



## BEW-Veranstaltung

### Altlastensanierung - Aktuelle Aspekte zur Konzeption und Durchführung sowie Erfahrungen mit (innovativen) Sanierungsverfahren (18.11.2008)

## Konzeption von Emissionsminderungsmaßnahmen (Geruch und Feinstaub) bei der Altlastensanierung am Beispiel der Sanierung Elektrochemische Fabrik (ECF) Kempen

Dr. I. Obernosterer

### 1 Einleitung

In der Zeit von 2004 bis 2006 wurde das Außengelände der ehemaligen "Elektrochemischen Fabrik" (ECF) umfangreich saniert. Das Areal inmitten des Industriegebiets "Am Selder" in Kempen war lange Zeit eine Industriebrache. Über Jahrzehnte waren hier Rückstände der ECF abgelagert worden.

Die ECF Kempen begann 1910 mit der Rückgewinnung von Zinn aus Weißblechen mit Hilfe eines elektrochemischen Verfahrens. Hauptproduktionszweig wurde ab 1922 jedoch ein anderes Recycling-Verfahren: die Gewinnung von Eiweißleim aus gegerbten Lederresten. Beim nasschemischen Aufschluss und anschließendem Auskochen des Leders fielen große Mengen an schlammigen Produktionsrückständen an, die in Ermangelung von Verwertungsmöglichkeiten über Jahrzehnte ungesichert auf dem Außengelände abgesetzt wurden. Zeitweise wurden die Schlämme vor der Ablagerung getrocknet, wobei das so genannte Granulat entstand.

Auf der Osthälfte des ECF-Geländes existierten acht verschiedene Becken, jeweils 100 bis 200 m lang und bis zu 30 m breit. Diese Nassbeete waren 4 bis 5 m tief, d.h. bis zum Erreichen des Grundwasserspiegels in den Untergrund eingelassen. Sie wurden ehemals über Loren mit den Schlämmen beschickt. Das nach dem Abtrocknen z.T. wieder aufgenommene und umgelagerte Material reichte schließlich bis zu drei Metern über das umgebende Geländeniveau hinaus (s.g. Haldenkomplex). Ferner existierte ein Bereich, in dem in mehreren kleineren Erdgruben sowie flächig immer wieder Fehlchargen und gemischte Abfälle der übrigen Produktionen der ECF (Waschrohstoffe, Textilhilfsmittel, Lederhilfsmittel, chemische Reinigungsmittel und Klebstoffe) abgesetzt und mit Böden überdeckt worden waren. Die s.g. Lederlappenhalde befand sich im Westen der alten Produktionsanlagen, die noch heute genutzt werden.

Nach dem Konkurs der ECF Mitte der 80er Jahre erfolgten zunächst in Zuständigkeit der WfG Wirtschaftsförderungsgesellschaft für den Kreis Viersen GmbH Entrümpelungs- und Aufräummaßnahmen. U.a. wurden die z.T. über Jahrzehnte im Freien gelagerten Haufwerke an Lederlappen und Chromfalzspänen, die für die Produktion ungeeignet waren bzw. nicht mehr zum Einsatz gekommen sind, in einer Miete zusammengezogen und unterhalb einer Kunststoffdichtungsbahn temporär gesichert.

Hauptbelastungsparameter sowohl der Schlämme als auch der Lederlappenwaren waren Chrom und PCP. Diese aus der Ledergerbung stammenden Stoffe reicherten sich während der Leimextraktion besonders in den Schlämmen an. Die Rückstände bestanden zu über 50 % aus Eiweißverbindungen (nicht aufgeschlossenen Hautsubstanzen). Der schleichende



Abbau des vorwiegend organischen Materials führte zu hohen Ammonium-Belastungen und dem charakteristischen Fäulnisgeruch.

Den Aufräumaktivitäten schloss sich eine langjährige Planungsphase an, in der intensiv Sanierungsvarianten für die Altablagerungen diskutiert wurden. Vor allem der üble Geruch der faulenden organischen Materialien stellte die Machbarkeit vieler Verfahren in Frage. Dieser hatte schon zu Betriebszeiten der ECF immer wieder Anwohnerproteste provoziert - sowohl aus den unmittelbar angrenzenden Gewerbebetrieben, als auch aus entfernt liegenden Wohngebieten. Durch die Überdeckung der Schlämme mit Folien und Boden nach Schließung der ECF konnte das Problem vorübergehend eingedämmt werden.

**2 Sanierungsplanung**  
**2.1 Planungsrandbedingungen**

Das Sanierungskonzept sah den Abtrag und die geregelte Entsorgung aller auf dem Gelände abgekippten Abfälle und kontaminierten Böden vor. Nach Prüfung verschiedener Alternativen kamen nur der Aushub mittels Hydraulikbagger und die Verladung auf LKW in Betracht.

Als besonders problematisch wurde dabei neben der bereichsweise zu erwartenden schlammigen Konsistenz der Abfälle der bei einer Öffnung der Halden zu erwartende Geruch eingestuft. Schon das Zusammenschieben der verrotteten Lederlappen, denen z.T. auch ekelregender Geruch nachgesagt worden war, hatte seinerzeit zu erheblichen Belästigungen der Nachbarschaft geführt. Die Freisetzung ekelregender Gerüche ist u.U. als Körperverletzung einzustufen.

Angesichts der technischen Probleme sowie der Kosten im Falle einer Einhausung mit Ablufthaltung, der klassischen Methode zur Bekämpfung von Geruchsemissionen bei einem Bodenaustausch, wurden alternative Möglichkeiten zur Eindämmung der Emissionen auf ein vertretbares Maß gesucht.

Die Geruchsproblematik war nicht nur während des Abgrabens auf dem ECF-Gelände, sondern auch beim Wiedereinbau des Materials auf einer Deponie oder beim Handling in einer Müllverbrennungsanlage zu berücksichtigen. Dabei waren der Umfang und die Art der Mittel zur Geruchsbekämpfung der Lage und dem Betrieb der Entsorgungsanlage anzupassen.

Bezüglich des zulässigen Maßes an Geruchsbelästigungen ist festzuhalten, dass eine Altlastensanierung nicht unter den Anwendungsbereich der Geruchsimmissions-Richtlinie (GIRL) fällt [1]. Die Richtlinie kann aber hilfsweise herangezogen werden. Eine Geruchsimmission ist danach zu beurteilen, wenn sie nach ihrer Herkunft aus Anlagen erkennbar, d.h. abgrenzbar ist gegenüber Gerüchen aus dem Kraftfahrzeugverkehr, dem Hausbrandbereich, der Vegetation, landwirtschaftlichen Düngemaßnahmen oder Ähnlichem. Sie ist in der Regel als erhebliche Belästigung zu werten, wenn die Gesamtbelastung die nachfolgend angegebenen Immissionswerte überschreitet. Bei den folgenden Immissionswerten handelt es sich um relative Häufigkeiten der Geruchsstunden.

<b>Wohn-/Mischgebiet</b>	<b>Gewerbe-/Industriegebiet</b>
0,10	0,15

Die Richtlinie unterscheidet bei zulässigen Geruchsbelästigungen nicht zwischen Geruchsinintensitäten. In jedem Fall dürfen keine ekelregenden Gerüche freigesetzt werden.



## 2.2 Sanierungsuntersuchung

### 2.2.1 Vorplanung

Im Rahmen der Planung erfolgte zunächst eine intensive Internetrecherche über die auf dem Markt verfügbaren Geruchsschutztechniken sowie Rücksprachen mit verschiedenen Fachleuten auf dem Gebiet der Geruchsproblematik. Entsprechend des zu erwartenden Sanierungsablaufs mit (Ab-)bauaktivitäten zur Tageszeit und Stillstandszeiten über Nacht und an Wochenenden standen generell folgende alternative Techniken zur Verfügung:

- Sprühnebel, die während der Bauphasen zum Einsatz kommen können,
- Schaumteppich bzw. Latexüberzug, mit denen ein Baufeld ggf. während der Stillstandszeiten oder die Ladung auf einem Transportfahrzeug gesichert werden kann,
- Geruchsadsorber zur vorübergehenden Geruchsminimierung z.B. von verschmutzten Gerätschaften.

### Sprühnebel

Das Zentrum für Umweltforschung (ZUF) der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main beschäftigte sich in der Grundlagenforschung mit der Chemie und Physik des atmosphärischen Mehrphasensystems von Nebel und Wolken. Dabei wurde auch die Aufnahme von atmosphärischen Spurengasen durch Wolkentropfen untersucht. Nach dem Vorbild dieses Selbstreinigungsprozesses der Atmosphäre wurde in einem mehrjährigen Untersuchungsvorhaben ein sogenanntes Mischnebelverfahren zur Emissionsminderung entwickelt.

Bei den zu erwartenden Geruchsemissionen ist prinzipiell mit einem Gasgemisch zu rechnen, dessen Bestandteile sich in drei Kategorien aufteilen lassen:

Basische Gase (z.B.  $\text{NH}_3$ , Amine, etc.)

Saure Gase (z.B.  $\text{H}_2\text{S}$ , Mercaptane, organische Säuren etc.)

Neutrale Gase (z.B. organische Kohlenwasserstoffe,  $\text{CH}_4$ , etc.)

Zur Erzielung einer effektiven Geruchsabsorption werden bei einem Absorptionsverfahren durch Mischnebel Wirkstoffmischungen in saurem oder basischem Nebel in einer gemeinsamen oder in mehreren separaten Vernebelungsvorrichtungen erzeugt, die dann zu einem Mischnebel vereinigt werden. Es entsteht so ein Gemisch von Tropfen unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung, das eine breitbandige Absorption von Geruchsstoffen mit unterschiedlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften ermöglicht. Entsprechend der Idee, in einem Nebel eine Mischung aus sauren und basischen Tropfen zur Absorption von Gasen aus Abgas- und Abluftströmen einzusetzen, wurde das Verfahren als "Mischnebel" beim Deutschen Patentamt in München angemeldet (JAESCHKE UND HAUNOLD, 1995; Patent-Aktenzeichen: DE 195 45 679 A1).

Die Tropfen haben einen Durchmesser in der Größenordnung von 20 Mikrometer und stellen so gegenüber einem herkömmlichen Abluftwäscher eine hundert- bis tausendfache Tropfenoberfläche zur Absorption bereit. Die Geruchsabsorption kann so mit geringen Mengen an Absorberlösung durchgeführt werden. Außerdem wird die Diffusionsstrecke der Gasmoleküle bis zum Auftreffen auf einen Tropfen drastisch erniedrigt.

Die Nebeltropfen unterliegen nur in geringem Maße der Sedimentation. Für den Zeitraum, bis ihr Sättigungsgleichgewicht mit der Gaskonzentration erreicht ist, bleiben sie in der Schwebelösung. Die gesättigten Absorbentropfen werden aus der Atmosphäre abgeschieden. Die abtropfende Lösung enthält geringe Mengen an Salzen als Reaktionsprodukte der Säuren



und Basen mit den Geruchsstoffen sowie Wirkstoffe zur Absorption der organischen Geruchsbestandteile. Für diese Stoffe liegen Sicherheitsdatenblätter vor.

Niederschläge stören das Verfahren nicht, Regentropfen fallen durch den Nebel hindurch. Der künstlich erzeugte Nebel legt sich wie eine Decke über die Geruchsfahne (ohne diese durch einen eigenen Geruch zu maskieren) und breitet sich entsprechend den meteorologischen Verhältnissen zusammen mit ihr aus.

Das Verfahren kam in erster Linie zur Vermeidung von Geruchsemissionen während des Aushubs der Schlämme in Betracht. Über die Geruchsbindung hinaus war zu erwarten, dass es wirksam eine Staubentwicklung beim Aushub des Granulates unterbindet.

### **Schaum- und Latexüberzug**

Für die eventuelle Abdeckung des Baufeldes bei Stillstandszeiten bieten sich Schaum- oder Latex-Überzüge an, die bereits bei verschiedenen Altlastsanierungen zum Einsatz gekommen sind. Getestet wurden die Produkte Plastsoil® und eine Latexlösung der Fa. Schaumchemie, Essen.

Plastsoil® ist ein speziell zur Abdeckung von Deponien entwickelter Aminoplastschaum. Er setzt sich aus einer Harzlösung und einer Schaumlösung zusammen. Die Schaumlösung wird in einer speziellen mobilen Schaumapparatur aufgeschäumt und durch das Zumischen der Harzlösung stabilisiert. Anschließend wird das Gemisch mittels einer mobilen Pumpe unmittelbar am Verwendungsort aufgetragen. Der Schaum ist anfänglich plastisch und erstarrt ohne weitere Volumenzunahme innerhalb sehr kurzer Zeit zu einem wasserunlöslichen Endprodukt von feiner, gleichmäßiger Zellstruktur.

Neben Hartschäumen werden zur temporären Abdeckung im Abfall- und Altlastenbereich auch Latex-Membranen eingesetzt. In Abstimmung mit der Fa. Schaum Chemie wurde für die Geruchsbindungsversuche als Filmbildner ein Acrylat-Latex eingesetzt. Das Material wird als wässrige Suspension aufgetragen. Nach Verdampfen der Wasserphase werden zwischen den Acrylat-Partikeln zunehmend Van-der-Waals-Kräfte wirksam, wobei sich ein geschlossener Film bildet. Die Filmbildung findet spontan statt, wenn zusätzlich ein Koagulationsmittel aufgetragen wird.

### **Geruchsadsorber**

Aus medizinischen und textilen Anwendungen ist der Einsatz von Geruchsadsorbentien auf Rhizinolsäurebasis bekannt. Daher wurde für die vorübergehende Geruchsminimierung verschmutzter Gerätschaften auch ein entsprechendes Produkt der Schaum Chemie ausgewählt.

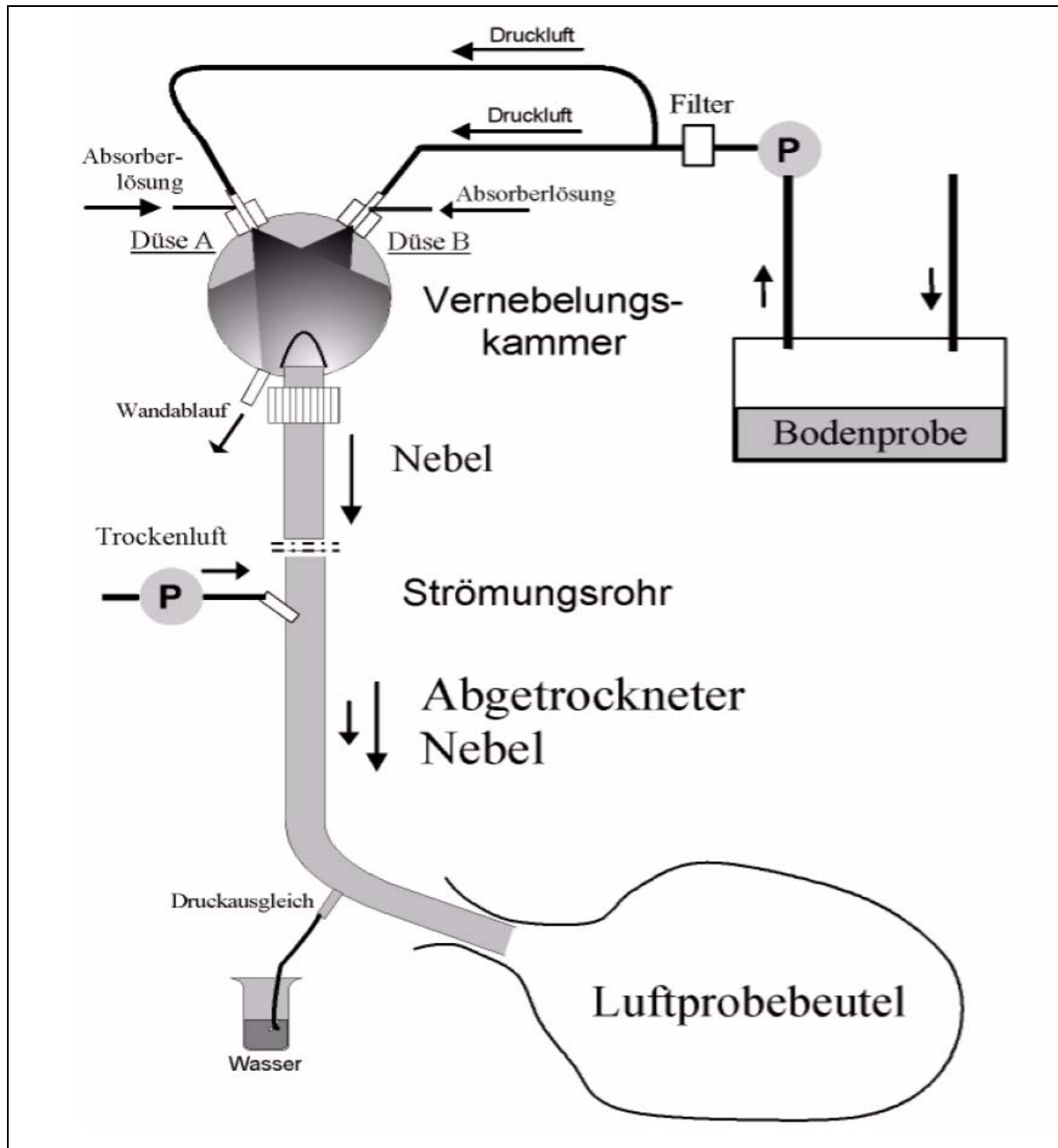
## **2.2.2 Vorversuche zur Verfahrensauswahl**

### **2.2.2.1 Versuchsabläufe**

Zur Überprüfung des Wirkungsgrades der verschiedenen alternativen Verfahren wurden Labor und Feldversuche durchgeführt.

Im **Laborversuch** wurde zunächst die optimale Zusammensetzung des Mischnebels ermittelt. Dazu wurde Probenmaterial aus dem Abfallkörper durch mechanische Einwirkung zur Geruchsemission angeregt. Die entweichenden Gase wurden durch einen Kompressor in

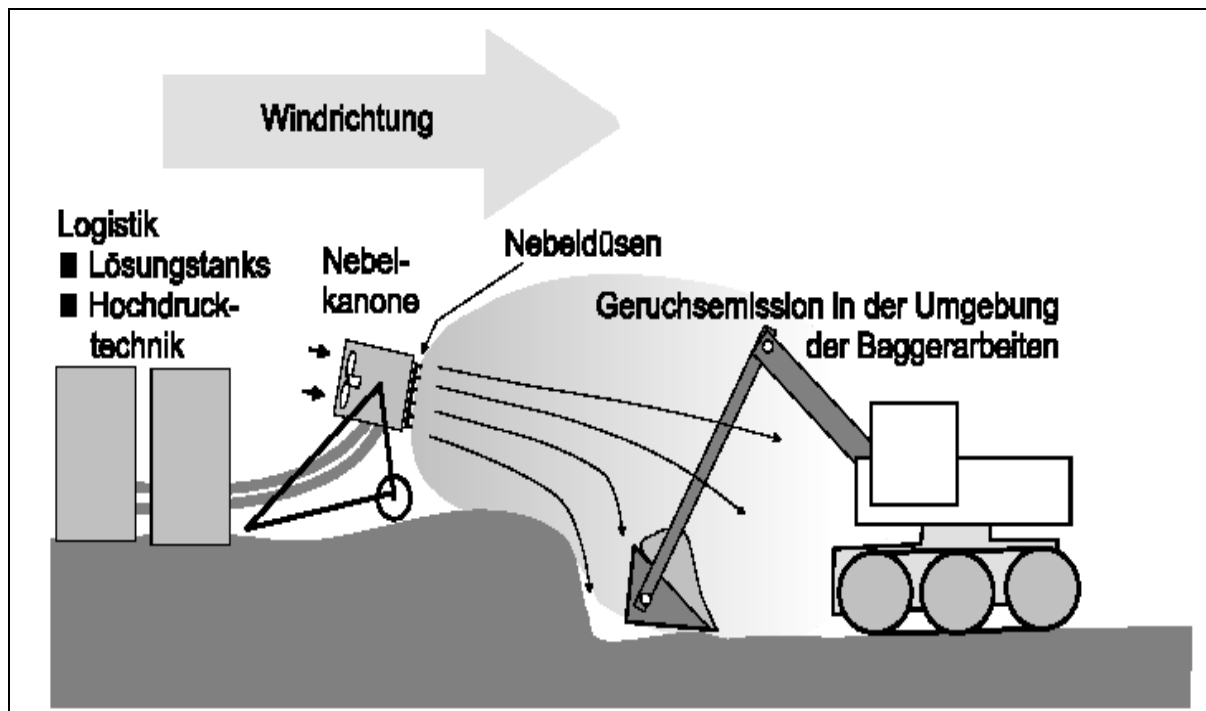
einen rohrförmigen Nebelreaktor geblasen, wo sie von einem Sprühnebel absorbiert wurden (Abb. 1). Die Überprüfung der Effektivität der eingesetzten Wirkstoffe erfolgte über 2 Abgriffe zur Geruchsbestimmung. Wegen der zum Geruchsabbau über kontaminiertem Boden geplanten offenen Ausbringung des Mischnebels wurde mit einer Reaktionszone in zwei weiteren Rohren überprüft, ob die geruchsintensiven Gasmoleküle irreversibel und geruchsneutral in den bei Abtrocknung der Tropfen entstehenden Residualkernen (Aerosolpartikel) verbleiben. Mitarbeiter des ZUF führten an den Abgriffen eine qualitative olfaktorische Ansprache durch.



**Abb. 1:** Versuchsaufbau zur Bestimmung der idealen Mischnebelzusammensetzung im Labor

Die Feldversuche wurden an einem Pfingstwochenende durchgeführt, um eventuelle Belästigungen der Belegschaften der umliegenden Gewerbebetriebe zu vermeiden. In einem etwa 10 x 15 m großen Testfeld simulierte ein Hydraulikbagger kontinuierlich Verladevorgänge. Während der Versuchsdurchführungen wurden die Witterungsverhältnisse kontinuierlich mit einer mobilen Klimastation permanent aufgezeichnet.

Der Sprühnebel wurde mit Hilfe spezieller Sprühnebelkanonen bei einem Druck von ~ 80 bar über dem Baufeld versprüht (Abb. 2). Nachdem eine gründliche Durchmischung der Schlämme im Testfeld stattgefunden hatte, wurde eine Sprühkanone mit 60 Verneblerdüsen zunächst auf der Luv-Seite des Testfeldes und später auf der Lee-Seite positioniert.



**Abb. 2:** Schematische Darstellung des Einsatzes von Sprühkanonen zur Aufbringung von Mischnebel

Versprüht wurden stark verdünnte saure und alkalische Lösungen (0,01 %ige Schwefelsäure und 0,01 %ige Natronlauge). Die Aerosoltröpfchen vereinigen sich relativ rasch, so dass eine verdünnte Natriumsulfat-Lösung entsteht, die toxikologisch als unkritisch zu bewerten ist. Die wässrigen Lösungen enthielten ein Tensid in sehr geringer Konzentration, das zur Herabsetzung der Oberflächenspannung und zur Förderung der Aufnahme von lipophilen Geruchsstoffen in die wässrigen Aerosoltröpfchen zugesetzt wurde. Im Vorversuch kam ein Gemisch aus Hapesolen<sup>®</sup> zur Anwendung. Auch dies wird bei entsprechender Verdünnung als toxikologisch unbedenklich eingestuft.

Um Korrosionsschäden durch den Sprühnebel von vorne herein ausschließen zu können, wurde der Hydraulikbagger vor dem Einsatz vollständig gewaschen.

Die Wirkung des Sprühnebels wurde über Geruchsfahnenkartierungen geprüft (s. Abschn. 2.2.2.2).



Zum Ende des ersten Versuchstages erfolgte eine Abdeckung des Testfeldes mit Silofolie. Diese wurde am Folgetag wieder vollständig aufgenommen, um eine Geruchsfahnenkartierung für offene Flächen ohne Erdbewegungen durchführen zu können. Das Testfeld wurde anschließend wieder zur Hälfte mit Folie abgedeckt, auf der freien Hälfte erfolgte ein manueller Auftrag des Hartschaums Plastsoil®.

Nach Abschluss einer erneuten Geruchsfahnenkartierung und Entfernung der Folie auf der zweiten Hälfte des Testfeldes erfolgte dort ein manueller Auftrag der Latexlösung. Dieser Bereich wurde nach Beendigung der Geruchsversuche erneut mit Silofolie und Boden abgedeckt. Die mit Schaum überzogene Fläche blieb zunächst unberührt, wobei tägliche Kontrollen der Stabilität des Schaums erfolgten. Nach 4 Tagen wurde auch dieser Bereich wieder mit Folie und Boden überdeckt.

Das verschmutzte Arbeitsgerät wurde nach Beendigung der Versuche am zweiten Versuchstag mit einem Geruchsadsorber abgesprüht. Nach Beendigung aller Arbeiten wurde es einer Grundreinigung unterzogen.

### 2.2.2.2 Geruchsfahnenkartierung

Zur Nachvollziehbarkeit der Effektivitäten der Geruchsminderung wurden die Versuche vor Ort durch die ANECO Institut für Umweltschutz GmbH, Mönchengladbach, als neutralem Geruchsgutachter begleitet. Das Unternehmen ist mit Bescheid des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes NRW zuletzt vom 01.10.1999; AZ.: V A 3-8817.4.2 [3] als Geruchsmessstelle anerkannt.

Die Messungen erfolgten entsprechend den Vorgaben der VDI-Richtlinie 3940 [1].

Die Geruchsfahne einer Emissionsquelle ist Ausdehnung des Gebietes, in dem Gerüche eindeutig erkennbar sind. Sie ist abhängig vom Betriebszustand der Quelle und der aktuellen Ausbreitungssituation. Die Fahhengrenze ist per Definition erreicht, wenn der Geruchszeitanteil einen festzulegenden Prozentsatz erreicht. Die Fahnenachse ist die Linie der Ausbreitungsrichtung, in der in Bodennähe das Maximum des Geruchszeitanteils auf Schnittlinien quer zur Ausbreitungsrichtung liegt. Sie fällt im Allgemeinen mit der Windrichtung zusammen. Eine Fahnenmessung besteht aus mindestens drei Schnittmessungen von je 10 min Dauer quer zur aktuellen Windrichtung. Eine Schnittlinie wird mit mindestens fünf Messpunkten und fünf Probanden belegt (Abb. 2).

Jeweils zu Versuchsbeginn wurden die Probanden ausgestattet mit einem Messprotokoll und einem Taktgeber an den Messpunkten positioniert. Nach Erreichen eines stationären Zustandes wurde auf Zeichen mit der Messung begonnen.

Während der Dauer einer Einzelmessung von 10 Minuten entnahm jeder Proband alle 10 Sekunden eine Riechprobe und trug ein Urteil über die Geruchsintensität in das Begehungsprotokoll ein. Zusätzlich wurde nach Ende der Messung der individuelle Geruchseindruck beschrieben.

Die individuelle Geruchsempfindlichkeit der Probanden war zuvor im Labor getestet worden. Die olfaktometrisch ermittelte Geruchsschwelle der eingesetzten Probanden lag für n-Butanol oberhalb von  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und unterhalb von  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Darüber hinaus wurde für den Test der Probanden als weiteres Auswahlkriterium deren Geruchsschwelle für Schwefelwasserstoff herangezogen ( $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3 \leq c \leq 2,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Nr. 4.4.7 GIRL) [1].



**Abb. 2:** Anordnung der Schnittlinien und Messpunkte während der Geruchsfahnenkartierungen

Die Geruchsfahnenkartierungen wurden zu folgenden Zeiten durchgeführt:

1. bei Öffnung des Testfeldes mit Simulation von Abgrabvorgängen ohne den Einsatz geruchsmindernder Verfahren (Nullmessung 1)
2. bei Simulation von Abgrabvorgängen unter Einsatz des Sprühnebels, Standort der Sprühkanone auf der Luv-Seite des Testfeldes
3. bei erneutem Öffnen des Testfeldes nach einer Nacht mit Folienabdeckung ohne Simulation von Abgrabvorgängen (Nullmessung 2)
4. bei Abdeckung des Testfeldes mit Plastsoil®, keine Simulation von Arbeitsvorgängen
5. bei Abdeckung des Testfeldes mit Latexlösung, keine Simulation von Arbeitsvorgängen



Nach Durchführung eines Versuchsdurchgangs wurde der wahrgenommene Geruch von den Probanden individuell beurteilt. Die dabei vorgenommenen **Geruchsbeschreibungen** sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

**Tab. 1:** Geruchsbeschreibungen während der Geruchsfahnenkartierungen

Messung		Geruchsbeschreibung
1	Simulation von Abgrabvorgängen ohne Einsatz geruchsmindernder Verfahren (Nullmessung 1)	muffelig, modrig, faulig, güllig, Kloake, sehr unangenehm
2	Simulation von Abgrabvorgängen unter Einsatz des Sprühnebels	kloakig, muffelig, säuerlich, leicht güllig, modrig, seifig, unangenehm
3	ruhendes Testfeld, keine Simulation von Arbeitsvorgängen (Nullmessung 2)	leicht salzig, leicht muffig, schwach, leicht faulig, schimmelig, leicht güllig, leicht modrig, akzeptabel, fischig, leicht ölig
4	Abdeckung des Testfeldes mit Plastsoil®, keine Simulation von Arbeitsvorgängen	leicht seifig, ölig, schwach, güllig, holzig, schwach modrig, kaum wahrnehmbar
5	Abdeckung des Testfeldes mit Latexlösung, keine Simulation von Arbeitsvorgängen	säuerlich, sehr schwach zu erkennen, seifig, erdig, teilweise faulig

Die wahrgenommenen Gerüche wurden durchweg als unangenehm, jedoch nicht als ekelerregender beschrieben. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass diese Aussagen nur für die Schlämme galten. Die Lederlappenhalde wurde im Rahmen der Geruchsversuche nicht geöffnet. Aus den beim Kreis vorliegenden Unterlagen über das 1994 erfolgte Umsetzen der Lederlappen in die s.g. Lederlappenhalde ergaben sich jedoch Hinweise darauf, dass von diesem Material auch ekelerregender Geruch ausgehen konnte.

Der üble Geruch ist auf flüchtige Stoffwechselprodukte der anaeroben Keime zurückzuführen. Im Vordergrund stehen dabei Ammoniak und Schwefelwasserstoff, organische Schwefelverbindungen (u.a. Mercaptane) sowie Amine. Anaerobe Keime wachsen in sauerstoffhaltigem Milieu schlecht. Sie sind in Gegenwart von Sauerstoff zumeist nicht überlebensfähig und sterben innerhalb von einigen Stunden oder Tagen ab. Aus diesem Grund verliert sich der Geruch des Schlammes, wenn er über mehrere Tage offen liegt.

Die **Geruchsintensitäten** werden gemäß VDI-Richtlinie 3940 wie folgt eingeteilt:

- 0 kein Geruch
- 1 sehr schwacher Geruch
- 2 schwacher Geruch
- 3 deutlicher Geruch
- 4 starker Geruch
- 5 sehr starker Geruch
- 6 extrem starker Geruch



Die bei den Geruchsbindungsversuchen festgestellten Geruchsintensitäten sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Der absolut höchste Wert sowie die höchste mittlere Geruchsintensität wurden erwartungsgemäß während der Simulation von Baggertätigkeiten ohne geruchsmindernde Maßnahmen festgestellt (Nullmessung 1). Die maximale Intensität trat mit 5 (sehr starker Geruch) in der Begehungsreihe 3 auf. Auf eine Begehung in Reihe 4 wurde daher verzichtet. Stattdessen wurde die Begehungsreihe 0 bei dieser Messung einbezogen.

Der Einsatz des Sprühnebels bewirkte eine Abnahme der mittleren Geruchsintensität aller Begehungspunkte von 2,7 auf 1,4. Der Wirkungsgrad betrug also knapp 50 %. Windrichtung und Windgeschwindigkeit waren in beiden Messzeiträumen vergleichbar. Mit der im Versuch eingesetzten Technik (eine Sprühkanone mit 60 Düsen) konnte bei den gegebenen Witterungsverhältnissen (Windgeschwindigkeit von 4,7 m/s) nicht das gesamte Testfeld beherrscht werden konnte. Der Sprühnebel, der als weißer Nebel über dem Testfeld sichtbar war, bedeckte nicht die ganze Fläche. Durch eine optimierte Auslegung der Sprühvorrichtung im Verhältnis zur offenen Abgrabungsfläche war eine Steigerung der Effizienz des Verfahrens zu erwarten.

Die Nullmessung 2 zeigte, dass allein das Einstellen von Baggertätigkeiten eine Minderung der Geruchintensitäten von ca. 50 % bewirkt.

Bezogen auf die Nullmessung 2 führte die Abdeckung der offenen Schlammoberfläche mit dem Hartschaum Plastsoil® zu einer weiteren Geruchsminderung von nochmals knapp 60 %. Die mittlere Geruchsintensität lag nur noch bei 0,6, die maximal registrierte bei 1,2.

Der Latexüberzug bewirkte noch eine geringfügig höhere Abnahme der Geruchsintensität wie die Schaumabdeckung.

**Tab. 2:** Geruchsintensitäten während der Geruchsfahnenkartierungen

Geruchsintensitäten	Sprühnebeleinsatz			Abdeckung mit Hartschaum Plastsoil®			Überzug mit Latexmembran		
	Nullmessung 1	Sprühnebel	Wirkungsgrad [%]	Nullmessung 2	Schaumabdeckung	Wirkungsgrad [%]	Nullmessung 2	Latexüberzug	Wirkungsgrad [%]
Mittlere Intensität Begehungsreihe 0	1,8	1,4	22	-	-	-	-	-	-
Mittlere Intensität Begehungsreihe 1	2,9	1,3	40	0,8	0,3	63	-	-	-
Mittlere Intensität Begehungsreihe 2	3,0	1,5	50	1,2	0,6	50	-	-	-
Mittlere Intensität Begehungsreihe 3	3,1	1,5	52	1,5	0,7	53	1,5	0,5	67
Mittlere Intensität Begehungsreihe 4	-	-	-	1,8	0,9	50	1,8	0,8	56
<b>Mittlere Intensität aller Begehungspunkte</b>	<b>2,7</b>	<b>1,4</b>	<b>48</b>	<b>1,4</b>	<b>0,6</b>	<b>57</b>	<b>1,7</b>	<b>0,6</b>	<b>65</b>
<b>Maximale Intensität an einem Begehungspunkt</b>	<b>5,0</b>	<b>1,9</b>	<b>62</b>	<b>2,5</b>	<b>1,2</b>	<b>52</b>	<b>2,5</b>	<b>1,1</b>	<b>56</b>



Bezüglich der **Häufigkeiten der Geruchswahrnehmungen** konnte während der Besprühung des geöffneten Feldes bei intensiver Baggertätigkeit gegenüber der Nullmessung 1 (Simulation des Abgrabvorganges ohne Geruchsminderungsmaßnahmen) nur ein geringer Wirkungsgrad (10 - 20 %) erzielt werden (Tab. 3). Der Einsatz der Schaumabdeckung und des Latexüberzuges führte dagegen zu einer Minderung der Häufigkeit der Geruchswahrnehmung von 30 bis 40 % (bezogen auf die Nullmessung 2).

Festzuhalten ist, dass bei allen durchgeführten Geruchsfahnenkartierungen Gerüche festgestellt worden sind. Geruchsfreiheit ist nicht erreicht worden.

**Tab. 3:** Mittlere Häufigkeiten der Geruchswahrnehmung während der Geruchsfahnenkartierungen

Geruchsminderungsmaßnahme	Häufigkeit der Geruchswahrnehmung [%]	
	Nullmessung	Versuch
Einsatz von Sprühnebel	90,7 Nullmessung 1	78,7
Abdeckung mit Hartschaum Plastsoil®	72,3 Nullmessung 2, (Reihe 1 - 4)	45,1
Latexüberzug	84,0 Nullmessung 2, (Reihe 3 - 4)	51,4

### 2.2.2.3 Verfahrensauswahl

Die Vorversuche hatten gezeigt, dass die Eindämmung der zu erwartenden Geruchsemissionen durch verschiedene Maßnahmen erreicht werden konnte, wobei zwischen Bauphasen, in denen der Schlamm zu bewegen war und Bauphasen, in denen die Abbaufelder ruhten, zu unterscheiden war.

Aufgrund der einfachen und flexiblen Anwendung und der im Vorversuch nachgewiesenen Wirkung war beabsichtigt, für den Abtrag aller geruchsintensiven Materialien das Mischnebelverfahren anzuwenden. Der Abtrag der Schlämme sollte dabei im Freien erfolgen. Für eine Abdeckung während der Ruhephasen bot sich bevorzugt eine Abdeckung mit Folie an. Überzüge mit Schaum oder Latexmembranen haben sich ebenfalls als geeignet herausgestellt. Das Aufbringen eines weitgehend geschlossenen Überzuges auf einer rauen Oberfläche ist allerdings erheblich aufwendiger als das Abplanen.

Da bisher keine der Sanierung des Haldenkomplexes auf dem ECF-Gelände vergleichbaren Maßnahmen bekannt waren, konnte bezüglich der Geruchsentwicklung und der Verfahren zu deren Eindämmung nicht auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden. Für das Mischnebelverfahren lagen zwar Referenzen für den Einsatz im Freien vor, diese waren jedoch nicht unmittelbar den auf dem ECF-Gelände geplanten Maßnahmen vergleichbar.

Vor diesem Hintergrund wurde alternativ auch eine Einhausung mit begleitender Ablufthaltung als klassischer Methode zur Unterbindung von (Geruchs)Emissionen planerisch vorbereitet.



## 2.3 Sanierungsplanung

### 2.3.1 Eignungsnachweis

Als Grundlage für die in Aussicht gestellte Genehmigung benötigt die Behörde eine Prognose, mit welchen Geruchsintensitäten über welche Zeiträume zu rechnen sein wird. Behördlicherseits wurde bereits vorgegeben, dass bei der Umlagerung des Schlammes bzw. Granulates die Geruchsintensität 2 im Umfeld nicht überschritten werden sollte. Die Intensitätsstufe > 3 sollte, wenn überhaupt, nur selten auftreten. Eine entsprechende Geruchsprognose wurde rechnerisch durch den Geruchsgutachter durchgeführt.

Zunächst wurde durch iterative Rückrechnung aus den während den Fahnenbegehungen ermittelten Intensitäts- und Häufigkeitsgradienten für die einzelnen Arbeitsschritte (offenes ruhendes Feld, Bearbeitung unter emissionsmindernden Maßnahmen (Besprühung) und abgedecktes ruhendes Feld) emittierte Geruchsmassenstrom ermittelt, der unter Zugrundelegung der zum Zeitpunkt der Begehungen vorherrschenden Wetterbedingungen zu einer gleichen oder weitgehend ähnlichen Geruchsfahne führt. Die so erhaltenen Geruchsmassenströme sind Grundlage für eine Ausbreitungsrechnung zur Ermittlung der Überschreitungshäufigkeit der Geruchswahrnehmung von 1 GE/m<sup>3</sup>, dargestellt in % der Jahresstunden.

Die Berechnung der Geruchsstoffimmissionskennwerte erfolgte entsprechend dem in der TA Luft Anhang C beschriebenen Verfahren. Der Ausbreitungsrechnung wurde die Ausbreitungsklassenstatistik der Station Wildenrath mit einem Beobachtungszeitraum von 1981 - 1990 zugrunde gelegt. Für die Berechnungen wurde von bestimmten, konservativ angesetzten Annahmen für die Größe der jeweils offen liegenden Baufelder und Bearbeitungszeiträume Annahmen ausgegangen (z.B. tägliche Arbeitszeit von 11 Stunden, Ruhezeit von 13 h und abgedeckten Flächen an Wochenenden).

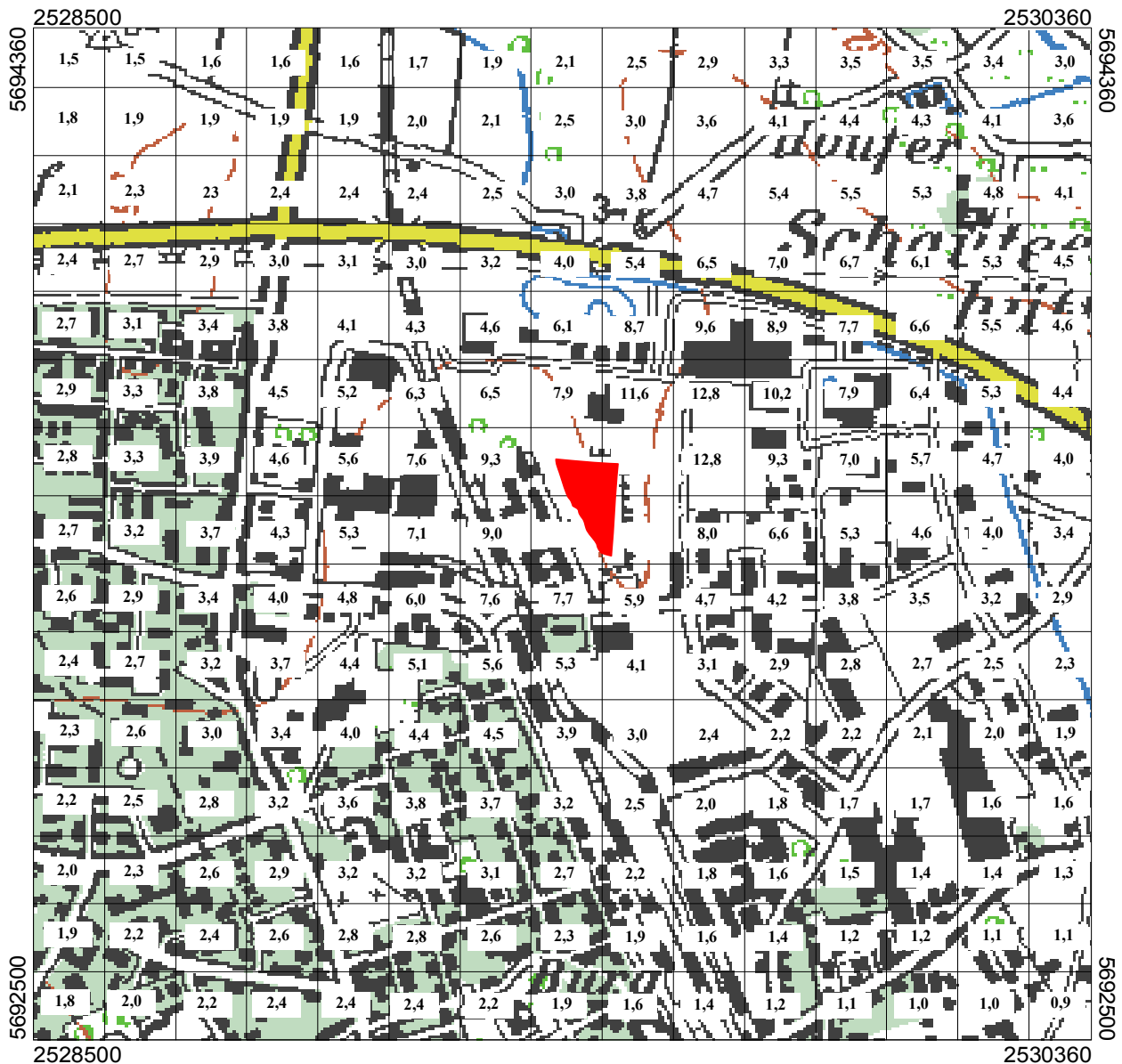
In Abbildung 3 sind die unter den vorstehenden Annahmen berechneten Überschreitungshäufigkeiten der Geruchswahrnehmung von 1 GE/m<sup>3</sup> in den einzelnen Beurteilungsflächen in % der Jahresstunden dargestellt. Flächen mit Wohngebieten sind grün hinterlegt.

Es wurde deutlich, dass die Geruchseinheit 1 GE innerhalb des Gewerbegebietes an keiner Stelle an über 15 % der Jahresstunden zu erwarten war. Der berechnete Höchstwert betrug 12,8 %. Im Wohngebiet war eine Überschreitung der Geruchswahrnehmung für 1 GE an maximal 5,6 % der Jahresstunden zu erwarten. Die Vorgaben der GIRL wurden damit sicher eingehalten.

### 2.3.2 Geplantes Vorgehen

Zur Einhaltung der behördlichen Vorgaben ist eine Kombination folgender Maßnahmen erforderlich:

- ⇒ Einsatz von Mischnebel am offenen Baufeld
- ⇒ Einstellen der Arbeiten bei ungünstigen Witterungsverhältnissen
- ⇒ sofortiges Abplanen offener, aber ruhender Flächen
- ⇒ Einsatz von Mischnebel an der LKW-Beladestelle
- ⇒ Schutz der LKW vor Verschmutzung durch den Schlamm bei der Beladung
- ⇒ Betrieb eines Gerätewaschplatzes mit Reifenwaschanlage und Hochdruckreiniger
- ⇒ bei Bedarf Einsprühen verschmutzter Baugeräte mit Geruchsadsorber
- ⇒ regelmäßige Reinigung verschmutzter Arbeits- und Fahrbahnflächen
- ⇒ ggf. Ausnutzung arbeitsfreier Zeiten bei Arbeiten in unmittelbarer Nähe zu Nachbarbetrieben



**Abb. 3:** Überschreitungshäufigkeit der Geruchswahrnehmung in % der Jahresstunden für den geplanten Bauablauf

Der Mischnebel wart an jeder Stelle, an der der Schlamm bewegt wird, aufzubringen, d.h. bei allen Bagger- und Verladevorgängen. Die Anlagentechnik sollte leicht umzusetzen sein, um sich jederzeit den Witterungsverhältnissen anpassen zu können.

Der Einsatz des Mischnebels sollte fachgutachterlich durch ein chemisches Institut, welches mit der Herstellung und Wirkungsweise der Nebeltechnik vertraut ist, begleitet werden. Die Anlagentechnik sowie die Zusammensetzung des Mischnebels waren vor der Bauausführung in einem Testfeld zu optimieren. Zunächst wird die Mischnebelzusammensetzung eingesetzt, die sich im Vorversuch als geeignet erwiesen hat. Während der Bauausführung sollte die Mischnebelzusammensetzung ggf. nach den Vorgaben des Fachgutachters den unterschiedlichen Schlammarten angepasst werden.



## 2.4 Sanierungsablauf

### 2.4.1 Sanierung Haldenkomplex

Die Wirksamkeit des vom bauausführenden Unternehmen vorgesehenen Geräte- und Wirkstoffesatzes war vor Beginn der Sanierungsmaßnahmen in einem Probetrieb nachzuweisen.

Der Probetrieb fand am 16.06.2004 statt. Zu diesem Zweck wurde nochmals ein ca. 10 x 15 m großes Testfeld geöffnet. Nach Abtrag des überlagernden mineralischen Materials wurde der Schlamm zur Simulation des Abtragsvorganges mittels Hydraulikbagger über ca. 8 Stunden bewegt.

Das Bauausführende Unternehmen setzte zur Erzeugung des Sprühnebels eine mobile Sprüheinheit ein, die der in den Vorversuchen getesteten nicht ganz vergleichbar war.

Als Wirkstoffe kamen folgende Substanzen zum Einsatz:

- RESORB EX 250
- HAPESOL (RC2/25)
- TEGO Sorb A 30

RESORB EX 250 ist eine stark verdünnte wässrige Lösung (1:300) pflanzlicher Enzyme mit einem pH-Wert von 4,9 - 5,9. Enzyme sind Proteine, die in pflanzlichen und tierischen Nahrungsmitteln in großer Zahl und Menge vorkommen. Es handelt sich nicht um toxisch wirksame Stoffe.

Hapesol (RC2/25) ist ein modifiziertes Alkoxilat auf Basis von Fettalkohol/Polyglykolether. Dabei handelt es sich um stark basische, reaktive Verbindungen, die i.d.R. nur als Zwischenstufen zu Synthesen eingesetzt werden. Fettalkohole sind Alkohole, die durch Hydrolyse oder Reduktion von tierischen und pflanzlichen Fetten und Ölen entstehen. Die Toxizität der langkettigen, gesättigten oder ungesättigten primären Alkohole ist gering; sie werden als Bestandteile von Körpercremes, Salben und Lotionen eingesetzt. Polyglykolether sind flüssige oder wachsartige bis feste, wasserlösliche und in organischen Lösungsmitteln lösliche Produkte, die u.a. als Lösungsvermittler, Bindemittel, Konsistenzgeber, Emulgatoren, Dispergatoren, Bindemittel u.a.m. eingesetzt werden. Sie gelten als toxikologisch unbedenklich. Hapesol (RC2/25) kam im Sprühversuch in einer Verdünnung von 1:50 zum Einsatz.

TEGO Sorb A 30 ist ein flüssiges Produkt, das das Zinksalz der Ricinolsäure sowie Lösungsvermittler enthält und dessen pH-Wert mit 10 angegeben wird. Der Wirkstoff ist im Verhältnis 1:300 verdünnt. Lösungsvermittler sind vermutlich Tenside wie sie auch in Haushaltsreinigern eingesetzt werden. Das Zinksalz gehört zu den Metallseifen der Ricinolsäure (Recinoleate), die als Bestandteile von Klebstoffen, Korrosionsschutzmitteln, Kosmetika, Schmierfetten, Lacken, Druckfarben sowie zur Desodorierung eingesetzt werden. In größeren Mengen aufgenommen führt Ricinolsäure zu einer erhöhten Peristaltik des Darms. Wegen der ausgeprägt alkalischen Reaktion sollte Hautkontakt mit dem Produkt vermieden werden.

Die Wirksamkeit der verschiedenen Wirkstoffe wurde während des Probetriebes durch den Geruchsgutachter anhand von Geruchsfahnenkartierungen geprüft. Ziel des Probetriebes war es festzustellen, inwieweit die vom ausführenden Unternehmen zum Einsatz vorgesehenen Sprühnebeltechniken und Wirkstoffe geeignet und dem getesteten Mischnebelverfahren vergleichbar sind.



Zum Vergleich erfolgte zu Beginn der Maßnahmen eine Nullmessung der freigesetzten Gerüche ohne Einsatz von Wirkstoffen.

Im Ergebnis kam der Gutachter zu dem Schluss, dass bezüglich der Intensität der wahrgenommenen Gerüche durch alle eingesetzten Mittel eine Minderung eintritt. Bezüglich der Häufigkeit der Geruchswahrnehmung konnte dagegen praktisch keine Wirkung erzielt werden. Allerdings waren während der Vorversuche deutlich höhere Geruchsminderungsgrade erreicht worden als im Probetrieb. Dieses Ergebnis wurde in erster Linie auf die verfahrenstechnisch erzeugte geringere Tröpfchengröße des Mischnebels zurückgeführt, womit eine größere Reaktionsoberfläche zur Bindung der Geruchsmoleküle zur Verfügung steht. Darüber hinaus dürfen auch die eingesetzten Wirkstoffe bzw. Wirkstoffmischungen ursächlich gewesen sein.

Der Vergleich der Wirkstoffe untereinander zeigte, dass insgesamt Minderungen in gleicher Größenordnung erzielt worden sind. Während der zweiten Kartierung erwies sich TEGO Sorb A 30 als effektivstes Mittel, so dass zunächst dem Einsatz dieses Mittels zugestimmt wurde.

Die Arbeiten zum Abtrag der Schlämme konnten am 21.06.2004 aufgenommen werden. Bereits nach wenigen Tagen traten technische Probleme durch den Einsatz von TEGO Sorb A 30 auf. Offensichtlich kristallisierten die enthaltenen Salze in der Lösung aus und führten so zu Verstopfungen im Leitungssystem. Um den laufenden Baustellenbetrieb nicht unterbrechen zu müssen, wurde alternativ dem Einsatz von RESORB EX 250 zugestimmt.

RESORB EX 250 ist eine stark verdünnte wässrige Lösung (1 : 300) pflanzlicher Enzyme mit einem pH-Wert von 4,9 - 5,9. Enzyme sind Proteine, die in pflanzlichen und tierischen Nahrungsmitteln in großer Zahl und Menge vorkommen. Es handelt sich nicht um toxisch wirkende Stoffe.

Das Mittel wurde über insgesamt neun Sprühkanonen auf die jeweiligen Baufelder aufgebracht. Insgesamt waren für den Abtrag der Schlämme auf dem gesamten Gelände 2.179,75 Sprühstunden erforderlich. Die ergriffenen Maßnahmen erwiesen sich als ausreichend effektiv. Nachbarschaftsbeschwerden wurden nicht vorgetragen.

#### **2.4.2 Sanierung Lederlappenhalde**

Nach den Erfahrungen beim Abtrag der Halden wurde auch für den Abtrag der Lederlappenhalde der Einsatz von RESORB EX 250 vorgesehen. Das Mittel wurde wie geplant über insgesamt vier Sprühkanonen auf das jeweilige Baufeld aufgebracht.

Zu Beginn der Arbeiten an der Lederlappenhalde wurden zunächst nur Chromfalzspäne unter der Abdeckung angetroffen, die sich geruchlich als wenig problematisch erwiesen. Nachdem der Rückbau der Halde etwa 65 m vorangeschritten war, traten zunehmend Vermischungen mit Lederresten auf. Mit wachsendem Anteil der Lederlappen verstärkten sich die Geruchsemissionen deutlich.

Die Sprühkanonen wurden während der Beladevorgänge durchgehend betrieben, nach Beenden der Beladung wurde der geöffnete Teil der Halde mit Folien abgedeckt und diese gegen Windzug gesichert. Mit sinkenden Temperaturen zum Jahresende reduzierten sich die Geruchsemissionen, so dass je nach Wetterlage von einer Folienabdeckung zwischen der Vormittags- und Nachmittagsbeladung abgesehen werden konnte. Die Folienabdeckung des Arbeitsbereiches als Nachtsicherung wurde beibehalten.



Insgesamt fielen im Bereich der ehemaligen Lederlappenhalde 426 Stunden für den Einsatz der Sprühkanonen an.

Während der gesamten Rückbauphase der Lederlappenhalde gingen insgesamt vier Anrufe aus Nachbarbetrieben bei der Stadt Kempen ein, die auf eine verstärkte Geruchsemission hinwiesen.

In dieser Zeit herrschte eine stabile Wetterlage mit Ostwinden. Da die westlich an das Sanierungsgelände anschließenden Betriebe in sehr kurzer Entfernung liegen, wurde der Geruch hier sehr deutlich wahrgenommen. In der übrigen Zeit der Rückbauphase herrschte ein entgegengesetzter Wind vor. Die östlich an den Sanierungsbereich angrenzenden Betriebe liegen mehrere 10er Meter bis über 100 m entfernt. Die Geruchsfahne wurde auf dieser Entfernung soweit verdünnt, dass die Anrainer keinerlei Beeinträchtigung spürten.

Aufgrund der Geruchsbelästigungen sowie der Erkenntnisse zur Ausbreitung von Keimen im unmittelbaren Nahbereich des Abtragsortes mit dem Luftstrom wurde in Abstimmung mit dem Gesundheitsamt des Kreises Viersen und dem Hygiene-Institut des Ruhrgebietes als Fachgutachter festgelegt, Beladungen nicht mehr bei Ostwind stattfinden zu lassen.

### **3 Literatur**

- [1] VDI-Richtlinie 3940 Bestimmung der Geruchsimmissionen durch Begehungen Ausgabe Oktober 1993, Düsseldorf, Verein Deutscher Ingenieure
- [2] Bundes-Immissionsschutzgesetz Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) vom 09. Oktober 1996 in der Fassung vom 14. Mai 1990, zuletzt geändert 19.10.1998 (BGBl. I S. 1498)
- [3] Bekanntgabe des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen vom 16.07.1997 sowie Erweiterung der Bekanntgabe vom 04.12.1997 und Verlängerung der Bekanntgabe vom 01.07.1998 sowie Erweiterungen der Bekanntgabe vom 05.01.1999, 09.09.1999 und 01.10.1999; Az.: V A 3-8817.4.2