beanspruchten Flächen sowie von Rad- und Gehwegen.
- Für den Unterbau, Baugruben und Leitungsgräben (außerhalb der Leitungszone), Schutzwälle, Bodenverfestigung und Bodenverbesserung nach ZTV E-StB /23/.

Aufgrund der ermittelten Calcit/Anhydrit-Verhältnisse und der maßgebenden Hebung handelt es sich bei der HMV-Asche um eine reaktionsträge und damit raumbeständige Asche. Bei Verwendung von HMV-Asche unterhalb von Fundamenten und starren Bauwerken ist die Raumbeständigkeit gesondert zu untersuchen.



Dipl.-Ing. J. Kollar
– Prüfstellenleiter –



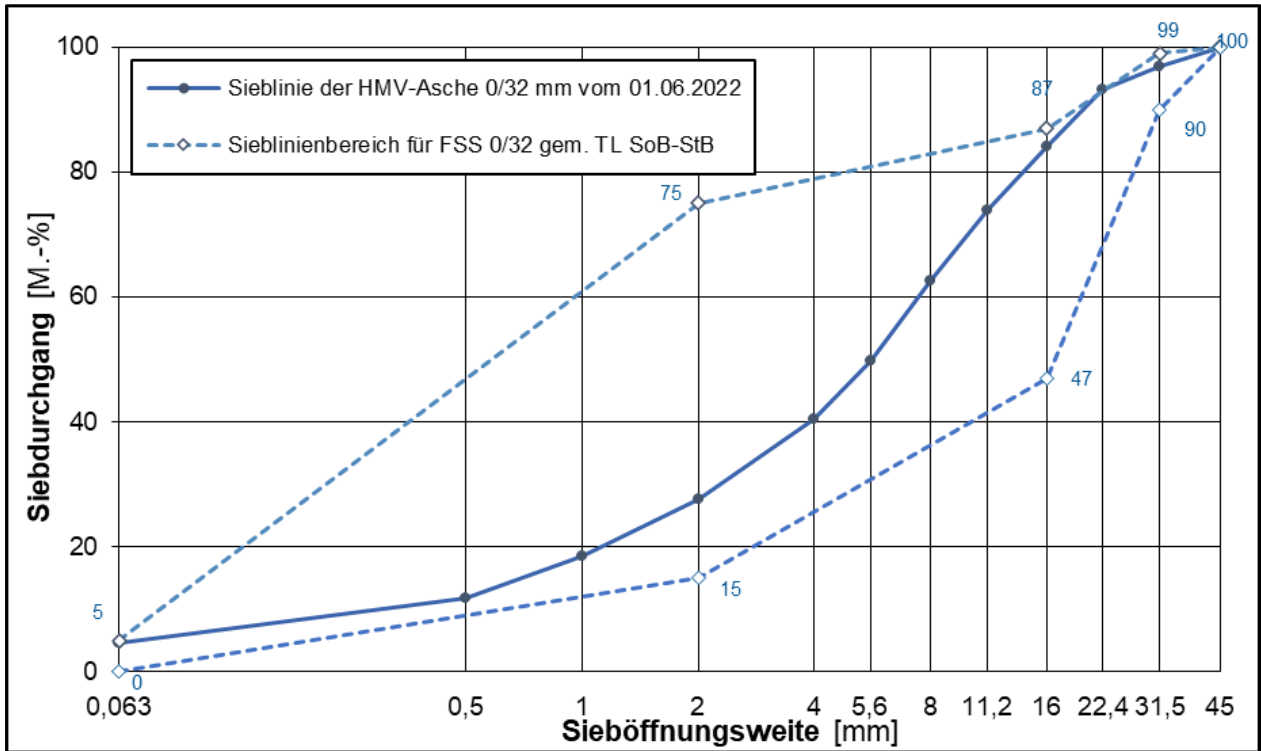
B. Sc. Franziska Kwiatek
– Sachbearbeiterin –

Anlagen

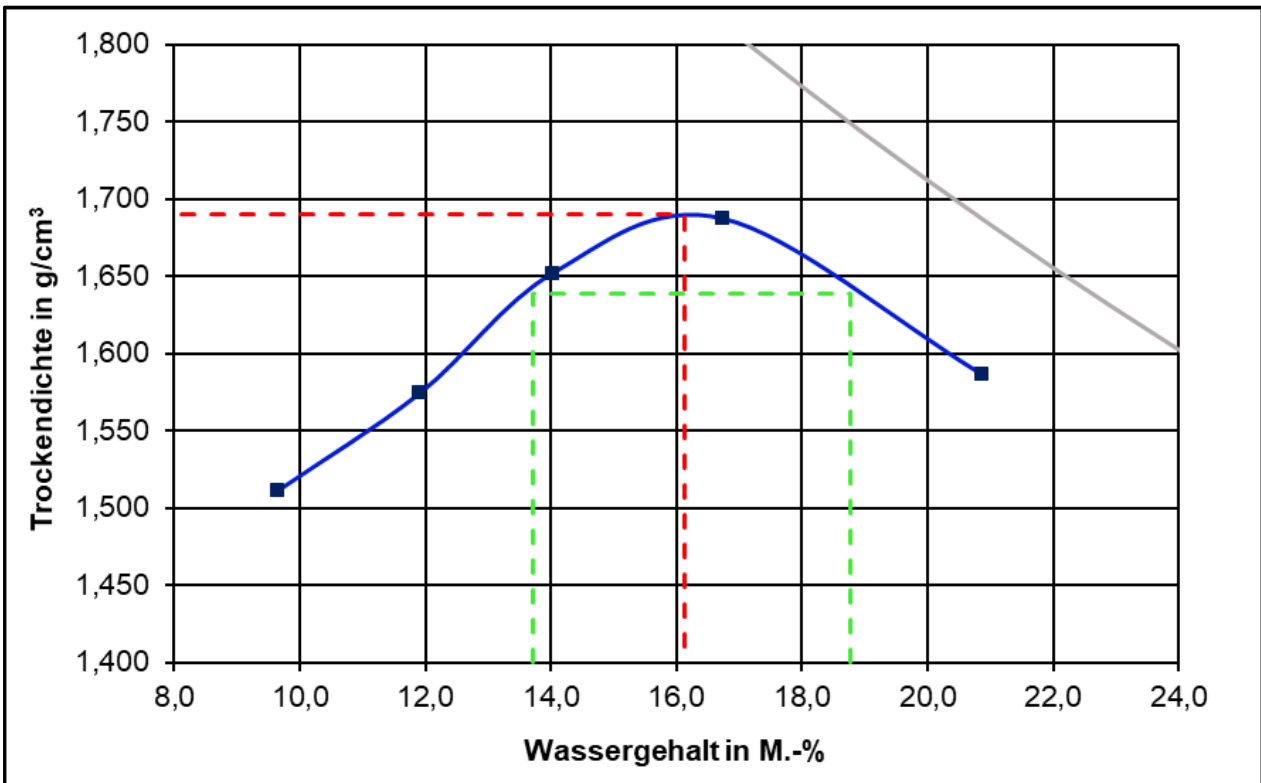
Vorschriften

- /1/ TL G SoB-StB 20
Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau; Teil: Güteüberwachung, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2020
- /2/ Gem. RdErl. des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz – IV-3-953-26308- und des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr VI A 3-32-40/45, 09.10.01, „Anforderungen an die Güteüberwachung und den Einsatz von Hausmüllverbrennungsaschen im Straßen- und Erdbau“
- /3/ DIN EN 932-1
Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 1: Probenahmeverfahren, Beuth Verlag, Berlin 1996
- /4/ TP Gestein-StB Teil 3.1.4
Technische Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau; Teil 3.1.4: Stoffliche Kennzeichnung von Hausmüllverbrennungsasche (HMVA), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2008
- /5/ TL Gestein-StB 04
Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 2004, Fassung 2018, Köln 2018
- /6/ DIN EN 933-1
Prüfung von Gesteinskörnungen - Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Siebanalyse, Beuth Verlag, Berlin 2012
- /7/ TL SoB-StB 20
Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2020
- /8/ DIN EN 933-3
Prüfverfahren für geometrische Anforderungen von Gesteinskörnungen – Teil 3: Bestimmung der Kornform – Plattigkeitskennzahl, Beuth Verlag, Berlin 2012
- /9/ DIN EN 1744-1
Prüfverfahren für chemische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 1: Chemische Analyse, Beuth Verlag, Berlin 2013
- /10/ DIN EN 1097-5
Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen; Teil 5: Bestimmung des Wassergehaltes durch Ofentrocknung, Beuth Verlag, Berlin 2008
- /11/ M HMVA
Merkblatt über die Verwendung von Hausmüllverbrennungsasche im Straßenbau – HMVA, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, 2014
- /12/ DIN EN 1097-3
Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen; Teil 6: Bestimmung der Schüttdichte, Beuth Verlag, Berlin 1998
- /13/ DIN EN 1097-2
Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen; Teil 2: Verfahren zur Bestimmung des Widerstandes gegen Zertrümmerung, Beuth Verlag, Berlin 06.2020
- /14/ TP Gestein-StB Teil 6.3.1
Technische Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau; Teil 6.3.1: Widerstand von gro-

- ben Gesteinskörnungen gegen Frost-Tau-Wechsel, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2008
- /15/ TP Gestein-StB Teil 6.3.2
Technische Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau; Teil 6.3.2: Widerstand von Baustoffgemischen gegen Frost-Tau-Wechsel, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2008
- /16/ TP Gestein StB Teil 6.7.7
Technische Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau – Teil 6.7.7 –Bestimmung der Raumbeständigkeit von Hausmüllverbrennungsaschen - Hebungversuch , Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2008
- /17/ TP Gestein StB Teil 6.7.8
Technische Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau – Teil 6.7.8 –Bestimmung der Raumbeständigkeit von Hausmüllverbrennungsaschen - Röntgendiffraktometer-Verfahren, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2008
- /18/ TP Gestein-StB Teil 7.1.1
Technische Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau; Teil 7.1.1: Schüttelverfahren (L/S = 10:1), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2020
- /19/ TP Gestein-StB Teil 7.2
Technische Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau; Teil 7.2: Bestimmung der Feststoffgehalte, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2008
- /20/ DIN 18196
Erd- und Grundbau, Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke, Berlin 2011
- /21/ ZTV LW 99/01
Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Befestigung ländlicher Wege, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2007
- /22/ ZTV SoB-StB 20
Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Ausgabe 2020, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
- /23/ ZTV E-StB 09
Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2009



Korngrößenverteilung der untersuchten HMV-Asche 0/32 mit Anforderungen für Frostschuttschichten 0/32 mm gemäß TL SoB-StB /7/



Proctorkurve der untersuchten HMV-Asche 0/32

| Baustoff: | | Verwertungsgebiete | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--|--|--------|--------------------|--------|--------------------|--|---|---|-------------------------|--------------------------|--------------------|--------|--------------------|--------|
| | | Außerhalb | | | | | Innerhalb | | | | | | | | |
| | | wasserwirtschaftlich bedeutender und empfindlicher sowie hydrogeologisch sensibler Gebiete | | | | | wasserwirtschaftlich bedeutender und empfindlicher sowie hydrogeologisch sensibler Gebiete | | | | | | | | |
| ifd. Nr. | Einsatz | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | |
| | | GW ≤ 1 GW > 0,1 | GW > 1 | GW ≤ 1 GW > 0,1 | GW > 1 | GW ≤ 1 GW > 0,1 | GW > 1 | gut durchlässige Kluftgrundwasserleiter einschl. Karstgrund- wasserleiter ohne ausreichende Deckschichten | 20 m breite Randstreifen an kleinen Gewässern; Hochwasser- Retentionsräume | WSG III B HSG IV | WSG III A HSG III | GW ≤ 1 GW > 0,1 | GW > 1 | GW ≤ 1 GW > 0,1 | GW > 1 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | TOB unter wasserundurchlässiger Deckschicht (Asphalt, Beton, Pflaster mit abgedichteten Fugen) | + | + | - | + | - | - | - | + | - | ⊕ | - | - | - | - |
| 2 | TOB unter teildurchlässiger Deckschicht (Pflaster, Platten) | - | H | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | TOB unter wasserundurchlässiger Deckschicht (Rasengittersteine, Deckschicht ohne Bindemittel) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | Tragschicht bitumengebunden | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 4 | Tragschicht hydraul. gebunden | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 6 | Decke bitumen- oder hydraul. gebunden | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 7 | Deckschichten ohne Bindemittel | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | Einsatz lfd. Nr. 1,4,5,6 in Straßen mit Entwässerungsrinnen | D | D | D | D | D | D | D | D | D | D | D | D | D | D |
| 9 | Unterbau unter Asphalt und Beton (einschl. Fundament-(Bodenplatte)) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | ⊕ | - | - | - | - |
| 10 | Unterbau bis 1 m mit kurfurt. B. | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 11 | Damm gemäß Bild 1 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | - | - | - | - | - |
| 12 | Damm gemäß Bild 2 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | - | - | - | - | - |
| 13 | Damm gemäß Bild 3 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | - | - | - | - | - |
| 14 | Lärmschutzwall mit kulturf. Boden | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 15 | Lärmschutzwall gem. Bild 4 od. 5 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | B | - | - | - | - |
| S T R A ß E N O B E R B A U | | | | | | | | | | | | | | | |
| E R D B A U | | | | | | | | | | | | | | | |

Abkürzungen, Definitionen und Erläuterungen

1 Verwertungsgebiete

Zu Spalte 2: Porengrundwasser und wenig wasserdurchlässige Kluffgrundwasserleiter ohne ausreichende Deckschichten

Wenig wasserdurchlässige Kluffgrundwasser sind

- Tonschiefer,
- Schiefertone,
- Tonstein,
- Tonmergelgestein,
- Wechsellagerung von Sandstein/Tonschiefer, Kalkstein/Mergelstein, Quarzit/Glimmerschiefer,
- Mergelstein,
- Kalkmergelsteine der Trias und der Oberkreide,
- Sandsteine des Devons im Sauer- und Siegerland

Anhaltspunkte über die Gesteinsverteilung von Porengrundwasserleitern und wenig wasserdurchlässigen Kluffgrundwasserleitern liefert die Karte der Grundwasserlandschaften des geologischen Dienstes NRW. Detailinformationen sind den geologischen Detailkarten zu entnehmen. In Zweifelfällen sind örtliche Untersuchungen vorzunehmen.

Nicht ausreichende Deckschichten sind natürliche Deckschichten mit einer Mächtigkeit < 1 m und einem k_f -Wert $> 10^{-7}$ m/s oder mit einer Mächtigkeit von $< 0,5$ m und einem k_f -Wert $> 10^{-8}$ m/s.

Anhaltspunkte über die k_f -Werte in den oberen zwei Metern der Böden liefern die Bodenkarten (Maßstab 1:50000) des geologischen Dienstes NRW. Detailinformationen sind den geologischen Landeskarten zu entnehmen. In Zweifelfällen sind örtliche Untersuchungen vorzunehmen.

Zu Spalte 3: Gut wasserdurchlässige Kluffgrundwasserleiter einschließlich Karstgrundwasserleiter ohne ausreichende Deckschichten

Gut wasserdurchlässige Kluffgrundwasserleiter einschließlich Karstgrundwasserleiter ohne ausreichende Deckschichten sind

- Mittel- und oberdevonischer Kalkstein,
- Kalkstein des Karbons und Zechsteins,
- Kalk- und Sandsteine, untergeordnet Vulkanite, des Devons und Karbons,
- Kalk- und Sandsteine der Trias,
- Kalksandsteine des Obercampans,
- Kalkstein, Sandstein, Sandmergelstein des Jura und der Kreide.

Anhaltspunkte über die Gesteinsverteilung von gut wasserdurchlässigen Kluffgrundwasserleitern einschl. Karstgrundwasserleitern liefert die Karte der Grundwasserlandschaften des geologischen Dienstes NRW. Detailinformationen sind den geologischen Landeskarten zu entnehmen. In Zweifelfällen sind örtliche Untersuchungen vorzunehmen.

Zu Spalte 4: 20 m breite Randstreifen an kleinen Gewässern; Hochwasser-Retentionsräume

Kleine Gewässer sind Gewässer oberläufe mit einem oberirdischen Einzugsgebiet von ≤ 5 km². Die Größe der Gewässer ist den Stationierungskarten des Landesumweltamtes NRW (1:25000) sowie dem zugehörigen Tabellenwerk „Gebietsbezeichnung und Verzeichnis der Gewässer in NRW“ zu entnehmen.

Straßenseitengräben zählen hier nicht zu den Gewässern.

Beim Einsatz der hier angesprochenen Mineralstoffe im Straßenbau innerhalb eines 20 m breiten Randstreifens parallel zu den kleinen Gewässern sind die in den Anlagen 1 bis 10 eingetragenen Anforderungen zu beachten. Kreuzungen zwischen Straßen und Gewässern sind ausgenommen.

Hochwasser-Retentionsräume sind Gebiete, die zur Rückhaltung von Hochwasserabflüssen dienen.

Zu Spalte 5: WSG IIIB, HSG IV

WSG III B: Schutzzone III B von festgesetzten oder geplanten Trinkwasserschutzgebieten

HSG IV: Schutzzone IV gegen qualitative Beeinträchtigungen von festgesetzten oder geplanten Heilquellenschutzgebieten

Festgesetzte WSG und HSG werden in den Amtsblättern der Bezirksregierungen veröffentlicht. Geplante WSG und HSG sind bei den unteren Wasserbehörden (Kreise und kreisfreie Städte) und den zuständigen Staatlichen Umweltämtern NRW zu erfragen.

Zu Spalte 6: WSG III A, HSG III

WSG III A: Schutzzone III A von festgesetzten oder geplanten Trinkwasserschutzgebieten

HSG III: Schutzzone III gegen qualitative Beeinträchtigungen von festgesetzten oder geplanten Heilquellenschutzgebieten

Zu Spalte 7: Bereich zum Schutz der Gewässer nach Landesplanungsrecht

Nach Landesplanungsrecht können solche Gebiete noch zu Wasserschutzgebieten erklärt werden. Hinsichtlich Flächengröße und Schutzwürdigkeit entsprechen sie den Schutzzonen III A von Trinkwasserschutzgebieten. Die Lage der künftigen Fassungsanlage ist noch frei wählbar. Diese Gebiete sind in den Gebietsabwicklungsplänen der Bezirksregierungen ausgewiesen.

Unterspalten 1 bis 7: $GW > 0,1 \leq GW > 1$

$GW > 0,1 \leq 1$: Abstand zwischen höchstem zu erwartenden Grundwasserstand und Planum/Schüttkörperbasis zwischen mehr als 0,1 m und 1 m. Wichtig ist hier, dass der eingebaute Stoff dauerhaft oberhalb des höchsten Grundwasserstandes liegt.

$GW > 1$: Abstand zwischen höchstem zu erwartenden Grundwasserstand und Planum/Schüttkörperbasis von mehr als 1 m.

Der höchste zu erwartende Grundwasserstand im Bereich einer Baumaßnahme ergibt sich aus den langjährigen Messungen des Landesgrundwasserdienstes NRW anhand der verfügbaren Messstellen im Umfeld. Auskunft geben die zuständigen Staatlichen Umweltämter.

2 Einsatz

Lfd. Nr. 1 bis 3: ToB

ToB: Tragschicht ohne Bindemittel

Lfd. Nr. 8: Einsatz lfd. Nr. 1, 4, 5, 6 in Straßen mit Entwässerungsrinnen

Gemeint sind hier z.B. Stadtstraßen. Die Eintragungen in dieser Zeile ergeben sich aus den Eintragungen in lfd. Nrn. 1, 4, 5 und 6.

Lfd. Nr. 10: Unterbau bis 1 m mit kulturfähigem Boden

Lfd. Nr. 14: Lärmschutzwall mit kulturfähigem Boden

Der kulturfähige Boden nach lfd. Nr. 10 und 14 muss die Anforderungen an die Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht gemäß § 12 der Bundes-Bodenschutz und Altlastenverordnung, insbesondere die Vorsorgewerte (in mg/kg Trockenmasse) des Anhanges 2, Nr. 4 in Verbindung mit den Anwendungsregelungen einhalten:

| Bodenart | Cadmium | Blei | Chrom | Kupfer | Quecksilber | Nickel | Zink |
|--------------|---------|------|-------|--------|-------------|--------|------|
| Ton | 1,5 | 100 | 100 | 60 | 1 | 70 | 200 |
| Lehm/Schluff | 1 | 70 | 60 | 40 | 0,5 | 50 | 150 |
| Sand | 0,4 | 40 | 30 | 20 | 0,1 | 15 | 60 |

| Böden | Polychlorierte Biphenyle (PCB ₆) | Benzo(a)pyren | polycycl. arom. Kohlenwasserstoffe (PAK ₁₆) |
|-------------------|--|---------------|---|
| Humusgehalt > 8 % | 0,1 | 1 | 10 |
| Humusgehalt ≤ 8 % | 0,05 | 0,3 | 3 |

3 Eintragungen

- + Zugelassen
- Nicht zugelassen

A (betr. Spalte 1):

Zugelassen auf Porengrundwasserleitern und wenig wasserdurchlässigen Kluftgrundwasserleitern (entsprechend Erläuterungen zu Spalte 2)

B (betr. Spalten 3):

Zugelassen auf folgenden paläozoischen Karstgrundwasserleitern:

Devonische Massenkalk

| | |
|--|---|
| Wülfrather Massenkalk | von Velbert bis Wülfrath |
| Massenkalkzug Heiligenhaus | Heiligenhaus |
| Wuppertaler Massenkalk | von Mettmann über Wuppertal bis Schwelm |
| Attendorn-Esper Doppelmulde (Massenkalk) | Attendorn, Finnentorp, Lennestadt |
| Warsteiner Massenkalk | Warstein, Suttrop, Kallenhardt |
| Briloner Massenkalk | zwischen Altenbüren, Brilon, Alme, Bleiwäsche und Madfeld |
| Remscheid-Altener Sattel (Massenkalk) | zwischen Hagen und Hönnetal (Hagen, Hohenlimburg, Lethmathe, Iserlohn, Hemer, Volkringhausen, Balve, Garbeck, Höveringhausen) |
| Sötenicher Mulde | Sötenich, Marmagen, Urft, Nöthen, Arloff (Dolomit) |
| Blankenheimer Mulde | Kronenberg, Dahlem, Schmidtheim, Blankenheim, Tondorf, Buir (Massenkalk und Dolomit) |
| Dollendorfer Mulde | von Landesgrenze über Ripsdorf, Lommersdorf bis Landesgrenze (Massenkalk) |
| Kalkzüge Aachen-Stolberg | Aachen bis Haaren/Landesgrenze, Kornelimünster, Stolberg, Hastenrath (Kohlenkalk) |

C (betr. Spalte 5):

Zugelassen auf Porengrundwasserleitern und wenig wasserdurchlässigen Kluftgrundwasserleitern (entsprechend Erläuterungen zu Spalte 2) im Abstand von mindestens 1 km zur Fassungsanlage.

D (betr. lfd. Nr. 8): Zugelassen wie in den lfd. Nrn. 1, 4, 5, 6 ausgeführt.

H (betr. lfd. 2):

Verdichtungsgrad der ToB ≥ 103 %, Gefälle (Quer- oder Längsgefälle) der Pflasterdecke oder des Plattenbelags $\geq 3,5$ %, Fugenbreite ≤ 5 mm.

K (betr. lfd. Nr. 7):

Zugelassen außerhalb von Wohngebieten.

O (=Kreis, betr. Spalten 5, 6, 7):

Während der Bauphase darf die offene Fläche folgende Werte nicht überschreiten:

| | | |
|--|------------|---------------------|
| WSG II B/HSG IV: | (Spalte 5) | 5000 m ² |
| WSG III A/HSG III: | (Spalte 6) | 2000 m ² |
| Bereiche zum Schutz der Gewässer nach Landesplanungsrecht: | (Spalte 7) | 2000 m ² |

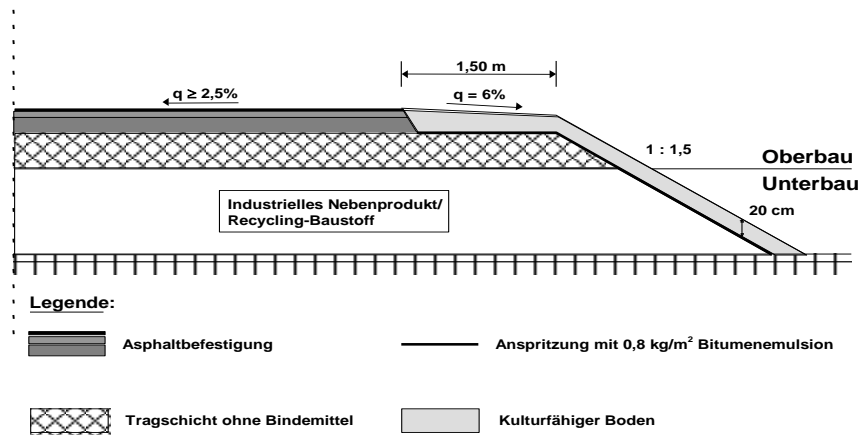


Bild 1: Damm, Anspritzung mit Bitumenemulsion und Abdeckung mit kulturfähigem Boden

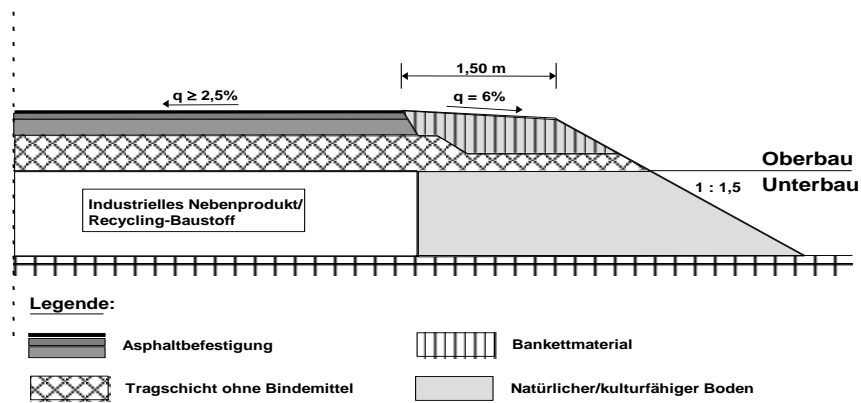


Bild 2: Damm, Abdeckung mit natürlichem/kulturfähigem Boden

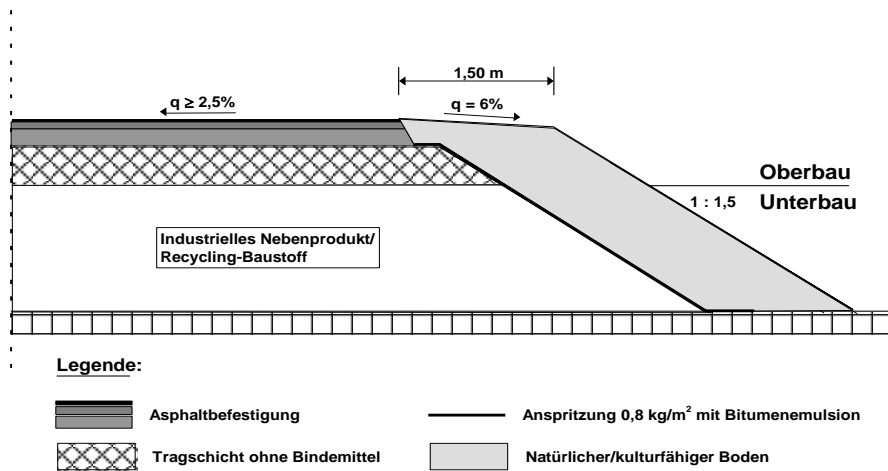


Bild 3: Damm, Anspritzung mit Bitumenemulsion und Abdeckung mit natürlichem/kulturfähigem Boden

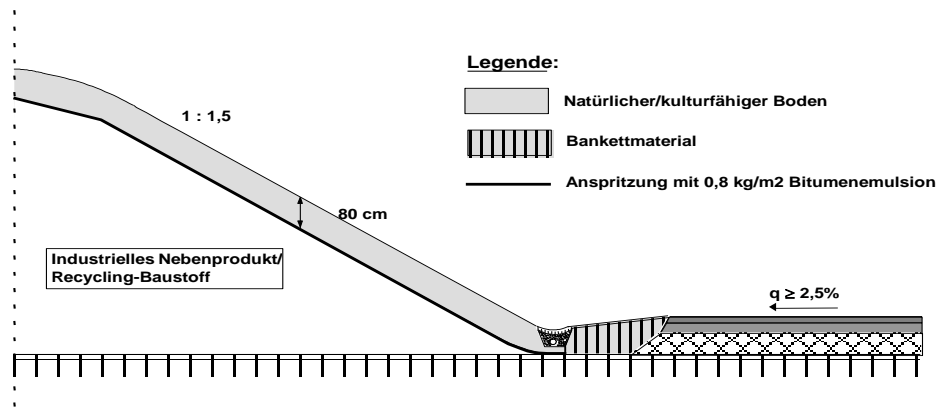


Bild 4: Lärmschutzwand, Anspritzung mit Bitumenemulsion und Abdeckung mit natürlichem/kulturfähigem Boden

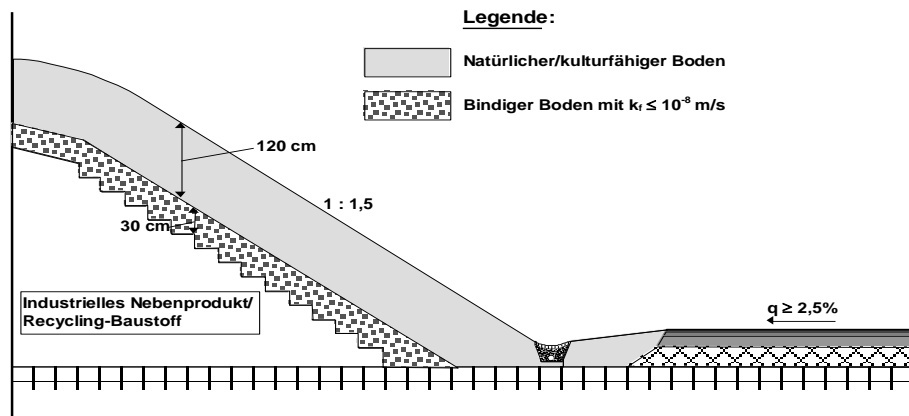


Bild 5: Lärmschutzwand, Abdeckung mit bindigem Boden und natürlichem/kulturfähigem Boden