



1 Veranlassung

Zum 01.06.2005 wird die „Thermische Restabfallbehandlungs - und Energieverwertungsanlage (kurz: TREA) Breisgau“ den Regelbetrieb aufnehmen. In dieser Anlage sollen die Restabfälle der Gesellschaft Abfallwirtschaft Breisgau (GAB), vertreten durch die Körperschaften Stadt Freiburg, Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald und den Zweckverband Abfallbehandlung Kahlenberg (ZAK), entsorgt und verwertet werden.

Der Auftrag für die Planung, den Bau und den Betrieb der TREA wurde von der GAB an die SOTEC GmbH vergeben.

Bei der Verbrennung von Restabfall in der TREA fallen inerte Rückstände in Form von sogenannter Rohschlacke an. Laut Vertrag mit der SOTEC GmbH hat die GAB die Möglichkeit, diese Rohschlacke gegen entsprechende Vergütung wieder zurückzunehmen und in eigener Regie zu verwerten.

Mit der Inbetriebnahme der Anlage ist ab Ende 2004 / Anfang 2005 zu rechnen. Ab diesem Zeitpunkt wird Rohschlacke anfallen.

Die Umwelttechnik Bojahr (UTB) wurde von der GAB beauftragt, im Rahmen einer Machbarkeitsstudie die Aufbereitung und die regionale Verwertung als Deponiebaustoff der Rohschlacke aus der TREA Breisgau zu untersuchen. In dieser Studie soll untersucht werden, wie und unter welchen Bedingungen eine Verwertung der anfallende Rohschlacke nach einer entsprechenden Aufbereitung auf den umliegenden Deponie technisch und rechtlich möglich und wirtschaftlich sinnvoll ist.



2 Randdaten

2.1 Örtliche Lage der TREA und der umliegenden Deponien

Der Standort der TREA liegt in einer Entfernung von ca. 15 km bis maximal 90 km Fahrweg zu den umliegenden Deponien Titisee-Neustadt, Neuenburg, Merdingen (alle Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald), Eichelbuck (Stadt Freiburg), Vulkan (Ortenaukreis) und Kahlenberg (Landkreis Emmendingen).

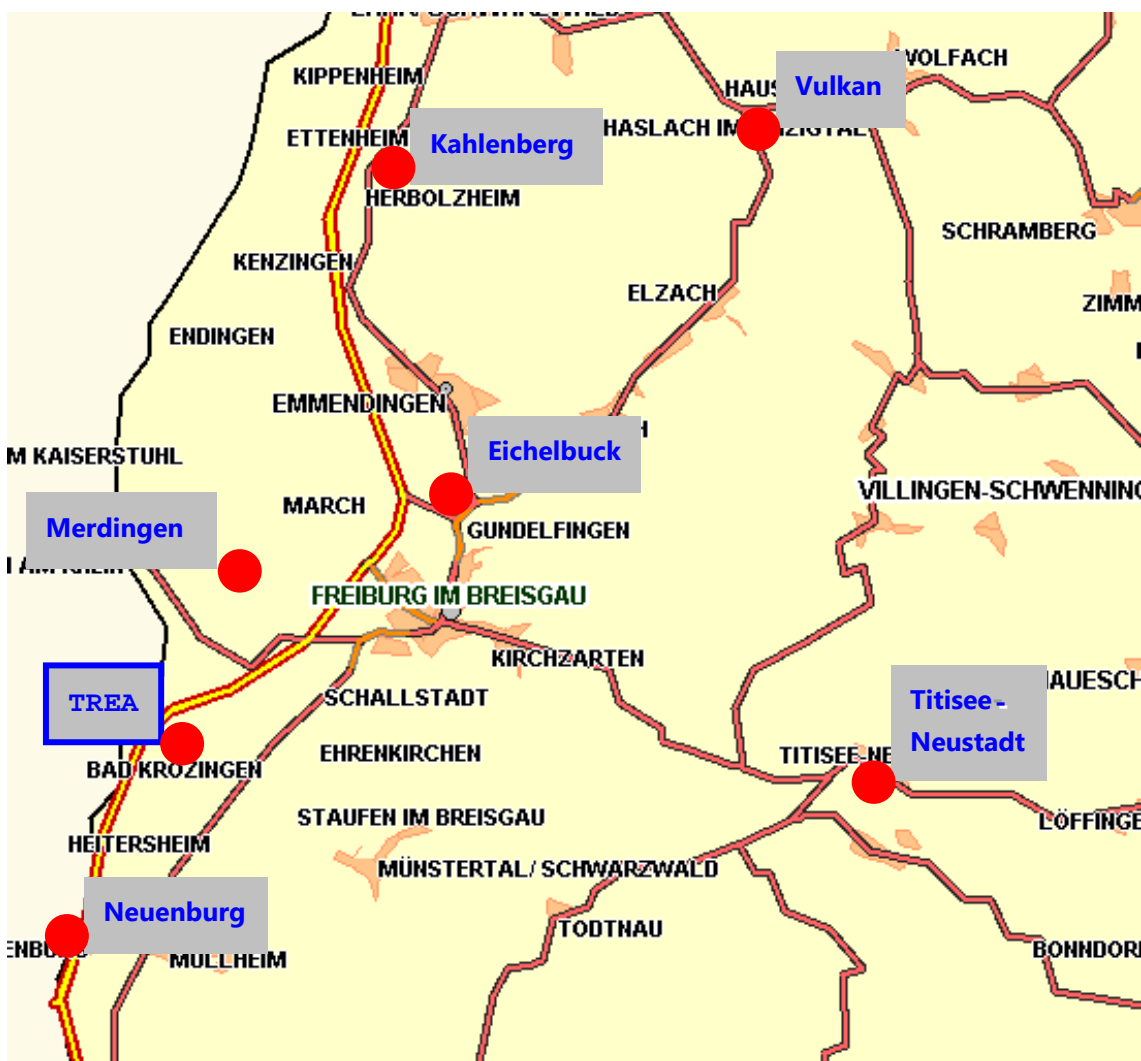


Abb. 1: Örtliche Lage der TREA und der umliegenden Deponien [1]



2.2 TREA Breisgau

Die TREA Breisgau ist auf einem ca. 4 ha großen Grundstück im Gewerbepark Breisgau geplant. Der Gewerbepark liegt ca. 25 km südlich der Stadt Freiburg auf dem Gelände des ehemaligen NATO-Flugplatzes Bremgarten.

Bei der Thermischen Restabfallbehandlungs- und Energieverwertungsanlage TREA Breisgau handelt es sich um eine einlinige Rostfeuerungsanlage zur thermischen Behandlung von Abfällen.

Als Brennstoffe sind Hausmüll, Sperrmüll, hausmüllähnlicher Gewerbeabfall, Gewerbeabfälle sowie in geringem Maße auch Klärschlamm vorgesehen. Die bei der Verbrennung frei werdende Energie wird zur Dampferzeugung genutzt. Mittels Kraft-Wärme-Kopplung in einer Turbine mit Generator kann sowohl Strom zur Einspeisung in das Netz als auch Prozeß- und Fernwärme erzeugt werden.

Die Anlage ist ausgelegt auf einen Durchsatz von 20 to Abfall pro Stunde, bzw. einem Jahresdurchsatz von 150.000 to Abfall.

In der TREA fallen ca. 30 Gew.% bzw. 10 Vol.% des zu verbrennenden Abfalls als Rohschlacke an. Dies entspricht einem Schlackeanfall von ca. 6,0 to/h bzw. 45.000 to/a.

Am Ende des Feuerungsrostes wird die Rohschlacke mittels eines wassergefüllten Plattenbandentschlackers abgekühlt und in einen Schlackebunker gefördert. Das Volumen dieses Bunkers von ca. 800 m³ ist ausreichend für eine Zwischenlagerung der Rohschlacke von mindestens 5 Tagen. [2]



2.3 Umliegende Deponien

Im folgenden sollen die Besonderheiten der umliegenden Deponien im Gebiet der GAB kurz erläutert werden.

2.3.1 Deponie Neuenburg

Betreiber:	Abfallwirtschaft Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald ALB
Lage:	zwischen Rhein und der Autobahn A5 südlich der Autobahnausfahrt A5
Betriebszustand:	geschlossen seit Ende 1996; befindet sich in der Übergangsphase zwischen Deponiebetrieb und Nachsorgephase (Stilllegungsphase)
Deponiegröße:	ca. 12 ha
Ablagerungsvolumen:	ca. 1,25 Mio. m ³
TASi-Klassifizierung:	Deponieklasse II; Hausmülldeponie
Entfernung zur TREA:	ca. 15 km

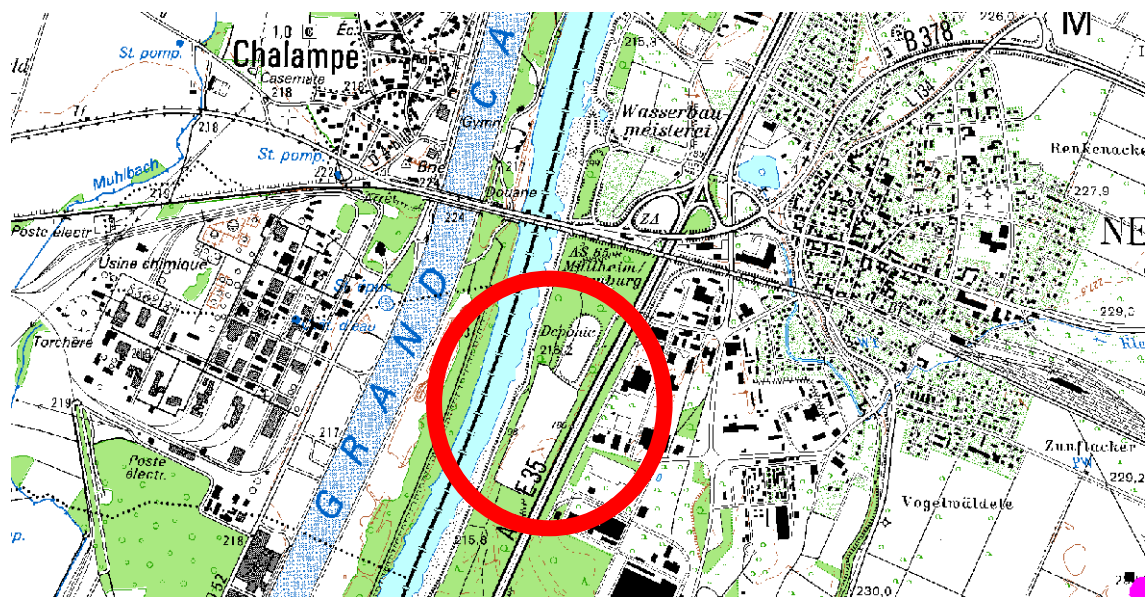


Abb. 2: Lageplan Deponie Neuenburg [3]



2.3.2 Deponie Merdingen

Betreiber:	Abfallwirtschaft Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald ALB
Lage:	innerhalb des Steinbruchs der Fa. Kalkwerke Mathis GmbH + Co, östlich der Kreisstraße K 4931
Betriebszustand:	offen, wird über das Jahr 2005 hinaus bis mindestens 2008 weiter betrieben
Deponiegröße:	ca. 3,5 ha
Ablagerungsvolumen:	ca. 345.000. m ³
TASi-Klassifizierung:	Deponieklasse I; Baurestoffdeponie
Entfernung zur TREA:	ca. 15 km

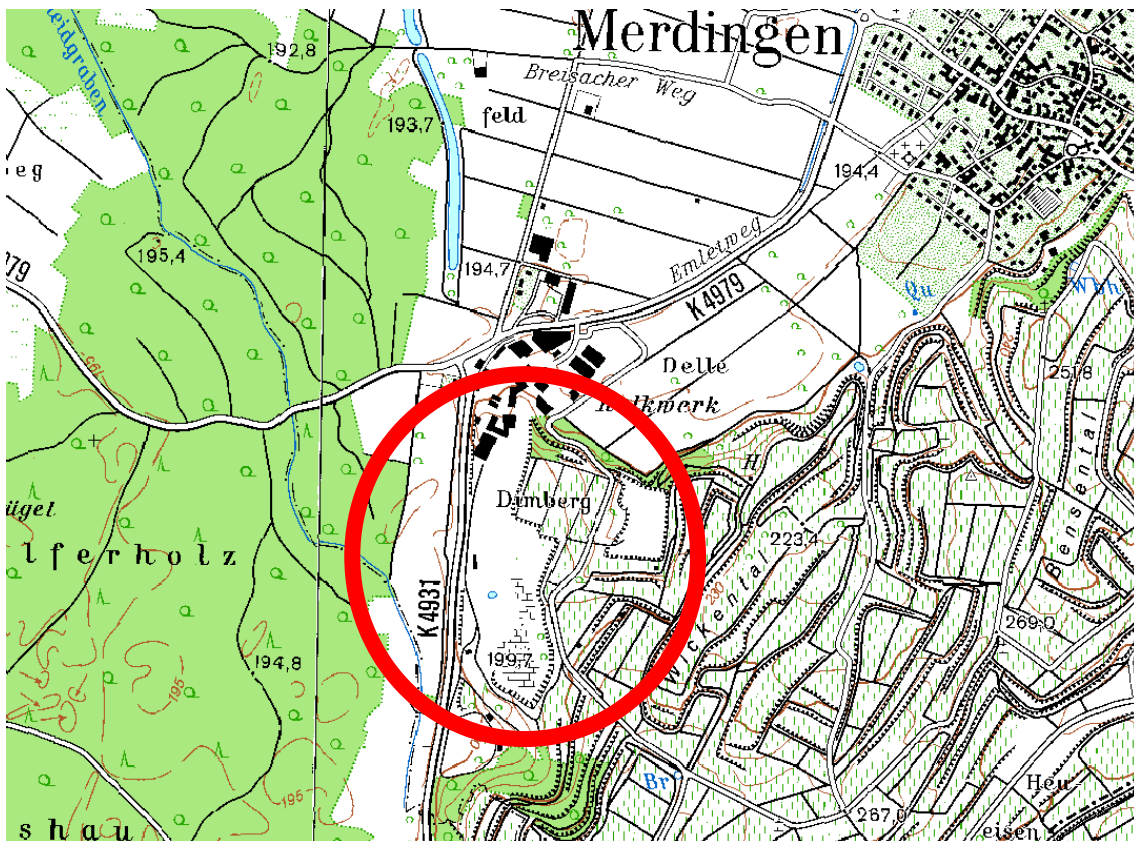


Abb. 3: Lageplan Deponie Merdingen [3]



2.3.3 Deponie Titisee-Neustadt

Betreiber:	Abfallwirtschaft Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald ALB
Lage:	Hangdeponie in bewaldeten Seitental östlich von Neustadt unterhalb der B31
Betriebszustand:	offen; wird ab 2005 geschlossen
Größe:	ca. 10 ha
Ablagerungsvolumen:	ca. 1.018.000 m ³
TASi-Klassifizierung:	Deponieklasse II; Hausmülldeponie
Entfernung zur TREA:	ca. 55 km

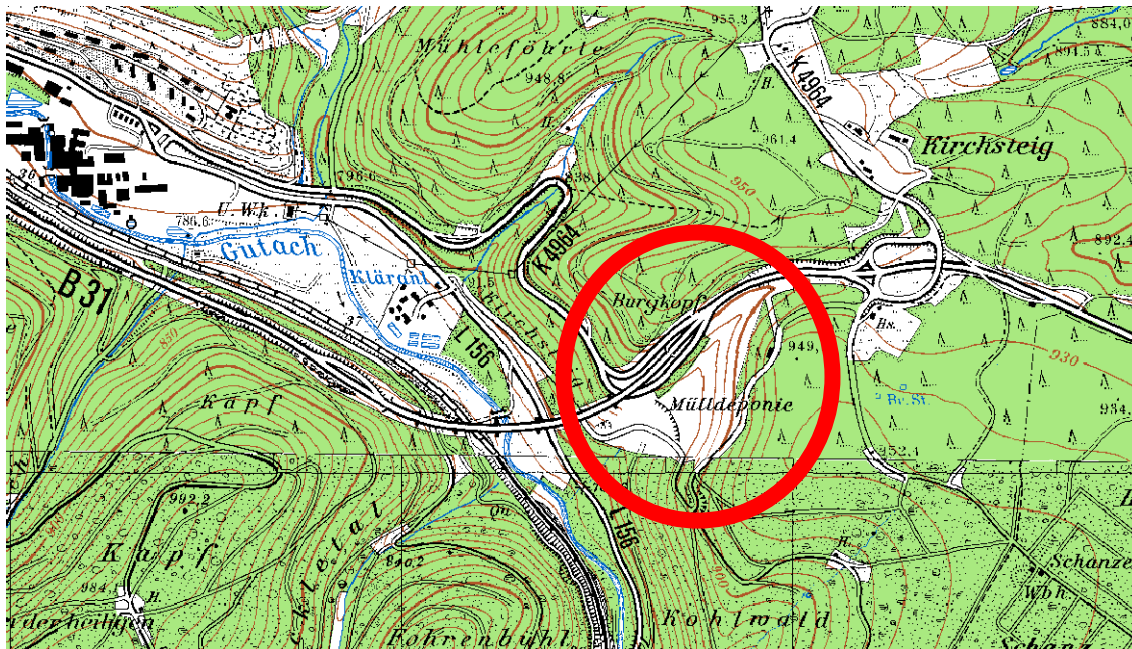


Abb. 4: Lageplan Deponie Titisee-Neustadt [3]



2.3.4 Deponie Eichelbuck

Betreiber:	Stadt Freiburg ASF
Lage:	Haldendeponie; 2 km südöstlich der Anschlußstelle Freiburg- Nord der Autobahn A5 auf der Gemarkung der Stadt Freiburg im Mooswald
Betriebszustand:	offen; soll ab 2005 geschlossen werden
TASi-Klassifizierung:	Deponieklasse II; Hausmülldeponie und Baureststoffdeponie
Entfernung zur TREA:	ca. 30 km

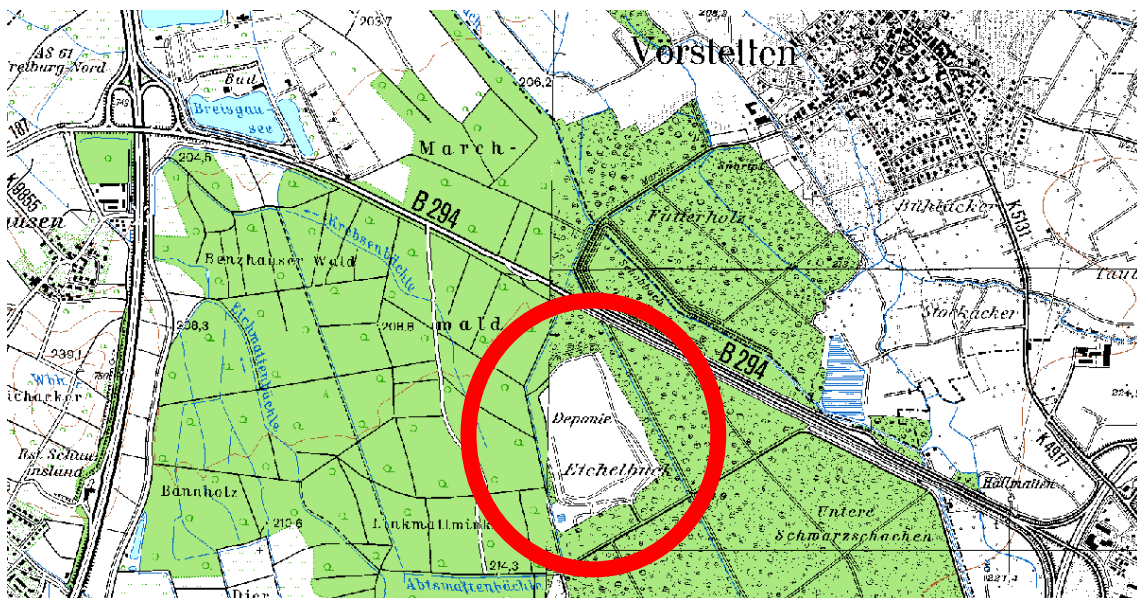


Abb. 5: Lageplan Deponie Eichelbuck [3]



2.3.5 Deponie Vulkan

Betreiber: Landkreis Ortenau / Offenburg
 Lage: Hangdeponie, ca. 2 km südöstlich des Ortes Haslach im Kinzigtal im Ortenaukreis an der B294
 Betriebszustand: offen; wird ab 2005 geschlossen
 TASI-Klassifizierung: Deponieklasse II; Hausmülldeponie
 Entfernung zur TREA: ca. 90 km

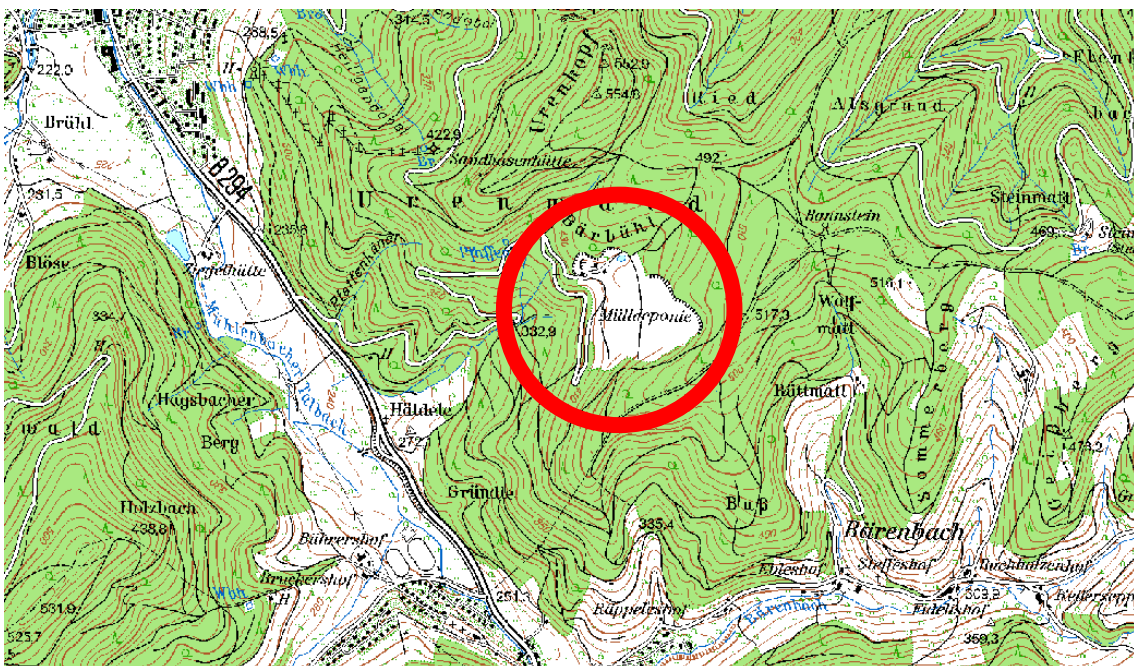


Abb. 6: Lageplan Deponie Vulkan [3]



2.3.6 Deponie Kahlenberg

Betreiber:	Zweckverband Abfallbehandlung Kahlenberg (ZAK)
Lage:	Haldendeponie, ca. 3 km südlich von der A5 Ausfahrt Herbolzheim am Ortsrand der Ortschaft Ringsheim
Betriebszustand:	offen; wird über das Jahr 2005 hinaus weiter betrieben
Größe:	ca. 108 ha, davon ca. 36 ha mit Abfall belegt
TASI-Klassifizierung:	Deponieklasse II; Hausmülldeponie
Entfernung zur TREA:	ca. 55 km

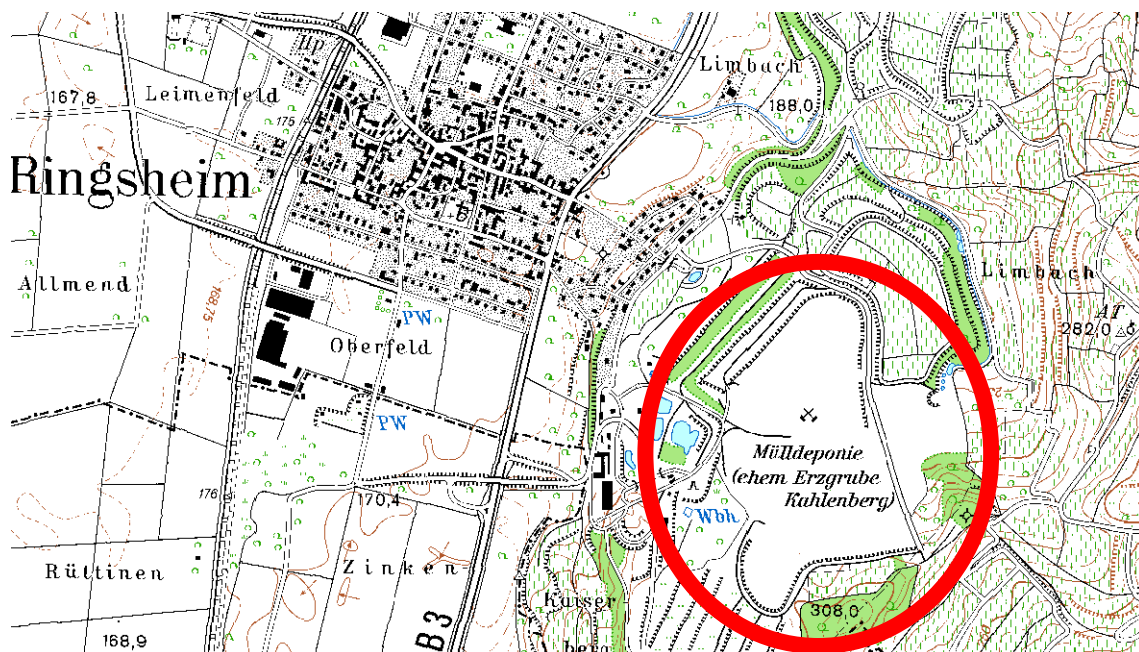


Abb. 7: Lageplan Deponie Kahlenberg [3]



2.4 Schlacke

Gemäß der TA Siedlungsabfall (TASI) (Ziffer 9.1.2.2 Anforderung an Rückstände und Abwasser) wird Schlacke als „Rückstände aus der thermischen Behandlung von Abfällen“ eingestuft und sollte vorrangig einer Verwertung unterzogen werden. Weiterhin gilt: „Für die Ablagerung der nicht verwertbaren Aschen und Schlacken sind die Zuordnungswerte des Anhangs B für die Deponieklasse I anzustreben, mindestens jedoch die für die Deponieklasse II einzuhalten.“[4]



Abb. 8: Anlieferung von Rohschlacke in der Aufbereitungsanlage

Eine exakte stoffliche Analyse der später in der TREA Breisgau anfallenden Rohschlacke ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht bekannt. Die Erwartungswerte für verschiedene Eigenschaften sowie für die Eluat-Konzentrationen, begründet auf Erfahrungswerten von vergleichbaren Anlagen, sind der Tab.1 zu entnehmen. Da in dieser Studie die Verwertung von Schlacke auf Deponien untersucht werden soll, sind diese Erwartungswerte den Deponie-Zuordnungskriterien Deponieklasse I und Deponieklasse II [4; 5] gegenübergestellt.



Parameter	Einheit	Deponie- klasse I	Deponie- klasse II	Erwartungs- wert für Rohschlacke
Festigkeit				
- Flügelscherfestigkeit	kN/m ³	>=25	>=25	>=25
- Axiale Verformung	%	<=20	<=20	<=20
- Einaxiale Druckfestigkeit	kN/m ³	>=50	>=50	>=50
organischer Anteil des Trockenrückstandes der Originalsubstanz				
- bestimmt als Glühverlust	Masse%	<=3	<=5	1,0 – 2,5
- bestimmt als TOC	Masse%	<=1	<=3	0,5 – 1,0
extrahierbare lipophile Stoffe der Originalsubstanz	Masse%	<=0,4	<=0,8	<=0,4
Eluatkriterien				
- pH-Wert		5,5 – 13,0	5,5 – 13,0	11 - 13
- Leitfähigkeit	µS/cm	<=10.000	<=50.000	<=6.000
- TOC	mg/l	<=20	<=100	30 - 60
- Phenole	mg/l	<=0,2	<=50	<=0,2
- Arsen	mg/l	<=0,2	<=0,5	<=0,2
- Blei	mg/l	<=0,2	<=1	1 - 6
- Cadmium	mg/l	<=0,05	<=0,1	<=0,05
- Chrom-VI	mg/l	<=0,05	<=0,1	<=0,05
- Kupfer	mg/l	<=1	<=5	0,5 – 1,1
- Nickel	mg/l	<=0,2	<=1	<=0,2
- Quecksilber	mg/l	<=0,005	<=0,02	<=0,005
- Zink	mg/l	<=2	<=5	<=2
- Fluorid	mg/l	<=5	<=25	<=5
- Ammonium-N	mg/l	<=4	<=200	<=4
- Cyanide leicht freisetzbar	mg/l	<=0,1	<=0,5	<=0,1
- AOX	mg/l	<=0,3	<=1,5	<=0,3
- wasserlöslicher Anteil	Masse%	<=3	<=6	<=3

Tab. 1: Erwartungswerte für Rohschlacke

Wie aus der Tab.1 ersichtlich ist, liegen die Erwartungswerte für den TOC, für Blei und für Kupfer über den Grenzwerten nach der Deponieklasse I. Der Erwartungswert für Blei liegt zudem über dem Grenzwert nach der Deponieklasse II.



Für eine Verwertung wie auch für eine Ablagerung der Schlacke auf Deponien der Klasse I oder II ist somit eine entsprechende Aufbereitung der Rohschlacke gefordert [6].

Die Eluat-Grenzwerte nach der TASI Deponieklasse II (im besonderen von Blei) können im allgemeinen bereits durch eine einfache Alterung der Rohschlacke von ca. 5 – 10 Tagen erreicht werden. Für alle anderen Parameter ist keine weitere Vorbehandlung erforderlich.

Neben den Grenzwert-Kriterien ist für die Gewinnung eines geeigneten Deponie-Baustoffes auch eine Aufbereitung der Rohschlacke zur Verbesserung der physikalischen Eigenschaften erforderlich.



Abb. 9: Aufbereitete Schlacke



Anhaltswerte für die physikalischen Eigenschaften von aufbereiteter Schlacke können aus Analysen von verschiedenen Aufbereitungsunternehmen gewonnen werden.[11]

Bei Schlacke, aufbereitet mittels Siebung 0/32 mm und reduziertem Anteil an Korn < 11 mm, Eisen- Abscheidung, Nichteisen- Abscheidung und einer Alterung von ca. 90 Tagen kann z.B. mit folgenden Eigenschaften gerechnet werden:

Stoffgruppe	Anteile > 4 mm [Gew.-%]	Anforderung lt. TL HMVA
Asche / Schlacke	ca. 55 - 75	-
Glas / Keramik	ca. 20 - 35	-
Metalle	ca. 1 - 3	<=5
Sonstiges	ca. 4 - 8	-
Unverbranntes	ca. 0 - 0,5	<=0,5

Tab. 2: Stoffliche Zusammensetzung von aufbereiteter Schlacke gemäß TL HMVA-StB 95 [11]

	Absplitterung [Gew.-%]	Anforderung gem. TL HMVA
<4 mm	ca. 6,9 - 7,5	<=3,0
<0,71 mm	ca. 4,2 - 4,6	<=2,5
Zusätzlich entstandener Anteil <0,063 mm	ca. 1,4 - 1,7	<=2,0
Summe aus ursprünglich enthaltenen und zusätzlich entstandenen Anteil <0,063 mm	ca. 6,3 - 7,1	<=9,0

Tab. 3: Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel der Körnung 8/16 nach 10-maliger Frost-Tau-Wechselbenanspruchung gemäß DIN 52104-N [11]



	Zertrümmerungswert [%]	Anforderung lt. TL HMVA
SZ 8/12 Rohdichte ca. 2,4 g/cm ³	ca. 34 - 35	<=40

Tab. 4: Schlag- Zertrümmerungswerte der Prüfkörnung 8/ 12,5mm gemäß DIN 52115 Teil 2 [11]

Siebweite [mm]	Anteil [Gew.-%]	Durchgang [Gew.-%]
22,4	ca. 3,4 – 4,3	ca. 95,7 – 96,6
16	ca. 7,3 – 14,2	ca. 81,5 – 89,4
11,2	ca. 11,1 – 12,1	ca. 70,4 – 77,2
8	ca. 9,4 – 12,6	ca. 61,1 – 64,6
5	ca. 13,5 – 13,6	ca. 47,5 – 51,0
2	ca. 12,3 – 17,0	ca. 34,0 – 35,2
0,71	ca. 11,4 – 16,0	ca. 19,2 – 22,6
0,25	ca. 8,1 – 9,6	ca. 11,1 – 13,0
0,09	ca. 3,8 – 4,2	ca. 7,3 – 8,8
0,063	ca. 0,9 – 2,7	ca. 6,1 – 6,4
<0,063	ca. 6,1 – 6,4	-

Tab. 5: Korngrößenverteilung der Siebung 0/32 gemäß DIN 52098 [11]

Prüfkörnung [mm]	Anteil an schlecht geformten Körnern [Gew.-%]	Anforderung lt. TL HMVA [Gew.-%]
5/8	14,9 – 19,3	<=50
8/11	13,6 – 15,8	<=50
16/22	10,0 – 11,1	<=50

Tab. 6: Kornform gemäß DIN 52114 [11]

	Rohdichte [g/cm ³]
Schlacke 0/32	ca. 2,2 – 2,4

Tab. 7: Rohdichte der Siebung 0/32 gemäß DIN 52102 [11]



	Schüttdichte [kg/dm ³]
Schlacke 0/32	ca. 1,1 – 1,2

Tab. 8: Schüttdichte der Siebung 0/32 gemäß DIN 52110 [11]

	Proctordichte [g/cm ³]	optimaler Wassergehalt [Gew.-%]
Schlacke 0/32	ca. 1,6 – 1,8	ca. 10,5 – 11,5

Tab. 9: Proctordichte der Siebung 0/32 gemäß DIN 18127 [11]

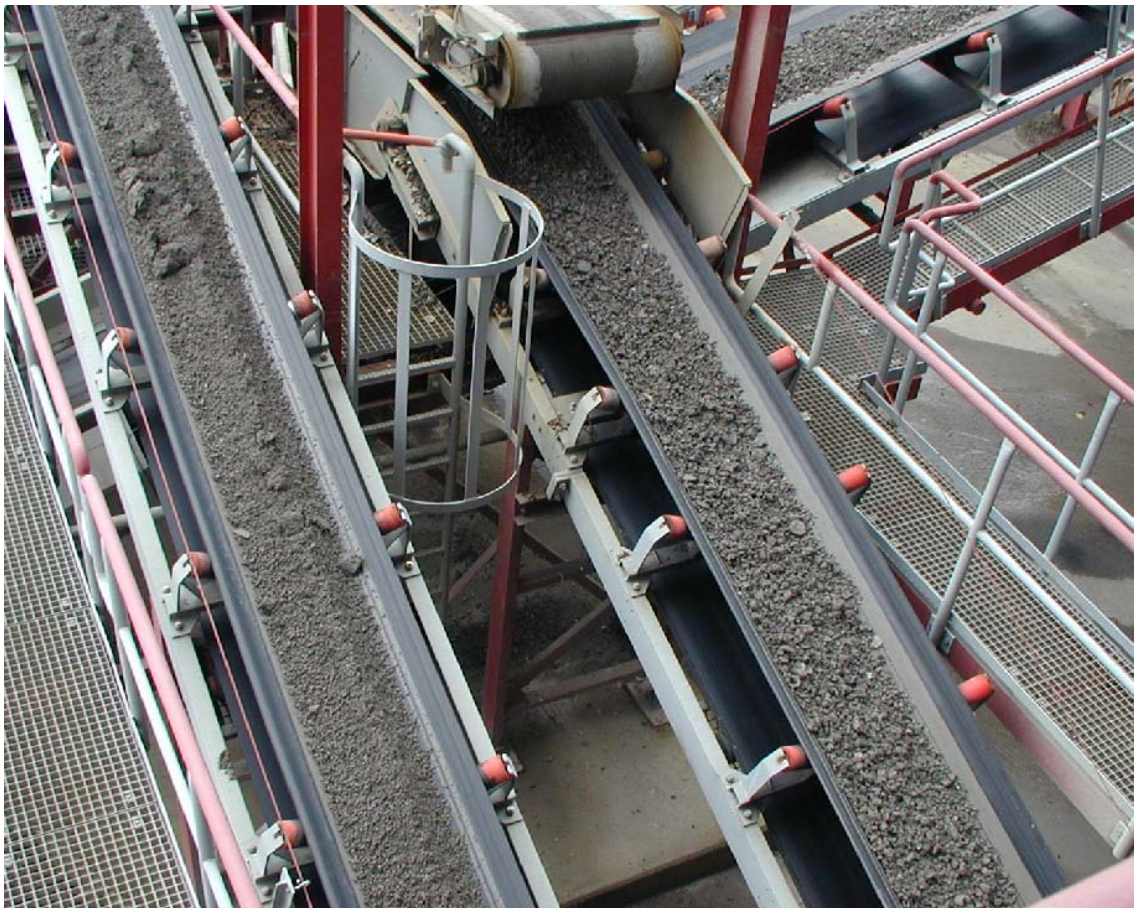


Abb. 10: Aufbereitete Schlacke auf Förderband



3 Stand der Technik / Literaturbeschreibung zur Schlackeverwertung

Im Jahr 1999 sind in Deutschland über 2,7 Millionen Tonne Rohschlacke in den Müllverbrennungsanlagen (MVA) angefallen. Ca. 85% dieser Rohschlacke wurde einer Verwertung zugeführt. [8]

In dieser Verwertungsrate enthalten ist der Anteil, der für den Deponiebau eingesetzt wurde. Diese Verwertung als Deponiebaustoff wird als Abgrenzung zur Ablagerung auf Deponien teilweise sehr stark diskutiert. Festzustellen ist, daß wenn durch den Einsatz von Schlacke ein anderer Baustoff ersetzt wird, in jedem Fall von einer Verwertung gesprochen werden muß.

Laut der Aufstellung von Krass, Jungfeld und Trogisch [8] wurden 1999 ca. 30% der aufbereiteten MVA- Schlacke für den Deponiebau verwendet.

Die restlichen 70% (über 1,5 Millionen Tonnen) der verwerteten Schlacke teilte sich 1999 wie folgt auf die folgenden Baumaßnahmen auf [8]:

- Verfüllmaterial	ca. 30%
- Frostschuttschicht	ca. 15%
- Unterbau / Dammbau	ca. 13%
- Bodenverfestigung / hydr. Geb. Tragschicht	ca. 11%
- Schottertragschicht	ca. 10%
- Bodenverbesserung	ca. 5%
- Ungebundene Verkehrsfläche, Wegebau	ca. 2%
- Lärmschutzwall	ca. 2%
- Sonstiges und Zwischenlager	ca. 12%



4 Umfrage zur Schlackeaufbereitung und Schlackeverwertung in Deutschland und in der Schweiz

Zur Feststellung und Beschreibung der in Deutschland und der Schweiz gängigen Praxis der Schlackeaufbereitung und Schlackeverwertung wurde von der Umwelttechnik Bojahr im Rahmen dieser Studie eine Fragebogenaktion durchgeführt. Im Rahmen dieser Befragung wurden im Februar 2002 66 Müllverbrennungsanlagen in Deutschland und 32 Müllverbrennungsanlagen in der Schweiz angeschrieben.

4.1 Fragebogen zur Schlackeverwertung

Der Fragebogen liegt als Anlage 1 bei. Im Anschreiben zum Fragebogen (s. Anlage 2) wurde erwähnt, daß die Befragung dazu dient, die Möglichkeit zur Verwertung von Schlacke aus Müllverbrennungsanlagen als Baustoff auf Deponien zu untersuchen. In einem ergänzenden zweiten Anschreiben (s. Anlage 3), das ca. 10 Tage nach dem Fragebogen versendet wurde, wurden alle Befragten noch einmal um die Beteiligung an der Umfrage gebeten. Es wurde ferner auch darauf hingewiesen, daß diese Befragung von der ITAD (Interessengemeinschaft der Betreiber Thermischer Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland) unterstützt wird.

Von sehr wenigen Befragten wurde der Fragebogen automatisch beantwortet. Mehrfach wurde eine Beteiligung an der Befragung komplett abgelehnt mit den Begründungen:

- es werden in letzter Zeit sehr viele ähnliche Studien durchgeführt
- es soll nicht gefördert werden, daß Schlacke als Deponiebaustoff eingesetzt wird
- die Schlackedaten sollen nicht für Planspiele zur Verfügung gestellt werden

Bei den beantworteten Fragebögen wurden sehr wenig Angaben bezüglich der Aufbereitungsanlage und den Kosten der Aufbereitung gemacht.

Um eine bessere Aussagekraft bezüglich der Befragung zu bekommen, wurde bei einem Teil der Befragten telefonisch nachrecherchiert. Hierbei konnten größtenteils brauchbare Aussagen gewonnen werden. Aufgrund der großen Anzahl konnte jedoch nicht bei allen der zuvor schriftlich angeschriebenen Unternehmen telefonisch nachgefragt werden.

Bei der schriftlichen wie auch bei der telefonischen Befragung zeigte sich, daß die in der MVA anfallende Rohschlacke häufig nicht direkt in der MVA aufbereitet wird. Größtenteils geht die Rohschlacke zu externen Schlackeaufbereitungs-Unternehmen.



Einige dieser Unternehmen bereiten die Rohschlacke von mehreren MVA's gleichzeitig auf. Auch bei diesen Unternehmen wurde schriftlich und telefonisch bezüglich der Schlackeaufbereitung und der Schlackeverwertung nachrecherchiert. Speziell hier gestaltete sich die Informationsbeschaffung sehr schwierig.

4.2 Auswertung der Befragung in Deutschland

In Anlage 4 sind die Antworten der Befragung in Deutschland in einer Übersicht dargestellt.

Von 16 Unternehmen in Deutschland erhielten wir detailliertere Angaben bezüglich der dort praktizierten Verwertung und Aufbereitung der Schlacke.

Folgende Arten der Schlackeverwertung wurden benannt:

- Ablagerung auf der Deponie
- Untertägiger Bergwerkversatz (Ablagerung bzw. Verwertung)
- Verwertung als Baustoff auf Deponien
- Verwertung als Baustoff im Straßenbau und Wegebau

Bei einer Verwertung der Schlacke als Baustoff auf Deponien wurden folgende Anwendungsmöglichkeiten aufgeführt:

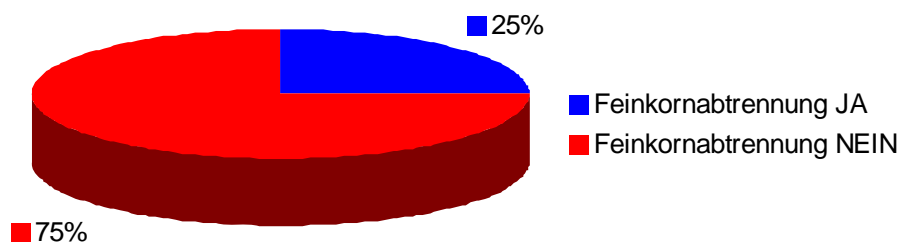
- Ausgleichsschicht unter der Oberflächenabdichtung
- Verfüllung von Hohlräumen
- Verfüllmaterial für den Einbau von Big-Bags
- Baumaterial für Zwischenabdichtungsschichten

Entsprechend den Anforderungen an die Schlacke werden von den Unternehmen unterschiedliche Aufbereitungsschritte durchgeführt. Nachfolgend sind die von den befragten Unternehmen durchgeführten einzelnen Aufbereitungsschritte in prozentualer Häufigkeiten dargestellt.



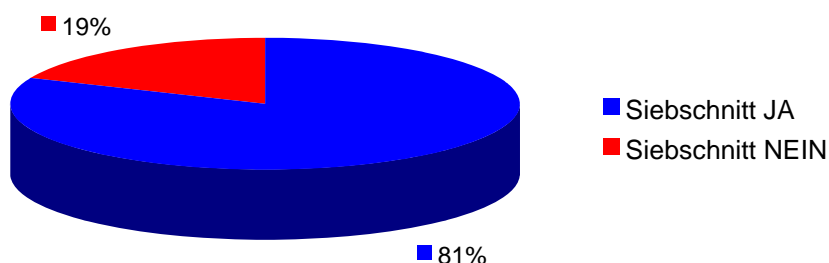
4.2.1 Feinkornabtrennung

Eine Feinkornabtrennung (z.B. <10 mm) wird relativ selten durchgeführt. Bei einer Verwertung der Schlacke als Deponiebaustoff ist dies nicht zwingend erforderlich, verbessert jedoch auf jeden Fall die Eigenschaften des Baustoffes.



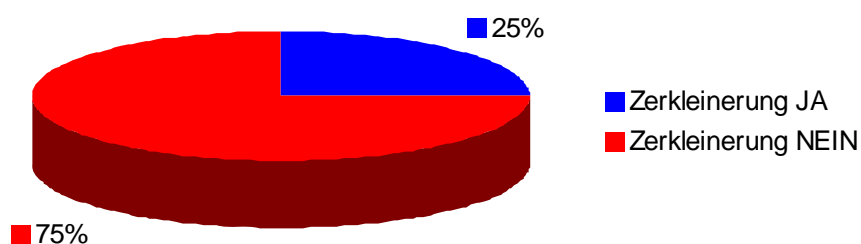
4.2.2 Siebtechnik

Eine Siebung der Rohschlacke wird beinahe immer durchgeführt. Vorzugsweise wird der Siebschnitt 0/32 durchgeführt, um eine entsprechenden Baustoffgüte zu erreichen. Das Überkorn (z.B. 32/400) wird entweder zerkleinert, deponiert oder zur MVA zurückgebracht.



4.2.3 Zerkleinerung

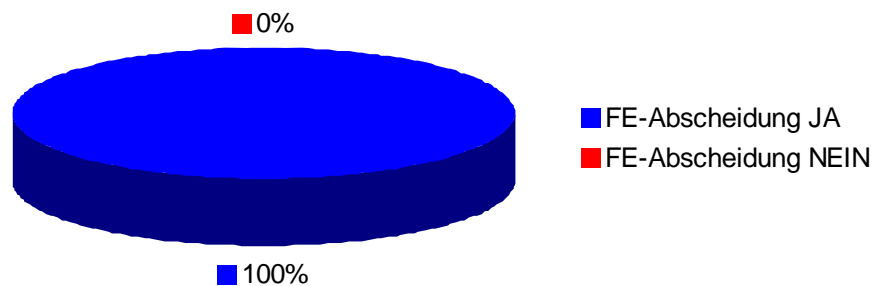
Eine Zerkleinerung des Überkorn (z.B. 32/400) wird überwiegend nur in größeren Aufbereitungsanlagen durchgeführt.





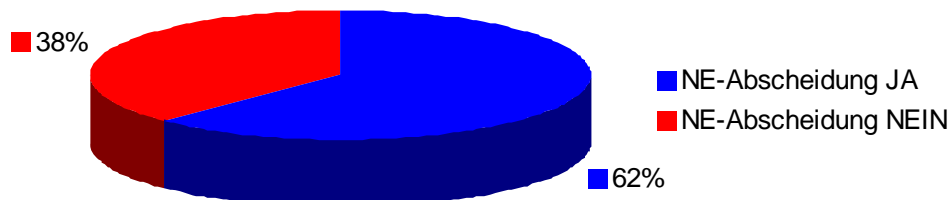
4.2.4 Eisen- Abscheidung

Eine Eisen- Abscheidung wird bei allen befragten Aufbereitungsanlagen durchgeführt. Dieser Aufbereitungsschritt ist laut LAGA-Merkblatt „Entsorgung von Abfällen aus Verbrennungsanlagen für Siedlungsabfall“ zwingend vorgeschrieben. Zudem wird hier mit relativ einfacher Technik ein wirtschaftlich lukratives Ergebnis auch bei kleineren Aufbereitungsanlagen erzielt.



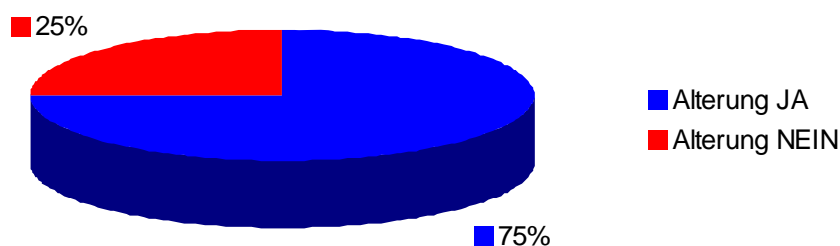
4.2.5 Nichteisen-Abscheidung

Eine Nichteisen-Abscheidung wird relativ häufig vor allem in größeren Aufbereitungsanlagen durchgeführt. Bei kleineren Anlagen sind die Aussagen bezüglich einer Wirtschaftlichkeit sehr unterschiedlich.



4.2.6 Alterung

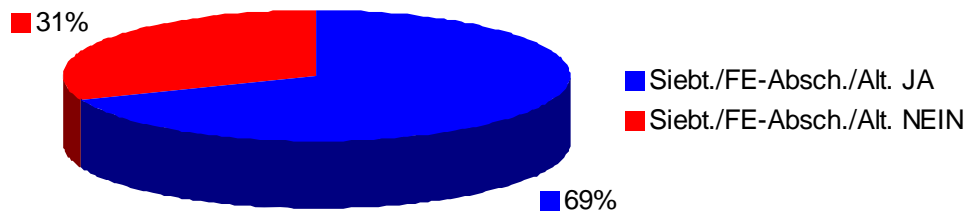
Eine Alterung der Schlacke wird beinahe von jedem Aufbereitungsunternehmen durchgeführt. Laut [6] ist bei einer Verwertung der Schlacke als Baustoff allgemein eine Alterung von 90 Tagen vorgeschrieben. Bei einer Verwertung auf Deponien sind die Zuordnungskriterien lt. Deponieklasse 1 bzw. Deponieklasse 2 einzuhalten. Diese können laut den befragten Betreibern bereits nach wenigen Tagen erreicht werden.





4.2.7 Kombination aus Siebtechnik / Eisen-Abscheidung / Alterung

Mehr als 2/3 der befragten Aufbereitungsanlagen weisen eine Kombination der Aufbereitungsschritte Siebtechnik, Eisen-Abscheidung und Alterung auf.



4.2.8 Aufbereitung der Rohschlacke als Deponiebaustoff

Verschiedene Aufbereitungsfirmen bereiten die dort anfallende Rohschlacke ausschließlich zur Verwertung als Deponiebaustoff auf. Die Aufbereitung besteht dort aus einer FE-Abscheidung mittels Überbandmagnet sowie einer mindestens 3-tägigen Alterung. Durch diese Aufbereitungsschritte können laut Betreiber die Eluat-Grenzwerte gemäß TASI-Vorgabe eingehalten werden.



4.3 Auswertung der Befragung in der Schweiz

In Anlage 5 sind die Antworten der Befragung in der Schweiz in einer Übersicht dargestellt.

Von 9 Unternehmen in der Schweiz erhielten wir detailliertere Angaben bezüglich der dort praktizierten Vorgehensweise bei der Verwertung bzw. Entsorgung der Schlacke.

Laut den befragten Betreibern der Müllverbrennungsanlagen ist in der Schweiz eine Verwertung von Schlacke außerhalb von Deponien nicht zugelassen. Die Schlacke darf letztendlich nur auf Deponien abgelagert bzw. verwertet werden.

Verschiedene Unternehmen führen noch eine minimale Aufbereitung wie Siebtechnik und Eisen-Abscheidung durch. Eine Alterung der Schlacke, bevor diese auf der Deponie abgelagert wird, ist in der Schweiz nicht erforderlich.

Von einem Unternehmen wurde aufbereitete Schlacke (Siebschnitt 40 mm; Eisen-Abscheidung; Nichteisen-Abscheidung) mit ca. 4 – 6 Gew.% Tonmehl vermischt und als Zwischenabdichtung von unterschiedlichen Deponiesektoren auf den Deponiekörper eingebracht. Das Material wurde in Dammbauweise in Schichten von 0,20 m eingebaut und verdichtet. Hierbei war die Vorgabe, daß Durchlässigkeitswerte von $k = 5 \times 10^{-8}$ m/s nicht unterschritten werden dürfen.



5 Rechtliche Rahmenbedingungen

Im folgenden sollen die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Aufbereitung und Verwertung von Schlacke sowie die erforderlichen Genehmigungsvorschriften zum Betrieb einer Schlackeaufbereitungsanlage dargestellt werden.

5.1 Rechtliche Rahmenbedingungen für die Aufbereitung und Verwertung von Schlacke auf Deponien.

Bezüglich der Aufbereitung und der Verwertung von Müllverbrennungsschlacke auf Deponien sind verschiedene Regelwerke zu beachten.

In der „Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV)“ wird betreffend den Deponie-Zuordnungskriterien Bezug auf die „Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen (Abfallablagerungsverordnung – AbfAbIV)“ genommen.

In dieser AbfAbIV werden unter §2 Ziffer 2 die Abfälle aus der Behandlung von Siedlungsabfällen als Abfälle definiert, die wie Siedlungsabfälle zu entsorgen sind.

In § 3 „Allgemeine Anforderungen an die Ablagerung“ Ziffer 1 ist festgelegt, daß Siedlungsabfälle nur auf Deponien abgelagert werden dürfen, wenn diese Deponien die Anforderungen für die Deponieklasse I oder II einhalten. Diese Anforderungen an die Deponien sind in der TA Siedlungsabfall Anhang B festgelegt.

In § 3 der AbfAbIV Ziffer 3 ist wiederum festgelegt, daß Siedlungsabfälle nur abgelagert werden dürfen, wenn diese die entsprechenden Zuordnungskriterien des Anhangs 1 für die Deponieklasse I oder II einhalten.

Die Anforderungen an die Deponien lt. Anhang B der TAsi entsprechen den Zuordnungskriterien des Anhangs 1 der AbfAbIV.

In der TAsiedlungsabfall ist unter Ziffer 9.1.2.2 „Anforderungen an Rückstände und Abwasser“ festgeschrieben, daß Rückstände aus der thermischen Behandlung von Restabfall wie Schlacke und Aschen vorrangig zu verwerten sind. Bezüglich der Verwertung von Verbrennungsschlacke wird hier auf die Merkblätter der LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall) verwiesen.



In dem LAGA-Merkblatt „Entsorgung von Abfällen aus Verbrennungsanlagen für Siedlungsabfall“ soll eine bundeseinheitliche Regelung für die Entsorgung von Abfällen aus Verbrennungsanlagen für Siedlungsabfälle (HMV) geregelt werden. Auch hier wird darauf hingewiesen, daß der Schwerpunkt hierbei auf eine umweltverträglichen Verwertung der wesentlichen Abfälle gelegt werden soll. Hier sind Mindestanforderungen an eine Schlackeaufbereitung sowie Einsatzmöglichkeiten von Schlacke festgeschrieben. Ebenfalls sind hier die Anforderungen an die aufbereitete Schlacke für den Einsatz außerhalb von Deponien festgeschrieben. Bezüglich einer Verwertung als Baustoff auf Deponien wird auch hier auf die Zuordnungskriterien der Deponieklasse I und II verwiesen („Die Zuordnungswerte der Deponieklasse I sind anzustreben, mindestens jedoch die für die Deponieklasse II einzuhalten“).

5.2 Genehmigungsvorschriften für Anlagen zur Schlackeaufbereitung

Nach der AVV-Verordnung ist die Müllverbrennungsschlacke unter dem Abfallschlüssel 19 01 01 einzustufen. Sie ist somit überwachungsbedürftig zur Verwertung.

Nach der neuen 4. BImSchV ergibt sich somit eine Genehmigungsbedürftigkeit nach Ziffer 8.11 b. bb. Spalte 2- Verfahren (Anlage zur sonstigen Behandlung von nicht besonders überwachungsbedürftigen Abfällen, auf die die Vorschriften des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes Anwendung finden, mit einer Durchsatzleistung von 10 Tonnen oder mehr je Tag). [9]



6 Verwertung der Schlacke auf den umliegenden Deponien – Kapazitätsabschätzung

In der Deponieverordnung DepV [10] und in der TA-Siedlungsabfall TAsi [4] ist festgeschrieben, wie eine Deponie fachgerecht zu betreiben ist. Um einen dauerhaften Schutz des Bodens und des Grundwassers im Deponiebereich zu gewährleisten, sind hierfür unter anderem auch entsprechende bauliche Maßnahmen gefordert.

6.1 Deponiebaustoffe

Je nach Baumaßnahme kann der Deponiebetreiber hierfür unterschiedliche Materialien zum Einsatz bringen.

6.1.1 Neumaterial

Für Neumaterial (Kies, Riesel...) entstehen dem Deponiebetreiber je nach Anforderungen Materialkosten von ca. 1,5 €/to bis zu ca. 7,0 €/to. Neumaterial ist normalerweise regional zu beschaffen und die Verfügbarkeit ist relativ hoch, so daß die Preisentwicklungen kalkulierbar sind. Neumaterial ist absolut unbedenklich bei der Einbringung, und die Qualitätssicherung ist relativ einfach zu handhaben.

6.1.2 Z3 / Z4 -Material

Für verschiedene Baumaßnahmen ist es unter Umständen auch möglich, belastetes Material, das normalerweise deponiert werden müsste (sog. Z3 / Z4 –Material) einzusetzen. Je nach Verfügbarkeit wird dieses Material unter Umständen sogar mit einer Zuzahlung angeboten. Die Verfügbarkeit an für sich ist jedoch relativ schwer zu kalkulieren. So ist es nicht gewiß, daß, wenn bestimmte Baumaßnahmen anstehen, dieses Material auch auf dem Markt in den entsprechenden Mengen zur Verfügung steht. Eine regionale Beschaffung des Materials mit geringen Transportwegen ist nicht garantiert. Beim Einsatz dieses kontaminierten Materials gestaltet sich die Qualitätssicherung um ein vielfaches schwieriger im Vergleich zu anderen Baumaterialien und bei der Einbringung müssen erhöhte sicherheitstechnische Vorkehrungen getroffen werden.



6.1.3 Schlacke

Ein Ziel dieser Studie ist es, zu untersuchen, in wieweit aufbereitete MVA- Schlacke aus der TREA als Baumaterial auf den umliegenden Deponien verwertet werden könnte und somit andere Baustoffe (Neumaterial, Z3 / Z4 –Material) ersetzen kann. Die aufbereitete Schlacke kann dem Deponiebetreiber kostenneutral bzw. mit einer geringen Zuzahlung (s. Kapitel 8) angeboten werden. Aufgrund des kontinuierlichen Schlackeanfalls ist die regionale Verfügbarkeit des Materials garantiert und die Kosten für Baumaßnahmen lassen sich relativ sicher kalkulieren. Aufgrund der geplanten regionalen Aufbereitung der Schlacke ist die Qualitätssicherung relativ einfach zu handhaben und die Einbringung des Baustoffes ist relativ unbedenklich.

<i>Deponie- baustoff</i>	<i>Kosten</i>	<i>Verfüg- barkeit</i>	<i>regionales Angebot</i>	<i>Qualitäts- sicherung</i>	<i>Verarbeit- barkeit</i>	<i>Umwelt- relevanz</i>
Neu- material	--	+	+	++	++	-
Z3 / Z4 - Material	++ / 0 (ungewiss)	+ / - (ungewiss)	+ / - (ungewiss)	-	+ / - (ungewiss)	+ / - (ungewiss)
Schlacke	0	++	++	+	+	+

++ sehr gut + gut 0 neutral - schlecht -- sehr schlecht

Tab. 10: Bewertung von verschiedenen Deponiebaustoffen

6.2 Einsatzmöglichkeiten von Schlacke auf Deponien

Aufgrund ihrer technischen und physikalischen Eigenschaften könnte die entsprechend aufbereitete Schlacke von Müllverbrennungsanlagen für die im folgenden genannten bauliche Maßnahmen auf Deponien eingesetzt werden.

6.2.1 Ausgleichsschicht für die Oberflächenabdichtung

Auf den eingebrachten Müll wird in der Regel eine Ausgleichsschicht in einer Dicke von mindestens 0,5 mtr. aufgebracht. Hierfür wird üblicherweise Riesel der Körnung 6-32 eingesetzt.



Abb. 11: Schlacke als Ausgleichsmaterial

6.2.2 Gasdränschicht für die Oberflächenabdichtung

Zusätzlich zur Ausgleichsschicht wird in der Regel eine Gasdränschicht in einer Dicke von 0,3 mtr aufgebracht, damit das sich bildende Deponiegas besser abgesaugt werden kann. Hierfür wird üblicherweise Riesel der Körnung 6-32 eingesetzt.

6.2.3 Gasdränschicht für Deponiegas- Filterrohre

Um Deponiegas-Filterrohre wird üblicherweise eine Filterpackung eingebaut. Hierfür wird üblicherweise Riesel der Körnung 6-32 eingesetzt.

6.2.4 Schotterpackung für Gasbrunnen

Um Gasbrunnen herum wird üblicherweise eine Schotterpackung mit ca. einem Meter Durchmesser eingebaut. Hierfür wird üblicherweise Riesel der Körnung 6-32 eingesetzt.

6.2.5 Befestigter Unterbau für Wege, Parkplätze, Annahmeplätze, Umladeplätze..

Für Wege, Parkplätze usw. wird üblicherweise ein befestigter Unterbau erstellt. Hierfür wird üblicherweise Kies der Körnung 0-X verwendet.



6.2.6 Verfüllmaterial für den Einbau von Big-Bags

Verschiedene Müllarten werden in Big-Bags oder auf in Folie eingewickelten Paletten im Deponiekörper abgelagert. Um die Zwischenräume auszufüllen und um eine entsprechende Standsicherheit zu erreichen, müssen diese mit einem geeigneten Baustoff eingebaut werden. Hierfür wird üblicherweise Verfüllmaterial bzw. Kies verwendet.



Abb. 12: Schlacke als Verfüllmaterial für den Einbau von Big-Bags

6.2.7 Baumaterial für Lärmschutzwälle

Während des Deponiebetriebes kann es zu Lärmbelästigungen der umliegenden Bewohner kommen. Vom Deponiebetreiber sind in derartigen Fällen unter Umständen entsprechende Lärmschutzwälle zu errichten. Hierfür wird üblicherweise Verfüllmaterial und Kies verwendet.



6.2.8 Baumaterial für Dammschüttungen

Zur gezielten Abführung und Pufferung von Oberflächenwässer und Sickerwässer müssen teilweise entsprechende Becken in Erdbauweise mit Folienabdichtung erstellt werden. Hierfür wird üblicherweise Brechkies bzw. Kies verwendet.

6.2.9 Baumaterial zur Abdeckung von staubgefährlichen Stoffen (Asbest)

Staubgefährliche Stoffe wie z.B. Asbest müssen bei einer Ablagerung mit entsprechendem Material einbautäglich abgedeckt werden, um eine Windzerstreuung zu unterbinden. (s. Abb. 12 und Abb. 13) Hierfür wird üblicherweise Verfüllmaterial und Kies verwendet



Abb. 13: Schlacke als Deponiebaustoff für den Einbau von Big-Bags und für den Wegebau

6.2.10 Deckschicht für Wege und Plätze innerhalb des Deponiebereiches

Wege und Plätze innerhalb des Deponiebereiches werden üblicherweise befestigt und mit einer Bitumen-Deckschicht versehen. Aufgrund ihrer sehr guten Verfestigungseigenschaften kann auch hierfür aufbereitete MVA-Schlacke eingesetzt werden.



6.2.11 Baumaterial zum Ausgleich der Deponie-Kubatur / Setzungsbeschleunigung

Um eine qualifizierte Oberflächenabdichtung herzustellen und um einem entsprechenden Landschaftsbild gerecht zu werden, kann eventuell eine Kubaturangleichung der Deponie erforderlich sein. Wenn dieser Ausgleich unter der Oberflächenabdichtung realisiert wird, kann hierfür aufbereitete MVA-Schlacke verwendet werden. Durch dieses Aufbringen von zusätzlichem Material könnten zudem eventuelle Setzungen im Deponiekörper beschleunigt werden. Dies hätte zur Folge, daß früher mit den endgültigen Oberflächenabdichtungsmaßnahmen begonnen werden könnte.

6.2.12 Baumaterial für Zwischenabdichtungsschichten und Oberflächenabdichtungen

Vor allem in der Schweiz wurden verschiedene Untersuchungen durchgeführt, wobei aufbereitete MVA-Schlacke mit Zusatz von ca. 7 – 10 Gew.% Tonmehl als Dichtschicht eingesetzt wird. Es konnten hierbei Durchlässigkeitswerte von $k \leq 5 \times 10^{-8}$ m/s erreicht werden. Zur Erstellung von Abdichtungsschichten zwischen einzelnen Deponiebereichen wurden dort bereits verschiedentlich Projekte realisiert.

6.2.13 Baumaterial für Belüftungs-, Stabilisierungs-, und Entwässerungsschichten auf MBV-Deponien

Aufgrund der gesetzlichen Anforderungen werden in Deutschland in zunehmendem Maße auch mechanisch-biologische Restabfallbehandlungsanlagen (MBV) errichtet, in denen entsprechende abzulagernde Reststoffe anfallen. Zur Erzeugung einer qualifizierten und nachsorgearmen Deponie werden bei der Ablagerung dieser Reststoffe entsprechende horizontale und vertikale Zwischenschichten vorgeschlagen, welche die mechanische Stabilität des Deponiekörpers verbessern und zugleich als Belüftungs- und Entwässerungsschicht fungieren sollen.[12]. Als Baustoff hierfür wäre aufbereitete Schlacke sehr gut geeignet.

6.3 Schlackebedarf der umliegenden Deponien im Zeitraum 2005 - 2030

In Gesprächen mit den Betreibern der benannten Deponien wurde eine Kapazitätsabschätzung zur Verwertung von MVA-Schlacke durchgeführt. Die Einsatzmöglichkeiten und Mengenprognosen von MVA-Schlacke als Baumaterial für die o.g. Baumaßnahmen für den Zeitraum 2005 - 2030 sollen hier untersucht werden. Die Untersuchung beschränkt sich auf die Deponien im GAB-Gebiet und dem derzeitigen Vertragszeitraum zwischen der GAB und der TREA über die Entsorgung von Restabfällen.



Bei dieser Bedarfsbefragung zeigte sich, daß der größte Bedarf an aufbereiteter Schlacke zur Ausbildung der Ausgleichsschichten unter der Oberflächenabdichtung besteht. Bezüglich der geplanten Ausführung dieser Ausgleichsschichten wurden von den Deponiebetreibern teilweise unterschiedliche Angaben gemacht. Entsprechend der Deponieverordnung sollte hierfür eine Mächtigkeit von mindestens 0,5 mtr. vorgesehen werden.

In der Anlage 6 und der Anlage 7 ist der zeitliche Schlackebedarf der verschiedenen Deponien tabellarisch und graphisch dargestellt. Bezüglich der Mächtigkeiten der Ausgleichsschichten wurde hier ein konservativer Ansatz gewählt.

6.3.1 Deponie Neuenburg

Auf der Deponie Neuenburg stehen Baumaßnahmen zur Oberflächenabdichtung an. Hierfür wird aufbereitete Schlacke zur Ausbildung der Ausgleichsschicht und der Gasdränschicht benötigt.

Eventuell besteht hier noch weiterer Bedarf an Schlacke zur Angleichung der Deponie-Kubatur. Dieser mögliche Bedarf ist in der Aufstellung (Anlagen 6, 7) nicht berücksichtigt.

Eine Zwischenlagerung der Schlacke auf dem Deponiegelände ist nicht möglich.

6.3.2 Deponie Merdingen

Während des Betriebes der Deponie Merdingen (derzeitiges Deponievolumen reicht voraussichtlich bis Ende 2008) wird hier aufbereitete Schlacke für den Asbesteinbau und für den Wegebau benötigt. Nach der Schließung der Deponie stehen Baumaßnahmen zur Oberflächenabdichtung an. Hierfür wird aufbereitete Schlacke zur Ausbildung der Ausgleichsschicht benötigt.

Eine Zwischenlagerung der Schlacke auf dem Deponiegelände ist in gewissem Umfang möglich.

6.3.3 Deponie Titisee-Neustadt

Auf der Deponie Titisee-Neustadt stehen nach 2005 Baumaßnahmen zur Oberflächenabdichtung an. Hierfür wird aufbereitete Schlacke zur Ausbildung der Ausgleichsschicht und der Gasdränschicht benötigt.

Eine Zwischenlagerung der Schlacke in größerem Umfang auf dem Deponiegelände ist nicht möglich.



6.3.4 Deponie Eichelbuck

Auf der Deponie Eichelbuck stehen nach 2005 Baumaßnahmen zur Oberflächenabdichtung an. Hierfür wird aufbereitete Schlacke zur Ausbildung der Ausgleichsschicht und der Gasdränschicht benötigt.

Eine Zwischenlagerung der Schlacke in größerem Umfang auf dem Deponiegelände ist nicht möglich.

6.3.5 Deponie Vulkan

Auf der Deponie Vulkan stehen nach Betriebsschluß Baumaßnahmen zur Oberflächenabdichtung an. Hierfür wird aufbereitete Schlacke zur Ausbildung der Ausgleichsschicht und der Gasdränschicht benötigt.

6.3.6 Deponie Kahlenberg

Auf der Deponie Kahlenberg wird aufbereitete Schlacke lediglich für den Asbesteinbau benötigt. Für die sonstigen oben aufgeführten Baumaßnahmen soll auf der Deponie Kahlenberg möglichst Restmaterial bzw. aufbereitetes Restmaterial aus der deponieeigenen Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlungsanlage (MBA) zum Einsatz kommen.

Eventuell zu diskutieren wäre hier noch die Möglichkeit, daß bei der später hier geplanten Ablagerung der Reststoffe aus der MBA entsprechendes Baumaterial für Belüftungs-, Stabilisierung-, und Entwässerungsschichten benötigt wird. (s. Kapitel 6.2.13). Dieser mögliche Bedarf ist in der Aufstellung (Anlagen 6, 7) nicht berücksichtigt.



6.4 Auswertung der Kapazitätsbefragung

In der TREA fallen jährlich ca. 45.000 to Rohschlacke an. Je nach Aufbereitungsschritten (s. Kapitel 7.3.) können hieraus gesamt ca. 85 Gew.% (ca. 38.000 to) aufbereitete Schlacke gewonnen werden. Bei einer Einbaudichte der Schlacke von ca. 1,8 to/m³ entspricht dies einem Volumen von ca. 21.000m³/a eingebauter Schlacke.

Nachfolgend soll der Bedarf an aufbereiteter Schlacke auf den Deponien im GAB-Gebiet sowohl mengenmäßig als auch im zeitlichen Verlauf untersucht werden.

6.4.1 Schlackebedarf - Mengenbetrachtung

Aus den in Anlage 6 und Anlage 7 dargestellten konservativen Mengenbetrachtungen ergibt sich für die Jahre 2005 – 2015 ein Gesamtbedarf an Schlacke als Baustoff auf den betrachteten Deponien von ca. 175.000m³.

Diese Menge entspricht dem Rohschlackeanfall in der TREA bzw. dem Schlackeanfall in der Aufbereitungsanlage von ca. 8,5 Jahre.

6.4.2 Schlackebedarf – Betrachtung des zeitlichen Verlaufes

Wie oben ausgeführt und ebenfalls in den Anlagen 6 und 7 ersichtlich, ist zwar auf den Deponien ein Gesamt- Mengenbedarf an Schlacke für eine Auslastung einer Aufbereitungsanlage von ca. 8,5 Jahre vorhanden, jedoch schwankt der Gesamtbedarf sehr stark. Je nachdem, für welchen Zeitraum eine bestimmte Baumaßnahme geplant ist, wird in einem bestimmten Zeitraum mehr oder auch weniger Schlacke benötigt.

Um einen lückenlosen und kontinuierlichen Betrieb der Schlackeverwertung zu gewährleisten, stehen folgende Möglichkeiten zur Diskussion:

6.4.2.1 Zwischenlager

Auf einem Zwischenlager (befestigter, entwässerter Platz) könnte die Schlacke zwischengespeichert werden. Dies könnte entweder zentral auf dem Betriebsgelände der Aufbereitungsanlage, oder aber auch wenn möglich auf den Deponien selbst geschehen.

Um die kompletten Schwankungen (bis zu 2,5 Jahre bei der konservativen Mengenbetrachtung) abzupuffern wären hierfür jedoch relativ große Flächen erforderlich. Zudem ist hierbei zu beachten, daß sich die Schlacke im Ruhezustand selbst verfestigt und ein späteres Verladen erschwert wird.



6.4.2.2 Zusätzlicher Schlackebedarf

Zusätzlich zu den bereits oben erwähnten Möglichkeiten der Schlackeverwertung ist zu untersuchen, ob es nicht noch weitere Deponien in der Umgebung gibt, die vor allem in den Zeiträumen des Überangebotes Schlacke benötigen könnten.

Ein weiterer Vorteil hiervon wäre, daß durch zusätzliche Bedarfsmengen die benötigte Gesamtmenge und somit die Laufzeit der Aufbereitungsanlage erhöht werden könnte.

6.4.2.3 Zeitliche Koordinierung der Baumaßnahmen

Aus den obigen Ausführungen und aus den Anlagen 6 und 7 ist ersichtlich, daß es unabdingbar sein wird, die entsprechenden Baumaßnahmen auf den verschiedenen Deponien zeitlich zu koordinieren. Idealerweise sollte versucht werden, daß der Bedarf an Schlacke für die verschiedenen Baumaßnahmen dem Schlackeanfall in der TREA bzw. in der Aufbereitungsanlage zeitlich angeglichen wird.

Die Baumaßnahmen vor allem für die Oberflächenabdichtungen der Deponien sind für bestimmte Zeiträume vorgesehen. Das Aufbringen der Ausgleichsschicht könnte jedoch unabhängig von der eigentlichen Oberflächenabdichtung durchgeführt werden. Ergänzend wäre auch zu überlegen, ob bei verschiedenen Deponien das Aufbringen der Oberflächenausgleichsschicht zeitlich vorgezogen bzw. zurückgestellt werden könnte, um eine Angleichung des Schlackebedarfs zu erreichen.



7 Konzeption einer Schlackeaufbereitungsanlage

Im folgenden soll eine Schlackeaufbereitungsanlage mit den bisher gewonnenen Erkenntnissen im Entwurf erarbeitet werden. Die Anlage soll so konzipiert werden, daß die aufbereitete Schlacke ausschließlich auf Deponien verwertet wird.

7.1 Leistungsdaten der Aufbereitungsanlage

Die Aufbereitungsanlage ist auf eine Durchsatzmenge von ca. 45.000 to / Jahr Rohschlacke auszulegen.

Diese Durchsatzmenge ist für eine Schlackeaufbereitungsanlage relativ gering. Hierbei würde die Größe der erforderlichen Maschinenteknik nicht nur von der Durchsatzmenge, sondern vor allem durch die schlackespezifischen Größenmerkmale bestimmt werden. Eine Anlage für z.B. 80.000 to/a würde nicht wesentlich aufwendiger gestaltet sein. Aufgrund dieser relativ geringen Durchsatzmenge könnte in die späteren Überlegungen auch eine eventuelle Kombi-Aufbereitungsanlage mit einbezogen werden. Es wäre die Möglichkeit gegeben, durch geringeren Mehraufwand über die selbe Anlage z.B. auch zusätzlich Bauschutt aufzubereiten.

In den hier vorliegenden Betrachtungen soll die Anlage auf einen Durchsatz von ca. 45.000 to/a Rohschlacke ausgelegt werden.

7.2 Aufbereitungsschritte

In der Kapazitätsbefragung der Deponien hat sich gezeigt, daß vorwiegend folgende Einsatzmöglichkeiten für aufbereitete Schlacke auf den Deponien vorhanden sind:

- Ausgleichsschicht für die Oberflächenabdichtung ohne Entgasung (z.B. im ebenen Bereich)
- Ausgleichsschicht für die Oberflächenabdichtung mit Entgasung (z.B. im Hangbereich)
- Gasdränschicht für die Oberflächenabdichtung
- Baumaterial für Asbesteinbau und Wegebau
- Baumaterial für Ausgleich der Deponiekubatur



7.2.1 Mindestanforderungen an die Aufbereitungstechnik

Entsprechend dem gewünschten Einsatz der Schlacke sind folgende Aufbereitungsschritte erforderlich:

7.2.1.1 Ausgleichsschicht ohne Entgasung

Gewünschte Fraktion: z.B. 0/32 mit Feinkornanteil

Aufbereitungsschritte:

- Aufgabegitterrost z.B. >400
- Überkornabscheidung z.B. 32/400
- Eisenabscheidung
- Alterung

7.2.1.2 Ausgleichsschicht mit Entgasung

Gewünschte Fraktion: z.B. 11/32

Aufbereitungsschritte:

- Aufgabegitterrost z.B. >400
- Überkornabscheidung z.B. 32/400
- Feinkornabscheidung z.B. 0/11
- Eisenabscheidung
- Alterung

7.2.1.3 Gasdränschicht

Gewünschte Fraktion: z.B. 11/32

Aufbereitungsschritte:

- Aufgabegitterrost z.B. >400
- Überkornabscheidung z.B. 32/400
- Feinkornabscheidung z.B. 0/11
- Eisenabscheidung
- Alterung

7.2.1.4 Asbesteinbau / Wegebau

Gewünschte Fraktion: z.B. 0/32

Aufbereitungsschritte:

- Aufgabegitterrost z.B. >400
- Überkornabscheidung z.B. 32/400
- Eisenabscheidung
- Alterung



7.2.1.5 Kubaturausgleich

Gewünschte Fraktion: z.B. 0/400

Aufbereitungsschritte:

- Aufgabegitterrost z.B. >400
- Eisenabscheidung
- Alterung

Entsprechend diesen Vorgaben sollten in der Aufbereitungsanlage mindestens folgende Aufbereitungsschritte realisiert werden:

7.2.2 Aufgabegitterrost z.B. >400

Die Aufgabe der Rohschlacke erfolgt über einen Gitterrost z.B. 400x400 an dem die übergroßen Anteile separiert werden. Diese bestehen überwiegend aus Eisenschrott und können manuell bzw. mittels Magnetkran aussortiert werden.

Das Restmaterial kann abgelagert bzw. der Verbrennung wieder zurückgeführt werden.



Abb. 14: Aufgabegitterrost mit Grobschrott



7.2.3 Überkornabscheidung z.B. 32/400

Mittels Siebtechnik (Rüttelsieb, Trommelsieb) wird das Überkorn (z.B. >32 mm) abgeschieden. Das Überkorn kann z.B. für einen Kubatenausgleich verwendet werden.

7.2.4 Feinkornabscheidung

Mittels Siebtechnik (Rüttelsieb, Trommelsieb) wird das Feinkorn (z.B. <11 mm) abgeschieden. Das Feinkorn kann zum Asbesteinbau / Wegebau verwendet werden.



Abb. 15: Aufbereitungsanlage mit Abtrennung der unterschiedlichen Kornfraktionen



7.2.5 Eisenabscheidung

Die Eisenabscheidung erfolgt üblicherweise mittels Überbandmagneten.



Abb. 16: Überbandmagnet für die Eisenabscheidung

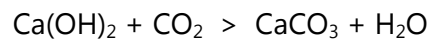
7.2.6 Alterung

Für eine Verwertung der Schlacke allgemein ist laut LAGA-Merkblatt „Entsorgung von Abfällen aus Verbrennungsanlagen für Siedlungsabfall“ eine 90-tägige Alterung vorgeschrieben. Bei einer Verwertung auf Deponien müssen die Vorgaben nach der Deponieklasse I eingehalten werden. Die befragten Aufbereitungsunternehmen, die die Schlacke ausschließlich auf Deponien verwerten, erreichen diese Vorgaben teilweise bereits nach einer Alterungsdauer von ca. 2 Tagen (s. Anlage 4). Um diese Werte sicher einzuhalten, sollte von einer Mindest-Alterungsdauer von ca. 14 Tagen ausgegangen werden.



Als Alterung der Schlacke wird im allgemeinen die Maßnahme zur Verbesserung des Eluationsverhalten bezeichnet. Dies geschieht bei größeren Aufbereitungsanlagen üblicherweise durch einfaches Ablagern der zuvor mechanisch klassierten Schlacke auf Halden für eine bestimmte Zeit.

Hierbei findet vor allem eine Karbonatisierung, die Umwandlung des in der Schlacke verfügbaren Calciumhydroxids in Verbindung mit in der Luft bzw. im Regenwasser enthaltenem Kohlendioxid zu Calciumcarbonat und Wasser statt.



Durch diesen Prozeß wird der pH-Wert in den Bereich geringerer Schwermetallmobilität abgesenkt. Durch die Karbonatisierung wird der pH-Wert von anfänglich ca. 12,5 auf ca. 10,0 reduziert und die Löslichkeit der amphoteren Schwermetalle (Blei und Zink) sowie von Aluminium wird in den Bereich unterhalb der gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte verringert. So können im allgemeinen die Eluatgrenzwerte nach Vorgabe der Deponieklasse I bereits nach wenigen Tagen eingehalten werden. [7]

7.2.7 Optionale Aufbereitungsschritte

Optional sollte eine Nichteisen-Abscheidung auf ihre Wirtschaftlichkeit überprüft werden. Dies wird üblicherweise mit einem entsprechenden Wirbelstromabscheider realisiert. Eine Nichteisen-Abscheidung wird von den befragten Anlagenbetreiber relativ häufig durchgeführt. Bezüglich der Wirtschaftlichkeit gab es hierbei sehr unterschiedliche Angaben.

Eine zusätzliche Nichteisen-Abscheidung würde zudem dazu beitragen, auch längerfristig gesehen einen emissionsarmen Deponie- Baustoff zu erzeugen. Durch die Nichteisenmetallentfrachtung werden vor allem die Aluminium- und Chloridkonzentrationen in späteren Auswaschungen (Sickerwasser) sehr stark reduziert.[7]



Abb. 17: Aus der Schlacke abgeschiedenes Nichteisenmetall

7.3 Stoffströme

Basierend auf vergleichbaren Anlagen zur Schlackeaufbereitung ist bei den geplanten Aufbereitungsschritten mit folgenden Stoffströmen zu rechnen:

7.3.1 Rohschlacke

In der TREA fallen stündlich (24 h Betrieb) maximal 6 to Rohschlacke [2] an. Bei einer mittleren Schüttdichte der Rohschlacke von ca. $1,2 \text{ to/m}^3$ entspricht dies einem stündlichen Volumenstrom von maximal ca. $5 \text{ m}^3/\text{h}$. Dies entspricht einem täglichen Rohschlackeanfall von maximal $120 \text{ m}^3/\text{d}$

7.3.2 Grobschrott / Unverbranntes

Bei einem Aufgabebunker mit einem Aufgabegitter von z.B. 400×400 ist mit ca. 0,5 – 1,0 Gew.% an übergroßen Teilen (>400) zu rechnen. Der Großteil hiervon ist Grobschrott (ca. 75%) und ein gewisser Anteil ist Unverbranntes (ca. 25%). Es ist somit maximal mit ca. 1.100 kg Grobschrott / Tag und mit ca. 360 kg Unverbranntem / Tag zu rechnen.



7.3.3 Überkorn (z. B. 32 / 400)

Bei einem Siebschnitt von z.B. 0 / 32 ist mit ca. 4 - 5 Gew.% Überkorn (32 / 400) zu rechnen. Dies entspricht einem Massenstrom von max. ca. 7,2 to / d.

7.3.4 Eisenschrott

Bei der Eisenabscheidung mittels Überbandmagnet kann basierend auf vergleichbaren Anlagen mit einem Eisenschrottaustrag von ca. 8 - 10 Gew.% gerechnet werden. Dies entspricht einem stündlichen Eisenschrottanfall von max. ca. 14,4 to / d.

7.3.5 Aufbereitete Schlacke

Mit aufbereiteter Schlacke ist insgesamt mit ca. 84 - 85 Gew.% der Rohschlacke zu rechnen. Dies entspricht einem Massenstrom von max. ca. 120 to / d (ca. 100 m³ / d). Die aufbereitete Schlacke soll zur Alterung auf einem befestigten Platz abgelagert werden.

Bei einer zusätzlichen Feinkornabtrennung (z.B. 0/11) ist mit ca. 15 Gew.% der aufbereiteten Schlacke zu rechnen. Es ergeben sich somit ca. 18 to / d aufbereitete Schlacke der Klassierung 0/11 und ca. 102 to / d aufbereitete Schlacke der Klassierung 11/32.

7.4 Platzbedarf

Aus den oben genannten Aufbereitungsschritten der Anlage sowie den zusätzlich erforderlichen Einrichtungen ergibt sich folgender grob errechneter Platzbedarf für die komplette Anlage:



7.4.1 Aufbereitungsgebäude

Für den Aufbereitungsbereich mit kompletter Maschinenteknik, Schlackeaufgabebereich, Übergabepplatz für aufbereitete Schlacke, Container für abgeschiedenen Eisenschrott, Container für ausgesiebte Grobfraktion, Büroräume, Sanitäre Anlagen, Kleinwerkstatt... ist eine Fläche von ca. $10\text{m} \times 80\text{m} = 800\text{m}^2$ vorzusehen.

Für die Begehung und den Betrieb der Anlage wird um das Gebäude eine Straße von ca. 4 m Breite vorgesehen. Dies entspricht einer Fläche von ca. $(10\text{ m} + 80\text{ m} + 10\text{ m} + 80\text{ m}) \times 4\text{ m} = \text{ca. } 800\text{m}^2$.

Über entsprechend aufwendigere, geringfügig kostenintensivere vertikale Anordnung der Aufbereitungsschritte könnte der Flächenbedarf für das Aufbereitungsgebäude auf ca. $10\text{m} \times 30\text{m} = 300\text{m}^2$ reduziert werden.



Abb. 18: Schlackeaufbereitung mit vertikaler Anordnung der Aufbereitungsschritte



7.4.2 Speicherplatz für Rohschlacke

Für die angelieferte Rohschlacke sollte mindestens Speicherplatz für ca. 14 Tage vorgesehen werden. Dies ist erforderlich zum einen zur Überbrückung von Stillstandszeiten wegen Wartungsarbeiten, Urlaubszeiten usw., und zum anderen für eine Entwässerung der Rohschlacke vor der Aufbereitung.

Es ergibt sich hierfür ein erforderliches Speichervolumen von ca. 1.680 m³. Bei einer Mietenlagerung von ca. 6 m Höhe und eines Zuschlages von ca. 30% für den Schüttwinkel bedarf es einer Fläche von ca. 370 m² (ca. 10 m x 37 m).

Für die Bewirtschaftung des Speicherplatzes wird um den Platz herum eine Straße von ca. 4 m Breite vorgesehen. Dies entspricht einer Fläche von ca. (10 m +37 m +10 m +37 m) x 4 m = ca. 380 m². Es ergibt sich somit eine Gesamtfläche von ca. 750 m².

7.4.3 Speicherplatz für die Alterung und Zwischenlagerung der Schlacke

Für eine Alterung und Zwischenlagerung der aufbereiteten Schlacke von ca. 90 Tage ist ein Speichervolumen von ca. 9.200m³ vorzuhalten. Bei einer Mietenlagerung von ca. 6 m Höhe und eines Zuschlages von ca. 30% für den Schüttwinkel entspricht dies einer Fläche von ca. 2.000 m² (ca. 88 m x 23 m).

Für die Bewirtschaftung des Speicherplatzes wird um den Platz herum eine Straße von ca. 4 m Breite vorgesehen. Dies entspricht einer Fläche von ca. (88 m +23 m +88 m +23 m) x 4 m = ca. 900 m². Für die Alterung wäre somit eine Gesamtfläche von ca. 2.900m² vorzusehen.

Bei einer Reduzierung des Speicherplatzes für die aufbereitete Schlacke auf z.B. 14 Tage, würde sich der Gesamtflächenbedarf für die Alterung ähnlich wie für die Rohschlacke auf ca. 750 m² reduzieren. Dies würde für den Alterungsprozess ausreichen. Für eine eventuell erforderliche Zwischenlagerung der Schlacke müsste dann ein geeigneter Platz z.B. auf den Deponien gefunden werden.

7.4.4 Sonstige Flächen / Verkehrswege

Das Betriebsgelände muß ausreichend gut mit Transportfahrzeugen zur Anlieferung und Abholung der Schlacke befahrbar sein. Für das Verwiegen ist eine ausreichend große Waage erforderlich. Hierfür sind entsprechende Wege und Wendepunkte vorzusehen.

Die Beschickung der Anlage erfolgt mittels Radlader. Die Verkehrswege auf dem Betriebsgelände müssen hierfür entsprechend ausgebildet sein.



Dieser Flächenbedarf wird mit einem Zuschlag von ca. 30% zu den obigen Flächen berücksichtigt.

7.4.5 Gesamtfläche

Aus den obigen Ausführungen ergibt sich somit folgender grob ermittelter Gesamtflächenbedarf für die hier konzipierte Schlackeaufbereitungsanlage:

Aufbereitungsgebäude	ca. 1.600 m ²
Speicherplatz für Rohschlacke (14 Tage)	ca. 750 m ²
Speicherplatz für Alterung (90 Tage)	ca. 2.900 m ²
Sonstige Flächen: Zuschlag 30%	<u>ca. 1.575 m²</u>
Gesamtflächenbedarf	ca. 6.825 m ²

Bei einer Auslegung des Flächenbedarfes für die Alterung der Schlacke auf 14 Tage würde sich der Gesamtflächenbedarf der Aufbereitungsanlage auf ca. 4.050 m² reduzieren (inkl. Zuschlag für sonstige Flächen 30%).

In Anlage 8 ist ein mögliches Grob-Layout einer Schlackeaufbereitungsanlage dargestellt. Je nach den örtlichen Gegebenheiten können die einzelnen Teilflächen entsprechend angeordnet werden.

7.5 Betriebspersonal

Für die Aufbereitungsanlage ist mit ca. zwei Mann Betriebspersonal zu rechnen. Eine Person ist für die Bedienung des Radladers erforderlich, eine weitere Person ist für die Überwachung der Aufbereitungsanlage, wiegen der Transportfahrzeuge und sonstige Tätigkeiten zuständig.

Zur Leitung der Aufbereitungsanlage und zur Koordinierung und Abstimmung des Schlackeanfalls mit den entsprechenden Baumaßnahmen auf den Deponien ist ein Betriebsleiter mit ca. 50% Auslastung erforderlich.

7.6 Strom / Wasser / Abwasser

Für die Anlage ist mit einer erforderlichen elektrischen Anschlußleistung von ca. 200 kW zu rechnen.

Spezielles Betriebswasser für die Aufbereitungsanlage ist nicht erforderlich. Jedoch ist ein Wasseranschluß für Reinigungsarbeiten und für die sanitären Anlagen erforderlich.



Das Oberflächenwasser des kompletten Betriebsgeländes inklusive der Lagerfläche für die Rohschlacke sowie für die Alterung der Schlacke muß gefaßt und abgeleitet werden. Je nach den örtlichen Gegebenheiten ist ein Rückhaltebecken mit entsprechendem Speichervolumen vorzusehen.

Das komplette Aufbereitungsgelände sollte über ein Bewässerungssystem verfügen, um Staubbelastungen bei trockenem Wetter zu unterbinden. Es ist hierfür eine Regenwasser-Rückführung zu installieren.

7.7 Infrastruktur

Das Betriebsgelände sollte verkehrstechnisch günstig gelegen und mit Transportfahrzeugen relativ einfach zu befahren sein. Im Mittel müssen täglich ca. 120 m³ Rohschlacke angeliefert und ca. 105 m³ aufbereitete Schlacke abtransportiert werden. Je nach Größe des Transportfahrzeuges sind hierfür täglich ca. 10 Transportfahrten für die Anlieferung und ca. 9 Transportfahrten für die Abholung erforderlich. Hinzu kommt der Transportbetrieb für das Überkorn und den Eisenschrott.

7.8 Betriebsmittel

Für den Nachweis der entsprechenden Mengen ist es erforderlich, sowohl die anzuliefernde Rohschlacke wie auch die abzutransportierende aufbereitete Schlacke zu wiegen. Hierfür ist eine entsprechend ausgelegte Waage für die Transportfahrzeuge erforderlich.

Für die Beschickung der Anlage mit Rohschlacke, für das Verladen der aufbereiteten Schlacke sowie für das Verbringen der aufbereiteten Schlacke auf die Alterungs- und Zwischenlagerfläche ist ein Radlader ca. 4 m³ mit ausfahrbaren Ladearmen erforderlich.

Zur Lockerung der abgelagerten Schlacke ist ein Hydraulikbagger (Mobilbagger) mit einer Leistung von ca. 100 kW erforderlich.



Abb. 19: Radlader zum Beschicken der Aufbereitungsanlage

Das komplette Betriebsgelände sollte rundum z.B. mittels eines entsprechenden Zaunes gesichert sein.

7.9 Standortwahl

Für die Wahl des Standortes der Aufbereitungsanlage sollte in Betracht gezogen werden, ob nicht die Möglichkeit besteht, diese dort zu plazieren, wo bereits gewisse Erfordernisse vorhanden sind.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, die Schlackeaufbereitungsanlagen z.B. auf einem bestehenden Deponiegelände, einer Kiesgrube oder ähnlichem zu plazieren. Hier sind oft verschiedene infrastrukturelle Einrichtungen bereits vorhanden, was sich auf die Investitionskosten der Anlage sehr positiv auswirken würde. So könnten eventuell z.B. die Waage, Büroräume, Sanitärräume und verschiedene Betriebsmittel parallel benutzt werden.



8 Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

In Anlage 9 ist eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit den angenommenen Schätzkosten dargestellt.

Der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind folgende Investitionskosten und laufende Kosten zugrunde gelegt worden:

- Für ein eventuell in Frage kommendes Betriebsgelände (Gesamtfläche ca. 10.000 m²) ist mit einer jährlichen Pacht von 0,5 €/m² zu rechnen. In dieser Fläche enthalten ist eine mögliche Betriebsfläche von mind. 7.000 m² mit befestigten Verkehrswegen und einer Waage zum Verwiegen der Transportfahrzeuge.
- Für die komplette Aufbereitungstechnik wie oben beschrieben ohne Nichteisenabscheidung ist mit ca. 1.200.000.-€ zu rechnen. Hierin enthalten ist der erforderliche Stahlbau. Es wird hier von einer flächig aufgebauten Anlage ausgegangen.
- Die Ausrüstung einer zusätzlichen NE-Abscheidetechnik ist mit 150.000.-€ veranschlagt. Voraussetzung für eine Nichteisenabscheidung ist eine vorgeschaltete hochwertige Eisenabscheidung.
- Erforderliche Fundamentbauarbeiten werden mit 25.000.-€ veranschlagt.
- Ein Bürocontainer mit erforderlicher Ausstattung wird mit 15.000.-€ veranschlagt.
- Die erforderliche Befestigung der Lagerfläche wird mit 40.-€/m² veranschlagt. Es wird davon ausgegangen, daß insgesamt eine Fläche von ca. 7.000m² befestigt werden muß.
- Die Entwässerung, ein Rückhaltebecken und ein Zaun um das Betriebsgelände sind berücksichtigt.
- Als Betriebsmittel werden ein Radlader und ein Hydraulikbagger eingerechnet.
- Für das Betriebspersonal der Anlage wird ein Jahresgehalt von 40.000.-€ zugrunde gelegt. Es ist mit ca. 2,5 Stellen zu rechnen.
- Für den Verwaltungsaufwand, die Koordinierung des Schlackeeinsatzes, die Qualitätssicherung usw. werden Personalkosten von 50.000.- € veranschlagt.
- Für die Abschreibung wird ein Zinssatz von 6,0% angesetzt.
- Der Abschreibzeitraum der Aufbereitungsanlage wird auf 8,5 Jahre festgelegt. Dies entspricht der Laufzeit der Anlage bei einem konservativen Ansatz zur Schlackebedarfsberechnung. Durch Einbeziehung weiterer Deponien außerhalb des Gebietes der GAB sowie durch sonstige Verwertungsmöglichkeiten könnte die Laufzeit der Anlage gesteigert werden.
- Die laufenden Betriebskosten für die sonstigen Betriebsmittel (Radlader, Hydraulikbagger...) werden mit 35.000.-€/a angesetzt.



- Verschleißteile sind mit 4,0% der Maschinenteknik berücksichtigt.
- Wartungsarbeiten sind mit 1,0% vom Investment berücksichtigt.
- Für eine Nichteisenmetallabscheidung wurde ein erhöhter Aufwand an Stromkosten und sonstige laufende Betriebskosten berücksichtigt.
- Die erforderliche Versicherungen sind mit 0,5% vom Invest berücksichtigt.
- Die Abwassergebühr wird bei Indirekteinleitung mit 3.-€/m³ angesetzt
- Es wird ein Kostenersatz an die Deponiebetreiber für den Transport und den Einbau der Schlacke von 10.-€/ to Schlacke veranschlagt.
- Für den Eisenschrott wird ein Erlös von 25.-€/ to Schrott veranschlagt. Es wird mit einem Eisenschrottanteil von 8,0 Gew.% der Rohschlacke gerechnet.
- Für die Nichteisenmetalle wird ein Erlös von 400.-€/ to Nichteisenmetalle veranschlagt. Es wird mit einem Nichteisenmetallanteil von 0,5 Gew.% der Rohschlacke gerechnet.
- Die Erlöse für die Übernahme der Rohschlacke von der SOTEC wird mit 22.-€/ to Schlacke veranschlagt.

Wie aus der Anlage 9 ersichtlich ist, ergibt sich unter Zugrundelegung der oben beschriebenen Kostenansätze ein Erlös je Tonne aufbereiteter Schlacke von über 0,90 € / to.

In dieser Aufstellung wurden bewußt die anfallenden Kosten im oberen Bereich und die zu erwartenden Erlöse und die Laufzeit der Anlage im unteren Bereich angesiedelt. Dieser hier dargestellt Erlös von gut 0,90 €/ to Schlacke kann somit als Mindest Erlös angesehen werden.

Zudem ist aus Anlage 9 ersichtlich, daß sich die zusätzlichen Investitionskosten für eine Nichteisenabscheidung positiv auf das Betriebsergebnis auswirken würde. Basis hierfür ist der momentane Erlös von ca. 400.-€/ to Nichteisenmetall.



9 Zusammenfassung

Die Umwelttechnik Bojahr wurde von der GAB beauftragt, ein Konzept für die Aufbereitung und die Verwertung der in der TREA anfallenden Rohschlacke zu erstellen. Die aufbereitete Schlacke soll als Baustoff auf den umliegenden Deponien verwertet werden.

In einer Umfrage wurden 66 Müllverbrennungsanlagen in Deutschland und 32 Kehrichtverbrennungsanlagen in der Schweiz bezüglich der dort betriebenen Schlackeaufbereitung und Schlackeverwertung angefragt und ausgewertet.

In der Studie wurden die Einsatzmöglichkeiten von Schlacke auf Deponien allgemein dargestellt und der tatsächliche Bedarf an Schlacke als Baustoff auf den Deponien im Gebiet der GAB im zeitlichen Verlauf für die Jahre 2005 bis 2015 untersucht. Hierbei hat sich gezeigt, daß bei einem konservativen Mengenansatz ein Bedarf von ca. 175.000 m³ an eingebauter Schlacke auf diesen untersuchten Deponien vorhanden ist. Dies entspricht dem Rohschlackeanfall in der TREA von ca. 8,5 Jahren. Durch die Einbeziehung weiterer Deponien außerhalb des Gebietes der GAB sowie durch sonstige Verwertungsmöglichkeiten könnte die Laufzeit einer geplanten Schlackeaufbereitungsanlage noch erhöht werden.

Aufgrund des kontinuierlichen Anfalls an Schlacke in der TREA einerseits und den zeitlichen Schwankungen in der Durchführung der Baumaßnahmen auf den Deponien andererseits hat es sich gezeigt, daß zur Realisierung dieses Projektes eine Koordinierung dieser Baumaßnahmen unbedingt erforderlich sein wird.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung hat gezeigt, daß trotz eines geplanten Kostenersatzes an die Deponiebetreiber für den Transport und den Einbau der Schlacke von ca. 10,0 €/to ein Erlös von knapp 1,0 €/to bis knapp 1,5 €/to Schlacke erwirtschaftet werden kann.

Die Studie hat zudem gezeigt, daß aufbereitete Schlacke im Vergleich zu alternativen Deponiebaustoffen in der Summe erhebliche Vorteile zeigt und somit zusätzlich zu den wirtschaftlichen Faktoren als sinnvoll beurteilt werden muß.

Ravensburg, im September 2002

gez. Berthold Keßler

gez. Armin Bojahr

i.A. T. Peterlein

**Inhaltsverzeichnis:**

1	Veranlassung	1
2	Randdaten	2
2.1	Örtliche Lage der TREA und der umliegenden Deponien	2
2.2	TREA Breisgau	3
2.3	Umliegende Deponien	4
2.3.1	Deponie Neuenburg	4
2.3.2	Deponie Merdingen	5
2.3.3	Deponie Titisee-Neustadt	6
2.3.4	Deponie Eichelbuck	7
2.3.5	Deponie Vulkan	8
2.3.6	Deponie Kahlenberg	9
2.4	Schlacke	10
3	Stand der Technik / Literaturbeschreibung zur Schlackeverwertung	16
4	Umfrage zur Schlackeaufbereitung und Schlackeverwertung in Deutschland und in der Schweiz	17
4.1	Fragebogen zur Schlackeverwertung	17
4.2	Auswertung der Befragung in Deutschland	18
4.2.1	Feinkornabtrennung	19
4.2.2	Siebtechnik	19
4.2.3	Zerkleinerung	19
4.2.4	Eisen- Abscheidung	20
4.2.5	Nichteisen-Abscheidung	20
4.2.6	Alterung	20
4.2.7	Kombination aus Siebtechnik / Eisen-Abscheidung / Alterung	21
4.2.8	Aufbereitung der Rohschlacke als Deponiebaustoff	21
4.3	Auswertung der Befragung in der Schweiz	22
5	Rechtliche Rahmenbedingungen	23



5.1	Rechtliche Rahmenbedingungen für die Aufbereitung und Verwertung von Schlacke auf Deponien.	23
5.2	Genehmigungsvorschriften für Anlagen zur Schlackeaufbereitung	24
6	Verwertung der Schlacke auf den umliegenden Deponien – Kapazitätsabschätzung	25
6.1	Deponiebaustoffe	25
6.1.1	Neumaterial	25
6.1.2	Z3 / Z4 -Material	25
6.1.3	Schlacke	26
6.2	Einsatzmöglichkeiten von Schlacke auf Deponien	26
6.2.1	Ausgleichsschicht für die Oberflächenabdichtung	26
6.2.2	Gasdränschicht für die Oberflächenabdichtung	27
6.2.3	Gasdränschicht für Deponiegas- Filterrohre	27
6.2.4	Schotterpackung für Gasbrunnen	27
6.2.5	Befestigter Unterbau für Wege, Parkplätze, Annahmeplätze, Umladeplätze..	27
6.2.6	Verfüllmaterial für den Einbau von Big-Bags	28
6.2.7	Baumaterial für Lärmschutzwälle	28
6.2.8	Baumaterial für Dammschüttungen	29
6.2.9	Baumaterial zur Abdeckung von staubgefährlichen Stoffen (Asbest)	29
6.2.10	Deckschicht für Wege und Plätze innerhalb des Deponiebereiches	29
6.2.11	Baumaterial zum Ausgleich der Deponie-Kubatur / Setzungsbeschleunigung	30
6.2.12	Baumaterial für Zwischenabdichtungsschichten und Oberflächenabdichtungen	30
6.2.13	Baumaterial für Belüftungs-, Stabilisierungs-, und Entwässerungsschichten auf MBV-Deponien	30
6.3	Schlackebedarf der umliegenden Deponien im Zeitraum 2005 - 2030	30
6.3.1	Deponie Neuenburg	31
6.3.2	Deponie Merdingen	31
6.3.3	Deponie Titisee-Neustadt	31
6.3.4	Deponie Eichelbuck	32
6.3.5	Deponie Vulkan	32
6.3.6	Deponie Kahlenberg	32
6.4	Auswertung der Kapazitätsbefragung	33



6.4.1	Schlackebedarf - Mengenbetrachtung	33
6.4.2	Schlackebedarf – Betrachtung des zeitlichen Verlaufes	33
6.4.2.1	Zwischenlager	33
6.4.2.2	Zusätzlicher Schlackebedarf	34
6.4.2.3	Zeitliche Koordinierung der Baumaßnahmen	34
7	Konzeption einer Schlackeaufbereitungsanlage	35
7.1	Leistungsdaten der Aufbereitungsanlage	35
7.2	Aufbereitungsschritte	35
7.2.1	Mindestanforderungen an die Aufbereitungstechnik	36
7.2.1.1	Ausgleichsschicht ohne Entgasung	36
7.2.1.2	Ausgleichsschicht mit Entgasung	36
7.2.1.3	Gasdränschicht	36
7.2.1.4	Asbesteinbau / Wegebau	36
7.2.1.5	Kubaturausgleich	37
7.2.2	Aufgabegitterrost z.B. >400	37
7.2.3	Überkornabscheidung z.B. 32/400	38
7.2.4	Feinkornabscheidung	38
7.2.5	Eisenabscheidung	39
7.2.6	Alterung	39
7.2.7	Optionale Aufbereitungsschritte	40
7.3	Stoffströme	41
7.3.1	Rohschlacke	41
7.3.2	Grobschrott / Unverbranntes	41
7.3.3	Überkorn (z. B. 32 / 400)	42
7.3.4	Eisenschrott	42
7.3.5	Aufbereitete Schlacke	42
7.4	Platzbedarf	42
7.4.1	Aufbereitungsgebäude	43
7.4.2	Speicherplatz für Rohschlacke	44
7.4.3	Speicherplatz für die Alterung und Zwischenlagerung der Schlacke	44
7.4.4	Sonstige Flächen / Verkehrswege	44
7.4.5	Gesamtfläche	45
7.5	Betriebspersonal	45
7.6	Strom / Wasser / Abwasser	45



7.7	Infrastruktur	46
7.8	Betriebsmittel	46
7.9	Standortwahl	47
8	Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	48
9	Zusammenfassung	50

**Abbildungsverzeichnis:**

Abb. 1: Örtliche Lage der TREA und der umliegenden Deponien [1]	2
Abb. 2: Lageplan Deponie Neuenburg [3]	4
Abb. 3: Lageplan Deponie Merdingen [3]	5
Abb. 4: Lageplan Deponie Titisee-Neustadt [3]	6
Abb. 5: Lageplan Deponie Eichelbuck [3]	7
Abb. 6: Lageplan Deponie Vulkan [3]	8
Abb. 7: Lageplan Deponie Kahlenberg [3]	9
Abb. 8: Anlieferung von Rohschlacke in der Aufbereitungsanlage	10
Abb. 9: Aufbereitete Schlacke	12
Abb. 10: Aufbereitete Schlacke auf Förderband	15
Abb. 11: Schlacke als Ausgleichsmaterial	27
Abb. 12: Schlacke als Verfüllmaterial für den Einbau von Big-Bags	28
Abb. 13: Schlacke als Deponiebaustoff für den Einbau von Big-Bags und für den Wegebau	29
Abb. 14: Aufgabegitterrost mit Grobschrott	37
Abb. 15: Aufbereitungsanlage mit Abtrennung der unterschiedlichen Kornfraktionen	38
Abb. 16: Überbandmagnet für die Eisenabscheidung	39
Abb. 17: Aus der Schlacke abgeschiedenes Nichteisenmetall	41



Abb. 18: Schlackeaufbereitung mit vertikaler Anordnung der Aufbereitungsschritte 43

Abb. 19: Radlader zum Beschicken der Aufbereitungsanlage 47

**Anlagenverzeichnis:**

- Anlage 1: Fragebogen zur Schlackeverwertung
- Anlage 2: Anschreiben zur Anfrage Schlackeverwertung
- Anlage 3: Ergänzungs- Anschreiben zur Anfrage Schlackeverwertung
- Anlage 4: Auswertung der Anfrage zur Schlackeverwertung in Deutschland
- Anlage 5: Auswertung der Anfrage zur Schlackeverwertung in der Schweiz
- Anlage 6: Schlackebedarf der Deponien – konservativer Ansatz zur Mengenbetrachtung (Tabellenauswertung)
- Anlage 7: Schlackebedarf der Deponien – konservativer Ansatz zur Mengenbetrachtung (graphische Auswertung)
- Anlage 8: Schlackeaufbereitungsanlage Grob-Layout / Flächenbedarf
- Anlage 9: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

**Tabellenverzeichnis:**

Tab. 1: Erwartungswerte für Rohschlacke	11
Tab. 2: Stoffliche Zusammensetzung von aufbereiteter Schlacke gemäß TL HMVA-StB 95 [11]	13
Tab. 3: Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel der Körnung 8/16 nach 10- maliger Frost-Tau-Wechselbeanspruchung gemäß DIN 52104-N [11]	13
Tab. 4: Schlag- Zertrümmerungswerte der Prüfkörnung 8/ 12,5mm gemäß DIN 52115 Teil 2 [11]	14
Tab. 5: Korngrößenverteilung der Siebung 0/32 gemäß DIN 52098 [11]	14
Tab. 6: Kornform gemäß DIN 52114 [11]	14
Tab. 7: Rohdichte der Siebung 0/32 gemäß DIN 52102 [11]	14
Tab. 8: Schüttdichte der Siebung 0/32 gemäß DIN 52110 [11]	15
Tab. 9: Proctordichte der Siebung 0/32 gemäß DIN 18127 [11]	15
Tab. 10: Bewertung von verschiedenen Deponiebaustoffen	26



Literaturverzeichnis:

- [1] Ausschnitt aus Übersichtskarte Klickroute 2001
- [2] Genehmigungsantrag TREA Breisgau Kurzfassung; Stand 15.09.01; SOTEC GmbH
- [3] Ausschnitt aus topographischer Karte; Landesvermessungsamt Baden-Württemberg
- [4] TA Siedlungsabfall (TASi) Zuordnungskriterien für Deponien Anhang B
- [5] Abfallablagereungsverordnung Zuordnungskriterien für Deponien Anhang 1
- [6] LAGA Merkblatt „Entsorgung von Abfällen aus Verbrennungsanlagen für Siedlungsabfälle“ Ziffer 4.1; Ziffer 6
- [7] Abhandlung „Inwieweit sind Reststoffdeponien bzw. Klasse II- Deponien nachsorgefrei?“ Lechner, Sabbas; Universität für Bodenkultur Wien – Abteilung Abfallwirtschaft
- [8] Abhandlung „Anfall, Aufbereitung und Verwertung von Recycling-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten im Wirtschaftsjahr 1999 – Teil 2: Industrielle Nebenprodukte“; Krass, Jungfeld, Trogisch; Straße + Autobahn 2.2002
- [9] Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BImSchV);
- [10] Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV)
- [11] Prüfberichte F15/000449.1 / .2; Halbjährliche Fremdüberwachungsprüfung an Hausmüllverbrennungsasche aus der HMV- Anlage Neunkirchen und der HMV- Anlage Pirmasens
- [12] Abhandlung „Konzept für eine nachsorgearme MBV-Deponie“; Stegmann, Ritzkowski, Heyer; TU Hamburg-Harburg
- [13] Abhandlung „Wirkungsmechanismen bei der Alterung von Müllverbrennungsaschen“; Fraunhofer UMSICHT; Marzi, Palitzsch, Beckmann, Kümmel, Beard, Keldenich



Umwelttechnik **Bojahr**

Machbarkeitsstudie über die Aufbereitung von Rohschlacke aus der TREA Breisgau und regionale Verwertung als Deponiebaustoff

Auftraggeber: GAB Gesellschaft Abfallwirtschaft Breisgau mbH

Verfasser: Umwelt Technik Bojahr

Armin Bojahr

Berthold Keßler

Datum: September 2002

Seiten: 60 + 9 Anlagen

Projekt: 460_01_01

Umwelt Technik Bojahr
Staudenstraße 6
88276 Ravensburg - Berg

Niederlassung Stuttgart
Wacholderweg 7
70597 Stuttgart



Planung und Begutachtung für Abfalltechnik, Abwassertechnik, Energietechnik, Gastechnik, Sicherheitstechnik, Arbeitssicherheit, Abfallwirtschaft und Altlastensanierung

Z:\Abgeschlossene Projekte\460\460_01_01\Bericht\Bericht_08_10_02.doc