



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Integration von Leichtschaumgeneratoren in das Brandschutz- konzept einer Hausmüllverbrennungsanlage

Entwicklung eines theoretischen Konzeptes und Planung der technischen Durchführung

Bachelorarbeit im Studiengang Hazard Control / Gefahrenabwehr
zur Erreichung des akademischen Grades Bachelor of Engineering

Vorgelegt von:

Nils Kramer

Matrikelnummer:

1936788

Datum:

20. September 2013

Gutachter:

Prof. Dr. Susanne Heise (HAW Hamburg)

Dipl. Ing. Matthias Seiffert (Müllverwertungsanlage Rugenberger Damm)

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	VIII
1 Zusammenfassung	1
2 Einleitung	2
2.1 Problemstellung	4
2.2 Zielsetzung	5
3 Methodik	6
4 Grundlagen	7
4.1 Thermische Müllverwertung	7
4.1.1 Betrachtete Müllverwertungsanlagen	7
4.1.2 Erzeugte Produkte	8
4.2 Löschmittel Schaum	9
4.2.1 Schaummittel	10
4.2.2 Schaumarten und Kenngrößen	11
4.2.3 Erzeugung	12
4.2.4 Löschwirkung	14
4.3 Rechtliche Grundlagen	15
5 Ist-Situation	16
5.1 Situation im Müllbunker der MVR	16
5.2 Löschwasser	16
5.3 Beschaffte Gerätschaften	17
5.3.1 Schaumgeneratoren	17
5.3.1.1 Technische Daten der Schaumgeneratoren	17
5.3.2 Angeschaffte Lüfter	17

5.3.2.1	Technische Daten der Lüfter	18
5.4	Kenntnisstand bzgl. der Anwendbarkeit der Generatoren.....	18
6	Planung der Umsetzung bei der Müllverwertung Rugenberger Damm.....	19
6.1	Aufstellung der Gerätschaften.....	19
6.1.1	Kriterien	19
6.1.2	Kesselhaus.....	19
6.1.3	Dach der Anlieferhalle	22
6.1.4	Schaummittellager	24
6.1.5	Entscheidungsmatrix.....	24
6.1.5.1	Bewertung der Relevanz.....	25
6.1.5.2	Matrix	26
6.1.6	Abwägung und Empfehlung	26
6.1.7	Entscheidung	27
6.2	Kippstellen Verschlüsse	28
6.3	Schaummittel.....	29
6.4	Simulation und Berechnung des Schaummittelbedarfes	29
7	Durchgeführte Versuche	32
7.1	Spülversuch	32
7.2	Schaumversuch.....	33
7.2.1	Durchführung.....	34
7.2.2	Erkenntnisse	35
7.3	Tor Versuch.....	36
7.3.1	Aufbau.....	36
7.3.2	Durchführung.....	36
7.3.3	Ergebnisse	37
8	Beschlossene Maßnahmen	39
9	Behörden	41
10	Integration in das bestehende Brandschutzkonzept der MVR	42

11	Nächste Schritte der MVR	43
11.1	Anforderungen an die Komponenten	44
12	Umsetzung bei der Müllverwertung Borsigstraße.....	46
13	Zukunftsaussicht.....	47
14	Literaturverzeichnis	48
15	Eidesstattliche Erklärung.....	50

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Schaumarten.....	11
Tabelle 2: Technische Daten der Schaumerzeuger (Betriebsanleitung der B.S. Belüftungs-GmbH für Leichtschaumgeneratoren, 2011).....	17
Tabelle 3: Technische Daten der beschafften Lüfter (Betriebsanleitung der B.S. Belüftungs-GmbH für Hochleistungslüfter, 2011)	18
Tabelle 4: Entscheidungsmatrix.....	26

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Simulation relevanter Anlagenteile	6
Abbildung 2: Querschnitt der MVR (MVR Internetseite, 2012).....	7
Abbildung 3: Produkte der Verbrennung pro Mg Müll (MVR Intranet, Modifiziert durch N. Kramer, 2013).....	8
Abbildung 4: Heutiger Z-Zumischer (vereinfachte Abbildung) (de Vries, 2000).....	12
Abbildung 5: Druckverhältnisse innerhalb des Zumischers (de Vries, 2000).....	13
Abbildung 6: Haftwirkung Mittelschaum (Foto: N. Kramer).....	14
Abbildung 7: Möglicher Aufstellungsort im Kesselhaus.....	20
Abbildung 8: Löschoffnung auf dem Dach der Anlieferhalle	22
Abbildung 9: Wasserleitungen auf dem Dach der Anlieferhalle	23
Abbildung 10: Erstes Rolltor an Kippstelle 10	28
Abbildung 11: Simulation aller geplanten Rolltore	28
Abbildung 12: Angenommene Müllgeometrie für Mengenermittlung (braun).....	30
Abbildung 13: Benötigtes Volumen an Schaum (blau)	30
Abbildung 14: Erste Spülung durch einen Jutesack.....	32
Abbildung 15: Aufbau Lüfter und Schaumgenerator	33
Abbildung 16: Sicht aus der Krankanzel	34
Abbildung 17: Aufbau auf der Scherenhubarbeitsbühne.....	36
Abbildung 18: Verbliebender Leichtschaum nach ca. 3 Stunden.....	37
Abbildung 19: Seitlicher Schaumaustritt	37
Abbildung 20: Planung der Dachaufstellung	40
Abbildung 21: Mögliche Vorrichtung zur Anbringung der Leichtschaumgeneratoren vor den Löschoffnungen	43
Abbildung 22: Stern = Lage der Einhausung, Pfeil = Norden	45

Abbildung 23: Stationäre Leichtschaumlöschanlage (Feuerwehr Grosswetzdorf, 2011).....47

Abkürzungsverzeichnis

IBC	Intermediate Bulk Container
MVA	Müllverbrennungsanlage
MVB	Müllverwertungsanlage Borsigstrasse
MVR	Müllverwertungsanlage Rugenberger Damm

1 Zusammenfassung

Für eine Müllverbrennungsanlage wurde zur Verbesserung der Brandbekämpfung im Müllbunker ein Konzept zur Einbringung von Leichtschaum erstellt. Es wurde zunächst mit ScetchUp Version 8 ein 3D Modell von relevanten Anlagenteilen erstellt.

Für die Aufstellung kamen drei Orte in Betracht. Zwei davon wurden gegeneinander abgewogen, und die Entscheidung mit Hilfe einer Entscheidungsmatrix getroffen.

Für den Beweis der Umsetzbarkeit des bislang theoretischen Konzeptes wurden Versuche durchgeführt, bei denen der Müllbunker teilweise mit Leichtschaum geflutet wurde.

Abschließend wurden Anforderungen an die geplanten Umsetzungen gestellt und ein kurzer Überblick zur möglichen Umsetzung an der Schwesteranlage gegeben.

2 Einleitung

Die Entstehung von Hausmüll bzw. dessen Entsorgung ist schon lange ein Problem der Gesellschaft. Hausmüll darf in Deutschland nicht deponiert werden, sofern er nicht vorbehandelt wurde (AbfAbIV, 2001).

Eine Möglichkeit der Vorbehandlung besteht darin, den Müll in Müllverbrennungsanlagen thermisch zu behandeln und daraus Energie zu gewinnen. Im Fall der Müllverwertungsanlage Rugenberger Damm (im Folgenden MVR) besteht diese Energie aus Prozessdampf für die Industrie, sowie Fernwärme für Haushalte. Darüber hinaus wird elektrischer Strom erzeugt. Pro Jahr werden so ca. 320.000 Mg¹ Hausmüll verbrannt (MVR Intranet, 2013). Neben Energie entstehen auch Produkte wie z.B. Salzsäure und Gips, welche in anderen Industriezweigen Abnehmer finden und wieder dem Wirtschaftskreislauf zugeführt werden (MVR Internetseite, 2012).

Um eine ständige Versorgung der Anlage zu gewährleisten, wird die Anlage an allen Werktagen mit Hausmüll aus Hamburg und den umliegenden Landkreisen beliefert. Da das angelieferte Volumen nicht auf einmal verbraucht werden kann, wird der Müll in einem Müllbunker gelagert, durchmischt und im Bedarfsfall mittels Sperrmüllschere zerkleinert.

Durch die Bewegung des Mülls in den Kippstellen oder in der Sperrmüllschere kommt es gelegentlich zu Funkenflug, durch den Brände im Bunker entstehen können. Bundesweit führen solche Brände in seltenen Fällen zu großen Schäden, wobei auch ein Totalverlust des Müllbunkers nicht auszuschließen ist, da die Brände sich tief in den Müll hineinfressen und für Löschmittel nicht zu erreichen sind. Im Jahr 2008 benötigte die Feuerwehr in Kiel 26 Stunden, bis sie einen Brand in einer Anlage ähnlich der MVR unter Kontrolle gebracht hatte (Kieler Nachrichten, 2008).

Die Erfahrung in Kiel hat gezeigt, dass die installierten Feuerlöschanlagen wie Schwertschaumwerfer und Sprühflutanlagen bei einem kleinen Teil der Brände nicht ausreichend wirksam sind. Es ist außerdem erstrebenswert, die eingebrachte Menge Wasser während der Löscharbeiten so gering wie möglich zu halten, um die thermische Nutzbarkeit des Brennstoffes weiterhin zu gewährleisten und um möglichst wenig angefallenes Löschwasser entsorgen zu müssen. Leichtschaum bietet dafür opti-

¹ Das Megagramm ist die in der MVR gängige Einheit und wird deshalb auch hier verwendet.
1 Mg = 10⁶ g = 1000 kg

male Voraussetzungen: wenig eingebrachtes Wasser, viel Volumen und unter den richtigen Bedingungen schnelle Einsatzbereitschaft.

2.1 Problemstellung

Aufgrund der Bewegung des Mülls auf den Anlieferschächten und der Sperrmüllschere kommt es immer wieder zu Funkenflügen, die Schwelbrände innerhalb des Müllbunkers auslösen können. Diese Brände sind meist so klein, dass die Glutnester durch die Krangreifer einfach aufgenommen und in die Füllschächte zur Verbrennung gegeben werden können. Es kann allerdings passieren, dass sich Glutnester unterhalb der Oberfläche ausbreiten und so großflächige Brände entstehen. In diesem Fall stehen Schwerschaumwerfer und eine Sprühflutlöschanlage zur Verfügung. Diese Löschverfahren haben die Nachteile, dass zum einen relativ viel Löschwasser in den Bunker eingebracht wird und zum anderen der Schwerschaum das Brandgut nicht optimal abdeckt, da der aufgebrauchte Schaumteppich nur einige Zentimeter dick ist. Im schlimmsten Fall kann es zu einem Großbrand kommen, welcher den Totalverlust des Bunkers mit sich führt.

Die Anlage in Kiel war brandschutztechnisch ähnlich ausgerüstet wie die MVR, und das Feuer war mit den verbauten Löschanlagen und den normalen Mitteln der Feuerwehr nicht mehr unter Kontrolle zu bringen. Zum Erfolg führte letztlich der Einsatz eines Leichtschaumgenerators, mit dessen Hilfe der Müllbunker mit Schaum geflutet wurde, der den Brand erstickte. (Kieler Nachrichten, 2008)

Nach dieser Erfahrung sollen nun die Müllverwertung Rugenberger Damm und die Müllverwertung Borsigstraße (im Folgenden MVB) mit mobilen Leichtschaumanlagen ausgerüstet werden. Zwei Leichtschaumgeneratoren der Firma „BIG Schaumerzeugnisse“ sowie passende Lüfter waren zu Beginn dieser Arbeit bereits beschafft worden.

2.2 Zielsetzung

Ziel dieser Ausarbeitung ist es, durch Versuche die optimale Einstellung der Schaumgeneratoren zu gewährleisten und sie in das bestehende Brandschutzkonzept zu integrieren. Das beutet im Detail:

- Planung der Aufstellung der Gerätschaften im Bereich des Müllbunkers
- Planung einer Schaummittelbevorratung
- Planung der Versorgung der Gerätschaften mit Schaummittel und Löschwasser
- Ermittlung der optimalen Einstellung für die Schaumerzeugung
- Einbindung der neuen Löschmethode in das bestehende Sicherheitskonzept

Der Fokus dieser Ausarbeitung liegt dabei hauptsächlich bei der MVR. Ergebnisse können später, soweit möglich, auf die weitestgehend baugleiche MVB übertragen werden.

3 Methodik

Zu Beginn dieser Arbeit waren bereits zwei mobile Schaumerzeuger incl. Lüfter angeschafft und teilweise erprobt. Daher musste das zu erarbeitende Konzept auf diese Schaumerzeuger ausgerichtet werden. Eine andere Möglichkeit wäre die Installation einer ortsfesten Schaumlöschanlage. Diese schied aber aus Kostengründen bereits im Vorfeld aus.

Zur besseren Visualisierung der Möglichkeiten wurde zunächst eine 3D-Simulation der relevanten Anlagenteile erstellt. So war es möglich, verschiedene Varianten der Aufstellung und denkbare Einsatzszenarien in der Theorie durchzuspielen.

Die daraus abgeleiteten Möglichkeiten wurden in einer Entscheidungsmatrix gegeneinander abgewogen.

Um die Umsetzbarkeit zu prüfen, wurden diverse Versuche durchgeführt.



Abbildung 1: Simulation relevanter Anlagenteile

4 Grundlagen

4.1 Thermische Müllverwertung

Mit zunehmender Industrialisierung und steigender Bevölkerungszahl stieg auch die anfallende Menge an Müll und Unrat. Hamburg hatte bis in das späte 20. Jahrhundert Probleme mit der Entsorgung (MVR Internetseite, 2012). Um des Problems Herr zu werden, beschloss die Stadt Hamburg die Errichtung einer Müllverbrennungsanlage, welche 1896 als eine der ersten Weltweit ihren Betrieb aufnahm (MVR Internetseite, 2012).

Im Verlauf der Zeit wurden die Anlagen bezüglich Energiegewinnung und Abgasausstoß optimiert (MVR Intranet, 2013). Seit dem Jahr 2005 darf Abfall in Deutschland nicht mehr unbehandelt deponiert werden (AbfAbIV, 2001). Heute gibt es in Hamburg vier Verbrennungsanlagen mit einer Gesamtkapazität von 1.170.000 Mg pro Jahr (Umweltbundesamt, 2009).

Hausmüll hat einen ähnlich hohen Wärmewert wie Braunkohle, ca. 8-11 MJ/kg (Martens, 2011). Dennoch ist der Wirkungsgrad der Müllverbrennungsanlagen (MVA) um bis zu 7 % höher als der vergleichbarer Braunkohlekraftwerke (Umweltbundesamt, 2013). Die enthaltene Energie schwankt je nach Zusammensetzung des Mülls. In Europa ist Schweden mit ca. 3 MWh pro Tonne Spitzenreiter (Avfall Sverige, 2008). Deutschland liegt bei der gesamt verbrannten Menge Müll pro Jahr vorn (Avfall Sverige, 2008).

4.1.1 Betrachtete Müllverwertungsanlagen

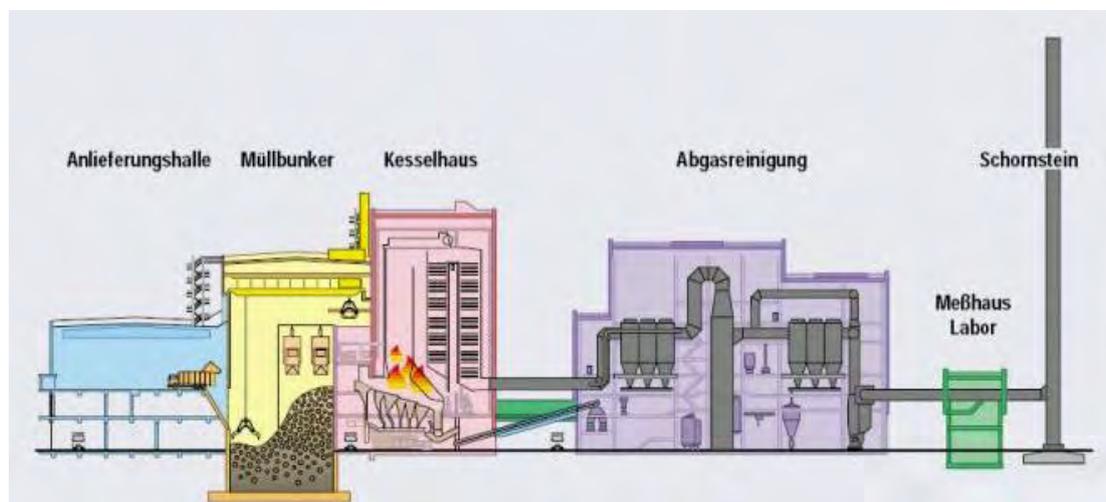


Abbildung 2: Querschnitt der MVR (MVR Internetseite, 2012)

4: Grundlagen

Die in dieser Arbeit hauptsächlich untersuchte Anlage ist die Müllverwertungsanlage Rugenberger Damm (MVR). Alle Versuche und Erkenntnisse sind hauptsächlich auf dieser Anlage durchgeführt worden. Einige der Ergebnisse dieser Arbeit werden auch in die Müllverwertungsanlage Borsigstraße (MVB) mit einfließen. Dies sind zwei der vier Müllverwertungsanlagen in Hamburger Raum. Beide sind für Kapazitäten von je 320.000 Mg pro Jahr ausgelegt (MVR Intranet, 2013).

4.1.2 Erzeugte Produkte

Im Jahr 2008 sind in Deutschland 14.260.000 Mg Hausmüll bzw. hausmüllähnliche Gewerbeabfälle entstanden. Davon wurden 10.819.000 Mg thermisch verarbeitet (Statistisches Bundesamt, 2010).

Bei der MVR wurden im Jahr 2012 342.417 Mg angeliefert und verarbeitet (MVR Intranet, 2013). Abbildung 3 ist zu entnehmen, was benötigt wird, um 1 Mg Müll zu verwerten sowie die Stoffe, die durch die Verwertung entstehen.

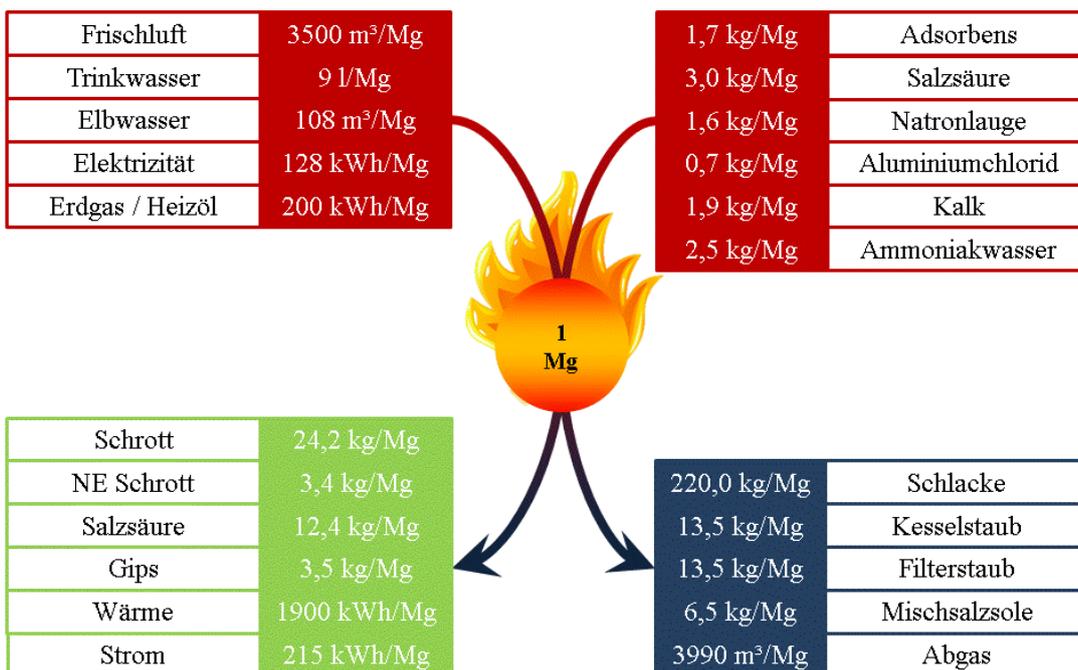


Abbildung 3: Produkte der Verbrennung pro Mg Müll (MVR Intranet, Modifiziert durch N. Kramer, 2013)

Die entstandenen Produkte werden größtenteils wieder dem Wirtschaftskreislauf zugeführt. Nur ein geringer Prozentsatz kann nicht weiter verwendet werden und wird zumeist untertage deponiert. Die entstehende Wärmeenergie wird genutzt, um

Dampf- und Fernwärmekunden zu beliefern sowie elektrischen Strom zu erzeugen (MVR Internetseite, 2012).

4.2 Löschmittel Schaum

Ursprünglich wurde Löschschaum für Brände in bzw. auf Flüssigkeitstanklagern entwickelt. Das Wasser-Schaummittelgemisch wurde mit Luft aufgeschäumt und auf das Tanklager aufgebracht, wo sich der Schaum verteilte und den Brand erstickte (de Vries, 2000). Diese Technik wird heute immer noch so oder vergleichbar angewandt. Zusätzlich haben sich die Einsatzgebiete für Löschschaum stark ausgeweitet. Mit dem richtigen Schaummittel entwickelt Löschschaum hervorragende Fließ- und/oder Hafteigenschaften, welche die Einsetzbarkeit bei Bränden der Brandklasse B auch zu Feststoffbränden ausdehnt. Aufgrund des hohen Luftanteils sind die Wasserschäden meist geringer als bei reinem Wasser (de Vries, 2000).

Mittlerweile wird Löschschaum so eingesetzt, dass ein großes Einsatzspektrum abdeckt wird, z.B.:

- Flüssigkeitsbrände
- Feststoffbrände
- Unterdrückung der Emission bei Flüssigkeitsleckagen (z.B. Ammoniakwasser)
- Mobile Einsätze bei Feuerwehren
- Leichter Schaummittelzusatz im Löschwasser zu Verringerung der Oberflächenspannung, sogenanntes Netzwasser

(Website Dr. Sthamer, 2012)

4.2.1 Schaummittel

Schaummittel sind chemische Mischungen, die mit Wasser und Luft einen stabilen Schaum erzeugen sollen. Obwohl sich Schaummittel teils erheblich voneinander unterscheiden, sind folgende drei Komponenten immer vorhanden:

- **Schaumbildner:** Bei synthetischen Schaummitteln, werden wie bei Wasch- oder Reinigungsmitteln, Tenside eingesetzt, bei Proteinschaummitteln folglich Proteine.
- **Funktionsadditive:** Dies können je nach Schaummittel verschiedene Stoffe sein, die z.B. Frostschutz gewährleisten, die Haltbarkeit verlängern und/oder die Mischbarkeit mit Alkohol herabsetzen oder aufheben. Teilweise kommen auch Fluorchemikalien zum Einsatz.
- **Lösemittel:** Sie halten die Bestandteile stabil in der Lösung.

(Bundesverband Technischer Brandschutz (bvfa), 2010)

Synthetische- und Proteinschaummittel unterscheiden sich nur in der Art des Schaumbildners, während der Einsatz von Fluorchemikalien die Eigenschaften teils erheblich verändert. Damit ist es möglich, die Oberflächenspannung des Löschwassers von ca. 72 mN/m auf ca. 12-16 mN/m herab zu setzen. (Bundesverband Technischer Brandschutz (bvfa), 2010). Zusätzlich haben fluorierte Schaummittel die Eigenschaft, auf dem Brandgut einen Wasserfilm zu bilden, welcher den Gasaustausch erschwert bzw. ganz verhindert und gleichzeitig dem Schaum als Gleitschicht dient (de Vries, 2000). Aus diesem Grund werden bei der Feuerwehr häufig fluorierte Schaummittel eingesetzt. Allerdings haben diese auch den Nachteil, dass ein Teil der Moleküle perfluoriert sind. Diese verhalten sich persistent und verbleiben sehr lange in der Umwelt (de Vries, 2000). Deshalb sollte bei einem Einsatz mit fluorierten Schaummitteln stets der Kosten- / Nutzenfaktor gedanklich überschlagen werden.

4.2.2 Schaumarten und Kenngrößen

Es gibt drei Arten von Löschschaum (siehe Tabelle 1: Schaumarten), unterschieden wird er in der **Verschäumungszahl**. Diese gibt an, wie stark sich das Volumen durch die Schaumherstellung vergrößert.

Beispiel: 4 Liter Wasser-Schaummittelgemisch werden mit einer Verschäumungszahl von 250 aufgeschäumt. Das Volumen steigt um das 250-fache an und ergibt 1000 Liter Leichtschaum.

Tabelle 1: Schaumarten (de Vries, 2000, modifiziert durch N. Kramer)

Schaumart	Verschäumungszahl ¹⁾	Zusammensetzung pro m ³			Masse
		Wasser	Schaummittel ²⁾	Luft	
Schwerschaum	4 bis 20 (10) ³⁾	97 l	3 l	900 l	100 kg
Mittelschaum	21 bis 200 (100)	9,7 l	0,3 l	990 l	10 kg
Leichtschaum	201 bis 1000 (500)	1,94 l	0,06 l	998 l	2 kg
1) Die Verschäumungszahl ergibt sich aus Schaumvolumen (l) / Schaummasse (kg)					
2) Bei einer Zumischrate von 3 %					
3) Zahlen in Klammern sind Grundlage für die folgenden Werte					

Eine weitere Kennzahl ist die **Wasserhalbwertszeit**. Sie gibt die Zeit an, in der die Hälfte des im Schaum gebundenen Wassers aus dem Schaum herausgesickert ist. Sie wird in Minuten angegeben (Website Dr. Sthamer, 2012).

4.2.3 Erzeugung

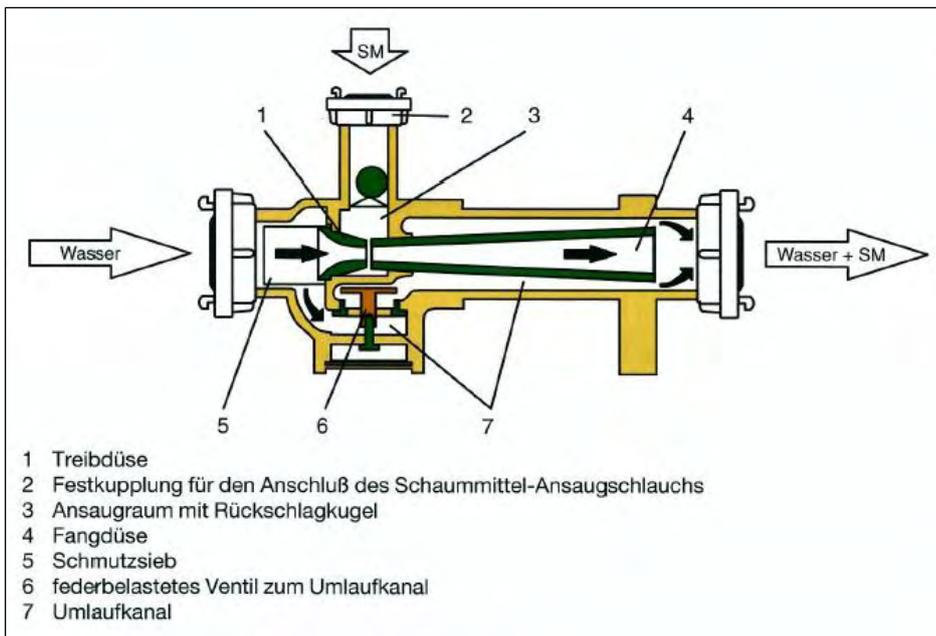


Abbildung 4: Heutiger Z-Zumischer (vereinfachte Abbildung) (de Vries, 2000)

Die Löschschaumerzeugung kann auf mehrere Arten erfolgen. Hier wird die Erzeugung mittels Zumischer genauer betrachtet, da diese Art im Folgenden bei der MVR Anwendung finden wird.

Der Zumischer, in dem das Schaummittel mit dem Löschwasser vermischt wird, ist das Herzstück der Schaumherstellung. Der Aufbau ist in Abbildung 4 schematisch dargestellt. Bei den heutigen Zumischern ist es möglich, die Zumischrate unabhängig von der Durchflussmenge einzustellen, diese liegt zwischen 1 und 6 %.

Innerhalb des Zumischers strömt das Wasser erst durch die Treibdüse, deren Querschnitt verringert sich bis zu ihrem Ende. Dies hat zur Folge, dass der dynamische Druck ansteigt und der statische Druck fällt. Im darauffolgenden Ansaugraum entsteht ein Unterdruck, wodurch das Schaummittel angesaugt wird (siehe Abbildung 5). Durch die Verwendung eines Zumischers entstehen Druckverluste von ca. 30 %. (de Vries, 2000). Daher empfiehlt sich ein Eingangsdruck von ca. 7 bar², um am Strahlrohr einen Ausgangsdruck von min. 5 bar zu erreichen. Außerdem funktionieren Z-Zumischer nur bis zu einem max. Gegendruck von 2 bar. (Feuerwehr Mönchhagen, 2011). Es ist sinnvoll, zwischen Zumischer und Schaumrohr bzw. Schaumgenerator eine Schlauchlänge einzusetzen, damit eine optimale Durchmen-

² Die gültige SI Einheit wäre Pascal, da aber in der gebräuchlichen Literatur, sowie bei den Anzeigen der feuerwehrtechnischen Geräte, die Einheit bar verwendet wird, wird das hier übernommen.
(1 bar = 100.000 Pa)

gung des Wasser-Schaummittel-Gemisches gewährleistet ist. Je nach Schlauchart (B- oder C-Schlauch) sind dies 15-20 Meter, aber auch längere Strecken sind möglich.

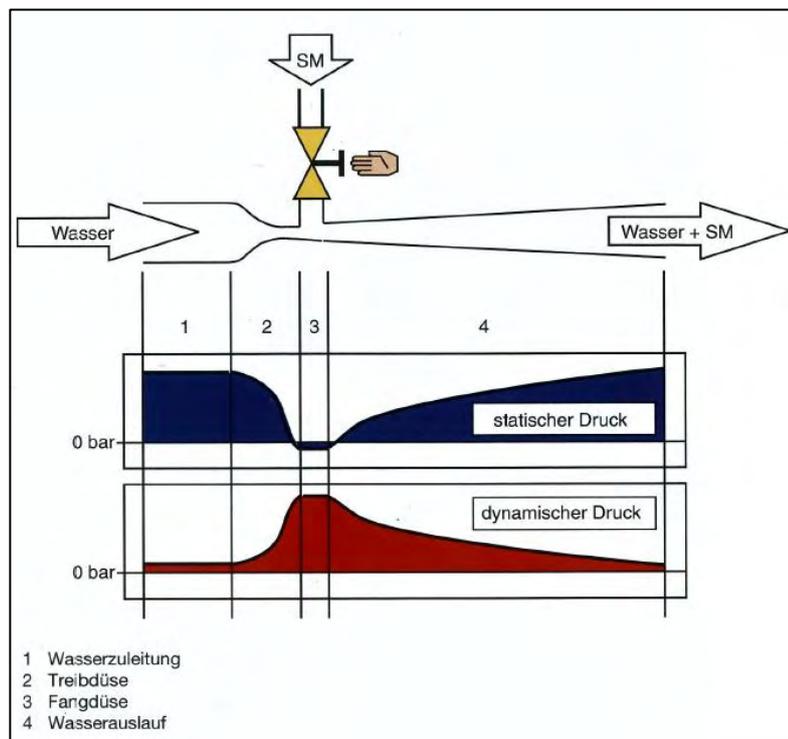


Abbildung 5: Druckverhältnisse innerhalb des Zumischers (de Vries, 2000)

Bei Schwer- und Mittelschaum wird die erforderliche Luft am Strahlrohr durch die Flussgeschwindigkeit angesaugt und im Strahlrohr mit dem Schaumittel-Wassergemisch durch ein Sieb gespritzt. Dadurch wird der eigentliche Schaum erst am Strahlrohr erzeugt und abgegeben (de Vries, 2000).

Die Leichtschaumerzeugung funktioniert etwas anders als die Erzeugung von Schwer- oder Mittelschaum. Aufgrund des großen Volumens reicht es nicht aus, Luft nur über das Schaumrohr anzusaugen. Der benötigte Luftstrom wird durch einen Lüfter gefördert und durch Spiralschläuche, sogenannte Lutten, mit ca. 500 mm Durchmesser zum Schaumerzeuger geleitet. Innerhalb des Schaumerzeugers wird das separat zugeführte Wasserschaumittelgemisch durch Düsen zerstäubt und gegen ein Sieb gespritzt. Die durch das Schaumrohr strömende Luft schäumt das Gemisch auf. Über weitere Lutten ist der Schaumtransport zum Brandherd möglich.

4.2.4 Löschwirkung

Schaum verhindert den Gasaustausch zwischen Brandgut und Umgebung. Das Feuer wird also hauptsächlich erstickt. Bei der Verwendung von Schwer- und Mittelschaum kommt durch den höheren Wassergehalt eine kühlende Wirkung hinzu. Bei der Bekämpfung von Flüssigkeitsbränden muss die Schaumschicht dem Dampfdruck des Brandgutes entgegenwirken. Daher empfiehlt es sich, eine Schaumdicke von ca. 10 cm bei filmbildenden Schaummitteln und 20 cm bei nicht filmbildenden Schaummitteln zu erreichen (Gressmann, 2008).



Abbildung 6: Haftwirkung Mittelschaum (Foto: N. Kramer)

Schaum hat im Vergleich zu Wasser den deutlichen Vorteil, dass er an schrägen Geometrien haften bleibt und diese nicht nur dünn benetzt (siehe Abbildung 6), sodass der kühlende Effekt lange auf das brennende Material einwirken kann.

Wichtig ist bei der Verwendung von Leicht- oder Druckluftschaum, dass die Verschäumungszahl nicht zu hoch und der Schaum damit zu trocken ist, da das Feuer sonst unterhalb der Schaumdecke weiter schwelen kann (de Vries, 2000).

4.3 Rechtliche Grundlagen

Der § 17 der Hamburger Bauordnung fordert:

„Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind (HBauO, 2011).“

Daraus lässt sich unter anderem ableiten, dass jeder Anlagenbetreiber in der Pflicht ist, wirksame Löscharbeiten zu ermöglichen. Die Frage nach der Wirksamkeit kann jedoch nur in Abhängigkeit von dem erreichten Erfolg, in der dafür benötigten Zeit und dem verhinderten Schaden geklärt werden (Pulm, 2006).

Szenarien in der Vergangenheit haben gezeigt, dass es Umstände gibt, in denen vorhandene Löschanlagen innerhalb eines Müllbunkers einer Müllverwertungsanlage nicht ausreichend waren. Nur durch eine bis dahin unkonventionelle Lösung konnte ein Totalverlust des Bunkers verhindert werden. Diese Erfahrung zeigt, dass es durchaus wirkungsvollere Löschmöglichkeiten gibt, als jene, die derzeit in Müllverwertungsanlagen Anwendung finden.

Somit sind die Anlagenbetreiber in der Pflicht die vorhandenen Möglichkeiten zu hinterfragen und ggf. zu verbessern.

5 Ist-Situation

5.1 Situation im Müllbunker der MVR

Zum Zeitpunkt des Beginns der Arbeit war im Müllbunker eine Sprühflutanlage installiert, welche auch dem Schutz der Krankanzel dient. Außerdem befinden sich zwei Schwerschamwerfer links und rechts gegenüber der Krankanzel sowie zwei auf dem Dach der Krankanzel. Alle vier sind ferngesteuert und mit einem zentralen Schaummittellager verbunden. Die Überwachung erfolgt durch eine Infrarotkamera, die den Müllbunker ständig sektorweise abfährt, Oberflächentemperaturen misst und aufzeichnet. Bei Temperaturen über einem festgelegten Wert von 100°C wird automatisch ein akustisches Warnsignal gegeben.

Bei größeren Bränden, besonders in den Flanken der Müllberge, müssen große Mengen Müll umgeschichtet werden und mit Wasser oder Schaum abgelöscht werden. Bei dieser Methode wird relativ viel Löschwasser in den Bunker eingebracht. Das führt zu einer Herabsetzung des Heizwertes, und nach ca. 5 Tagen kann es zu einer Gärung des Mülls kommen, so dass giftige und brennbare Gase im Bunker entstehen (Seiffert, 2013). Derzeit gibt es keine praktikable Möglichkeit, eingebrachtes Löschwasser wieder aus einem gefüllten Bunker zu fördern, außer es mit dem Müll der Verbrennung zuzuführen (Seiffert, 2013). Deshalb ist es das Ziel, möglichst wenig Wasser in den Brennstoff zu geben. Leichtschaum kann hier eine optimale Alternative bieten.

5.2 Löschwasser

Das Wasser für die Löschanlagen wird aus der Elbe entnommen, gefiltert und mit 12 bar in den Leitungen vorgehalten. Durch die Bestimmungen in der Betriebsgenehmigung darf kein Leitungswasser als Löschwasser verwendet werden (Betriebsgenehmigung MVR, 1997).

Die Filter am Pumpeneinlass filtern nur groben Schmutz, sodass es zu einem Eintrag von Muschellarven und sonstigen Schwebstoffen in die Löschwasserverrohrung kommt. Diese Muscheln wachsen dort und verstopfen im Einsatzfall die Düsen der Sprühflutanlage oder auch des Schaumgenerators (Information der Kranfahrer der MVR, 2013). Um dies zu verhindern, müssen die Leitungen vor einem Einsatz gespült werden. Zur Ermittlung der Zeit, die benötigt wird, bis das Wasser sauber genug ist, wurde ein Versuch durchgeführt. Siehe *Punkt 7.1: Spülversuch*.

5.3 Beschaffte Gerätschaften

5.3.1 Schaumgeneratoren

Vor Beginn dieser Arbeit sind bei der MVR bereits zwei Leichtschaumgeneratoren der Firma „Big Schaumerzeugnisse“ beschafft worden.

Eine Eigenbeschaffung war hier nötig, da die Feuerwehr keine Leichtschaumgeneratoren vorhält und auch die erforderliche Menge an Schaummittel nur unter nicht unerheblichem logistischem und zeitlichem Aufwand an die Einsatzstelle zu bringen wäre.

5.3.1.1 Technische Daten der Schaumgeneratoren

Die Tabelle 2 stellt die technischen Daten der beiden zuerst beschafften Leichtschaumgeneratoren dar.

Tabelle 2: Technische Daten der Schaumerzeuger (Betriebsanleitung der B.S. Belüftungs-GmbH für Leichtschaumgeneratoren, 2011)

Technische Daten	FlexiFoam M-L 2	FlexiFoam M-L 4/8
Abmessungen (lxbxh)	48 cm x 55 cm 60 cm	48 cm x 55 cm x 60 cm
Durchmesser	49 cm	49 cm
Gewicht	15 kg	21,1 kg
Durchflussmenge	200 l/min bei 7 bar	400/800 l/min bei 7 bar
Verschäumungszahl	100 bis 500	50 bis 300
Schaumerzeugung	20 bis 100 m ³ pro min	30 bis 160 m ³ pro min
Anschluss	C Kupplung	B Kupplung

Im Folgenden wird der FlexiFoam M-L 2 in Bezug auf die max. Schaumerzeugung als der kleine Generator und der FlexFoam M-L 4/8 als der große Generator bezeichnet.

5.3.2 Angeschaffte Lüfter

Passend zu den Schaumgeneratoren wurden zwei Lüfter der Firma „Tempest“ beschafft: ein Tempest EV 18-1.5 und ein Tempest EV 27-3.0.

5.3.2.1 Technische Daten der Lüfter

Die technischen Daten der beschafften Lüfter sind aus Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Technische Daten der beschafften Lüfter (Betriebsanleitung der B.S. Belüftungs-GmbH für Hochleistungslüfter, 2011)

Technische Daten	EV 18-1.5	EV 27-3.0
Durchmesser Luftmantel	460 mm	685 mm
Motorleistung	1,5 kW	3,0 kW
Luftleistung (nach AMCA 240)	6000 - 17500 m ³ /h	10400 – 33000 m ³ /h
Abmessungen BxHxT	590x610x500 mm	780x840x535 mm
Gewicht	35 kg	58 kg

5.4 Kenntnisstand bzgl. der Anwendbarkeit der Generatoren

Die ersten Versuche mit den angeschafften Geräten wurden vor Beginn dieser Arbeit und ohne Zutun des Autors durchgeführt. Dabei hat sich herausgestellt, dass der kleinere Generator gute Ergebnisse erzielt. Der Schaum weist eine gute Haltbarkeit sowie eine gute Konsistenz und Fließeigenschaft auf.

Bei dem größeren der beiden Generatoren zeigte sich, dass der Druck der Löschwasserleitungen mit 12 bar deutlich zu hoch war, sodass der Zumischer nicht einwandfrei arbeitete. Zur Lösung des Problems wurde ein Druckbegrenzungsventil angeschafft. Hiermit kann der Druck variabel herabgeregelt werden kann, indem überschüssiges Wasser seitlich abgelassen wird. Der Eingangsdruck am Zumischer sollte bei 7 bar liegen (Feuerwehr Mönchhagen, 2011). Infolge des Einsatzes des neuen Ventils kam es zu einem nicht unerheblichen Austritt von überschüssigem Wasser, welches im Falle eines Einsatzes innerhalb eines Anlagenteils zu nicht unerheblichen Wasserschäden führen könnte.

6 Planung der Umsetzung bei der Müllverwertung Rugenberger Damm

6.1 Aufstellung der Gerätschaften

Es ist ein mobiler Einsatz von Schaumgeneratoren geplant. Das bedeutet, dass die Gerätschaften sowie das Schaummittel an einer definierten Stelle bereit stehen und im Einsatzfall schnell eingesetzt werden können, jedoch nicht fest verbaut sind. Hierfür kommen drei Orte in Betracht:

- Das Kesselhaus auf +33.84 mNN
- Das Dach der Anlieferhalle
- Innerhalb der Anlieferhalle

Das Schaummittel soll in Intermediate Bulk Containern (folgend IBC-Behältern) vorgehalten werden. Eine Berechnung des Schaummittelbedarfes wird unter *Punkt 6.4: Simulation und Berechnung des Schaummittelbedarfes* durchgeführt.

6.1.1 Kriterien

Anforderungen an den Ort der Aufstellung sind folgende:

- Schnelle Erreichbarkeit (im Einsatz und zum Tausch der IBC Behälter)
- Ausreichend Tragfähigkeit der Unterkonstruktion
- Verfügbarkeit von Löschwasser
- Verfügbarkeit von Schaummittel
- Witterungsschutz
- Möglichkeit der Ableitung überschüssigen Wassers
- Möglichst geringe Anpassungen der baulichen Substanz
- Geringe Gefährdung der Einsatzkräfte

Im Folgenden sollen nun die ersten beiden möglichen Aufstellorte gegeneinander abgewogen werden. Die Aufstellung innerhalb der Anlieferhalle wird nicht betrachtet, da die Aufstellung hier anderen Kriterien unterliegt.

6.1.2 Kesselhaus

Beschreibung des Standortes:

Das Kesselhaus ist direkt an den Müllbunker angeschlossen und durch eine Brandschutzwand abgetrennt. Die Außenwände sind in Stahlbetonbauweise ausgeführt. Im

Inneren sind die einzelnen Ebenen als Stahlskelett ausgeführt. Innerhalb des Kesselhauses befinden sich die beiden Müllverbrennungslinien sowie die damit verbundenen Anlagenteile, die Warte und der Zugang zur Krankanzel (Bauzeichnungen der MVR, 1995).

Erreichbarkeit:

Die Erreichbarkeit im Kesselhaus ist durch Treppen und einen Fahrstuhl gesichert. Die Gerätschaften müssten zweimal vorgehalten werden, da ein Einsatz entweder rechts und/oder links der Krankanzel innerhalb des Bunkers erfolgen würde und eine zügige Umverteilung durch die verbauten Anlagenteile nicht möglich ist.

Tragfähigkeit:

Das Kesselhaus besteht im Inneren aus einem Stahlskelett. Die einzelnen Ebenen sind nach den entsprechenden Höhenmetern benannt. Die Böden der Ebenen bestehen aus Gitterrosten mit unterschiedlichen Traglasten. Am in Frage kommenden Ort auf +33,4 mNN sind Gitterroste mit einer Traglast von 300 kg/m verbaut. Diese müssten für die Aufstellung der Gerätschaften durch höher belastbare ersetzt werden.

Verfügbarkeit von Löschwasser:

Löschwasserleitungen sind auf beiden Seiten der Krankanzel in ausreichendem Querschnitt vorhanden. Es müssten im Kesselhaus zusätzlich Niederschraubventile und B-Anschlüsse angebracht werden. Ab-



Abbildung 7: Möglicher Aufstellungsort im Kesselhaus

bildung 7 zeigt einen möglichen Aufstellungsort. Es sind die Gitterroste sowie die Wasserleitungen an der Wand zu erkennen.

Verfügbarkeit von Schaummittel:

Siehe hierfür 6.1.4: *Schaummittellager*

Witterungsschutz:

Aufgrund der Bauart sind die Gerätschaften innerhalb des Kesselhauses keinen Wittereinflüssen ausgesetzt.

Abführung überschüssigen Wassers:

Das überschüssige Wasser am Druckbegrenzer sowie das Wasser, das zum Spülen anfällt, müsste im Kesselhaus über zusätzliche Schläuche abgeführt werden, entweder in einen ausreichend dimensionierten Abfluss oder in den Müllbunker, was aber den Heizwert des Mülls zusätzlich zum eingebrachten Löschwasser weiter herabsetzen würde.

Möglichst geringe Anpassungen der baulichen Substanz:

Innerhalb des Kesselhauses würden mehrere Durchbrüche durch die Brandwand zum Müllbunker benötigt, welche alle mind. als T-90 Brandabschlüsse umgesetzt sein müssten. An die vorhandenen Löschwasserleitungen müssten Ventile mit B-Abgang angebracht werden und zusätzlich sollte ein Abfluss für überschüssiges Wasser geschaffen werden.

Gefährdungspotenzial der Einsatzkräfte:

Eine Aufstellung im Kesselhaus ist damit verbunden, dass die Einsatzkräfte bei einem Löschangriff direkt im Bunker vorgehen. Im Brandfall herrschen im Bunker hohe Temperaturen und schlechte Sicht durch die Rauchgase. Daher sind Umgebungsluftunabhängige Atemschutzgeräte und Rückwegsicherungen überlebenswichtig. Die Einsatzkräfte müssten sich dazu in einer unbekanntem Umgebung orientieren und schwere und unhandliche Geräte handhaben. Dies stellt ein sehr hohes Risiko dar.

Die Anzahl der im Bunker arbeitenden Kräfte wäre zudem durch die Anzahl der verfügbaren Atemschutzgeräte begrenzt, von denen zwei bis drei für den Sicherheitstrupp entfallen. Der Sicherheitstrupp hat die Aufgabe, bereit zu stehen und im Falle eines Unfalls die Rettung der Einsatzkräfte zu übernehmen. Er darf ansonsten für keine Arbeiten herangezogen werden (Feuerwehr-Dienstvorschrift 7, 2002 mit Änderungen 2005).

6.1.3 Dach der Anlieferhalle

Beschreibung des Standortes:

Die Anlieferhalle ist ebenfalls in Stahlbetonbauweise ausgeführt und auf der gegenüberliegenden Seite vom Kesselhaus direkt an den Bunker angeschlossen. Auf +20 mNN befindet sich die eigentliche Anlieferhalle mit den 12 Kippstellen. Dieser Bereich bildet durch die Öffnungen der Müllrutschen mit dem Bunker einen Brandabschnitt. Unterhalb von +20 mNN befinden sich die Betriebswasseraufbereitung sowie diverse Lagerräume (Bauzeichnungen der MVR, 1995). Das Flachdach der Halle befindet sich auf +32,1 mNN. In der direkt angrenzenden Wand zum Müllbunker befinden sich, verteilt auf die Breite der Kippstellen, drei Stahltüren. Diese Türen (i.F. Löschoffnungen) mit der Größe von ca. 1x1 m sind als Löschoffnungen gedacht und führen direkt in den Müllbunker.



Abbildung 8: Löschoffnung auf dem Dach der Anlieferhalle

Erreichbarkeit:

Auf das Dach der Anlieferhalle führt ein Treppenhaus in der Nordecke des Müllbunkers, welches bei einem Feuer ausreichend abgeschottet ist (F90) (Brandschutzkonzept der MVR, 1997). Die Feuerwehr könnte das Dach zusätzlich über eine Drehleiter, welche auf der Zufahrt zur Anlieferhalle aufgestellt wird, erreichen. Dies käme auch in Frage, wenn das Treppenhaus verraucht sein sollte.

Tragfähigkeit:

Das Dach der Anlieferhalle ist als Flachdach ausgeführt, darunter befinden sich Spannbetonbinder. Durch die Aufstellung der Leichtschäumgeneratoren incl. Lüfter und anderem Material sowie der Belastung durch mehrere Einsatzkräfte entstehen keine Risiken für die Statik des Daches (Information des Statikers R. Baumgarte, am 15.07.2013).

Verfügbarkeit von Löschwasser:



Abbildung 9: Wasserleitungen auf dem Dach der Anlieferhalle

Im Bereich des Daches sind zwei Arten von Leitungen, eine mit reinem Löschwasser und eine Leitung, der bei Bedarf Schaummittel für die Schwerschamwerfer zugemischt werden kann. Da dieses Schaummittel nicht für die Erzeugung von

Leichtschaum geeignet ist, müsste ein Umbau der Leitung mit reinem Wasser erfolgen, da es an dieser Leitung keine Möglichkeiten der Wasserentnahme gibt. Ein gleichzeitiges Verwenden der Schwerschamwerfer im Müllbunker und der Leichtschamgeneratoren wäre sonst, aufgrund des Schaummittels in den Leitungen, nicht möglich. Abbildung 9 zeigt die Wasserleitungen auf dem Dach der Anlieferhalle. Beide sind von einer Begleitheizung umgeben, welche vor Frost schützt.

Verfügbarkeit von Schaummittel:

Siehe hierfür *6.1.4 Schaummittellager*.

Witterungsschutz:

Auf dem Dach des Kesselhauses sind alle Wittereinflüsse vorhanden. Auch eine Unterbringung der Gerätschaften kann derzeit nicht gewährleistet werden.

Abführung überschüssigen Wassers:

Das Dach ist aufgrund seiner Bestimmung optimal zum Abführen größerer Mengen Wasser geeignet. Das aufgenommene Wasser der Dachflächen wird zwischengespeichert und bei Bedarf dem Betriebskreislauf zugeführt. Überschüssiges Wasser wird in den Köhlbrand eingeleitet. Da hierbei keine Untersuchung der Wasserqualität stattfindet, ist eine Verunreinigung durch Schaummittel auf jeden Fall zu vermeiden.

Möglichst geringe Anpassungen der baulichen Substanz:

Unterhalb der Löschoffnungen befindet sich je ein B-Abgang an der Schaumwasserleitung. Die Klappen sind gedacht, um ein mögliches Feuer mit Strahl- oder Schwerschamrohren zu bekämpfen. Sie eignen sich aber auch für den Einsatz von

Schaumgeneratoren. Daher sind keine weiteren Änderungen an der baulichen Substanz zu erwarten als die Modifikation der Löschwasserleitungen. Es müsste eine beheizte Einhausung für die Gerätschaften geschaffen werden, damit die Frostsicherheit und Witterungsschutz gewährleistet wird.

Gefährdungspotenzial der Einsatzkräfte:

Auf dem Dach der Anlieferhalle könnte es durch die geöffneten Löschoffnungen zu einem Austritt von Rauchgasen kommen. Da die Öffnungen relativ klein sind, die Einsatzkräfte unter freiem Himmel stehen und im Bunker ein Unterdruck herrscht, wird dieses Risiko als gering eingestuft.

Weiterhin sind keine besonderen Gefährdungen zu erkennen.

6.1.4 Schaummittellager

Bei der MVR gibt es derzeit ein zentrales Schaummittellager. Hieraus werden die Schwerschaumwerfer im Müllbunker gespeist. Das verwendete Schaummittel kann nicht zur Erzeugung von Leichtschaum eingesetzt werden. Es muss also für das neue Schaummittel eine separate Versorgung sichergestellt werden.

Da die IBC Behälter im Einsatzfall schnell zu erreichen und zu tauschen sein müssen, kommt keiner der betrachteten Orte als direkter Aufstellungsort in Betracht. Optimal wäre eine Lagerung auf Bodenhöhe (+8 mNN) außerhalb der Gebäude, um eine schnelle Erreichbarkeit für Gabelstapler zu gewährleisten.

Da der Aufwand für alle möglichen Aufstellungsorte etwa gleich hoch wäre, fällt dieser Punkt nicht in die Abwägung der Aufstellung.

6.1.5 Entscheidungsmatrix

Zur besseren Abwägung der Möglichkeiten wurde eine Entscheidungsmatrix aufgestellt. Die unterschiedlichen Kriterien wurden mit einem Punktesystem bewertet. Wichtigere Kriterien erhielten dabei mehr mögliche Punkte als Kriterien, die als weniger wichtig angesehen werden. Bei der Bewertung der Aufstellungsorte wurden 3 mögliche Unterteilungen angenommen. Eine Aufstellung:

- ist möglich: Volle Punktzahl
- ist mit Einschränkungen / Änderungen möglich: Halbe Punktzahl
- ist nicht möglich: Keine Punkte

Sofern ein Aufstellungsort in einem Kriterium null Punkte erhält, scheidet dieser Ort generell aus.

6.1.5.1 Bewertung der Relevanz

Für die Entscheidung musste die Relevanz der einzelnen Kriterien festgelegt werden. Für wichtigere Kriterien wurden mehr mögliche Punkte vergeben als für weniger wichtige. Insgesamt gibt es drei Kategorien, die sich durch zwei, vier oder sechs mögliche Punkte unterscheiden.

Zwei mögliche Punkte:

- Schnelle Erreichbarkeit
- Witterungsschutz
- Abführungsmöglichkeiten von überschüssigem Wasser

Die **schnelle Erreichbarkeit** des Lagerortes der Leichtschaumgeneratoren wird als weniger wichtig angesehen, da Leichtschaum, wenn es zu einem Brandereignis kommt, die sekundäre Löschmaßnahme ist. Primär werden die konventionellen Löschmöglichkeiten genutzt.

Auch der **Witterungsschutz** ist nicht als übermäßig wichtig zu erachten, da hier kostengünstige Lösungen leicht zu erarbeiten sind. Zweckmäßig wären z.B Planen, die um die Aufbewahrungsboxen gelegt werden.

Die **Abführung von überschüssigem Wasser** ist entweder durch das Einleiten in den Müllbunker oder über das Dach der Anlieferhalle möglich. Da hier bereits Lösungen bestehen, wird auch dieses Kriterium mit zwei möglichen Punkten bewertet.

Vier mögliche Punkte:

- Tragfähigkeit
- Verfügbarkeit von Löschwasser
- Möglichst geringe Anpassung der baulichen Substanz

Alle Kriterien wurden in die mittlere Kategorie eingeteilt, da bei nicht erfüllen kostenintensive Änderungen nötig wären. Hinzu kämen evtl. Wartungskosten für beispielsweise Brandschutzklappen in Brandwänden etc.

Sechs mögliche Punkte:

- Gefährdungspotenzial für Einsatzkräfte

Dieser Punkte wurde deshalb als wichtigster Punkt eingestuft, da eine Gefährdung von Menschenleben auf jeden Fall auszuschließen bzw. auf das geringste nötige Maß zu reduzieren ist.

6.1.5.2 Matrix

Tabelle 4: Entscheidungsmatrix

	Kesselhaus	Dach der Anlieferhalle
Schnelle Erreichbarkeit	2/2	1/2
Tragfähigkeit	2/4	4/4
Verfügbarkeit von Löschwasser	2/4	2/4
Witterungsschutz	2/2	1/2
Abführungsmöglichkeit von überschüssigem Wasser	1/2	2/2
Möglichst geringe Anpassung an bauliche Substanz	2/4	4/4
Gefährdungspotenzial der Einsatzkräfte	0/6	6/6
Ergebnis	11/24	20/24

6.1.6 Abwägung und Empfehlung

Es ist abzuwägen, welcher Aufstellungsort sich im Falle eines Brandes im Müllbunker besser zum Löschen eignet, aber auch welcher Ort sicherer für Einsatzkräfte und Mitarbeiter ist. Im Kesselhaus gibt es eine Möglichkeit, die Utensilien der Schaumerzeugung schnell zu erreichen, aber das überschüssige Wasser vom Spülen bzw. aus dem Druckminderer müsste aufwändig abgeführt werden. Weiter müsste

der Schaumangriff im Müllbunker selbst erfolgen. Das bedeutet, die Einsatzkräfte müssten bei schlechter Sicht in Vollschutz mit umgebungsluftunabhängiger Atemluftversorgung in einen großen, unbekanntem Raum vorgehen. Die große Hitze und die Desorientierung sind zusätzliche Gefahren. Dieses Risiko spiegelt sich im Ergebnis der Entscheidungsmatrix wieder. Ein Einsatz vom Kesselhaus aus scheidet generell aus.

Auf dem Dach der Anlieferhalle könnte man die vorhandenen Luken zum Löschen nutzen. Dies würde sich jedoch auf ein reines Fluten des Bunkers mit Schaum durch die drei möglichen Öffnungen beschränken. Die Einsatzkräfte wären in der Regel nicht in der Lage, einen Brand gezielt mit Schaum zu übergießen. Jedoch ist die Gefahr für die Einsatzkräfte geringer, da durch die relativ kleinen Öffnungen kaum Rauchgase entweichen könnten.

Aufgrund der Entscheidungsmatrix wird das Dach der Anlieferhalle als Aufstellungsort favorisiert.

6.1.7 Entscheidung

Die gegebenen Möglichkeiten und Bedingungen wurden der Geschäftsleitung präsentiert. Beschlossen wurde der Aufbau auf dem Dach der Anlieferhalle. Probleme wurden anfangs noch am Ausgang der Sperrmüllschere gesehen, da dort das Risiko der Brandentstehung am höchsten ist und es der entfernteste Punkt im Bunker von den Löschoffnungen aus ist. Zusätzlich ist der Müll an der Stelle häufig höher gestapelt als unterhalb der Kippstellen. Dadurch muss relativ viel Schaum in den Bunker eingebracht werden. Als Alternative würde nur ein Einsatz im Müllbunker bleiben, diese Möglichkeit wird aber wegen des vergleichsweise hohen Risikos für die Einsatzkräfte ausgeschlossen, zumal es fraglich ist, ob ein solcher Einsatz Vorteile bringen würde.

Zusätzlich sollte anfangs ein kleiner Leichtschaumgenerator in der Anlieferhalle bereitstehen, um eingetragene Brände zielgerichtet durch die Kippstellen zu bekämpfen. Da die Kippstellen unterhalb der Bunkeroberkante liegen, wurde dieser Aufstellungsort oben nicht mit abgewogen.

Diese Entscheidung hat man später jedoch noch einmal überdacht. Es wird nun als sinnvoller angesehen drei Leichtschaumgeneratoren auf dem Dach der Anlieferhalle

zu positionieren, um möglichst schnell viel Volumen an Schaum in den Bunker einbringen zu können.

6.2 Kippstellen Verschlüsse



Die Kippstellen befinden sich unterhalb der maximalen Füllhöhe des Bunkers auf +20,20 mNN. Im Falle einer Flutung des Bunkers mit Leichtschaum müssen die Kippstellen verschlossen werden, um ein ungewolltes Austreten des Schaumes zu verhindern. Im Vorfeld dieser Arbeit ist bereits ein Rolltor an Kippstelle 10 zu Testzwecken eingebaut worden, welches jedoch noch weiter optimiert werden muss. Siehe Abbildung 11.

Abbildung 11: Erstes Rolltor an Kippstelle 10. Sofern ein bedarfsgerechter Verschluss der Kippstellen sichergestellt ist, müssen zusätzliche Belüftungsöffnungen geschaffen werden. Diese müssten sich mindestens auf +32,10 mNN Höhe befinden, also oberhalb der Mülloberkante, damit der Schaum nicht durch die Öffnungen entweicht. Die

Verbrennungslinien saugen die nötige Luft über den Bunker an, um die Immissionen und die Geruchsbelästigung so gering wie möglich zu halten. Durch den Verschluss der Kippstellen würde sich im Bunker

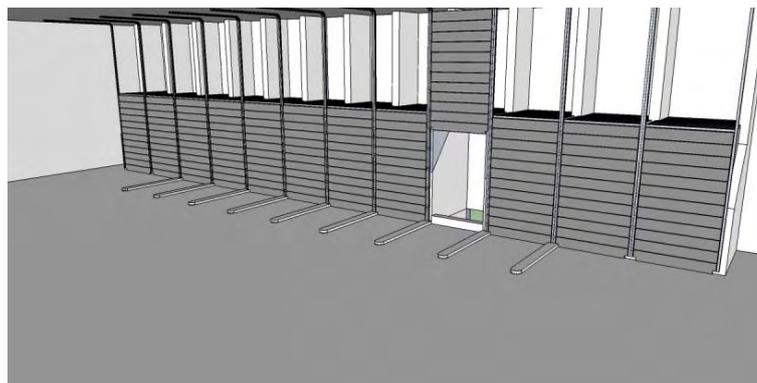


Abbildung 10: Simulation aller geplanten Rolltore

ein Unterdruck bilden, welcher zum Kollaps der Tore führen würde.

Zweckmäßig wären Öffnungen in Form von Jalousien.

6.3 Schaummittel

Verwendet werden soll das Schaummittel Sthamex der Firma Dr. Sthamer. Dieses Schaummittel gibt es in unterschiedlichen Ausführungen, welche sich in ihrer Frostbeständigkeit unterscheiden (Produktdatenblatt Sthamex F-6, 2011) (Produktdatenblatt Sthamex F-15, 2011) (Produktdatenblatt Sthamex F-25, 2012).

Für die Aufstellung des Schaummittellagers auf dem Hof ist Sthamex F-25 sinnvoll, da hier eine Frostbeständigkeit bis -25°C gegeben ist. Dadurch könnte eine Heizung der Einhausung sowie der Steigleitung gespart werden. Höhere Frostbeständigkeit bietet der Hersteller zwar an, diese sind in Deutschland jedoch nicht zugelassen (Beratungsgespräch mit Mitarbeitern von Dr. Stahmer, 2013).

Sthamex ist nicht fluoriert und vollständig biologisch abbaubar (Produktdatenblatt Sthamex F-15, 2011).

Durch den Firmensitz von Dr. Sthamer in Hamburg wird eine kurzfristige Nachschublieferung im Bedarfsfall sichergestellt (Beratungsgespräch mit Mitarbeitern von Dr. Stahmer, 2013).

6.4 Simulation und Berechnung des Schaummittelbedarfes

Um den Bedarf an Schaummittel zu bestimmen, wird ein *worst case*-Szenario im Müllbunker angenommen, welches das wahrscheinlich größte Volumen an Schaum benötigt. Das Volumen des leeren Bunkers als Grundlage zu betrachten wird als realitätsfremd angesehen, da es in einem leeren Bunker keine Brandlasten gibt, und bei wenig Müll sind die vorhandenen Löscheinrichtungen ausreichend.

Das angenommene Szenario betrachtet Müllflanke, die auf einer Seite des Bunkers bis zur maximalen Füllhöhe aufgeschüttet wurde und in der Breite knapp drei Kippstellen verschließt sowie eine ansonsten relativ geraden Müllgeometrie unterhalb der Kippstellen (Siehe Abbildung 12). Es wird davon ausgegangen, dass bei dieser Geometrie die im Falle eines Brandes benötigte Menge an Schaum maximal ist.

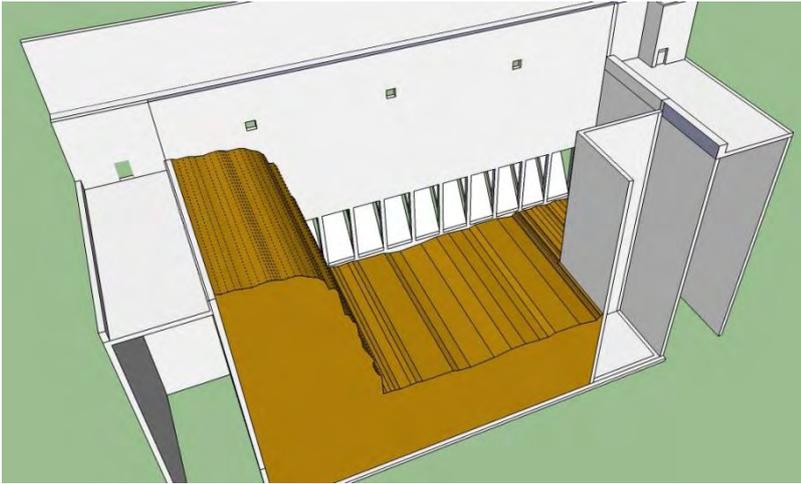


Abbildung 12: Angenommene Müllgeometrie für Mengenberechnung (braun)

Um das benötigte Volumen an Schaummittel zu ermitteln, wurde der nötige Löschschaum simuliert, der zur maximalen Füllhöhe im Bunker aufgefüllt wurde. Siehe Abbildung 13.

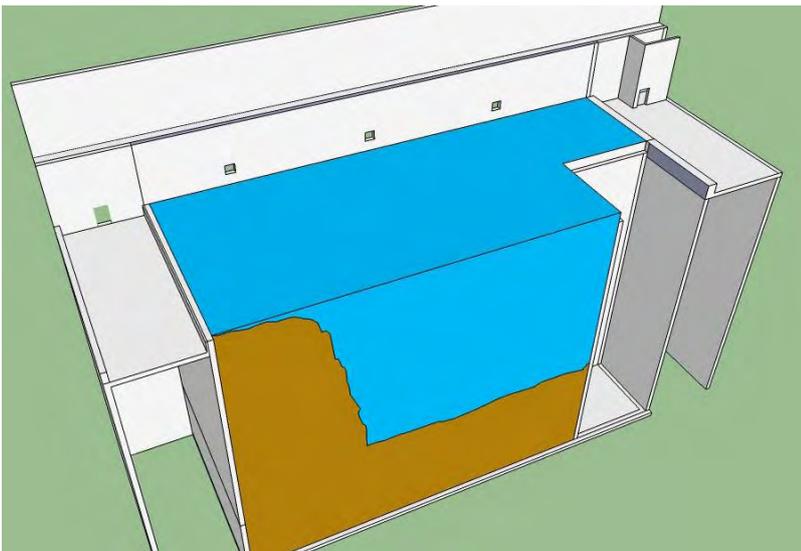


Abbildung 13: Benötigtes Volumen an Schaum (blau)

Das von der Simulationssoftware ausgegebene Volumen beträgt rund 13500m^3 .

Für die Berechnung des Schaummittelbedarfs wird von einer Verschäumungszahl von 250 ausgegangen. Im optimalen Fall erreichen die großen Schaumgeneratoren einer Verschäumungszahl von 300. Da aber die Wasserqualität durch die Schwebstoffe nicht optimal ist, wird mit einer kleineren Verschäumungszahl gerechnet. In den praktischen Versuchen hat sich gezeigt, dass sich die Siebe des Zumischers und des Schaumgenerators leicht zugesetzt haben. Dies hat einen negativen Einfluss auf

die Verschäumungszahl. Da aber nicht genau ermittelt werden kann, wie stark der Einfluss ist, wird die tatsächliche Verschäumungszahl geschätzt.

Die Formel zur Berechnung des Schaummittels lautet:

$$V * WSM * ZMR = SM$$

V Volumen des fertigen Schaumes in Kubikmetern

ZMR Zumischrate in Prozent

SM Gesamt benötigte Schaummittelmenge in Litern

WSM Menge des benötigten Wasser-Schaummittel-Gemisches (WSG) pro Kubikmeter Schaum, resultierend aus der Verschäumungszahl

$$(1 \text{ l WSG} = 250 \text{ l Schaum} \rightarrow 4 \text{ l WSG} = 1000 \text{ l} = 1 \text{ m}^3 \text{ Schaum})$$

Daraus ergibt sich:

$$13500 \text{ m}^3 * \frac{4 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} * 0,03 = 1620 \text{ l}$$

Die Zahl von 1620 l ist ein rein theoretischer Wert. Nicht berücksichtigt ist hierbei die Kompression des Schaumes durch den entstehenden Druck sowie die Wasserhalbwertzeit oder die Zerstörung des Schaumes durch das Feuer.

Es muss eine Reserve eingeplant werden. Da für die Aufstellung nur ganze IBC-Behälter in Frage kommen, wird eine Aufstellung von insgesamt drei IBC Behältern als sinnvoll angesehen.

Drei IBCs entsprechen 3120 kg Schaummittel bei einer Dichte von 1,04 Kg/l ergibt das 3000 l Schaummittel (Produktdatenblatt Sthamex F-15, 2011) (Website Dr. Sthamer, 2012). Dies ergibt eine Reserve von rund 85 %.

Bei zwei IBC-Behältern ergibt sich eine Reserve von rund 23 %. Dies wird als zu gering eingeschätzt.

7 Durchgeführte Versuche

7.1 Spülversuch

Um zu ermitteln, wie lange die Leitungen gespült werden müssen und wie stark das Löschwasser verunreinigt ist, wurde folgender Versuch durchgeführt:

Für die Durchführung wurde ein B-Schlauch (Durchmesser 75 mm) an die Löschwasserleitung auf dem Dach der Anlieferhalle angekuppelt und die Leitung so lange gespült, bis das Wasser sauber genug war, damit die Siebe im Zumischer und im Schaumgenerator nicht mehr zugesetzt werden konnten. Hierfür erfolgte eine optische Einschätzung, Messgeräte wurden nicht verwendet. In den Gerätschaften zur



Schaumerzeugung sind Siebe mit 4mm Maschenweite verbaut. Die im Wasser enthaltenen Schwebstoffe müssen daher kleiner sein um die Siebe nicht zu zusetzen.

Abbildung 14: Erste Spülung durch einen Jutesack

Da es in der Vergangenheit zu Muschelwachstum in den Leitungen kam, wurde das Wasser in den ersten Minuten durch einen Jutesack gefiltert. Der Sack sollte helfen, einen Überblick über die Menge der Muscheln zu bekommen. Auch wurde damit verhindert, dass das Dach mit Muschelschalen verunreinigt wurde (Siehe Abbildung 14).

Nach mehreren Minuten wurde die Leitung zugedreht und der Inhalt des Sackes überprüft. Dabei wurden keine Muscheln im Sack festgestellt. Anschließend wurde die Leitung weitere 15 Minuten ohne Filter gespült.

Auch nach den 15 Minuten war das austretende Wasser immer noch mit feinen Schwebstoffen versetzt und wies eine leichte Trübung auf. Es ist davon auszugehen, dass der Grund hierfür in der Verwendung von Elbwasser liegt.

Da auch bei längerem Spülen nicht davon auszugehen ist, dass die Wasserqualität besser wird, muss ein Versuch mit dem Schaumgenerator zeigen, ob sich damit ein stabiler Schaum erzeugen lässt oder ob ein Vorfilter verbaut werden muss.

7.2 Schaumversuch

Am 08.07.2013 wurde ein Versuch durchgeführt, der zeigen sollte, ob ein Einsatz durch die Löschöffnungen im Müllbunker überhaupt praktikabel ist. Zusätzlich wurde die Erprobung eines neu beschafften Z-4 Zumischers durchgeführt.

Die Schaumerzeuger wurden oberhalb der Kippstellen 11 und 12 auf dem Dach der Anlieferhalle aufgestellt. Zur Überbrückung des Höhenunterschiedes wurde eine provisorische Aufstellvorrichtung verwendet. Löschwasser wurde an der mittleren Löschöffnung entnommen und über eine 5m lange B-Leitung zum Druckminderer geleitet, an den direkt der Zumischer angeschlossen wurde. Der Schaumgenerator wurde dann über eine 20m lange B-Leitung mit dem Zumischer verbunden.

Der Druckminderer wurde auf ca. 5 bar eingestellt.

Der Lüfter wurde über eine zugehörige Lutte mit dem Schaumgenerator verbunden und stand etwa 6 m dahinter auf dem Dach. Über ein provisorisch verlegtes Stromkabel wurde die Elektroversorgung mit 230 V hergestellt. Siehe Abbildung 15: Aufbau Lüfter und Schaumgenerator.

Unterhalb der Öffnung wurde im Müllbunker eine wannenartige Geometrie des Mülls aufgeschüttet. Diese gewährleistete, dass der Schaum nicht in den Graben unterhalb der restlichen Kippstellen floss und die Arbeit der Kranfahrer behinderte.

Als Schaummittel wurden 100 kg Sthamex F-6 in Kanistern zu je 25 kg bereitgestellt.



Abbildung 15: Aufbau Lüfter und Schaumgenerator

Vor dem Versuch wurde die Löschwasserleitung ca. 10 Minuten gespült, um eine Verunreinigung oder Verstopfung der Siebe in den verschiedenen Komponenten zu verhindern.

Während des Versuches wurde das am Druckminderer austretende überschüssige Wasser auf das Dach abgelassen.

7.2.1 Durchführung

Während des Versuches wurde Leichtschaum erzeugt. Dabei wurde penibel darauf geachtet, dass kein Schaummittel auf das Dach läuft, da das auf den Oberflächen



Abbildung 16: Sicht aus der Krankanzel

aufgenommene Wasser entweder in den Betriebskreislauf oder in den Kühlbrand gelangt.

Nach der Erzeugung wurde der entstandene Schaum aus der Krankanzel begutachtet. Da der Bunker nur unter schwerem Atemschutz und Schutzkleidung begehbar ist, war eine genauere Analyse des Schaumes ausgeschlossen.

Während des Versuches stellte sich heraus, dass der neue Zumischer kein Schaummittel ansaugt. Um nicht mehr Wasser als nötig in den Bunker einzubringen, wurde der Versuch nach mehreren Minuten unterbrochen und der bereits bewährte Z-8 Zumischer verwendet.

Als Zumischrate wurden anfänglich 3 % eingestellt und während des Versuches zwischen 1,5 und 6 % variiert, was aber keinen sichtbaren Effekt mit sich brachte. Der Hersteller des Schaummittels empfiehlt bei Leichtschaum eine Zumischrate von 2 bis 3 %. (Produktdatenblatt Sthamex F-15, 2011)

Bei dem Versuch wurden 50 kg Schaummittel innerhalb von ca. 5 min verbraucht.

7.2.2 Erkenntnisse

Die Einsetzbarkeit der Schaumerzeuger vom Dach der Anlieferhalle ist generell gegeben. Wichtig ist, bei der Umsetzung darauf zu achten, dass kein Schaummittel auf die Dachfläche gelangt. Geeignet wäre eine fest verschraubte Vorrichtung, die unter den Lössöffnungen angebracht ist. Auf diese wird der Schaumgenerator aufgestellt und evtl. auslaufendes Schaummittel aufgefangen und in den Müllbunker abgeleitet. Siehe Abbildung 17.

Warum der Z-4 Zumischer nicht funktioniert hat, war zu Ende des Versuches nicht klar.

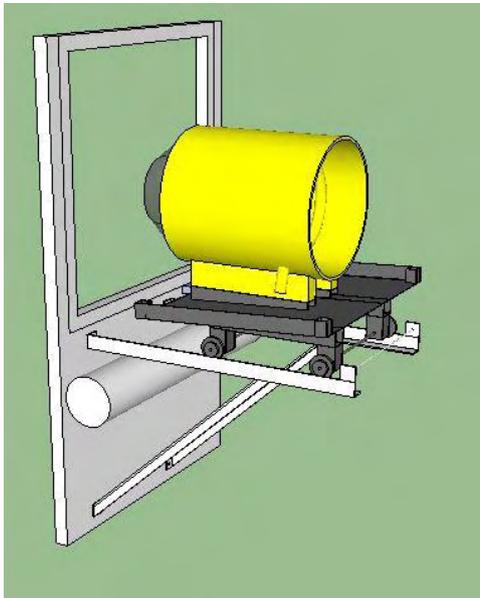


Abbildung 17: Mögliche Vorrichtung zur Anbringung der Schaumgeneratoren

7.3 Tor Versuch

Während dieses Versuches sollte hauptsächlich die Dichtheit des Tores an Kippstelle 10 überprüft werden. Zusätzlich bestand die Möglichkeit die Haltbarkeit des Schaumes zu untersuchen und zu bewerten.

7.3.1 Aufbau

Für den Versuch wurden Teile des oberen Abschlusses des Tores entfernt. Der Schaumerzeuger und der Lüfter wurden auf einer Scherenhubarbeitsbühne vor dem Tor aufgestellt. Siehe Abbildung 18. Druckminderer und Zumischer waren unterhalb der Bühne aufgestellt. So konnte das Überschusswasser aus dem Druckminderer durch eine Ablaufrinne in der Anlieferhalle abfließen.



Abbildung 18: Aufbau auf der Scherenhubarbeitsbühne

Im Bunker war der Müll am Ende der Müllrutsche abschließend aufgeschichtet, so dass die Müllrutsche frei blieb und sich oberhalb ein Hohlraum zwischen Tor und Müll ergab. Dieser sollte nun mit Schaum gefüllt werden um zu sehen, ob das Tor dicht abschließt.

7.3.2 Durchführung

Der Hohlraum hinter dem Tor wurde mit Leichtschaum geflutet. Hierfür wurde die Scherenhubbühne vor dem geschlossenen Tor positioniert und auf ca. 7 m bündig mit der Toroberkante ausgefahren. Über eine Lutte am Schaumgenerator wurde der Schaum hinter das Tor geleitet. Nach ca. 4 min war der Hohlraum bis oben mit Leichtschaum gefüllt.

Während des Versuches war das Druckbegrenzungsventil auf 7 bar eingestellt, die Zumischrate betrug 3 %.

Auffällige Undichtigkeiten wurden mit Fotos dokumentiert.

Nach ca. 45 min war der Schaum um etwa einen halben Meter zusammengefallen. Nun wurde mit einem Strahlrohr Wasser auf den Schaum gegeben um zu prüfen, wie gut die Haltbarkeit nach dieser Zeit ist. Dabei fiel der Schaum innerhalb der ersten Sekunden auf ca. die Hälfte des ursprünglichen Volumens zusammen und blieb auch bei weiterer Beaufschlagung mit Wasser stabil.



Abbildung 19: Verbliebender Leichtschaum nach ca. 3 Stunden

Nach weiteren 2,5 Stunden Ruhezeit war der Schaum auf ca. 20 % des ursprünglichen Volumens zusammengefallen. Auffällig war, dass der Schaum nach dieser Zeit seine Fließeigenschaften fast vollständig verloren hatte. So konnte das Tor geöffnet werden (Siehe Abbildung 19). Durch

erneutes Besprühen mit Wasser wurde der Schaum wieder fließfähig.

7.3.3 Ergebnisse

Die Einstellungen für den Druck und die Zumischrate lieferten gute Ergebnisse und sollten so beibehalten werden.

Nach dem Auffüllen mit Leichtschaum zeigte sich eine Undichtigkeit. Zwischen der linken Betonrippe und dem seitlichen Abschluss des Tores kam es zu einem leichten Schaumaustritt (Siehe Abbildung 20).

Ansonsten wurden keine Undichtigkeiten festgestellt.

Das Zusammenfallen des Schaumes während der Beaufschlagung mit Wasser wird auf das Heraussickern des enthaltenen Wassers in der Ruhezeit davor zurückgeführt. Es zeigt sich aber, dass der Schaum größtenteils stabil bleibt, wenn er mit Wasser beaufschlagt



Abbildung 20: Seitlicher Schaumaustritt

7: Durchgeführte Versuche

wird. Das lässt den Rückschluss zu, dass eine gleichzeitige Brandbekämpfung mit der Sprühflutanlage und Leichtschaumgeneratoren generell möglich ist. Auch ist nach drei Stunden immer noch eine isolierende Wirkung zu erkennen, da der Schaum das Material immer noch flächendeckend abschließt.

8 Beschlossene Maßnahmen

Beschlossen wurde die Aufstellung dreier Leichtschaumgeneratoren auf dem Dach der Anlieferhalle. Die Versorgung mit Schaummittel soll über eine Steigleitung an der nördlichen Wand erfolgen. Unterhalb der Wand wird das Schaummittel Sthamex F-25 in IBC-Behältern vorgehalten und bei Bedarf in einen Vorlagebehälter auf dem Dach gepumpt. Der Flüssigkeitsstand des Behälters wird mit einer Füllstandsmessung überwacht und geregelt. An den Behälter können ein oder mehrere Zumischer angeschlossen werden.

Der Vorlagebehälter wird in einer Einhausung unterhalb der Treppe platziert. In dieser Einhausung werden auch die Schaumerzeuger, Lüfter und Schläuche gelagert. Sie ist so konstruiert, dass überlaufendes Schaummittel aufgefangen wird und nicht auf die Dachfläche gelangt.

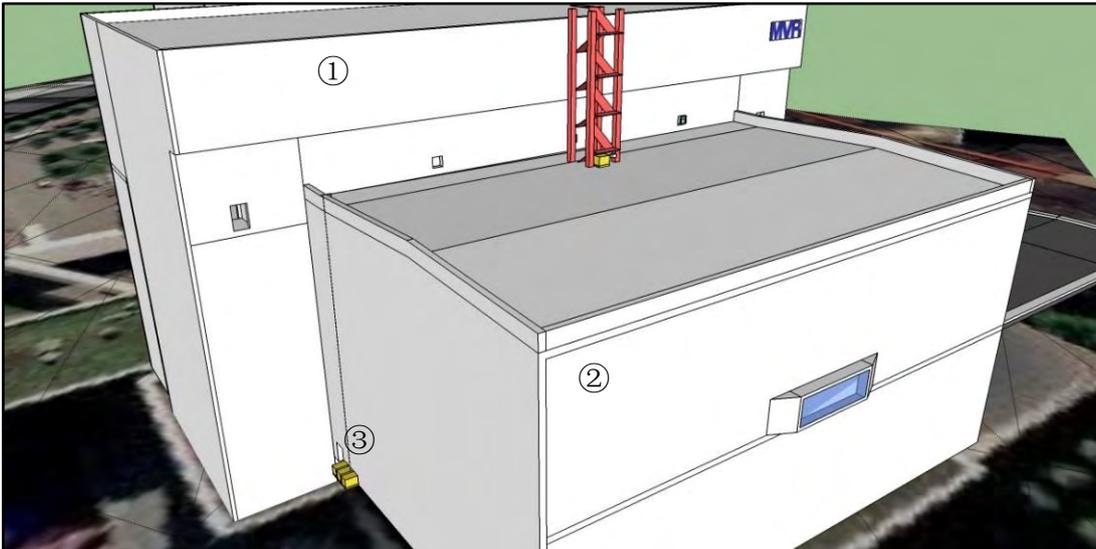
Die Löschwasserversorgung erfolgt über die bereits bestehenden Löschwasserrohre auf dem Dach. Diese sollen baulich angepasst und mit B-Abgängen versehen werden.

Die Elektrizität, welche für die Lüfter erforderlich ist, kann am Knotenpunkt für die IR-Kamera entnommen werden. Entsprechende Anschlüsse müssen installiert werden.

Der Zugang für Mitarbeiter und Feuerwehrleute kann über das Treppenhaus in der Nordecke des Müllbunkers erfolgen. Dieses ist mit T-90 Wänden abgesichert und bietet auch nach längeren Bränden ausreichende Sicherheit. Sollte dieser Treppenraum widererwarten doch nicht nutzbar sein, besteht die Möglichkeit, auf der Rampe der Anlieferhalle eine Drehleiter der Feuerwehr zu positionieren und die Einsatzkräfte auf diesem Weg auf bzw. von dem Dach zu bekommen.

Der Planungsstand ist in Abbildung 21 dargestellt. Treppen sind teilweise nicht abgebildet. Das vordere Gebäude stellt die Anlieferhalle da, im Anschluss der Müllbunker. Die Tür links auf Höhe des Daches der Anlieferhalle stellt den Zugang zum Treppenraum dar. Dieser ist in der Realität durch eine äußere Stahltreppe mit dem Dach verbunden.

Die drei gelben Kästen unterhalb der Stirnseite der Anlieferhalle sind die IBC Behälter im geplanten Schaummittellager. Sie sind über die Steigleitung mit dem Vorlagebehälter auf dem Dach verbunden.



- ① Müllbunker
- ② Anlieferhalle
- ③ Geplantes Schaummittellager

Abbildung 21: Planung der Dachaufstellung

9 Behörden

Informiert werden:

- Die Feuerwehr
 - Zur Überarbeitung des Brandschutzkonzeptes
- Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU)
 - Zur Einholung von Genehmigungen
- Hamburg Port Authority (HPA)

10 Integration in das bestehende Brandschutzkonzept der MVR

Für die Integration in das bestehende Brandschutzkonzept ist die Feuerwehr zuständig. Hier kann lediglich darauf verwiesen werden, wie eine mögliche praktische Umsetzung aussehen könnte.

11 Nächste Schritte der MVR

Die nächsten Schritte der MVR sollten wie folgt aussehen:

- Genaue Planung der technischen Umsetzung der Komponenten, die mit der Schaummittelversorgung zu tun haben, z.B. Leitungsquerschnitt, technische Auslegung der Pumpe, Erstellung von Zeichnungen usw.
- Planung der Einhausungen für die IBC-Behälter und der Einhausung unter der Treppe auf dem Dach der Anlieferhalle zur Unterbringung der Gerätschaften.
- Fertigstellung der Kippstellenverschlüsse und damit verbunden Schaffung von Zuluftöffnungen im Müllbunker zum Ansaugen der Verbrennungsluft.
- Planung und Ausführung einer Vorrichtung zur Anbringung der Leichtschaumgeneratoren vor den Löschoffnungen. Ähnlich Abbildung 22.
- Einbringung der neuen Löschmethode in das Brandschutzkonzept der MVR durch die Feuerwehr Hamburg.
- Einholen von Genehmigungen von der BSU zur Verwendung wassergefährdender Stoffe.

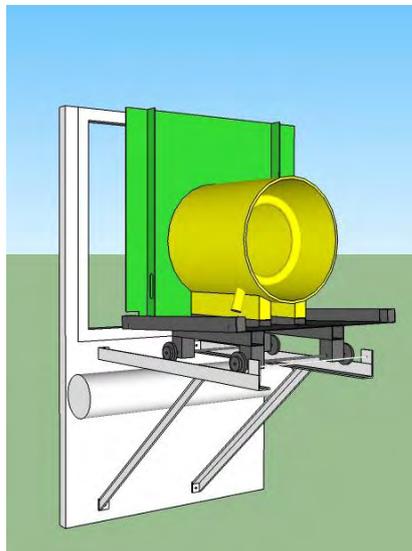


Abbildung 22: Mögliche Vorrichtung zur Anbringung der Leichtschaumgeneratoren vor den Löschoffnungen

11.1 Anforderungen an die Komponenten

Einhausung:

- Platz für mind. 3 IBC Behälter
- Zufahrt für Gabelstapler zum Tausch der IBCs
- Innerhalb keine Temperaturen unterhalb von -25°C bzw. Frostwächter
- Trinkwasserleitung zum Spülen der Leitungen nach Gebrauch (Korrosionsschutz)
- Stromanschluss, ausgelegt auf die Förderpumpe
- Anschluss der Pumpe an die IBCs

Steigleitung:

- Witterungs- und schaummittelbeständig
- Ausgelegt auf die benötigte Förderleistung
- Ende auf dem Dach der Anlieferhalle bei der Treppe zum Bunkerdach (TT3)
- Möglichkeit der Leitungsentleerung nach Gebrauch/Spülung
- Möglichkeit zum Anschließen eines Schlauches zur Ableitung des Spülwassers in die Kanalisation

Vorlagebehälter:

- 1x Dach der Anlieferhalle,
- Füllstandsüberwacht
- Inhalt ca. 100 l
- Schaummittelbeständig
- Anschlussmöglichkeit für mind. drei Zumischer

Pumpe:

- Förderpumpe zur Versorgung der Schaumgeneratoren (2 große + 1 kleiner Generator-> Förderstrom min. 60 Liter pro Minute)
- Automatische An- und Abschaltung, je nach Füllstand des Vorlagebehälters
- Selbstansaugend und mit Schutz gegen Leerlauf

Vorrichtung zur Positionierung der Leichtschaumgeneratoren:

- Witterungs- und Schaummittelbeständig
- Abnehmbar
- Vorrichtung zur Anbringung an der Bunkerwand unterhalb der Löschöffnungen
- Abdeckung der verbliebenen Öffnung zur Verhinderung des Rauchgasaustritts
- Möglichkeit der Arretierung beider Arten Leichtschaumgeneratoren
- Auffangen von Flüssigkeiten mit Ablauf in den Bunker
- 2 Positionen:
 - In Stellung bringen des Schaumerzeugers
 - Schaumbetrieb, möglichst dichtschießend mit Türrahmen

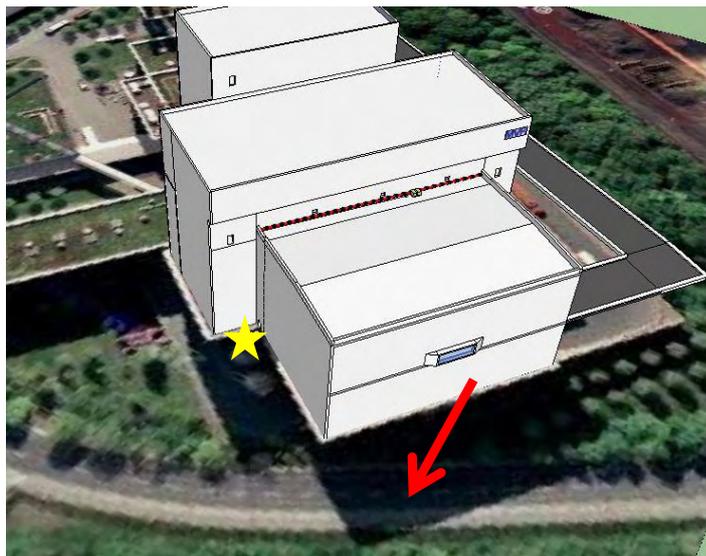


Abbildung 23: Stern = Lage der Einhausung, Pfeil = Norden

12 Umsetzung bei der Müllverwertung Borsigstraße

Die MVB unterscheidet sich zur MVR weitestgehend dadurch, dass es zwei Brennstofflager gibt: einen Müllbunker für Hausmüll und hausmüllähnliche Abfälle, aus dem 2 Verbrennungslinien, gespeist werden (genau wie bei der MVR) und ein Lager für Holzhackschnitzel, aus dem eine dritte Linie gespeist wird (nachfolgend Holzbunker).

Zur Löschung mit Leichtschäum stehen im Müllbunker zwei anstatt drei Löschkappen zur Verfügung, wodurch eine Seite des Müllbunkers schlechter mit Schäum zu erreichen ist. Dies stellt aber keinen großen Nachteil dar, da Leichtschäum sehr gute Fließeigenschaften hat. So ist es nur eine Frage der eingebrachten Menge, bis die Mülloberfläche ausreichend mit Schäum bedeckt ist.

Der Holzbunker stellt ein besonderes Risiko dar, da im Falle eines Ausfalls der Verbrennungslinie das Holz lange unbewegt im Bunker liegt. Durch die mangelnde Durchlüftung kommt es zu Stauwärme ausgehend von Zersetzungsprozessen innerhalb des Holzes ähnlich wie bei großen Mist- oder Grünabfallhaufen. Durch diese Stauwärme können Schwelbrände entstehen, die sich unter der Oberfläche ausbreiten und erst sehr spät von der Infrarot-Überwachung erkannt werden.

Der Holzbunker hat keine Löschkappen wie der Müllbunker. Es wäre aber möglich, durch die geöffneten Rauch- und Wärmeabzugsanlagen mit Leichtschäum zu löschen. Die Umsetzbarkeit und Praktikabilität müsste in Versuchen geklärt werden.

Da beide Bunker an die gleiche Anlieferhalle grenzen, ist es auch sinnvoll, einen Leichtschäumgenerator in der Anlieferhalle zu positionieren.

13 Zukunftsaussicht

Der Einsatz von Leichtschäumgeneratoren für die mobile Brandbekämpfung ist ein Schritt in eine neue Richtung, da Schaum bislang zwar eingesetzt wurde, aber nicht in dieser Art und in diesem Umfang. Wenn sich der Einsatz von Leichtschäum bewährt, wären auch stationäre Anlagen wie in Flugzeughangars denkbar.



Abbildung 24: Stationäre Leichtschäumlöschanlage (Feuerwehr Grosswetzdorf, 2011)

14 Literaturverzeichnis

Bauzeichnungen der MVR. (1995).

MVR Internetseite. (2012). Abgerufen am 19. 7 2013 von Müllverbrennung in Hamburg: www.mvr-hh.de

MVR Intranet, Modifiziert durch N. Kramer. (2013). Abgerufen am 19. 7 2013 von Modifiziert durch N. Kramer.

AbfAbIV. (20. 02 2001). Abfallablagerungsverordnung . *Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen.*

Betriebsanleitung der B.S. Belüftungs-GmbH für Hochleistungslüfter. (06 2011). Tempest. *Hochleistungslüfter.* 89429 Bachhagel, Deutschland.

Betriebsanleitung der B.S. Belüftungs-GmbH für Leichtschaumgeneratoren. (2011). BIG Schaumerzeugersystem. *Flexi Foam.* 89429 Bachhagel, Deutschland.

Brandschutzkonzept der MVR. (19. 12 1997). *Brandschutzkonzept der Müllverwertung Rugenberger Damm.*

Bundesverband Technischer Brandschutz (bvfa). (2010). Löschmittel im Überblick. *BrandschutzSpezial Feuerlöschgeräte/Löschmittel/Löschwassertechnik,* S. 31-36.

de Vries, H. (2000). *Brandbekämpfung mit Wasser und Schaum.* (U. Cimolino, Hrsg.) Landsberg: ecomed.

Feuerwehr Grosswetzdorf. (23. Januar 2011). Abgerufen am 6. Mai 2013 von <http://www.ff-grosswetzdorf.at/Brandschutzsysteme/Schaumloeschanlage/Schaumloeschanlagen.htm>

Feuerwehr Mönchhagen. (2011). *Feuerwehr Mönchhagen.* Abgerufen am 12. 07 2013 von www.feuerwehr-moenchhagen.de/pumpen/strahlpumpen_einsatz.html

Feuerwehr-Dienstvorschrift 7. (9 2002 mit Änderungen 2005). FwDv 7. Herausgegeben von der Staatlichen Feuerweherschule Würzburg.

Gressmann, H.-J. (2008). *Abwehrender und Anlagentechnischer Brandschutz.* Renningen: Expert Verlag.

- HBauO. (20. 12 2011). Hamburger Bauordnung.
- Information der Krannfahrer der MVR. (20. 06 2013). Funktion der Sprühflutanlage.
- Kieler Nachrichten. (22. 12 2008). *KN-online*. Abgerufen am 23. 07 2013 von <http://www.kn-online.de/Lokales/Kiel/Feuer-im-Heizkraftwerk-unter-Kontrolle>
- Martens, H. (2011). Energetische Verwertung von festen Abfällen und Einsatz von Ersatzbrennstoffen. In H. Martens, *Recyclingtechnik* (S. 303 - 325). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- MVR Intranet. (2013). *MVR Intranet*. Abgerufen am 19. 7 2013 von Betriebstagebuch.
- Produktdatenblatt Sthamex F-15. (28. 11 2011). Produktdaten Sthamex F-25.
- Seiffert, M. (20. 07 2013). Besprechung. MVR.
- Statistisches Bundesamt. (2010). Fachserie 19, Reihe 1. Wiesbaden, Deutschland.
- Umweltbundesamt. (12 2009). *Umweltbundesamt*. Abgerufen am 16. 4 2013 von www.umweltbundesamt.de/abfallwirtschaft/entsorgung/dokumente/MVA_liste.pdf
- Umweltbundesamt. (02 2013). *Website des Umweltbundesamt*. Abgerufen am 27. 08 2013 von <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=3438>
- Website Dr. Sthamer. (2012). *Dr. Richard Sthamer GmbH & Co.KG*. Abgerufen am 21. 08 2013 von www.sthamer.de

15 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich an Eides statt und durch meine Unterschrift, dass die vorliegende Arbeit von mir selbstständig, ohne fremde Hilfe angefertigt worden ist. Inhalte und Passagen, die aus fremden Quellen stammen und direkt oder indirekt übernommen worden sind, wurden als solche kenntlich gemacht. Ferner versichere ich, dass ich keine andere, außer der im Literaturverzeichnis angegebenen Literatur verwendet habe. Diese Versicherung bezieht sich sowohl auf Textinhalte sowie alle enthaltenen Abbildungen, Skizzen und Tabellen. Die Arbeit wurde bisher keiner Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Ort, Datum

Nils Kramer