

DTG GmbH
Development & Technology
Grabenstr. 70 52382 Niederzier

**Entwicklung und Erprobung eines umweltfreundlichen und
ökonomischen Mülltonnen-Spülmobils unter Berücksichtigung
der Emissionsminimierung**

Abschlußbericht über ein Entwicklungsprojekt,
gefördert unter dem Az: 20222 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Dr. Dipl.-Ing. Rudolf Hannot & Dipl.-Ing. MBA Christian Speuser

Dezember 2004

I Inhaltsverzeichnis

Projektkennblatt.....	2
I Inhaltsverzeichnis	4
II Bilderverzeichnis.....	4
1 Zusammenfassung	5
2 Einleitung.....	5
3 Hauptteil	6
3.1 Konzepterarbeitung	6
3.1.1 Chassisauswahl und Hebevorrichtung	6
3.1.2 Pumpen und Hydraulik	9
3.1.3 Tank und Filtersystem	10
3.1.4 Heizungssystem	11
3.1.5 Rahmenaufbau und Verkleidungsbleche	11
3.1.6 Elektronische Steuerung.....	11
3.2 Erstellung der Konstruktionsunterlagen	12
3.3 Bau und Erprobung eines Prototypen	12
3.3.1 Prüfung des Fahrzeuges laut Maschinenrichtlinie	13
4 Fazit und Bewertung.....	15
4.1 Modellrechnung	16
Literaturverzeichnis.....	17

II Bilderverzeichnis

Abbildung 3-1: Kinematik Hebevorrichtung mit geschlossenem Spülraum	7
Abbildung 3-2: Simulation Hebevorrichtung mit 1100 Liter Container.....	7
Abbildung 3-3: Hebevorrichtung mit geteilten Hebearmen	8
Abbildung 3-4: Spülwasserkreislauf mit Filtereinheit	9
Abbildung 3-5: Frischwasserversorgung der Handlanze	9
Abbildung 3-6: Feinfiltereinsatz integriert im Tankbehälter	10
Abbildung 3-7: Heizungsanlage mit Umwälzpumpe	11
Abbildung 3-8: Prototyp-Fahrzeug in drei Ansichten	12
Abbildung 3-9: Luftprobennahme mittels Impinger	13

1 Zusammenfassung

Auf der Grundlage des Stands der Technik, der Reinigung von Abfallbehältern mittels Großfahrzeugen mit einem Gesamtgewicht von über 12t, wurde die Zielsetzung formuliert, ein kleines, wendiges Fahrzeug zu entwickeln, welches einen geringeren Kraftstoffverbrauch, geringeren Spülwasserverbrauch und eine minimierte Emission aufweist.

Die Entwicklung umfasst die Schritte Konzepterarbeitung, Erstellung der Konstruktionsunterlagen sowie Bau und Erprobung eines Prototypen.

In der Konzepterarbeitung werden die einzelnen Fahrzeugkomponenten, wie Chassis, Antriebsstrang, Pumpen und Hydraulik, Kippeinrichtung, Tank und Filtersystem und Heizungsanlage bestimmt, konstruiert und ausgelegt.

Im Anschluss daran erfolgt die Ausarbeitung der Konzepte in technische Zeichnungen, welche zum Bau des Prototypen verwendet werden.

Nach Erstellung des Prototypen wird dieser auf seine Leistungsdaten getestet. Zudem wird eine Prüfung laut Maschinenrichtlinie in Zusammenarbeit mit der Berufsgenossenschaft durchgeführt. Hierbei wird neben der mechanischen Prüfung besonderen Wert auf die Belastung durch biologische Arbeitsstoffe gelegt.

Nach Abschluss aller Untersuchungen ist das Ergebnis eines kleinen, leistungsstarken und dabei ökologischen und ökonomischen Fahrzeuges erzielt worden. Die Freigabe laut Maschinenrichtlinie ist durch die Berufsgenossenschaft erteilt worden und die Emission von biologischen Arbeitsstoffen ist minimiert.

Aufgrund der ökologischen und wirtschaftlichen Vorteile dieses Fahrzeuges sollte in Zukunft der Einsatz dieses Fahrzeuges verstärkt werden. Anwender der Großtechnik müssen Überlegungen anstellen auf die Kleinenfahrzeuge umzustellen.

2 Einleitung

Stand der Technik in der Mülltonnenreinigung ist die Durchführung der Reinigung mittels Großfahrzeugen im Gewichtsbereich von über 12t. Diese Fahrzeuge spülen ausschließlich mit Frischwasser, wozu sie um eine ausreichende Kapazität zu erlangen einen enormen Frischwasservorrat von ca. 6.000 Litern mitführen müssen. Zudem sind diese Fahrzeuge aufgrund Ihrer Größe unflexibel und verursachen hohe Anschaffungs- und Unterhaltskosten.

Aufgrund der hohen Gewichtsklasse des LKW's ist ein hoher Energiebedarf erforderlich, um das Fahrzeug und die Anlage zu betreiben, was einen hohen Schadstoffausstoß und eine hohe Ressourcenbelastung zur Folge hat. Bei der einmaligen Verwendung des Reinigungswassers wird ein erheblicher Frischwasserverbrauch verzeichnet, wobei der Umweltgedanke außer Acht gelassen wird. Die Einleitung des Schmutzwasser-Abfall-Gemisches in die öffentlichen Entsorgungsanlagen ist schwierig, da keine eindeutige Definition des Gemisches vorgenommen werden kann und die einzelnen Bestandteile nicht separat verwertet werden können. Zudem ist die Menge des abgelassenen Wasser zunehmend ein Problem für die entgegennehmenden Kläranlagen.

Die derzeitigen Systeme verfügen zum Teil über keine Heizungsanlage, um das Reinigungswasser zu erwärmen und somit die Reinigungsleistung erheblich zu steigern, oder erwärmen nur das Frischwasser für die Reinigung. Das Brauchwasser wird nicht mehr erhitzt, wodurch sich Keime und Bakterien im Schmutzwassertank vermehren und beim Ablassen Personen, Umwelt und Entsorgungssysteme belasten.

Zielsetzung ist die Entwicklung eines umweltfreundlichen und ökonomischen Mülltonnenreinigungsfahrzeugs, welches die Emissionen in die Umwelt minimiert.

Hierzu dient als Grundlage ein Fahrzeugchassis mit einem Gesamtgewicht von max. 4,6t und einem sparsamen Diesel CDI Motor, welches nach aktuellem Stand der Technik einen minimalen Energieverbrauch aufweist.

Das Fahrzeug wird mit einem maximalen Frischwasservorrat von 1.400 Litern ausgestattet, welches für einen Arbeitstag ausreicht. Hierzu wird das Spülwasser in einem Kreislauf geführt und über verschiedene Filtereinheiten aufbereitet. Grobpartikel werden abgeschieden und können gesondert dem regulären Abfall wieder zugegeben werden.

Das Reinigungswasser wird über ein Wärmetauschersystem und eine Heizungsanlage auf über 60°C erhitzt, so dass die Keimbildung und Bakterienanzahl minimiert wird. Um die Heizenergie effektiv zu nutzen wird der Tank komplett isoliert.

Zur Minimierung von Spritzwasser und der Emission von Sprühnebel in die Umwelt ist ein dichter Lamellenvorhang am Heck angebracht, welcher mit zusätzlichen Spritzlappen den Spülraum abdeckt. Eine Absaugeinrichtung mit Filtereinsatz zieht den entstehenden Wasserdampf ab, so dass der Bediener hiervon nicht belastet wird.

Eine Rotorbürste für die zur Verfügung stehende Handlanze minimiert Spritzwasser und Sprühnebel bei der Arbeit mit der Lanze.

Die Entwicklungsarbeit umfasst die Schritte Konzepterarbeitung, Erstellung der Konstruktionsunterlagen, Bau eines Prototypen und Erprobung des Prototypen.

In der Konzepterarbeitung werden die technischen Lösungen der einzelnen Fahrzeugkomponenten, wie Chassisauswahl, Antriebsstrang, Pumpen, Kippeinrichtung, Hydraulik, Tank und Filtersystem, Rahmenaufbau mit Verkleidungsblechen und Heizungssystem erarbeitet.

Im weiteren Schritt werden die erarbeiteten Lösungen in technische Zeichnungen mittels CAD umgesetzt und zu Fertigungszeichnungen weiter vertieft.

Der Prototypenbau erfolgt laut Zeichnungsvorgaben. Der Prototyp wird neben internen Versuchen auch durch die Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltung bei einem Praxistest untersucht und abgenommen.

3 Hauptteil

Die Entwicklungsarbeit umfasst die Schritte Konzepterarbeitung, Erstellung der Konstruktionsunterlagen, Bau und Erprobung eines Prototypen.

3.1 Konzepterarbeitung

In der Konzepterarbeitung müssen die einzelnen Komponenten des Neufahrzeuges ausgelegt und bestimmt werden. Hier zählen die Hauptkomponenten Fahrzeugchassis, Antriebsstrang, Pumpen und Hydraulik, Kippeinrichtung, Tank und Filtersystem, elektronische Steuerung, Rahmenaufbau mit Verkleidungsblechen und Heizungssystem.

3.1.1 Chassisauswahl und Hebevorrichtung

Für die Chassisauswahl und die Konzepterarbeitung der Kippeinrichtung wurden verschiedene Simulationen am CAD-System vorgenommen, um die richtige Abstimmung zu bestimmen. Es wurde ein 7,5t Chassis, Mercedes Vario, und ein 4,6t Chassis, Mercedes Sprinter, näher untersucht.

Zudem wurde die Thematik „geschlossenes System“ ausführlich diskutiert und in technische Lösungsansätze umgesetzt.

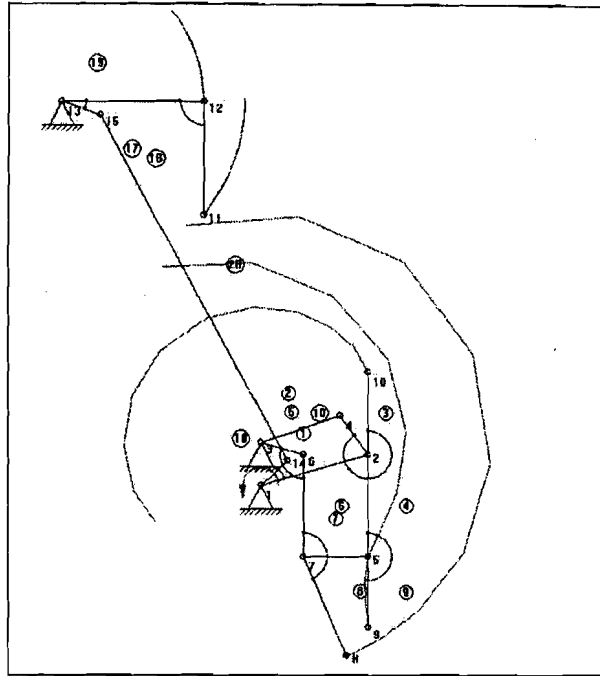


Abbildung 3-1: Kinematik Hebevorrichtung mit geschlossenem Spülraum

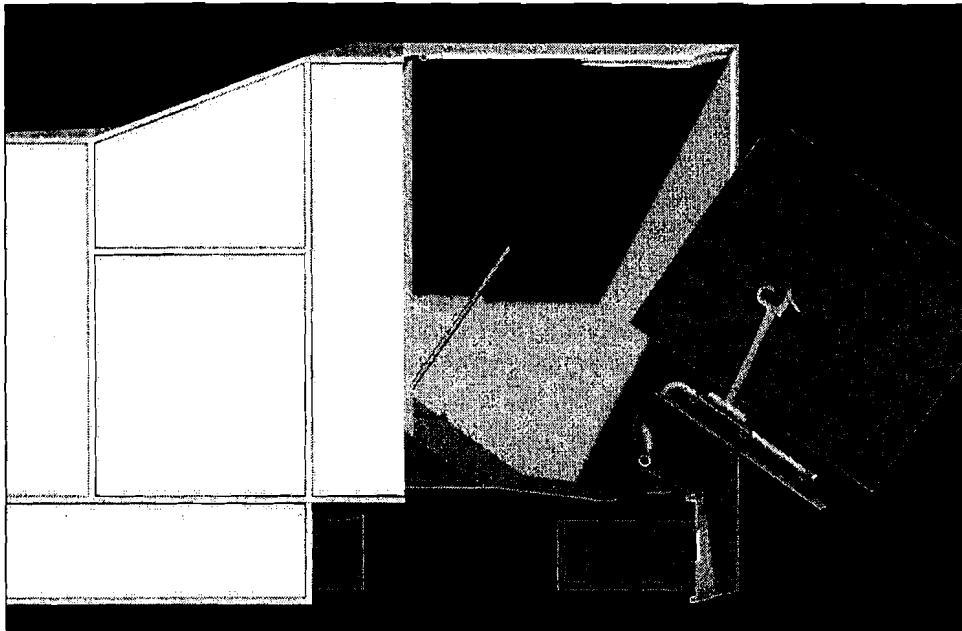


Abbildung 3-2: Simulation Hebevorrichtung mit 1100 Liter Container

Nach einer detaillierten Diskussion von Pro und Kontra bezüglich der Thematik geschlossenes System mit sich schließendem Deckelmechanismus überwiegen die Nachteile, wie großer Bauraum, aufwendige und teure Kinematik und Antriebsmechanismen, die Erforderlichkeit eines größeren Chassis, weitaus Leistungsstärkere elektrische Versorgung und verschiedene Details mehr.

Demzufolge ist das kleinere 4,6t Sprinter Chassis die ökonomischere Lösung, welches das Ziel der Emissionsminimierung weiter unterstützt. Hierbei wird wie in der weiteren Ausführung dargestellt der Spülraum über verschiedene Lösungen abgeschirmt, was zu einer Minimierung der Aerosolemission führt.

Die Kippeinrichtung wird über zwei Hebearme in einer geteilten Version oder über eine durchgehende Welle am Heck des Spülraums realisiert. Je nach Anwendungsbereich beim Kunden können diese beiden Varianten eingesetzt werden.

Die Aufnahme der Behälter wird über eine Vakuumsaugereinrichtung, eine Kammschüttung bzw. bei Containern über spezielle Hebearme vorgenommen.

Geeignete Behälter sind zweirädrige Kunststoffbehälter (laut DIN EN 840 Teil 1 1997) mit einem Fassungsvermögen von 60 bis 240 Liter, vierrädrige Kunststoffcontainer mit Zapfenaufnahme (laut DIN EN 840 Teil 2 1997) von 750 bis 1100 Liter und vierrädrige Stahlcontainer mit Zapfenaufnahme (laut DIN EN 840 Teil 2 1997) mit einem Fassungsvermögen von 1100 Liter. Bei der Aufnahme von anderen Behältern ist mit dem Hersteller Rücksprache zu nehmen.

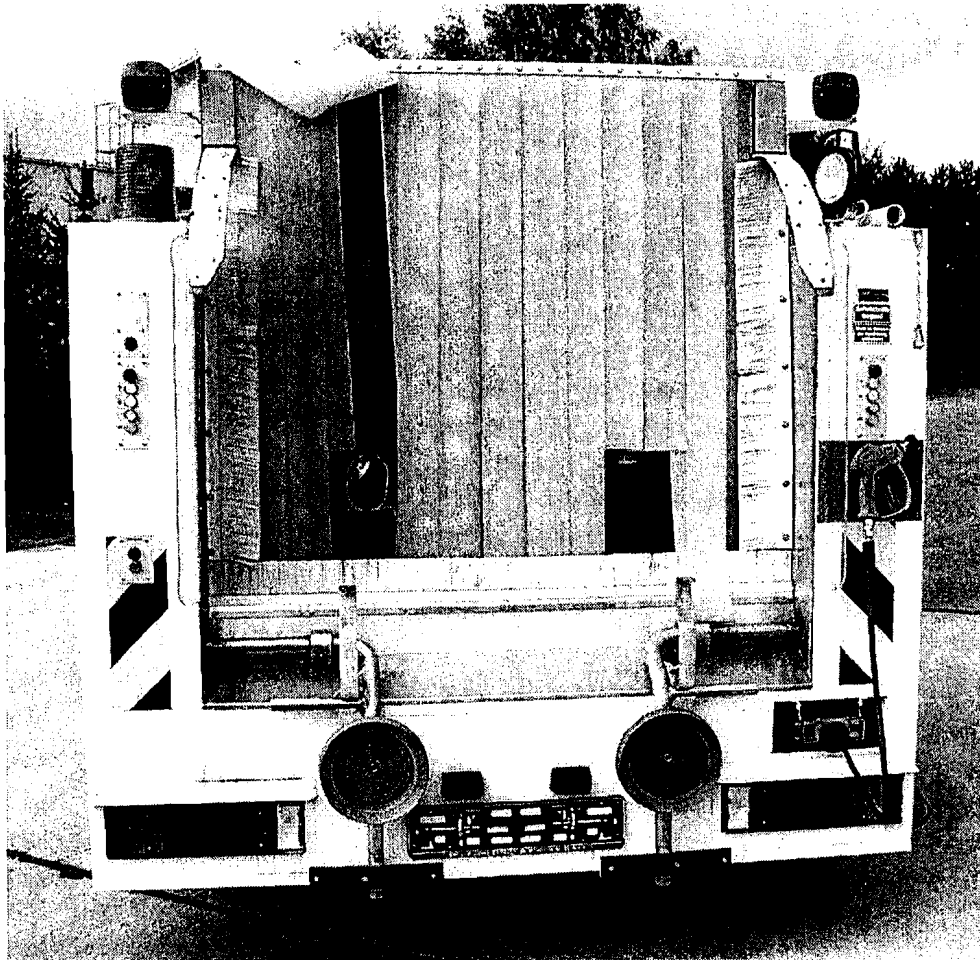


Abbildung 3-3: Hebevorrichtung mit geteilten Hebearmen

3.1.2 Pumpen und Hydraulik

Die Pumpenauswahl erfolgt aufgrund der zur Verfügung stehenden Leistung vom Fahrzeugnebenantrieb, der notwendigen Literleistung und des notwendigen Reinigungsdrucks sowie aufgrund des Eigengewichts und des in Anspruch nehmenden Bauraums.

Aufgrund der Vorgaben wird eine Hochdruck-Plungerpumpe mit einer Literleistung von 70 Liter pro Minute bei einem maximalen Arbeitsdruck von 100 bar verwendet, welche ein Gesamtgewicht von 18kg besitzt.

Für die Reinigung mit einer vorhandenen Handlanze wird eine separate Frischwasserversorgung vorgesehen, die vom Spülwasserkreislauf des Fahrzeugs getrennt ist. Hierzu wird eine zweite kleinere Hochdruckpumpe benötigt. Auch hier wird eine Hochdruck-Plungerpumpe verwendet, jedoch mit einer wesentlich kleineren Literleistung von 13 Liter pro Minute bei einem Druck von maximal 140 bar.

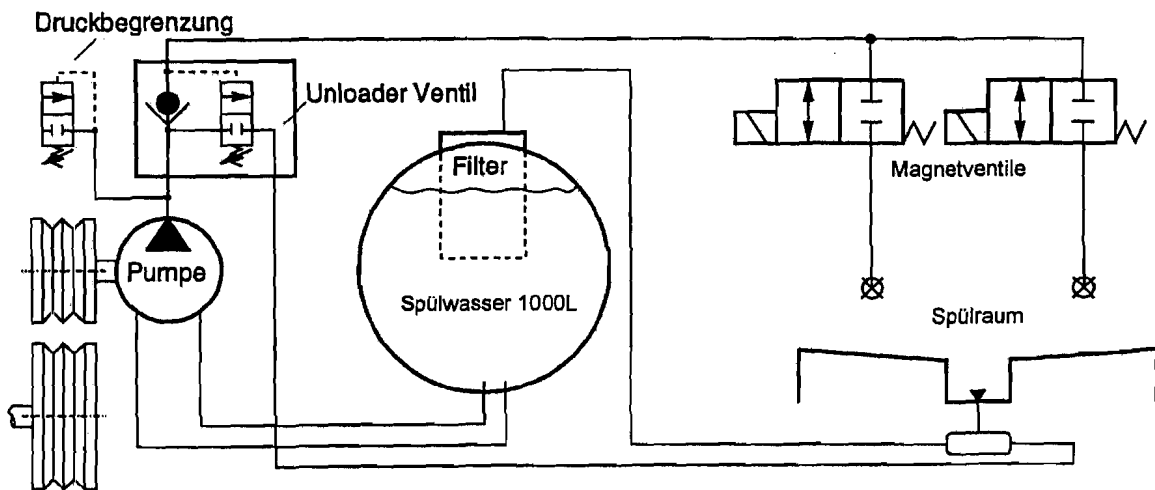


Abbildung 3-4: Spülwasserkreislauf mit Filtereinheit

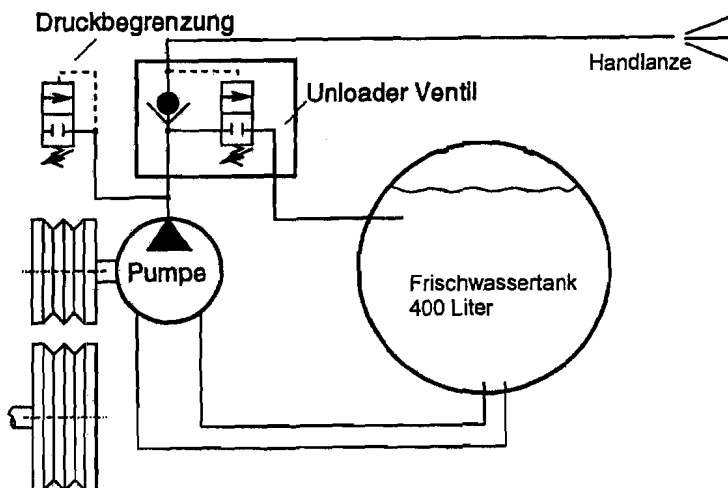


Abbildung 3-5: Frischwasserversorgung der Handlanze

3.1.3 Tank und Filtersystem

Das Filtersystem ist eine Kernkomponente des Fahrzeuges und dient zur Wasseraufbereitung. Das Spülwasser wird über mehrere Stufen gefiltert und somit erst von Grobschmutz und Sand getrennt und anschließend von feinen Schwebepartikeln befreit.

Die Grobschmutzabscheidung erfolgt schon im Spülraum über ein Grobsieb mit einer Maschenweite von 2mm. Hier werden Müllreste abgeschieden, die anschließend separat gesammelt werden können und dem normalen Müll wieder zugegeben werden können.

Anschließend erfolgt die Abscheidung von Sand und anderen schweren Schwebepartikeln im Spülwasser, welche sich in einem Sumpfbecken nach unten absetzen. Das Spülwasser wird über eine Steigrohleitung abgesaugt. Die Sandreste können wieder separat entsorgt werden.

Vom Sumpfbecken wird das Spülwasser in den Feinfilter gefördert. Der herausnehmbare und abwaschbare Edelstahlfilter hat eine Maschenweite von 0,2mm. Dieser Filtereinsatz ist als Überlauffilter angeordnet, so dass das Spülwasser im Filterbecken ansteigt und durch den Filter in den Vorratstank überläuft. So können sich auch hier weitere Schwebeteilchen im Filterbecken nach unten absetzen und das Filtergewebe verschmutzt wesentlich langsamer.

Der Vorratstank ist als Aluminium-Schweißkonstruktion konzipiert, um den vorhandenen Raum optimal auszunutzen und die Feinfiltereinheit sowie die Frischwassereinheit direkt in einem Tank zu integrieren. Das gesamte Tankbecken ist von außen mit Neoprenplatten isoliert.

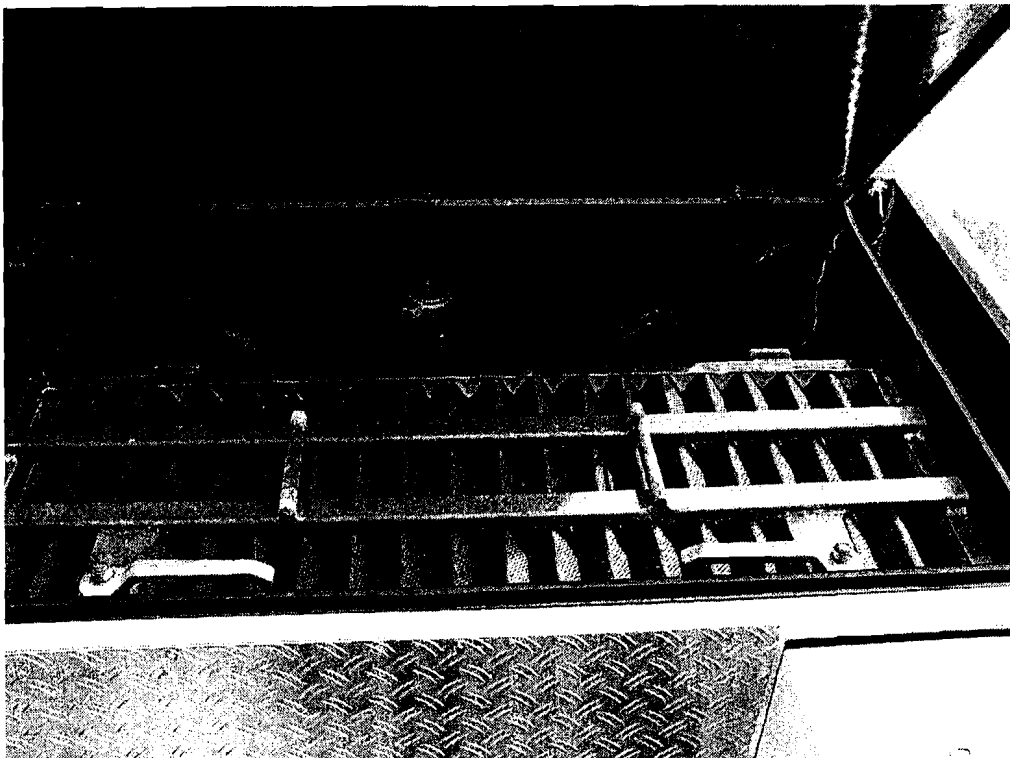


Abbildung 3-6: Feinfiltereinsatz integriert im Tankbehälter

3.1.4 Heizungssystem

Für das Aufheizen des Spülwasser auf eine Temperatur von über 60°C wird ein Dieselheizaggregat der Firma Eberspächer mit 30 KW Heizleistung verwendet. Die Wärme wird über einen Sekundärkreislauf und einen im Tank angeordneten Wärmetauscher an das Spülwasser übertragen.

Durch die Verwendung von heißem Spülwasser erzielt das System eine wesentlich höhere Reinigungsleistung. Schmutz und besonders Fette werden besser gelöst und die Müllbehälter lassen sich wesentlich schneller und besser reinigen. Zudem werden durch die hohe Temperatur von über 60°C die auftretenden Bakterien und Keime abgetötet, wodurch das Spülwasser einen minimierten Anteil an diesen biologischen Stoffen enthält und somit unbedenklich für Bedienstete und Umwelt ist.

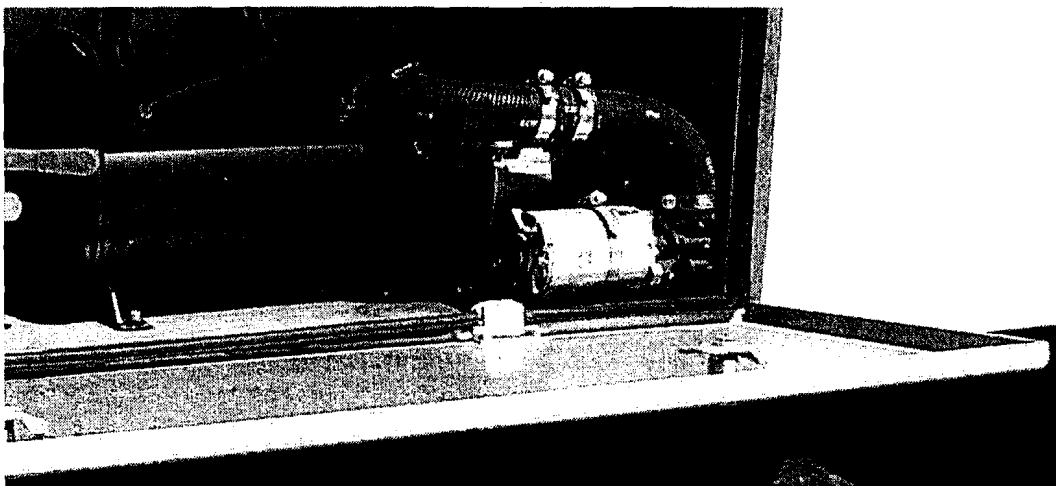


Abbildung 3-7: Heizungsanlage mit Umwälzpumpe

3.1.5 Rahmenaufbau und Verkleidungsbleche

Der gesamte Spülmobilaufbau basiert auf einem tragenden Gitterrahmengestell, welches aus Edelstahlprofilen aufgebaut ist und mit Aluminium- bzw. Edelstahlblechen verkleidet ist. Dieser Aufbau wird auf dem Fahrzeugchassis befestigt und enthält alle Komponenten der Reinigungsanlage.

3.1.6 Elektronische Steuerung

Die Steuerung des Systems erfolgt über eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS), welche über Relais die nötigen Funktionen ansteuert. Die Steuerung wurde extern konzipiert und gefertigt. Die Steuerung wird als Modul in das Fahrzeug eingebaut und angeschlossen.

3.2 Erstellung der Konstruktionsunterlagen

Aus dem erarbeiteten Konzept und den Lösungsansätzen werden mit Hilfe von 2D und 3D CAD-Systemen (Computer Aided Design), Berechnungsprogrammen und Simulationsprogrammen die Konstruktionsunterlagen und Fertigungszeichnungen erstellt. Aufgrund dieser Fertigungszeichnungen wird der Prototyp erstellt. Während der Bauphase erfolgen verschiedene Iterationsschritte, bei denen Zeichnungen aufgrund der in der Praxis erforderlichen Änderungen angepasst werden müssen.

3.3 Bau und Erprobung eines Prototypen

Auf der Grundlage der Konzeption und der ausgearbeiteten Konstruktionsunterlagen wird ein Prototyp erstellt. Dieser Prototyp stellt ein voll funktionsfähiges Fahrzeug dar, welches für ausgiebige Tests und Versuche eingesetzt werden kann.

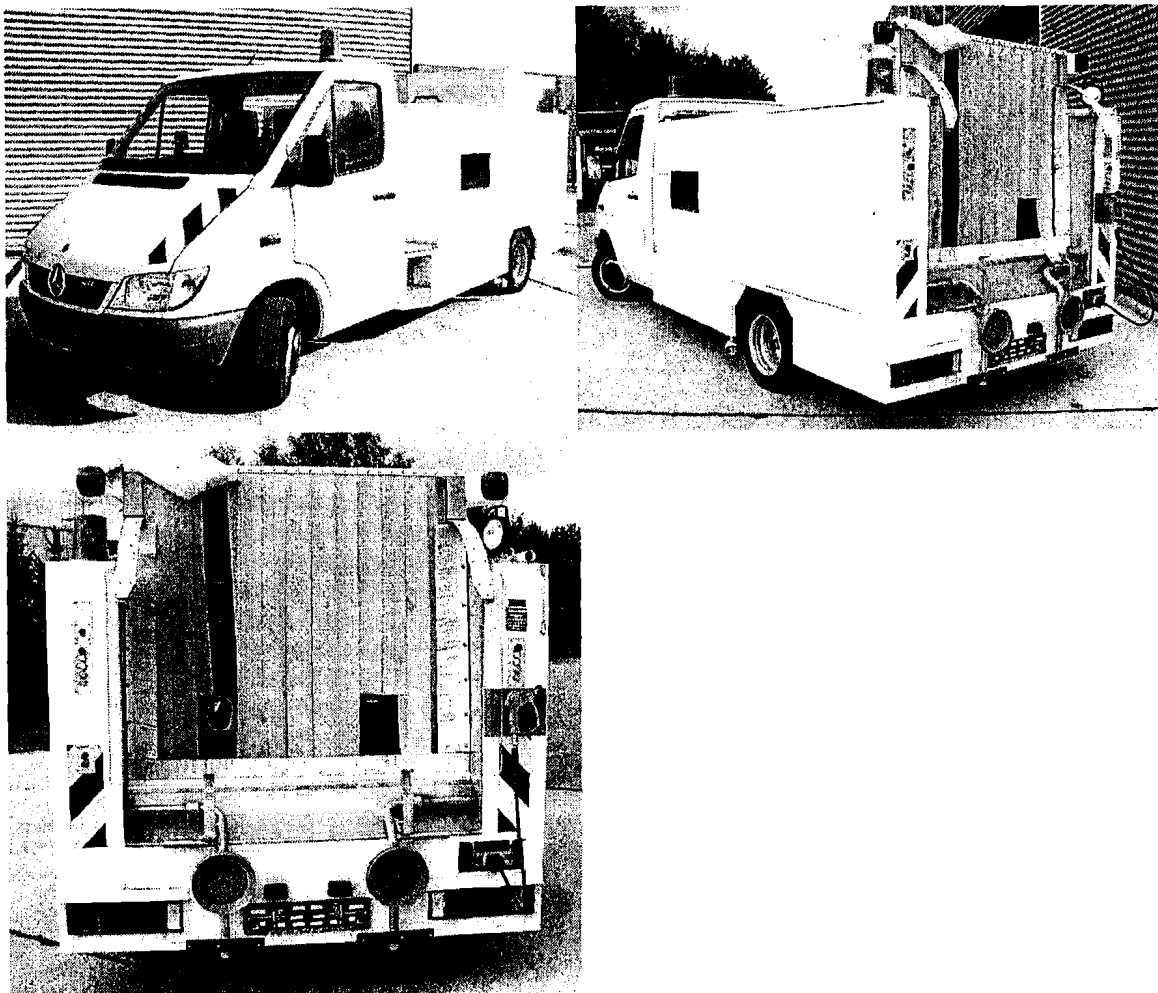


Abbildung 3-8: Prototyp-Fahrzeug in drei Ansichten

Im Anschluss an die Fertigstellung des Prototypen werden ausführliche Funktionstests durchgeführt, die eine Betriebsbereitschaft und Betriebssicherheit des Fahrzeuges garantieren.

3.3.1 Prüfung des Fahrzeuges laut Maschinenrichtlinie

Für die Einführung eines neuen Tonnenreinigungsfahrzeuges ist es notwendig eine Prüfung des gesamten Systems laut Maschinenrichtlinie (98/37/EG) vorzunehmen und die damit verbundenen Normen und Richtlinien zu erfüllen.

Für die Prüfung des erstellten Prototypen wurde die Zusammenarbeit mit der Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltung in Hamburg und der Prüf- und Zertifizierungsstelle im BG-Prüfzert eingegangen.

Besonderen Wert wurde auf eine ausgedehnte Prüfung der Thematik biologische Arbeitsstoffe im Rahmen der Biostoffverordnung gelegt. Hierzu wurde eine Praxisuntersuchung mit der Prüf- und Zertifizierungsstelle der Berufsgenossenschaft und einem beauftragten Labor durchgeführt.

Ziel der Untersuchung war die Ermittlung von praxisnahen Werten für die Belastung des Spülwassers und der Umgebungsluft des Fahrzeuges mit biologischen Arbeitsstoffen. Hierzu wurden während einer Reinigungstour regelmäßig Wasserproben aus dem Spülwassertank genommen. Zur Bestimmung der Bakterien und Keime in der Umgebungsluft wurden am Heck des Fahrzeuges, also im Arbeitsbereich des Bedienpersonals, und über der Absaugung des Spülraums regelmäßig Luftproben genommen, welche anschließend im Labor untersucht wurden.



Abbildung 3-9: Luftprobennahme mittels Impinger

Die Ergebnisse der Untersuchung ergeben, dass die Emission von biologischen Arbeitsstoffen mit dem entwickelten Fahrzeug minimiert wird.

„Die an den Tagen der Untersuchungen am Arbeitsplatz von Beschäftigten bei bestimmungsgemäßer Verwendung des TSM festgestellten Konzentrationen an biologischen Arbeitsstoffen überschreitet auch mit Betrieb der Handlanze nicht diejenigen an anderen vergleichbaren Arbeitsbereichen der Abfallsammlung, sondern sie liegen teilweise darunter.“

(Zitat: Beurteilung und abschließende Bewertung, Messbericht MG031052 der Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltung, Seite 11.)

Folgende Einrichtungen am Fahrzeug wurden vorgenommen, um die Emission an biologischen Arbeitsstoffen zu minimieren:

1) Die von Hand gehaltene Spritzeinrichtung des Flüssigkeitsstrahlers (Handlanze) wurde über eine zweite Hochdruckpumpe und einen separaten Frischwassertank mit einer Frischwasserversorgung versehen.

Ziel: Minimierung der Emission von Brauchwasser aus dem Wasserkreislauf in den Arbeitsbereich bzw. in die Umwelt.

2) Der Spülraum wurde durch einen doppelten Lamellenvorhang mit zusätzlichen Borstenleisten abgeschirmt.

Ziel: Minimierung der Emission von Brauchwasser aus dem Wasserkreislauf in den Arbeitsbereich bzw. in die Umwelt.

3) Die beiden Tonnen-Hebevorrichtungen am Fahrzeugheck wurden mit einem oberen Anschlag versehen, der dazu dient, auch kleinere als 120-l-Tonnen vor dem Anheben auf eine einheitliche Höhe, bezogen auf den oberen Tonnenrand, zu bringen. Kleinere Tonnen müssen vom Bediener bis zu diesem Anschlag angehoben werden.

Ziel: Sicherstellung einer maximalen Eindringtiefe des automatischen Sprühkopfes während des Spülvorgangs. Das Austreten von Flüssigkeitsspritzern aus der Tonne wird verhindert.

4) Es wurde eine Absaugung des Spülraums mit Prallplatten und Filterplatten eingebaut.

Ziel: Minimierung des Austritts von Aerosolen aus dem Spülraum. Minimierung der Emission von Brauchwasser-Aerosol über die Absaugung.

6) Die Solltemperatur im Brauchwasserkreislauf beträgt über 60 °C.

Ziel: Hemmung des Wachstums von Mikroorganismen im System bzw. Abtötung dieser.

7) Die Handlanze wurde mit einer 1 m langen Sprühlanze und einem Rotorbürstenaufsatz versehen.

Ziel: Vergrößerung des Abstandes des Bedieners von der Reinigung und Minimierung des Spritzwassers und der Aerosolbildung.

8) Es wurde ein Handwaschbecken installiert, an dem sich die Mitarbeiter die Hände mit Frischwasser waschen können.

Ziel: Schaffung der Möglichkeit des Händewaschens; s. TRBA 500.

9) Neben dem Waschbecken wurde eine Ablage für Arbeitsgeräte wie Handschuhe und Kehrschaufel geschaffen.

Ziel: Der Neigung der Beschäftigten, Arbeitsgeräte im Spülraum abzulegen oder schmutzige Handschuhe etc. mit ins Führerhaus zu nehmen, entgegenwirken.

11) Im Fahrerhaus wurden die Sitze mit abwaschbaren Sitzbezügen versehen.

Ziel: Schaffung von leicht zu reinigenden Oberflächen im Fahrerhaus.

Im Anschluss an die biologische Prüfung des Fahrzeuges wurde die mechanische Prüfung durch die Berufsgenossenschaft vorgenommen. Der Abschlussbericht der Berufsgenossenschaft vom 02.08.04 bestätigt, dass das Fahrzeug den Vorgaben der Maschinenrichtlinie 98/37 EG und den Anforderungen der EU-Norm 1501 entspricht.

4 Fazit und Bewertung

Das neu entwickelte Mülltonnenreinigungsfahrzeug setzt ökologisch, technologisch sowie ökonomisch neue Standards. Die Verwendung des leichten und wendigen 4,6t Mercedes Sprinter Chassis mit einem sparsamen CDI Motor reduziert den Kraftstoffverbrauch und somit die CO₂ Emission im Vergleich zu den bisher betriebenen Großfahrzeugen mit einem Gesamtgewicht von über 12t im wesentlichen Maße (s.h. Modellrechnung 4.1). Die Anschaffungskosten liegen beim neuen Fahrzeug zum Teil unter der Hälfte eines Großfahrzeuges.

Aufgrund des Kreislaufsystems, indem das Spülwasser aufbereitet wird und wiederverwendet wird, ist ein Frischwasservorrat von 1.400 Liter ausreichend, um eine Tagestour zu bestreiten. Großfahrzeuge nehmen bis zu 6.000 Liter Wasser mit und pumpen diese von einem Frischwassertank in einen Schmutzwassertank.

Das neue Fahrzeug verbraucht somit wesentlich weniger Frischwasser und trägt damit zum Ressourcenschutz bei.

Das Filtersystem trennt den Grobschmutz vom Reinigungswasser, wodurch dieser separat entsorgt werden kann. Der Filtereinsatz besteht aus Edelmetallgewebe, welches abwaschbar ist und wiederverwendet werden kann. Es sind keine Wechselfiltereinsätze notwendig.

Die vergleichsweise geringe Schmutzwassermenge kann ohne Grobschmutzanteile definiert entsorgt werden.

Das System erzielt durch das Aufheizen des Spülwassers auf über 60°C und des hohen Reinigungsdrucks von ca. 80 bar eine sehr hohe Reinigungsleistung, bei der auf chemische Reinigungszusätze verzichtet werden kann. Die Heizleistung wird durch die Isolierung des Tanks optimal ausgenutzt.

Zudem werden durch die hohe Temperatur Keime und Bakterien im Spülwasser abgetötet oder in ihrem Wachstum gehemmt.

Diverse Einrichtungen, wie eine Absaugung im Spülraum und die Abschirmung des Spülraums durch einen dichten Vorhang und Bürsten, bewirken eine Minimierung der Emission von Aerosolen nach außen in den Betriebsbereich des Bedienpersonals und anderer Passanten.

Bei der Arbeit mit der Handlanze minimiert ein Rotorbürstenaufsatz die Entstehung von Spritzwasser und Aerosolbildung.

Die Technik dieses Fahrzeuges ist einfach und robust gehalten, so dass eine hohe Lebensdauer erzielt wird und eine einfache Anwendung gegeben ist. Durch die neuartige Ausführung des Spülraums ist das System als „quasi-geschlossen“ zu bezeichnen und erfüllt alle notwendigen Vorschriften und Richtlinien.

Der Umwelt- und Ressourcenschutzgedanke wird durch dieses Fahrzeug gefördert und es stellt eine wesentliche Verbesserung zur vorhanden Technik dar.

4.1 Modellrechnung

Zur zahlenmäßigen Darstellung der ökologischen und ökonomischen Vorteile der Neuentwicklung wird folgende Modellrechnung unter folgenden Annahmen vorgenommen:

- Es wird das neuentwickelte Fahrzeug, welches ein Mercedes Sprinter Chassis 411CDI besitzt, und ein üblicher LKW mit einem Gesamtgewicht von über 12t angesetzt.
- Der durchschnittliche Dieserverbrauch ergibt sich aus Erfahrungsdaten.
- Die Neuentwicklung benötigt pro Tagestour einen Wasservorrat von 1.400 Liter, die Großtechnik hat einen Vorrat von 6.000 Liter und muss für eine Tagestour dreimal befüllt werden.
- Für die Großtechnik ergibt sich durch das erneute Befüllen eine zusätzliche Fahrstrecke für die Wasseraufnahme und –entsorgung.

	Sprinter 411 CDI	LKW
Dieserverbrauch [l/100km]	12	45
Wasserverbrauch [l/Tag]	1.400	18.000
Reinigungsstrecke pro Tag [km]	80	80
Fahrstrecke zum Wasserladen [km]	0	80
Gesamt-Fahrstrecke pro Tag [km]	80	160
Arbeitstage pro Jahr	250	250
Dieserverbrauch pro Jahr [Liter]	2.400	18.000
Spülwasserverbrauch pro Jahr [Liter]	350.000	4.500.000
Dieseleinsparung pro Jahr [Liter]	15.600	
Wassereinsparung pro Jahr [Liter]	4.150.000	
Dieselskosten [€/l]	1,00	1,00
Wasserkosten [€/m ³]	5,00	5,00
Gesamt-Dieselskosten pro Jahr	2.400,00 €	18.000,00 €
Gesamt-Wasserkosten pro Jahr	1.750,00 €	22.500,00 €
Gesamt-Kosten pro Jahr	4.150,00 €	40.500,00 €
Kostenvorteil	36.350,00 €	
Anschaffungskosten	110.000,00 €	220.000,00 €
Betriebskosten in 6 Jahren Laufzeit	24.900,00 €	243.000,00 €
Gesamt-Kosten in 6 Jahren Laufzeit	134.900,00 €	463.000,00 €
Kostenvorteil:	328.100,00 €	

Die Modellrechnung ergibt eine Dieseleinsparung von 15.600 Liter pro Jahr und eine Wassereinsparung von 4.150 m³. Der Kostenvorteil auf eine Laufzeit von 6 Jahren gerechnet liegt bei 328.100,00 €. Somit kann mit dem neuen Fahrzeug wesentlich günstiger gereinigt werden als mit der vorhandenen Großtechnik.

Literaturverzeichnis

Wolfgang Beitz und Karl-Heinrich Grote
DUBBEL Taschenbuch für den Maschinenbau.
19. Auflage.
Springer, 1997.

DIN Deutsches Institut für Normen e.V.
Einführung in die DIN-Normen
13. Auflage.
Teubner, 2001.

Hans Hoischen
Technisches Zeichnen
28. Auflage
Cornelsen, 2000

Tabellenbuch Metall
41. Auflage
Europa Lehrmittel, 1999

DIN-Taschenbuch 172
Städtereinigung Normen
1. Auflage
Beuth, 1998

Aufbaurichtlinien Mercedes-Benz
Transporter und LKW
Stand 1995

Bezüglich biologische Untersuchung:

ANONYM: Bek. des BMA vom August 2001: Die TRBA 211. Biologische
Abfallbehandlungsanlagen:
Schutzmaßnahmen. In: Bundesarbeitsblatt 08 / 2001

ANONYM: Leitlinien des Arbeitsschutzes in biologischen Abfallbehandlungsanlagen -
LV 13. In: Länderausschuß für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI), Hess.
Ministerium für Frauen, Arbeit und Sozialordnung, 1997

BIA (Hrsg.) Nr. 9420: Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in
der Luft am Arbeitsplatz. (Kennzahl 9420). In: BIA-Arbeitsmappe - Messung von
Gefahrstoffen
Bielefeld: Erich Schmidt Verlag. 30. Lfg. IV/03

ANONYM: Bek. des BMA Technische Regeln Biologische Arbeitsstoffe TRBA 405,
Anwendung von Meßverfahren für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe. In:
Bundesarbeitsblatt
Nr. 1/1996. 47-50

BECKER, G., LOHMEYER, M., MATHYS, W. UND NEUMANN, H.-D. (2001). Methoden
zur Minderung der Keimfreisetzung bei Schüttvorgängen an
Abfallsammelfahrzeugen. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und
Arbeitsmedizin, Fb931 2001, ISSN 1433-2086, ISBN 3-89701-773-3
BIA (Hrsg.) Nr. 9430: Verfahren zur Bestimmung der Bakterienkonzentration in der
Luft am Arbeitsplatz. (Kennzahl 9430). In: BIA-Arbeitsmappe - Messung von Gefahrstoffen

Bielefeld: Erich Schmidt Verlag. Ausgabe 1996, 18. Lfg. 4/97

BIA (Hrsg.) Nr. 9450: Verfahren zur Bestimmung der Endotoxinkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz. (Kennzahl 9450). In: BIA-Arbeitsmappe - Messung von Gefahrstoffen Bielefeld: Erich Schmidt Verlag. Ausgabe 1996, 19. Lfg. 11/97

BÖHM, R., MARTENS, W. UND PHILIPP, (1998). Hygienische Relevanz von Keimemissionen bei Sammlung und Behandlung von Bioabfällen. In: Wiemer und Kern, Witzhausen-Institut (1998): Bio- und Restabfallbehandlung II, 311 – 344

BREUM, O.B., NIELSEN, M., WÜRTZ, H., IVENS, I., HANSEN, J., SCHIBYE, B., NIELSEN, B.H. UND POULSEN, O.M. (1997): A job exposure matrix related to bioaerosol exposure during collection of household waste. Ann. Agric. Environm. Med. 1997, 4, 53-61

DEININGER, C. (1998A). Untersuchung zur mikrobiellen Luftbelastung in 32 Wertstoffsortieranlagen. Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft 58 (1998), 113-123

GLAUBE, J., JAGER, E., JAGER, J. UND RÜDEN, H. (1987): Mikrobiologische und olfaktometrische Untersuchungen von Abfällen bei der getrennten Sammlung von Haushalts- und Naßabfällen. Forum-Städte-Hygiene (1987) 38: 273-276

GÖTTLICH, E., ENGESSER, K.H. UND BARDTKE, D (1994). Emission von Pilzsporen in Müllverarbeitungsanlagen. Bericht des 5. Hohenheimer Seminars (1994). Nachweis und Bewertung von Keimemissionen bei der Entsorgung von kommunalen Abfällen sowie spezielle Hygieneprobleme der Bioabfallkompostierung. Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e.V, 64 – 75

HARTUNG, J., SCHAPPLER-SCHEELE, B., SCHÜRMAN, W., MISSEL, T., BENNING, C. UND WEBER, J. (1998). Arbeitsmedizinische Untersuchungen und Befunde bei Arbeitnehmern in Kompostwerken. In: Proceeding Fachtagung der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft (DVG), 25./26. 03. 1998, München, 153-175.

HELDAL, K., EDUARD, W. UND BERGUM, M. (1999). Bioaerosol Exposure During Handling of Source Separated Household Waste. Annals of Agricultural and Environmental Medicine (1997). Waste Collection And Recycling - Bioaerosol Exposure And Health Problems, Koge, Denmark. 1996, Proceedings 45-51

KÄMPFER, P. UND WEIßENFELS, W.D. (1997). Luftgetragene Mikroorganismen in Abfallbehandlungsanlagen. Fachgruppe Mikrobiologie der Vereinigung für Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie e. V. VAAM

KLICHE, R. (1996): Zusammenhang zwischen mikrobieller Besiedelung und Geruchsemission. Abschlußbericht zum Teilvorhaben 9 des Verbundvorhabens „Neue Techniken zur Kompostierung“ im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie 1996

MARTENS, W., BÖHM, R., FESSEL, A., FRICKE, K., HAUMACHER, R., KELLNERASCHENBRENNER, K., KÖHLER, K.K., MAYR, C., STRAUSS, R., WITZIGMANN, R. UND ZAPIRAIN, R. (1999). Mikrobielle Immissionen bei der Einsammlung von

Siedlungsabfällen. In: Stand von Wissenschaft, Forschung und Technik zu siedlungshygienischen Aspekten der Abfallentsorgung und -verwertung. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene. Hrsg: Th. Eikmann und R. Hofmann, Band 30 (1999), S. 503 – 521

MARTENS, W. UND BÖHM, R. (1997). Hygienische Relevanz von Keimemissionen bei Sammlung und Behandlung von Bioabfällen. In: Wiemer und Kern, Witzenhausen-Institut (1997): Bio- und Restmüllbehandlung, 271 – 303

MISSEL, T., DEININGER, C, BILLMAIER UND BÜßELBERG, F. (1996): Untersuchungen zur Verminderung der Keimemission in Wertstoffsortieranlagen. Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit - BIA, Sankt Augustin, und Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft - FIW an der RWTH Aachen e.V.

MISSEL, T. (2000). Keim- und Staubbelastung von Müllwerkern bei der Abfallsammlung. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 60, Springer - VDI Verlag 4/2000: S. 150-157

MISSEL, T., HARTUNG, J., UND SCHAPPLER-SCHEELE, B. (1998). Keimemission an Arbeitsplätzen in Biokompostieranlagen. In: Proceeding Fachtagung der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft (DVG), 25./26. 03. 1998, München, 75-102.

MISSEL, T. UND SCHIES, U. (2001). Abhängigkeiten zwischen Staub- und Luftkeimkonzentrationen in Raum- und Außenluft. Tiefbau, Erich Schmidt Verlag, Heft 2, 02/2001, S. 91 – 97

NEUMANN, H.-D., HORNIG, B., BUXTRUP, M. UND BALFANZ, J. (1998). Schimmelpilz- und Gefahrstoffbelastungen bei der Müllsammlung. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 58 (1998) Nr. 6, S. 249 – 255

NEUMANN, H.-D., MATHYS, W., RAULF-HEIMSOTH, M., BECKER, G. UND BALFANZ, J. (2001). Gefährdung von Beschäftigten bei der Abfallsammlung und -abfuhr durch Keimexpositionen. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Fb920 2001, ISSN 1433-2086, ISBN 3-89701-676-1

SCHAPPLER-SCHEELE, B., HARTUNG, J., SCHÜRMAN, W., MISSEL, T., BENNING, C. UND WEBER, J. (1998). Untersuchung der gesundheitlichen Gefährdung von Arbeitnehmern der Abfallwirtschaft in Kompostieranlagen. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, FB 844, 1999, ISBN 3-89701-357-6, ISSN 1433-2086

STREIB, R., HERBOLD, K. UND BOTZENHART, K. (1989): Keimzahlen ausgewählter Mikroorganismen in ungetrenntem Hausmüll, Biomüll und Naßmüll bei unterschiedlichen Standzeiten und Außentemperaturen. Forum-Städte-Hygiene (1989). 290-292

WEINRICH, M., VISSIENNON, T., KLICHE, R., SCHUMANN, M. UND BERGMANN, A. (1997). Untersuchung zur Pilzbelastung bei der Bioabfallsammlung.. EP Nr. 12 (1997): 26-31