



# KONTROLLANALYTIK VON BAUSTOFFRECYCLINGMATERIAL

in Rheinland-Pfalz 2012



LUWG-Bericht 2012



# KONTROLLANALYTIK VON BAUSTOFFRECYCLINGMATERIAL

in Rheinland-Pfalz 2012

**Bearbeitung**

**Dr. Reinhard Meuser**

Mainz, Dezember 2012

# DANKSAGUNG

Die Autoren bedanken sich herzlich bei allen Betrieben, die an der Untersuchung teilgenommen haben, für die Erlaubnis und die tatkräftige Unterstützung bei der Probenahme der Recyclingbaustoffe.

## IMPRESSUM

**Herausgeber:** Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft  
und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz  
Kaiser-Friedrich-Str. 7 • 55116 Mainz



**Titelbild:** LUWG

© Dezember 2012

Nachdruck und Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	
<b>Zusammenfassung</b>	<b>7</b>
<b>1. Aufgabenstellung und Zielsetzung</b>	<b>8</b>
<b>2. Probenahmestrategie und Probenahme</b>	<b>11</b>
<b>3. Durchführung der Analysen und Parameterumfang</b>	<b>12</b>
3.1 Einstufung nach LAGA und Deponieverordnung	12
3.2 Einstufung nach „Mantelverordnung“	12
<b>4. Ergebnisse</b>	<b>13</b>
4.1 Betrieb 1	13
4.2 Betrieb 2	14
4.3 Betrieb 3	14
4.4 Betrieb 4	15
4.5 Betrieb 5	15
<b>5. Diskussion der Ergebnisse</b>	<b>28</b>
5.1 Aufwand bei der Probenahme nach LAGA PN 98	28
5.2 Reduzierung der Probenanzahl – Checkliste „Probenahmeprotokoll“ des LUWG	28
5.3 Zuordnung der Baustoffe zu den Einbauklassen nach LAGA	29
5.4 Zuordnung der Baustoffe nach Mantelverordnung	29
5.5 Parameter Vanadium nach Mantelverordnung	29
5.6 Vergleich LAGA – Mantelverordnung	29
5.7 Deponierung der Materialien	30
<b>Literatur</b>	<b>31</b>



## ZUSAMMENFASSUNG

Das LUWG hat 2012 die Qualität güteüberwachter Recyclingbaustoffe von fünf rheinland-pfälzischen Betrieben nach den Vorgaben der LAGA M 20 sowie des Entwurfs der Mantelverordnung (2011) untersucht und die Ergebnisse miteinander verglichen. Beprobte wurden jeweils zwei Haufwerke eines Erzeugers nach den Vorgaben der LAGA PN 98, wobei drei Laborproben je Haufwerk zur Untersuchung ausgewählt wurden. Aus den analytischen Ergebnissen wurde die Zuordnung zu einer Einbauklasse nach LAGA bzw. einer RC-Klasse nach Mantelverordnung vorgenommen.

Bei der Einstufung nach LAGA hielten fünf Recyclingmaterialien die Zuordnungswerte Z 1.1, drei die Zuordnungswerte Z 1.2 und zwei die Zuordnungswerte Z 2 ein. Kein Baustoff wurde > Z 2 eingestuft.

Die Zuordnung nach Mantelverordnung ergibt für sieben Baustoffe die Einstufung nach RC 1, für zwei die Einstufung unter RC 2 (erhöhte Sulfatwerte, Einstufung unter RC 3 ab 31.12.2019 wegen Übergangswert) und bei einem die Einstufung > RC 3.

Im Vergleich LAGA – Mantelverordnung konnte eine gute Korrelation Z 1.1 – RC 1 und Z 2 – RC 3 festgestellt werden. Alle Z 1.1 Materialien genügten den Kriterien RC 1 und die beiden Z 2 Baustoffe fielen unter RC 3. Die drei Z 1.2 Baustoffe finden sich nicht unter RC 2 wieder, sondern „wechselten“ die Einbauklasse (zwei zu RC 1, einer zu > RC 3).

Als entscheidende Parameter für die Einstufung stellten sich erwartungsgemäß PAK und Sulfat heraus. Die Materialqualität sollte durch konsequentere Eingangskontrollen Richtung Z 1.1 bzw. RC 1 verbessert werden können.

Bei den untersuchten Baustoffen wurden keine erhöhten Vanadium-Gehalte festgestellt, die eine Einstufung unter RC 2 bzw. höher bedingen würden.

Aufgrund des kleineren Parameterumfangs waren die Kosten für die Untersuchung nach Mantelverordnung trotz des aufwendigeren Elutionsverfahrens geringer als die nach LAGA.

Mittlerweile liegt ein neuer Entwurf der Mantelverordnung (Stand 30.10.2012) mit geänderten Grenzwerten, ua. für die bei dieser Untersuchung kritischen Parameter PAK und Sulfat (bei Sulfat auch Wegfall der Übergangsregelung bis zum 01.01.2020), vor. Nach Zuordnung zu diesen Kriterien ergibt sich ein leicht geändertes Bild: Sieben Baustoffe genügen den Anforderungen RC 1, zwei entsprechen RC 2 und einer RC 3. Insbesondere sollte der von 220 mg/l auf 450 mg/l angehobene Sulfatgrenzwert RC 1 durch verbesserte Eingangskontrollen und Ausschleusung von Gipsabfällen eingehalten werden können.

# 1. AUFGABENSTELLUNG UND ZIELSETZUNG

Das Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (LUWG) hat 2012 die Qualität von güteüberwachten Recyclingbaustoffen rheinland-pfälzischer Erzeuger stichprobenartig untersucht. Von fünf Betrieben wurden jeweils zwei Haufwerke von ca. 500 m<sup>3</sup> nach LAGA PN 98 **(1)** beprobt und die Proben anschließend analytisch auf ihre Schadstoffgehalte untersucht. Es wurden bewusst güteüberwachte Betriebe bzw. RC-Materialien ausgewählt, da im Entwurf der Mantelverordnung (s.u.) generell eine Güteüberwachung gefordert ist. Der Einsatz dieser Baustoffe ist in Rheinland-Pfalz durch die Einführung der LAGA M 20 (5. Auflage, Stand 6.11.2003, **(2)**) geregelt. Die LAGA M 20 legt für die Verwertung außerhalb von Deponien Einbauklassen von Z 0 (uneingeschränkter Einbau) bis Z 2 (Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen) fest. Z 0 ist nicht relevant, da hierfür die Verwertung von bodenähnlichen Materialien vorgesehen ist und Bauschutt nicht den Anforderungen des Bodenschutzrechts entspricht. Die Einbauklasse Z 1.1 (eingeschränkter offener Einbau) hat in der Praxis die größte Bedeutung, da aufgrund geringfügiger Verunreinigungen keine technischen Sicherungsmaßnahmen erforderlich sind. Nähere Informationen über den Einsatz von RC-Materialien können der Schriftenreihe „Stoffstrommanagement Bauabfall“ **(3)** des Ministeriums für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung (MWKEL) und des LUWG entnommen werden.

Zukünftig soll der Einsatz von RC-Materialien durch die Mantelverordnung (Verordnung zur Festlegung von Anforderungen für das Einbringen und das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser, an den Einbau von Ersatzbaustoffen und für die Verwendung von Boden und bodenähnlichem Material, Arbeitsentwurf vom 06.01.2011) bundeseinheitlich geregelt werden. Hierin werden die LAGA-Einbauklassen durch die Klassen RC 1 – RC 3 ersetzt **(4)**. Analytisch bedeutet dies den Ersatz des bisherigen S4-Elutionsverfahrens (Schüttelverfahren) **(5)** durch ein Säulenverfahren (Perkolation) **(6)**. Auf Grund der unterschiedlichen Verfahren zur Eluatherstellung sind die Zuordnungswerte nach LAGA M 20 (Tab. 1) nicht direkt mit den Materialwerten (Tab. 2) nach Mantelverordnung vergleichbar.

Tab. 1: Zuordnungswerte nach LAGA M20 (Tabelle II.1.4-5, Recyclingbaustoffe vom 6.11.2003)

Parameter	Einheit	Z1.1	Z1.2	Z2
KW C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>	mg/kg TS	300	500	1000
EOX	mg/kg TS	3	5	10
PAK <sub>16</sub>	mg/kg TS	5(20)	15(30)	75(100)
Arsen	mg/kg TS	30	50	150
Blei	mg/kg TS	200	300	1000
Cadmium	mg/kg TS	1	3	10
Chrom	mg/kg TS	100	200	600
Kupfer	mg/kg TS	100	200	600
Nickel	mg/kg TS	100	200	600
Quecksilber	mg/kg TS	1	3	10
Zink	mg/kg TS	300	500	1500

Parameter	Einheit	Z1.1	Z1.2	Z2
<b>Eluat</b>				
pH		7,0-12,5	7,0-12,5	7,0-12,5
el. Leitfähigkeit	µS/cm	1500	2500	3000
Arsen	µg/l	10	40	50
Blei	µg/l	40	100	100
Cadmium	µg/l	2	5	5
Chrom gesamt	µg/l	30	75	100
Kupfer	µg/l	50	150	200
Nickel	µg/l	50	100	100
Quecksilber	µg/l	0,2	1	2
Zink	µg/l	100	300	400
Chlorid	mg/l	20	40	150
Sulfat	mg/l	150	300	600
Phenolindex	µg/l	10	50	100

Die Werte in den Klammern können von der zuständigen Behörde im Einzelfall genehmigt werden.

**Tab 2: Schadstoffgrenzwerte nach Mantelverordnung; Grenzwerte Mantelverordnung Recyclingbaustoffe**

Parameter	Einheit	RC1	RC2	RC3
PAK <sub>16</sub>	mg/kg TS	10	10	10
<b>Eluat</b>				
pH		6,0-13,0	6,0-13,0	6,0-13,0
el. Leitfähigkeit	µS/cm	2500	3200	10000
PAK <sub>15</sub>	µg/l	6	12	20
Chrom gesamt	µg/l	135	555	1000
Kupfer	µg/l	110	185	300
Vanadium	µg/l	130	990	1500
Sulfat	mg/l	220 (350)	300 (700)	3.500
Phenolindex	µg/l	100	100	100

Werte in Klammern bis 1.1.2020

Tab. 3: Zuordnungswerte DK I, DK II und bestimmte Parameter (nach Dep.V vom 27.04.2009)

Parameter	Einheit	DK I	DK II	Parameter bestimmt
TOC	% TS	1	3	*
lip. Stoffe	%	0,4	0,8	
<b>Eluat</b>				
pH		5,5-13	5,5 - 13	*
el. Leitfähigkeit	µS/cm			*
DOC	mg/l	50	80	
gel. Stoffe	mg/l	3000	6000	
Arsen	mg/l	0,2	0,2	*
Blei	mg/l	0,2	1	*
Cadmium	mg/l	0,05	0,1	*
Chrom gesamt	mg/l	0,3	1	*
Kupfer	mg/l	<1	<5	*
Nickel	mg/l	0,2	1	*
Quecksilber	mg/l	0,005	0,02	*
Barium	mg/l	5	10	
Selen	mg/l	0,03	0,05	
Molybdän	mg/l	0,3	1	
Zink	mg/l	2	5	*
Chlorid	mg/l	1500	1500	*
Fluorid	mg/l	5	15	
Sulfat	mg/l	2000	2000	*
Cyanid, l. fr.	mg/l	0,1	0,5	
Antimon	µg/l	0,03	0,07	*
Phenolindex	µg/l	0,2	50	*

Zielsetzung des Vorhabens war die Überprüfung folgender Punkte:

- Ermittlung des Zeitaufwands (Zumutbarkeit für den Erzeuger bzw. Probennehmer) bei Probenahme nach LAGA PN 98
- Zulässigkeit der Reduzierung der Probenanzahl bei organoleptisch homogenen Haufwerken gemäß der Checkliste „Probenahmeprotokoll“ des LUWG (7)
- Zuordnung der Baustoffe zu den Einbauklassen nach LAGA
- Zuordnung nach Mantelverordnung
- Relevanz des neuen Parameters Vanadium bei der Mantelverordnung
- Vergleich der Einstufung nach LAGA – Mantelverordnung
- Ist bei eventueller Nicht-Eignung des Materials zum Recycling eine Verwertung/Beseitigung auf Deponien möglich?

Die Probenahme und Analytik wurde von der Eurofins Umwelt West GmbH, Mannheim bei fünf Baustoffrecyclingbetrieben in Rheinland-Pfalz im Zeitraum von Februar – April 2012 durchgeführt.

## 2. PROBENAHMESTRATEGIE UND PROBENAHME

Teil III: Probenahme und Analytik der LAGA M 20 vom 05.11.2004 legt als Verfahren für die Haufwerksbeprobung die Vorgehensweise nach LAGA PN 98, Abschnitt 4.2 Allgemeine Abfallbeprobung/ Charakterisierung von Grundgesamtheiten, fest. Nach Mantelverordnung ist die Probenahme nach DIN EN 932-1 (Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 1: Probenahmeverfahren, Ausgabe März 1999) durchzuführen. Die Deponieverordnung (**8**) fordert in Anhang 4, Abs. 2 ebenfalls Probenahme nach LAGA PN 98. Die Anforderungen der LAGA PN 98 gehen weit über die der DIN EN 932-1 hinaus und werden bei Probenahme nach LAGA PN 98 erfüllt. Bei vorliegender Untersuchung wurde deshalb die Probenahme nach LAGA PN 98 durchgeführt.

Bei den Betrieben wurden jeweils Haufwerke von ca. 500 m<sup>3</sup> mit einem Maximalkorn von 56 mm (entsprechend den am häufigsten eingesetzten RC-Baustoffen) ausgewählt. Dieses Volumen erfordert eine Anzahl von 36 Einzelproben, die im Verhältnis 4/1 zu insgesamt neun Mischproben vereint wurden. Diese neun Mischproben entsprechen den Laborproben. In Abhängigkeit des Größtkorns betrug das Volumen der Misch/Laborproben 10 Liter. Die Öffnung der Haufwerke erfolgte mittels Radlader möglichst diagonal und über deren gesamte Höhe. In allen Fällen konnte organoleptisch eine gute Homogenität beobachtet werden. An neun verschiedenen Vertikalen dieser Anschnittlinie wurden die Einzelproben in vier unterschiedlichen Höhen entnommen (oben, oben Mitte, unten Mitte und unten). Durch diese Probenahmestrategie sollte das Haufwerk möglichst repräsentativ beprobt werden. Von den neun Laborproben der Anschnittfläche wurden jeweils drei (vorne, Mitte, hinten) als Analysenproben ausgewählt, die sechs anderen als Rückstellproben konserviert.

Nach Öffnen der Haufwerke nahm die Probenahme durch zwei Personen (Probenehmer + Assistent) ca. 1,5 Stunden/Haufwerk in Anspruch.

### 3. DURCHFÜHRUNG DER ANALYSEN UND PARAMETERUMFANG

Der Probentransport in das Untersuchungslabor Eurofins Mannheim erfolgte direkt nach Probenahme. Nach Homogenisierung wurden die Proben für die unterschiedlichen Untersuchungen aufgeteilt.

#### 3.1 Einstufung nach LAGA und Deponieverordnung

Die Probenaufbereitung, der Parameterumfang, die Eluatherstellung sowie die Analysenvorschriften zur Bestimmung der Parameter wurden gemäß den Vorgaben der LAGA M 20 Teil III bzw. Teil II, Tab. II 1.2-1 vom 05.11.2004 durchgeführt. Aus dem Eluat wurden zusätzlich die Parameter Antimon und Phenole nach den Vorgaben der DepV, Anhang 4 vom 27.04.2009 bestimmt. Der Parameterumfang umfasst alle Parameter für die Einstufung nach LAGA M 20 Recyclingbaustoffe (siehe Tab. 1) und liefert gleichzeitig die relevanten Schadstoffgehalte für eine Deponierung auf einer DK I bzw. DK II Deponie nach DepV.

#### 3.2 Einstufung nach „Mantelverordnung“

Die Probenaufbereitung, der Parameterumfang, die Eluatherstellung sowie die Analysenvorschriften zur Bestimmung der Parameter erfolgten nach den Vorgaben des Arbeitsentwurfs der Mantelverordnung vom 06.01.2011. Der Parameterumfang entspricht dem der Tab. 2.

## 4. ERGEBNISSE

In folgendem Kapitel werden die Ergebnisse der Untersuchungen tabellarisch für die Recyclingbaustoffhersteller jeweils anonymisiert dargestellt. Überschreitungen der Grenzwerte nach LAGA Z 1.1 bzw. RC 1 nach Mantelverordnung sind fett gedruckt. Bei der Einstufung nach LAGA wurden die PAK-Grenzwerte ohne behördliche Einzelzulassung und bei der Einstufung nach Mantelverordnung die strengeren Sulfatgrenzwerte ab dem 1.1.2020 herangezogen. Bei Überschreitung dieser Sulfatwerte und Einhaltung der Grenzwerte der Übergangszeit erfolgt eine gesonderte Betrachtung.

Die Gesamteinstufung eines Haufwerkes (drei Messwerte/Parameter) erfolgte unter folgenden Vorgaben:

- a. Von drei Proben müssen zwei den jeweiligen Zuordnungswert unterschreiten
- b. Der Mittelwert der drei Messwerte muss den Zuordnungswert einhalten
- c. Ein Messwert darf den Zuordnungswert um max. 100 % überschreiten

Bei Nichterfüllung eines Kriteriums erfolgt eine Einstufung in die entsprechend höhere Einbau/RC-Klasse.

### 4.1 Betrieb 1

Tab. 4 zeigt die Übersicht der Ergebnisse der Untersuchung nach LAGA der Materialien RC-Bauschutt und RC-Beton sowie deren Einstufung. Die Ergebnisse der jeweils drei Analyseproben/Haufwerk bestätigen die schon organoleptisch festgestellte Homogenität. Die Schwankungsbreiten sind von einzelnen Ausreißern abgesehen sehr gering, bspw. bei den Leitparametern pH und Leitfähigkeit. Die teilweise erhöhten KW-Gehalte  $C_{10}$ - $C_{40}$  sind auf bituminöse Asphaltanteile zurückzuführen und somit kein Ausschlusskriterium. Dies wird auch durch die geringen Gehalte des mobilen Anteils der  $C_{10}$ - $C_{22}$  Fraktion untermauert. Die Proben des Haufwerkes „RC-Beton“ weisen Leitfähigkeiten  $> 2000 \mu\text{S}/\text{cm}$  bei geringen Chlorid- und Sulfatgehalten auf und werden auf hohe Beton-Anteile mit hohem Calciumhydroxidanteil zurückgeführt und sind somit ebenfalls kein Ausschlusskriterium.

#### RC-Bauschutt:

Bei einer Probe ist eine Überschreitung des Z 1.1 Wertes für PAK mit 6,85 mg/kg TS festzustellen, der Mittelwert der drei Proben hält die Werte LAGA Z 1.1 mit 4,33 mg/kg aber ein. Bei der Eluatuntersuchung gab es eine Einstufung Z 1.2 aufgrund des Phenolgehalts, die anderen beiden Proben blieben unter der Bestimmungsgrenze. Die Eluate weisen alle erhöhte Sulfatgehalte auf, die bei einer Probe (696 mg/l) auch eine Einstufung  $> Z 2$  bedingen. Der hohe Sulfatgehalt führt ebenfalls zu einer Überschreitung des Grenzwertes Leitfähigkeit (1640  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Der Mittelwert von 413 mg/l Sulfat führt zu einer Einstufung als Z 2 Material. Nach Vorliegen der Ergebnisse wurde zur Überprüfung der Einstufung die Bestimmung des Sulfatgehaltes der Eluate aller neun Laborproben durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 dargestellt.

Die Ergebnisse liegen in derselben Größenordnung der ersten drei Proben. Der Mittelwert aller neun Laborproben ist mit 412 mg/l mit dem der ersten drei fast identisch.

**Die Einstufung des Haufwerkes als LAGA Z 2 Material ist somit gerechtfertigt.**

**RC-Beton:** Bei diesem Material kommt es bei einer Analysenprobe zu einer Überschreitung LAGA Z 1.1 bei den PAK mit 12,7 mg/kg TS. Dieser Wert liegt über dem doppelten des Z 1.1 Wertes von 5 mg/kg TS. Die beiden anderen Proben lagen bei < 4 mg/kg. **Das Material wird deshalb insgesamt als Z 1.2 Material eingestuft.**

Tab. 6 zeigt die Ergebnisse der Untersuchung nach Mantelverordnung.

Bei den PAK wird der Grenzwert von 10 mg/kg TS von allen Proben eingehalten. Die Vanadium-Gehalte sind unauffällig und halten den RC 1 Grenzwert von 130 µg/l ein.

**RC-Bauschutt:** In allen 3 Proben wird der RC 2 Grenzwert für Sulfat von 220 mg/l überschritten. **Einstufung als RC 3 Material. Der RC 2 Grenzwert von 700 mg/l, der bis zum 31.12.2009 gelten soll, wird von allen Proben eingehalten.**

**RC-Beton: Einhaltung aller Grenzwerte RC 1. Einstufung als RC 1 Material**

## 4.2 Betrieb 2

Untersucht wurden zwei Haufwerke Frostschutzmaterial. Tab. 7 zeigt die Ergebnisse nach LAGA.

Material 1 (MP1) weist eine geringfügige Z 1.1 Überschreitung bei den PAK von 5,59 mg/kg TS auf, der Mittelwert von 4,43 mg/kg TS hält den Grenzwert ein. Bei den Eluatwerten gab es eine Überschreitung beim Sulfat von 160 mg/l. Der Mittelwert von 143 mg/l hält den Grenzwert von 150 mg/l ein. Bei zwei Proben wurden erhöhte Kupfergehalte im Eluat nachgewiesen (zweimal je 120 mg/l). Auch der Mittelwert mit 85 mg/l liegt über dem Z 1.1 Grenzwert von 50 mg/l.

**Material 1 wurde deshalb als Z 1.2 Material eingestuft.**

Material 2 (MP 2) zeigt lediglich bei einem Ausreißer EOX von 11 mg/kg. Bei gleichem Inputstrom wie Material 1 wurde dieser Wert als Ausreißer nicht berücksichtigt. Alle anderen Messwerte halten die Grenzwerte Z 1.1 ein.

**Die Einstufung des Materials 2 erfolgte als Z 1.1 Material.**

Die Ergebnisse der Untersuchungen nach Mantelverordnung sind in Tab. 8 aufgelistet.

Lediglich bei einer Teilprobe liegt eine Überschreitung des RC-1 Grenzwertes für Sulfat (335 mg/l vor). Der Mittelwert liegt bei 172 mg/l.

**Einstufung beider Materialien als RC-1.**

## 4.3 Betrieb 3

Bei Betrieb 3 wurde ein Haufwerk Betonaufbruch und ein Haufwerk aufbereiteter Bauschutt beprobt. Tab. 9 zeigt die Ergebnisse nach LAGA.

Bei den Proben „Beton“ gab es lediglich eine Überschreitung Z 1.1 bei den PAK mit 6,21 mg/kg TS. Der Mittelwert hält mit 4,47 mg/kg TS den Grenzwert ein.

**Das Material „Beton“ ist als Z 1.1 Material einzustufen.**

Die Analysen von dem Material „**Bauschutt**“ weisen PAK-Gehalte im Bereich von Z 1.2 auf. Die erhöhten Sulfatgehalte (Mittelwert 447 mg/l, eine Probe > Z 2 mit 649 mg/l) **führen zu einer Einstufung als Z 2 Material.**

Die Ergebnisse nach Mantelverordnung sind in Tab.10 gelistet

Keine Überschreitungen bei dem **Material „Beton“, Einstufung als RC 1.**

Der Grenzwert für PAK von 10 mg/kg wird bei dem Material „Bauschutt“ bei einer Probe mit 11,4 mg/kg geringfügig überschritten. Der Mittelwert von 8,0 mg/kg hält den Grenzwert ein. **Die Überschreitungen RC 1 beim Sulfat führen zu einer Einstufung RC 3. Der bis zum 1.1.2020 vorge-sehene Übergangsgrenzwert RC 2 von 700 mg/l Sulfat wird von allen 3 Proben eingehalten.**

#### 4.4 Betrieb 4

Die Beprobung eines RC Materials sowie eines für den Einsatz als Frostschutzschicht vorgesehenen Materials ergab folgende Ergebnisse:

Lediglich bei dem Material „Frostschutz“ liegt eine Überschreitung der Z 1.1 Werte bei den Sulfatgehalten im Eluat mit 259 mg/l vor. Der Mittelwert von 124 mg/l hält den Grenzwert von 150 mg/l ein. **Beide Materialien sind als Z 1.1 Material einzustufen.**

Die Untersuchung nach Mantelverordnung ergab folgendes Bild:

Die Analytik ergab keine Überschreitung der Grenzwerte RC1.

**Einstufung beider Materialien als RC 1 Material.**

#### 4.5 Betrieb 5

Bei Betrieb 5 wurden ebenfalls ein RC sowie ein Frostschutzmaterial untersucht:

Ergebnisse nach LAGA:

Bei dem RC Material lag lediglich bei einer Probe der Kupfergehalt im Original mit 158 mg/kg TS über dem Zuordnungswert Z 1.1 von 100 mg/kg. Der Mittelwert hält mit 76 mg/kg TS den Zuordnungswert ein.

**Die Einstufung des Haufwerks ist als Z 1.1 Material vorzunehmen.**

Bei dem Material „Frostschutz“ gab es bei zwei Proben Überschreitungen der Z 1.1 Werte bei den PAK mit 8,82 mg/kg TS und 29,8 mg/kg TS. Der Mittelwert der drei Analysenwerte von 14,5 mg/kg TS bedingt eine Einstufung als Z 1.2 Material.

Bei zwei Proben wurden leichte Überschreitungen des Zuordnungswertes Z 1.1 für Nickel im Original von 100 mg/kg TS mit 108 bzw. 115 mg/kg TS bestimmt. Die Einstufung erfolgt hierdurch als Z 1.2, obwohl der Mittelwert von 99 mg/kg TS den Z 1.1 Grenzwert einhält.

**Das Material ist unter Z 1.2 einzustufen.**

Die Analysen nach Mantelverordnung ergaben folgende Ergebnisse:

Bei dem RC-Material gab es jeweils eine Überschreitung des RC 1 Grenzwertes für PAK im Original und im Eluat.

Die Mittelwerte halten die jeweiligen Grenzwerte ein.

**Einstufung als RC 1.**

Die erhöhten PAK-Gehalte des Haufwerks „Frostschutz“, die mit 15,8 mg/kg TS im Mittel sowie bei zwei Einzelproben den Grenzwert für RC-Materialien von 10 mg/kg TS überschreiten, **führen jedoch zu einer Einstufung zu > RC 3.**

Tab. 4: Ergebnisse LAGA Betrieb 1

Probe	RC-Bauschutt					RC-Beton				
	Einheit	Z1.1	Z1.2	Z2	1	2	3	1	2	3
KW C <sub>10</sub> -C <sub>22</sub>	mg/kg TS				<40	<40	<40	49	<40	52
KW C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>	mg/kg TS	300	500	1000	310	230	370	360	210	490
EOX	mg/kg TS	3	5	10	2	<1	<1	<1	<1	<1
PAK <sub>16</sub>	mg/kg TS	5(20)	15(30)	75(100)	4,2	1,95	6,85	3,68	12,7	3,45
TOC	% TS				0,4	0,2	0,5	0,6	0,4	0,4
Benzo(a)pyren	mg/kg TS				0,2	0,1	0,4	0,2	0,4	0,2
Arsen	mg/kg TS	30	50	150	8,2	9,4	11,9	11,9	11	9,1
Blei	mg/kg TS	200	300	1000	24	44	80	13	14	12
Cadmium	mg/kg TS	1	3	10	<0,2	<0,2	<0,2	0,2	<0,2	<0,2
Chrom	mg/kg TS	100	200	600	32	25	24	27	27	26
Kupfer	mg/kg TS	100	200	600	17	13	13	14	15	64
Nickel	mg/kg TS	100	200	600	20	17	20	25	21	20
Quecksilber	mg/kg TS	1	3	10	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Zink	mg/kg TS	300	500	1500	74	94	88	74	63	59
Eluat										
pH		7,0-12,5	7,0-12,5	7,0-12,5	11,4	11,3	11,6	12,1	12	12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	1500	2500	3000	1030	1640	1330	2200	2140	2110
Arsen	µg/l	10	40	50	1	<1	<1	<1	<1	<1
Blei	µg/l	40	100	100	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cadmium	µg/l	2	5	5	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Chrom gesamt	µg/l	30	75	100	<0,3	<0,3	<0,3	15	16	13
Kupfer	µg/l	50	150	200	5	9	6	15	16	16
Nickel	µg/l	50	100	100	1	2	<1	3	3	3
Quecksilber	µg/l	0,2	1	2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Zink	µg/l	100	300	400	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Chlorid	mg/l	20	40	150	4	7	5	9	9	10
Sulfat	mg/l	150	300	600	231	696	311	9	8	7
Antimon	µg/l				<10	<10	<10	<1	<1	<1
Phenolindex	µg/l	10	50	100	32	<10	<10	<10	<10	<10
Einstufung					Z1.2	>Z2	Z2	Z1.1	Z1.2	Z1.1

Tab. 5: Ergebnisse der Nachuntersuchung auf Sulfat

Probe RC-Bauschutt													
Parameter	Einheit	Z1.1	Z1.2	Z2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
KW C <sub>10</sub> -C <sub>22</sub>	mg/kg TS				<40	<40	<40						
KW C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>	mg/kg TS	300	500	1000	310	230	370						
EOX	mg/kg TS	3	5	10	2	<1	<1						
PAK <sub>16</sub>	mg/kg TS	5(20)	15(30)	75(100)	4,2	1,95	<b>6,85</b>						
TOC	% TS				0,4	0,2	0,5						
Benzo(a)pyren	mg/kg TS				0,2	0,1	0,4						
Arsen	mg/kg TS	30	50	150	8,2	9,4	11,9						
Blei	mg/kg TS	200	300	1000	24	44	80						
Cadmium	mg/kg TS	1	3	10	<0,2	<0,2	<0,2						
Chrom	mg/kg TS	100	200	600	32	25	24						
Kupfer	mg/kg TS	100	200	600	17	13	13						
Nickel	mg/kg TS	100	200	600	20	17	20						
Quecksilber	mg/kg TS	1	3	10	<0,06	<0,06	<0,06						
Zink	mg/kg TS	300	500	1500	74	94	88						
<b>Eluat</b>													
pH		7,0-12,5	7,0-12,5	7,0-12,5	11,4	11,3	11,6	11,1	11,3	11,2	11	11,4	11,2
el. Leitfähigkeit	µS/cm	1500	2500	3000	1030	<b>1640</b>	1330	1170	948	1020	1430	1230	1000
Arsen	µg/l	10	40	50	1	<1	<1						
Blei	µg/l	40	100	100	<1	<1	<1						
Cadmium	µg/l	2	5	5	<0,3	<0,3	<0,3						
Chrom gesamt	µg/l	30	75	100	<0,3	<0,3	<0,3						
Kupfer	µg/l	50	150	200	5	9	6						
Nickel	µg/l	50	100	100	1	2	<1						
Quecksilber	µg/l	0,2	1	2	<0,2	<0,2	<0,2						
Zink	µg/l	100	300	400	<10	<10	<10						
Chlorid	mg/l	20	40	150	4	7	5						
Sulfat	mg/l	150	300	600	<b>231</b>	<b>696</b>	<b>311</b>	<b>461</b>	<b>250</b>	<b>363</b>	<b>690</b>	<b>390</b>	<b>320</b>
Antimon	µg/l				<10	<10	<10						
Phenolindex	µg/l	<b>10</b>	50	100	<b>32</b>	<10	<10						
<b>Einstufung</b>					<b>Z1.2</b>	<b>&gt;Z2</b>	<b>Z2</b>	<b>Z2</b>	<b>Z1.2</b>	<b>Z2</b>	<b>&gt;Z2</b>	<b>Z2</b>	<b>Z2</b>

Tab 6: Ergebnisse Mantelverordnung Betrieb 1

Probe	RC-Bauschutt						RC-Beton		
	RC1	RC2	RC3	1	2	3	1	2	3
<b>Parameter</b>	<b>Einheit</b>								
PAK <sub>16</sub>	mg/kg TS	10	10	10	4,7	2,34	6,76	4,84	3,15
<b>Eluat</b>									
pH		6,0-13,0	6,0-13,0	6,0-13,0	11,3	11,4	11,4	12,1	12,1
el. Leitfähigkeit	µS/cm	2500	3200	10000	1330	1360	1230	2300	2390
PAK <sub>15</sub>	µg/l	6	12	20	<5,33	<3,92	<3,21	<2,37	<2,1
Chrom gesamt	µg/l	135	555	1000	15	18	17	16	16
Kupfer	µg/l	110	185	300	9	7	6	16	21
Vanadium	µg/l	130	990	1500	10	10	10	<10	<10
Sulfat	mg/l	220	300	3.500	<b>481</b>	<b>456</b>	<b>380</b>	8	7
Phenolindex	µg/l	100	100	100	31	<10	<10	<10	<10
<b>Einstufung</b>					<b>RC3</b>	<b>RC3</b>	<b>RC3</b>	<b>RC1</b>	<b>RC1</b>

Tab 7: Ergebnisse LAGA Betrieb 2

Probe	Frostschutz 1				Frostschutz 2		
	Z1.1	Z1.2	Z2	Einheit	1	2	3
Parameter	Z1.1	Z1.2	Z2	Einheit	1	2	3
KW C <sub>10</sub> -C <sub>22</sub>				mg/kg TS	45	48	<40
KW C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>	300	500	1000	mg/kg TS	520	630	400
EOX	3	5	10	mg/kg TS	<1	<1	<1
PAK <sub>16</sub>	5(20)	15(30)	75(100)	mg/kg TS	4,85	5,59	2,85
TOC				% TS	0,9	1	0,6
Benzo(a)pyren				mg/kg TS	0,5	0,4	1
Arsen	30	50	150	mg/kg TS	7,2	8,2	8,1
Blei	200	300	1000	mg/kg TS	24	23	25
Cadmium	1	3	10	mg/kg TS	<0,2	<0,2	<0,2
Chrom	100	200	600	mg/kg TS	23	30	28
Kupfer	100	200	600	mg/kg TS	15	16	12
Nickel	100	200	600	mg/kg TS	19	24	20
Quecksilber	1	3	10	mg/kg TS	<0,06	<0,06	<0,06
Zink	300	500	1500	mg/kg TS	66	64	53
Eluat							
pH	7,0-12,5	7,0-12,5	7,0-12,5		11,4	11,5	11,5
el. Leitfähigkeit	1500	2500	3000	µS/cm	1220	1290	1100
Arsen	10	40	50	µg/l	<1	<1	<1
Blei	40	100	100	µg/l	<1	<1	<1
Cadmium	2	5	5	µg/l	<0,3	<0,3	<0,3
Chrom gesamt	30	75	100	µg/l	15	22	20
Kupfer	50	150	200	µg/l	120	14	9
Nickel	50	100	100	µg/l	3	2	2
Quecksilber	0,2	1	2	µg/l	<0,2	<0,2	<0,2
Zink	100	300	400	µg/l	<10	<10	<10
Chlorid	20	40	150	mg/l	10	10	9
Sulfat	150	300	600	mg/l	125	160	144
Antimon				µg/l	<1	<1	<1
Phenolindex	10	50	100	µg/l	<10	<10	<10
Einstufung					Z1.2	Z1.2	Z1.2
					Z1.1	Z1.1	Z1.1
						>Z2	>Z2

Tab. 8: Ergebnisse Mantelverordnung Betrieb 2

Probe	Einheit	RC1			RC2			RC3			Frostschutz 1			Frostschutz 2		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Parameter	Einheit	RC1	RC2	RC3												
Parameter	Einheit	RC1	RC2	RC3												
PAK <sub>16</sub>	mg/kg TS	10	10	10				3,96	6,42	2,36				3,06	2,76	1,87
Eluat																
pH		6,0-13,0	6,0-13,0	6,0-13,0				11,4	11,6	11,5				11,5	11,4	11,3
el. Leitfähigkeit	µS/cm	2500	3200	10000				1050	1390	1000				938	883	1070
PAK <sub>15</sub>	µg/l	6	12	20				<1,99	<2,07	<1,78				<1,22	<2,1	<4,66
Chrom gesamt	µg/l	135	555	1000				19	21	16				21	13	22
Kupfer	µg/l	110	185	300				13	14	11				6	26	18
Vanadium	µg/l	130	990	1500				10	<10	<10				<10	10	10
Sulfat	mg/l	220	300	3.500				202	174	118				83	98	335
Phenolindex	µg/l	100	100	100				<10	<10	<10				<10	<10	<10
	mg/kg TS	300	500	1500				66	64	53				70	70	79
Einstufung								RC1	RC1	RC1				RC1	RC1	RC1

Tab 9: Ergebnisse LAGA Betrieb 3

Probe	Parameter	Einheit	Beton				Bauschutt					
			Z1.1	Z1.2	Z2	1	2	3	1	2	3	
	KW C <sub>10</sub> -C <sub>22</sub>	mg/kg TS				<40	<40	<40	<40	42	<40	<40
	KW C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>	mg/kg TS	300	500	1000	94	65	91	210	250	240	240
	EOX	mg/kg TS	3	5	10	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	PAK <sub>16</sub>	mg/kg TS	5(20)	15(30)	75(100)	4,87	2,33	6,21	11,2	7,07	6,25	6,25
	TOC	% TS				0,2	0,1	0,2	0,4	0,3	0,4	0,4
	Benzo(a)pyren	mg/kg TS				0,5	0,2	0,5	0,8	0,5	0,5	0,5
	Arsen	mg/kg TS	30	50	150	9,5	7,9	11,7	9,2	8,4	9,1	9,1
	Blei	mg/kg TS	200	300	1000	11	9	10	18	13	28	28
	Cadmium	mg/kg TS	1	3	10	<0,2	<0,2	<0,2	0,2	<0,2	<0,2	<0,2
	Chrom	mg/kg TS	100	200	600	10	16	17	18	19	18	18
	Kupfer	mg/kg TS	100	200	600	7	7	7	8	7	8	8
	Nickel	mg/kg TS	100	200	600	113	12	11	13	15	12	12
	Quecksilber	mg/kg TS	1	3	10	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
	Zink	mg/kg TS	300	500	1500	45	41	62	140	64	61	61
	Eluat											
	pH		7,0-12,5	7,0-12,5	7,0-12,5	11,8	11,8	11,7	11,8	11,8	11,8	11,8
	el. Leitfähigkeit	µS/cm	1500	2500	3000	1160	1270	917	1160	1270	917	917
	Arsen	µg/l	10	40	50	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Blei	µg/l	40	100	100	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Cadmium	µg/l	2	5	5	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
	Chrom gesamt	µg/l	30	75	100	10	11	8	17	9	9	9
	Kupfer	µg/l	50	150	200	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Nickel	µg/l	50	100	100	1	1	<1	<1	<1	<1	<1
	Quecksilber	µg/l	0,2	1	2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
	Zink	µg/l	100	300	400	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	Chlorid	mg/l	20	40	150	4	4	4	5	5	4	4
	Sulfat	mg/l	150	300	600	22	18	30	649	315	376	376
	Antimon	µg/l				1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Phenolindex	µg/l	10	50	100	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	Einstufung					Z1.1	Z1.1	Z1.2	>Z2	Z2	Z2	Z2

Tab. 10: Ergebnisse Mantelverordnung Betrieb 3

Probe	Beton						Bauschutt			
	RC1	RC2	RC3	1	2	3	1	2	3	
<b>Parameter</b>	<b>Einheit</b>	<b>RC1</b>	<b>RC2</b>	<b>RC3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
PAK <sub>16</sub>	mg/kg TS	10	10	10	3,69	2,17	6,82	11,4	6,06	6,58
<b>Eluat</b>										
pH		6,0-13,0	6,0-13,0	6,0-13,0	11,7	11,7	11,4	11,1	11,2	11
e.l. Leitfähigkeit	µS/cm	2500	3200	10000	1240	1270	499	1390	1190	1140
PAK <sub>15</sub>	µg/l	6	12	20	<2,11	<2,92	<2,47	<1,02	<5,04	<1,3
Chrom gesamt	µg/l	135	555	1000	9	12	8	13	13	9
Kupfer	µg/l	110	185	300	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Vanadium	µg/l	130	990	1500	<10	<10	<10	20	10	20
Sulfat	mg/l	220	300	3.500	19	19	30	624	423	448
Phenolindex	µg/l	100	100	100	<10	<10	<10	<10	<10	<10
<b>Einstufung</b>					<b>RC1</b>	<b>RC1</b>	<b>RC1</b>	<b>RC3</b>	<b>RC3</b>	<b>RC3</b>

Tab. 11: Ergebnisse LAGA Betrieb 4

Probe	RC						Frostschutz		
	Z1.1	Z1.2	Z2	1	2	3	1	2	3
Parameter	Einheit								
KW C <sub>10</sub> -C <sub>22</sub>	mg/kg TS				<40	<40	<40	<40	<40
KW C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>	mg/kg TS	300	500	1000	110	55	92	340 (BT)	440 (BT)
EOX	mg/kg TS	3	5	10	<1	<1	<1	<1	<1
PAK <sub>16</sub>	mg/kg TS	5(20)	15(30)	75(100)	2,25	1,02	2,07	2,46	1,25
TOC	% TS				0,1	0,3	0,6	0,6	0,4
Benzo(a)pyren	mg/kg TS				0,2	0,09	0,2	0,2	0,08
Arsen	mg/kg TS	30	50	150	10,9	7,5	6,6	7,8	7,2
Blei	mg/kg TS	200	300	1000	100	28	42	17	14
Cadmium	mg/kg TS	1	3	10	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Chrom	mg/kg TS	100	200	600	23	28	26	24	23
Kupfer	mg/kg TS	100	200	600	9	11	10	10	8
Nickel	mg/kg TS	100	200	600	16	22	23	20	18
Quecksilber	mg/kg TS	1	3	10	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Zink	mg/kg TS	300	500	1500	65	57	102	60	37
Eluat									
pH		7,0-12,5	7,0-12,5	7,0-12,5	11,6	11,3	11,4	11,6	11,3
el. Leitfähigkeit	µS/cm	1500	2500	3000	1190	837	825	1180	940
Arsen	µg/l	10	40	50	<1	2	1	<1	<1
Blei	µg/l	40	100	100	<1	<1	<1	<1	<1
Cadmium	µg/l	2	5	5	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Chrom gesamt	µg/l	30	75	100	20	21	23	17	19
Kupfer	µg/l	50	150	200	6	7	8	7	7
Nickel	µg/l	50	100	100	2	<1	<1	1	<1
Quecksilber	µg/l	0,2	1	2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Zink	µg/l	100	300	400	<10	<10	<10	<10	<10
Chlorid	mg/l	20	40	150	13	15	15	14	9
Sulfat	mg/l	150	300	600	86	145	125	57	259
Antimon	µg/l				<1	<1	<1	<1	<1
Phenolindex	µg/l	10	50	100	<10	<10	<10	<10	<10
Einstufung					Z1.1	Z1.1	Z1.1	Z1.1	Z1.1

Tab. 12: Ergebnisse Mantelverordnung Betrieb 4

Probe	RC						Frostschutz			
	Einheit	RC1	RC2	RC3	1	2	3	1	2	3
PAK <sub>16</sub>	mg/kg TS	10	10	10	4,19	1,13	1,95	1,15	1,92	2,47
Eluat										
pH		6,0-13,0	6,0-13,0	6,0-13,0	11,3	11,2	11,4	11,6	11,5	11,7
el. Leitfähigkeit	µS/cm	2500	3200	10000	792	824	970	1160	902	1240
PAK <sub>15</sub>	µg/l	6	12	20	<1,13	<5,76	<1,1	<0,952	<1,42	<1,27
Chrom gesamt	µg/l	135	555	1000	21	20	29	18	18	21
Kupfer	µg/l	110	185	300	8	7	6	7	5	8
Vanadium	µg/l	130	990	1500	2	2	1	<10	<10	<10
Sulfat	mg/l	220	300	3.500	153	138	125	58	197	51
Phenolindex	µg/l	100	100	100	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Einstufung					RC1	RC1	RC1	RC1	RC1	RC1

Tab. 13: Ergebnisse LAGA Betrieb 5

Probe	RC						Frostschutz			
	Z1.1	Z1.2	Z2	1	2	3	1	2	3	
Parameter	Einheit									
KW C <sub>10</sub> -C <sub>22</sub>	mg/kg TS				<40		<40	<40	<40	<40
KW C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>	mg/kg TS	300	500	1000	130	180	120	370	230	540
EOX	mg/kg TS	3	5	10	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PAK <sub>16</sub>	mg/kg TS	5(20)	15(30)	75(100)	4,96	2,9	1,83	8,82	29,8	4,99
TOC	% TS									
Benzo(a)pyren	mg/kg TS									
Arsen	mg/kg TS	30	50	150	6,3	7,3	9,1	3,4	2,9	2,6
Blei	mg/kg TS	200	300	1000	37	56	274	16	7	11
Cadmium	mg/kg TS	1	3	10	<0,2	<0,2	0,3	0,3	<0,2	<0,2
Chrom	mg/kg TS	100	200	600	31	25	35	61	94	94
Kupfer	mg/kg TS	100	200	600	40	30	158	31	44	42
Nickel	mg/kg TS	100	200	600	37	32	45	73	108	115
Quecksilber	mg/kg TS	1	3	10	0,07	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Zink	mg/kg TS	300	500	1500	81	221	129	100	70	87
Eluat										
pH		7,0-12,5	7,0-12,5	7,0-12,5	11,1	11,2	11,1	10,6	10,5	11,2
el. Leitfähigkeit	µS/cm	1500	2500	3000	672	625	649	168	154	396
Arsen	µg/l	10	40	50	3	3	2	4	4	2
Blei	µg/l	40	100	100	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cadmium	µg/l	2	5	5	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Chrom gesamt	µg/l	30	75	100	10	17	9	1	1	3
Kupfer	µg/l	50	150	200	8	7	8	<5	<5	8
Nickel	µg/l	50	100	100	1	1	1	<1	<1	<1
Quecksilber	µg/l	0,2	1	2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Zink	µg/l	100	300	400	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Chlorid	mg/l	20	40	150	13	9	9	1	1	2
Sulfat	mg/l	150	300	600	84	106	97	19	12	17
Antimon	µg/l				1	1	1	2	2	1
Phenolindex	µg/l	10	50	100	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Einstufung					Z1.1	Z1.1	Z1.2	Z1.2	Z2	Z1.2

Tab. 14: Ergebnisse Mantelverordnung Betrieb 5

Probe	Parameter	Einheit	RC			Frostschutz					
			RC1	RC2	RC3	1	2	3			
	PAK <sub>16</sub>	mg/kg TS	10	10	10	15,7	2,26	2,04	9,56	18,7	19,4
	<b>Eluat</b>										
	pH		6,0-13,0	6,0-13,0	6,0-13,0	11,2	11,5	11,1	10,5	10,4	11,1
	el. Leitfähigkeit	µS/cm	2500	3200	10000	691	780	623	166	154	374
	PAK <sub>15</sub>	µg/l	6	12	20	0,612	<b>7,23</b>	0,568	1,74	0,986	0,904
	Chrom gesamt	µg/l	135	555	1000	11	11	8	1	1	3
	Kupfer	µg/l	110	185	300	9	7	9	<5	<5	9
	Vanadium	µg/l	130	990	1500	20	10	20	10	10	10
	Sulfat	mg/l	220	300	3.500	104	72	94	15	14	18
	Phenolindex	µg/l	100	100	100	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	<b>Einstufung</b>					<b>RC3</b>	<b>RC2</b>	<b>RC1</b>	<b>RC1</b>	<b>&gt;RC3</b>	<b>&gt;RC3</b>

## 5. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Bei dem Projekt wurden jeweils zwei gütegesicherte RC-Baustoffe von fünf Recyclingbetrieben nach LAGA PN 98 beprobt und die Proben auf ihren Schadstoffgehalt untersucht. Die unter Kapitel 1. Aufgabenstellung und Zielsetzung genannten Fragestellungen werden in diesem Kapitel diskutiert.

### 5.1 Aufwand bei der Probenahme nach LAGA PN 98

Bei den Baustoffrecyclingbetrieben werden die aufbereiteten RC-Materialien in Haufwerken zum Abtransport gelagert, die eine beträchtliche Größe von über 1000 m<sup>3</sup> aufweisen können. Die Beprobung nach LAGA PN 98 fordert hierfür eine hohe Anzahl von Einzelproben die grundsätzlich im Verhältnis 4/1 zu Mischproben vereint werden. Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden Haufwerke von ca. 500 m<sup>3</sup> beprobt oder Bereiche von 500 m<sup>3</sup> bei größeren Haufwerken abgeteilt. Nach LAGA PN 98 sind 36 Einzelproben zu entnehmen, die zu neun Mischproben (entsprechen neun Laborproben) zu vereinen sind. Die Haufwerke sind beim Erzeuger i.d.R. auf befestigter Fläche gelagert. Mittels Radlader konnten die Haufwerke problemlos geöffnet und die Probenahmepunkte - gleichmäßig über das gesamte Haufwerk verteilt - festgelegt werden. Wie unter Kapitel 2 erläutert, betrug der Zeitaufwand für die Beprobung mit Probenehmer + Assistent ca. 1,5 Stunden/Haufwerk und ist vergleichbar mit dem Aufwand der qualifizierten Probenahme an einer Grundwassermessstelle. Die Probenahme erfüllte ebenfalls alle Vorgaben der in der Mantelverordnung vorgegebenen DIN EN 932 - 1. Da der Fokus der DIN EN 932 - 1 eher auf der boden- bzw. baumechanischen Eignung (Kornverteilung etc.) der RC-Materialien liegt, sollte für die Beurteilung der Schadstoffbelastung die Beprobung nach LAGA PN 98 durchgeführt werden.

Dieser Aufwand erscheint in Hinblick auf eine korrekte Probenahme durchaus zumutbar.

Lediglich der Probentransport kann bei 18 Proben mit einem Volumen von jeweils 10 Litern und einem Gesamtgewicht von über 300 kg zu einem Problem (Zuladung PKW) werden.

### 5.2 Reduzierung der Probenanzahl – Checkliste „Probenahmeprotokoll“ des LUWG

Unter Punkt 6 der Checkliste „Probenahmeprotokoll“ des LUWG (7) kann die Anzahl der Laborproben bei offensichtlich homogenen Haufwerken auf zwei Laborproben aus jeweils 18 Einzelproben reduziert werden. Die offensichtliche Homogenität der Haufwerke war in allen Fällen gegeben. Bei der hier angewendeten Probenahmestrategie wurden ebenfalls 36 Einzelproben genommen, die zu neun Laborproben vereint wurden. Bei Betrieb 1 wurden aufgrund der unterschiedlichen Sulfatgehalte exemplarisch alle neun Laborproben untersucht. Der Mittelwert aller neun Proben von 412 mg/l ist fast mit dem der ersten ausgewählten drei Proben identisch (413 mg/l). Die Maxi- und Minimalgehalte bewegen sich ebenfalls in vergleichbaren Größenordnungen (siehe Tab. 4).

Es ist davon auszugehen, dass bei Probenahme nach der „Checkliste LUWG“ mit geringerer Probenanzahl (2 Analyseproben aus jeweils 18 Einzelproben) vergleichbare, aussagekräftige Ergebnisse erzielt werden. Differieren die beiden Ergebnisse so stark, dass dies zur Einstufung in verschiedene Einbauklassen führt, muss eine Nachbeprobung nach Checkliste (1 Analysenprobe aus 18 Einzelproben) vorgenommen werden. Die Einstufung kann dann analog der hier gewählten Vorgaben erfolgen.

### 5.3 Zuordnung der Baustoffe zu den Einbauklassen nach LAGA

Es liegen die Ergebnisse von jeweils zwei gütegesicherten RC-Materialien aus fünf Recyclingbetrieben vor. Die Einstufung der Haufwerke wurde aus den Ergebnissen der drei Analyseproben/Haufwerk vorgenommen (siehe Kapitel 4).

**Fünf Materialien erfüllen die Kriterien nach LAGA Z 1.1, drei Haufwerke sind LAGA Z 1.2 zuzuordnen und zwei RC-Baustoffe liegen im Bereich LAGA Z 2. Kein Material lag über den Zuordnungswerten LAGA Z 2.**

Als einstufigsrelevant erwiesen sich wie erwartet die Parameter PAK und Sulfat. Bei einem Haufwerk lagen die PAK im Mittel bei 14,5 mg/kg TS, was die Einstufung als LAGA Z 1.2 Material ergibt. Erhöhte Sulfatgehalte führten in zwei Fällen zu einer Einstufung zu LAGA Z 2. In einem Fall führte die Überschreitung des Z 1.1 Grenzwertes für Kupfer im Eluat, in einem anderen die Überschreitung für Nickel im Original zu einer Einstufung als Z 1.2 Material.

**Durch eine konsequentere Eingangskontrolle (Aussortieren von gips- bzw. teerhaltigen Materialien, eventuell Metallanteile) können die Materialqualitäten in Richtung Einhaltung der LAGA Z 1.1 Kriterien verbessert werden.**

### 5.4 Zuordnung der Baustoffe nach Mantelverordnung

Die Zuordnung nach Mantelverordnung ergibt folgendes Bild:

**Sieben Materialien entsprechen den Kriterien RC 1, zwei RC 3 und ein Baustoff lag über den Grenzwerten RC 3.**

Auch hier sind als kritische Parameter Sulfat und PAK zu nennen. **Bei beiden RC 3 Materialien erfolgte die Zuordnung aufgrund erhöhter Sulfatgehalte; der bis 31.12.2019 geltende Grenzwert für RC 2 wird in beiden Fällen eingehalten.** Ein Baustoff lag mit 15 mg/kg TS PAK im Mittel über dem für alle RC-Materialien geltenden Grenzwert von 10 mg/kg TS und wurde deshalb > RC 3 eingestuft.

**Auch für den Fall des Inkrafttretens der Mantelverordnung sollte die Eingangskontrolle in Hinblick auf gips- und teerhaltige Materialien noch verbessert werden.**

### 5.5 Parameter Vanadium nach Mantelverordnung

Für die Vanadiumgehalte im Eluat sind in der Mantelverordnung im Gegensatz zur LAGA M 20 Grenzwerte für die Zuordnung festgelegt: 130 µg/l für RC1, 990 µg/l für RC 2 und 1500 µg/l für RC 3. Die nachgewiesenen Mengen bewegten sich im Rahmen von 10 – 20 µg/l oder blieben unter der Bestimmungsgrenze.

**Der Parameter Vanadium ist zumindest für die untersuchten gütegesicherten RC-Materialien unproblematisch.**

### 5.6 Vergleich LAGA – Mantelverordnung

Die fünf als LAGA Z 1.1 Material eingestuften Haufwerke halten bei den Untersuchungen nach Mantelverordnung ebenfalls die Grenzwerte für RC 1 Material ein. Ein unter LAGA als Z 1.2 eingestuftes Baustoff (erhöhte Kupfergehalte > 50 µg/l im Eluat) erfüllt die unter anderen Vorgaben für die

Eluatherstellung geforderten RC 1 Kriterien (Kupfergehalt im Eluat < 110 µg/l). Der zweite LAGA Z 1.2 Baustoff erfüllt aufgrund seines PAK-Gehaltes von ca. 15 mg/kg TS nicht mehr die strengen PAK-Grenzwerte nach Mantelverordnung (10 mg/kg TS für alle RC-Materialien) und ist somit als > RC 3 einzustufen. Der dritte Z 1.2 Baustoff genügt aufgrund des PAK-Gehaltes nicht mehr den Z 1.1 Anforderungen < 5 mg/kg TS, hält aber den RC 1 Wert von 10 mg/kg TS ein. Die zwei LAGA Z2 Haufwerke werden nach Mantelverordnung unter RC 3 eingestuft.

**Bei den durchgeführten Untersuchungen zeigte sich eine gute Übereinstimmung LAGA Z1.1 – RC1 und LAGA Z2 – RC 3. Die drei LAGA Z 1.2 Baustoffe wurden in zwei Fällen unter RC 1, in einem unter > RC 3 eingestuft (s.o.).**

Bei den Eluatwerten fällt auf, dass vergleichbare pH-Werte, Leitfähigkeiten und Sulfatgehalte trotz unterschiedlicher Elutionsverfahren erhalten werden.

Auf die Einhaltung des Grenzwertes für PAK von 10 mg/kg TS bei der Mantelverordnung muss verstärkt geachtet werden. Waren nach LAGA 15 mg/kg TS für Z 1.2 bzw. 75 mg/kg für Z 2 Material zulässig, können nach Mantelverordnung Baustoffe mit PAK-Gehalten > 10 mg/kg nicht mehr als RC-Materialien eingesetzt werden.

**Die Einhaltung des PAK-Grenzwertes von 10 mg/kg TS nach Mantelverordnung ist möglich. Nur ein untersuchter Baustoff erfüllte mit ca. 15 mg/kg TS PAK nicht dieses Kriterium.**

Ähnliches gilt für die Sulfatproblematik: Beide Z 2 Materialien fielen bei der Einstufung nach Mantelverordnung unter RC 3. In diesen Fällen kann durch konsequente Kontrolle des Inputmaterials die Qualität in Richtung Z 1.1 bzw. RC 1 verbessert werden.

Die Eluatherstellung per Säuleneluat nach Mantelverordnung ist aufwendiger als das Schüttelverfahren nach LAGA. Da der Parameterumfang nach Mantelverordnung jedoch wesentlich kleiner ist (Wegfall der Feststoffparameter bis auf PAK) waren bei diesem Projekt die Kosten für die Gesamtanalytik (Probenahme, Probenaufbereitung und Analytik) nach Mantelverordnung geringer als die nach LAGA.

## 5.7 Deponierung der Materialien

Der gewählte Parameterumfang deckt die wesentlichen Parameter für eine Deponierung ab. Aufgrund der geringen TOC-Gehalte kann auf eine Bestimmung der Parameter lipophile Stoffe und DOC verzichtet werden. Mit erhöhten Barium-, Selen-, Molybdän-, Fluorid- sowie Cyanidgehalten dürfte herkunftsbedingt in für DK-I bzw. DK-II relevanten Größenordnungen nicht zu rechnen sein. Die Grenzwerte für eine Deponierung der Stoffe auf einer DK-I bzw. DK II – Deponie wurden von allen untersuchten Haufwerken eingehalten.

**Die Deponierung aller untersuchter Materialien auf DK- I bzw. DK II Deponien wäre möglich, sollte aber im Hinblick auf den Ressourcenschutz nicht gewählt werden.**

## LITERATUR

1. LAGA-Richtlinie PN 98 (2003) „Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen – Grundregeln für die Entnahme von Proben aus festen und stichfesten Abfällen sowie abgelagerten Materialien“, Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA). Erich Schmidt Verlag, Berlin.
2. LAGA Mitteilung 20 (2003) „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln“, Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA). Erich Schmidt-Verlag, Berlin.
3. Im Internet unter: <http://www.luwg.rlp.de/Aufgaben/Abfallwirtschaft,-Bodenschutz,-Stoffstrommanagement/Stoffstrommanagement/Bauabfaelle/>
4. Verordnung zur Festlegung von Anforderungen für das Einbringen und das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser, an den Einbau von Ersatzbaustoffen und für die Verwendung von Boden und bodenähnlichem Material, Arbeitsentwurf vom 06.01.2011, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Berlin.
5. DIN 38414-4: 10.84 Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Schlamm und Sedimente (Gruppe S), Bestimmung der Eluierbarkeit mit Wasser (S 4).
6. DIN 19528 Elution von Feststoffen – Perkulationsverfahren zur gemeinsamen Untersuchung des Elutionsverhaltens von anorganischen und organischen Stoffen, Juli 2008
7. Probenahmeprotokoll, Checkliste, LUWG 2009, im Internet im Downloadbereich des LUWG unter [www.luwg.rlp.de](http://www.luwg.rlp.de)
8. Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) vom 27. April 2009 (BGBl. I Nr. 22, S 900) zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 28 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212)