

# Nr. 13

Desodorierung  
der Abluft aus Tierkörper-  
beseitigungsanlagen

LIS - B E R I C H T Nr. 13

Herausgeber:  
Landesanstalt für Immissionsschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen  
Wallneyer Str. 6  
D-4300 Essen 1

1981

ISSN 0720-8499

# Nr. 13

Desodorierung  
der Abluft aus Tierkörper-  
beseitigungsanlagen

LIS - B E R I C H T Nr. 13

Herausgeber:  
Landesanstalt für Immissionsschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen  
Wallneyer Str. 6  
D-4300 Essen 1

1981

ISSN 0720-8499

Abscheidegrade von biologisch- und chemisch-aktiven  
Aggregaten zur Desodorierung osmogener Abluft von  
Tierkörperbeseitigungsanlagen

[Linnth] [Lind] [Lwald]  
G. Bröker, H. Gliwa und E. Meurisch

# ABSCHIEDEGRADE VON BIOLOGISCH- UND CHEMISCH-AKTIVEN AGGREGATEN ZUR DESODORIERUNG OSMOGENER ABLUFT VON TIERKÖRPERBESEITIGUNGS- ANLAGEN

G. Bröker, H. Gliwa und E. Meurisch

## Z u s a m m e n f a s s u n g

Im Rahmen eines Arbeitsprogrammes wurde die Abscheideleistung für osmogene Komponenten von vier Desodorierungs-Aggregaten gemessen. Alle Aggregate waren zur Abluftdesodorierung an Tierkörperbeseitigungsanlagen eingesetzt.

Da eine analytische Bestimmung der osmogenen Komponenten in ihrer Gesamtheit nicht möglich ist, wurden die Abscheidegrade im wesentlichen olfaktometrisch bestimmt.

Das Probandenkollektiv wurde hinsichtlich des Riechvermögens in der LIS getestet. Eine vergleichende Gegenüberstellung der ermittelten Abscheidegrade für osmogene Abluft der vier untersuchten Aggregate ist Tabelle 5.-1 zu entnehmen.

Die Werte der vorangestellten Auflistung machen deutlich, daß ein Vergleich der Abscheideanlagen über den Abscheidegrad alleine nur eingeschränkt möglich ist. Es ist z.B. nicht zu erwarten, daß ein anderes einstufiges System als die Kläranlage in der Anlage Bentrup mit dem gleichen Desodorierungserfolg eingesetzt werden könnte.

Außerdem müssen bei der Auswahl eines Abscheiders die Verfügbarkeit, die Abluftmenge, der Wartungsaufwand und die Entsorgungsmöglichkeiten von Rückständen berücksichtigt werden.

## S u m m a r y

The collection efficiency of four deodorizers for the removal of odorous substances was measured. All units were used for deodorizing waste air from animal cadaver disposal plants.

Since an analytical determination of all odorous substances is not feasible the collection efficiency was determined by olfactometry.

The Landesanstalt für Immissionsschutz (State Agency for Air Quality Control of the State of Northrhine-Westphalia) tested the odor smelling capacity of the test panel prior to the investigation. The collection efficiencies for odorous substances determined for the four units are compared in table 5.

The values listed in the table indicate that a comparison of the four units solely on the basis of the deodorizing efficiency is feasible in a limited way only. For example it is not to be expected that a single-stage system other than the purification plant in Bentrup can achieve the same success regarding deodorization.

Furthermore, for the selection of a collection system, its availability, the amount of waste air, the maintenance requirements and the disposal of the residual matter must be taken into consideration.

## 1. Einleitung

Nach verschiedenen Verordnungen, der ersten reichsgesetzlichen Regelung zur Tierkörperbeseitigung von 1911 und nach dem Tierkörperbeseitigungsgesetz von 1939, das die Schaffung einheitlichen Rechts, die Verpflichtung zur unschädlichen Beseitigung der Tierkörper in technisch gut eingerichteten über das gesamte Reichsgebiet verteilten Tierkörperbeseitigungsanlagen (TBA) und die Bestellung von öffentlichen Körperschaften zu Trägern der Tierkörperbeseitigung zum Ziele hatte, werden Tierkörper und Tierkörperteile in entsprechenden Anlagen unter vorgeschriebenen Bedingungen unschädlich unter Gewinnung von Tiermehl, Tierkörperfett und Knochenprodukten beseitigt.

Der zur Zeit in der Bundesrepublik gültige gesetzliche Rahmen zur Tierkörperbeseitigung wird durch das am 7. September 1976 in Kraft getretene Gesetz über die Beseitigung von Tierkörpern, Tierkörperteilen und tierischen Erzeugnissen gegeben.

Tierkörperbeseitigungsanlagen, die einerseits in Erfüllung ihrer Beseitigungspflicht einen notwendigen Beitrag zur Entsorgung leisten, belasten andererseits, bedingt durch das Rohmaterial und die angewandten Verfahrenstechniken, die Umwelt. Hier sind neben der Abwasserbelastung insbesondere die erheblichen Geruchsbelästigungen in der Umgebung solcher Anlagen zu nennen.

Ziel der hier dargestellten Untersuchung war es, die Abscheideleistung gebräuchlicher Abluftreinigungseinrichtungen an Tierkörperbeseitigungsanlagen hinsichtlich der osmogenen Komponenten zu untersuchen. Zur Bestimmung dieses Abscheidegrades wurde im Roh- und Reingas der olfaktometrisch bestimmte Verdünnungsgrad gemessen.

## 2. Verfahren zur Tierkörperbeseitigung

Unter Tierkörperbeseitigungsanstalten werden nach dem Tierkörperbeseitigungsgesetz vom 2.9.1979 Anlagen verstanden, die von einem nach diesem Gesetz Beseitigungspflichtigen oder Beauftragten betrieben und in denen Tierkörper, Tierkörperteile und Erzeugnisse gelagert, behandelt und verwertet werden.

In Tabelle 2.-1 ist die Zusammensetzung des Rohmaterials aufgeführt.

Zur Aufbereitung des Rohmaterials stehen zwei Verfahren zur Verfügung, die sich darin unterscheiden, daß im Gegensatz zum Naßverfahren beim Trockenverfahren die Austreibung des Wassers vor dem Entfettungsvorgang erfolgt. Innerhalb dieser Hauptgruppen gibt es eine Vielzahl von Verfahrensvarianten.

Von den im Bereich des Landes NRW arbeitenden 12 Tierkörperbeseitigungsanlagen mit einer mittleren Verarbeitungskapazität von 30 t/Tag wurden 10 Anlagen nach dem Trockenschmelzverfahren mit mechanischer oder Lösemittelentfettung betrieben.

Bei diesem Verfahren wird das in Spezialfahrzeugen angelieferte Rohmaterial in Rohwarenmulden entleert, kurzzeitig gelagert und mittels Förderschnecken, Schaufellader u. a. zum Teil vorzerkleinert in den Vorkocher gefüllt. In dem Vorkocher wird das Rohmaterial sterilisiert und aufgeschlossen. Das aufgeschlossene und sterilisierte Kochgut (Fleischbrei) wird über Sammelbehälter den Trockenapparaten zugeleitet. Die Trocknung des Materials geschieht durch Abdampfung des Körperwassers bei Unterdruck in Chargentrocknern oder kontinuierlich arbeitenden Trocknern.

Als Trockner dienen liegende, zylindrische Rührwerkbehälter mit indirekter Dampfbeheizung. Bei den Chargentrocknern, die periodisch befüllt und in Mulden entleert werden, dauert der Trocknungsvorgang 3 - 4 Stunden, während dem sog. Conti-Trockner das sterilisierte Kochgut kontinuierlich zugeführt wird und das Trockenschmelzgut in ständigem Fluß den Trockner verläßt.

Die Entfettung des Trockenschmelzgutes kann auf mechanischem Wege mittels Pressen oder durch Lösemittelextraktion mittels Leichtbenzin oder Perchloräthylen erfolgen. Bei dem mechanischen Verfahren werden vorwiegend Schneckenpressen eingesetzt. Hierbei wird mit Hilfe einer von einem Stabseiher umgebenen Förderschnecke Druck auf das aufgegebene, aufgeheizte Trockengut ausgeübt, das Fett wird abgepreßt und läuft durch den Seiher ab. Das entfettete Trockenschmelzgut wird zu Fleischmehl zerkleinert, in Mehlsilos gefüllt und als Tiermehl in den Handel gebracht. Das bei den Koch- und Trocknungsprozessen ausgetriebene Körperwasser wird kondensiert und als Brüdenkondensat in die Kanalisation eingeleitet oder einer betriebseigenen Kläranlage zugeführt.

Aus den verschiedenen Apparaten emittieren Stoffe in die Atmosphäre. Um die Nachbarschaft vor Belästigungen zu schützen, wurden Geruchsminderungsanlagen eingebaut. Hierbei werden die Produktionsräume sowie einzelne Aggregate abgesaugt und die geruchsstoffbeladene Abluft mittels Füllkörperwäscher, Biofilter oder Nachverbrennungsanlagen desodoriert. Von den an nordrhein-westfälischen Tierkörperbeseitigungsanlagen installierten Abluftdesodorierungsanlagen wurden folgende Verfahren auf ihre Wirksamkeit untersucht:

#### Füllkörperwäscher:

Kalksteinturm - TBA-Langendreer  
Kreuzstromwäscher - TBA-Oberhausen

#### Biofilter:

Müllkompostfilter - TBA-Oberhausen  
biologische Kläranlage - TBA-Bentrup

### 3. Messung geruchsintensiver Stoffe

#### 3.1. Art der osmogenen Komponenten

Von den diffusen und definierten Emissionsquellen der Tierkörperbeseitigungsanlagen werden eine Vielzahl verschiedener organischer Verbindungen emittiert. Eine vollständige Liste der einzelnen Substanzen liegt bisher nicht vor. Außerdem ist die Emission dieser Stoffe hinsichtlich Qualität und Quantität abhängig von Betriebsparametern wie Verarbeitungsverfahren, Betriebsführung, Betriebszustand und Einsatzmaterial. Als Beispiel für diese Problematik stehen die Untersuchungen zum Kaffeearoma. Mit großem Aufwand wurden hier über 700 Verbindungen in ihrer chemischen Struktur aufgeklärt. Bei diesen Untersuchungen kamen verfeinerte chemisch-physikalische Analysemethoden wie die Gaschromatographie, Dünnschichtchromatographie, Infrarot-, Kernresonanz- und Massenspektroskopie zum Einsatz. Daher ist nicht zu erwarten, daß in absehbarer Zeit eine systematisch aufgebaute Stoffliste für die Vielzahl der aus TBA emittierten Verbindungen vorliegt.

Bei einer Vielzahl von Stoffen liegt die Geruchsschwelle außerordentlich niedrig. Da die Nase intensive Geruchsstoffe häufig um Größenordnungen empfindlicher wahrnimmt als jeder analytische "Sensor", ist die qualitative und quantitative Erfassung der zur Geruchsempfindung beitragenden Verbindungen mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. So sind z.B. bei der Zersetzung tierischen und pflanzlichen Eiweißes gaschromatographisch mehrere hundert Riechstoffe in geringster Konzentration nachweisbar, aber nicht analysierbar.

Grundsätzlich ist zu sagen, daß aus dem aus Eiweiß und Fetten bestehenden zu verarbeitenden Material durch biologische Zersetzung vorwiegend Ammoniumbasen, wie Ammoniak und Amine, Schwefelverbindungen, wie Schwefelwasserstoff und Merkaptane, gesättigte und ungesättigte niedere Fettsäuren, Oxy- und mehrbasische Säuren, Aldehyde, Ketone und andere Kohlenwasserstoffe entstehen [1, 2].

### 3.2. Wirkung der luftverunreinigenden Stoffe auf den Menschen

Seit mehreren Jahrzehnten haben Physiologen versucht, die chemischen Ursachen der Geschmacksempfindung und der verschiedenen Geruchsqualitäten herauszufinden. Dennoch gibt es bisher keine allgemein anerkannte Theorie, die es dem Chemiker ermöglicht, den Geruch oder den Geschmack einer Substanz vorherzusagen. Es ist nicht möglich, den Bau eines Moleküls mit dem Geruch oder Geschmack zu korrelieren, wie z.B. die Wellenlänge des Lichtes mit seiner Farbe und die Frequenz eines Tones mit seiner Klanghöhe korrelierbar ist, obwohl es einige Theorien gibt, die z.B. einen Zusammenhang verschiedener Geruchsklassen mit der Molekülgeometrie und ggf. der Polarität und dem Moleküldurchmesser aufzeigen (Stereo-chemischer Ansatz von AMOOR 1962).

Weiterhin kann als sicher gelten, daß der Zusammenhang zwischen der Geruchsempfindung - der physiologischen Reaktion auf die Konzentration eines Geruchsstoffes - und der Konzentration eines Geruchsstoffes nicht linear ist.

Hier wird von vielen Autoren die von FECHNER [3] mathematisch formulierte WEBER'SCHE Regel angegeben:

$$E = a \cdot \lg (c/c_0)$$

mit

E: Intensität der Geruchsempfindung

a: Konstante

c: Konzentration des Geruchsstoffes

c<sub>0</sub>: Konzentration des Geruchsstoffes  
bei Erreichen der Geruchsschwelle

WEBER hat formuliert, daß das Unterschiedsempfinden bei Vergleichen verschiedener Größen oder Intensitäten dann gleich bleibt, wenn das Verhältnis der beiden Vergleichsreize konstant gehalten wird. Bei Gültigkeit dieser Gesetzmäßigkeit, die sich in analoger Form in weiten Bereichen von Optik und Akustik bewährt hat, stellt sich der Zusammenhang im einfach logarithmischen Netz als Gerade dar.

Aufgrund seiner Auswertung von Meßergebnissen hat STEWENS [4] die allgemeine Formulierung mit einer Potenzfunktion vorgeschlagen:

$$E = b (c - c_0)^n$$

für  $c \geq c_0$

b, n: Konstanten

Um diese Gesetze zu quantitativen Aussagen heranziehen zu können, ist die Kenntnis der probanden- und substanzabhängigen Parameter erforderlich. Nur für relativ wenige reine Gase wurden in verschiedenen Labors unter nicht notwendig vergleichbaren Bedingungen  $E = f(c)$ -Kurven aufgenommen [5, 6, 7]. Die Steigung der im einfach- bzw. doppeltlogarithmischen Netz aufgetragenen Kurven wird bestimmt durch die Parameter a bzw. n. Zur Abschätzung von Belästigungsreaktionen kann davon ausgegangen werden, daß bei gleicher Geruchsschwelle der Stoff mit der steileren Potenzfunktion, d.h. mit dem größeren Zahlenwert für a bzw. n, häufiger zu Beschwerden aus der Bevölkerung führt als der mit einer flacher verlaufenden Kurve.

Für Abluft aus Tierkörperbeseitigungsanstalten, die eine Vielzahl osmogener Komponenten enthält, liegen derartige Kurven nicht vor, zumal die Geruchsstoffemissionen von einer Reihe betriebstechnischer und meteorologischer Parameter abhängig sind.

Von mehreren Wissenschaftlern [8, 9] wurde auch der Frage nachgegangen, wie sich die Geruchsintensität ändert, wenn einem Geruchsstoff weitere hinzugemischt werden. Die meisten Autoren sind sich dahingehend einig, daß ein überadditives Zusammenwirken von Einzelsubstanzen - die Geruchsintensität des Gemisches ist größer als die Summe der Einzelintensitäten - selten ist und daß im allgemeinen die Geruchsintensität eines Gemisches schwächer ist als die Summe der Einzelintensitäten.

Eine Beurteilung der Emission osmogener Stoffe wird außerdem durch die individuell unterschiedliche Riechleistung des

Menschen erschwert. Die Riechleistung ist u.a. abhängig von:

- dem anatomischen Bau und der Funktionsfähigkeit des Riechepithels
- dem anatomischen Bau der Nasengänge
- dem Alter
- dem Grad der Ermüdung
- eventuellen Vorschädigungen

Nach HETTICHE [10] sinkt die Riechleistung etwa bis zum 50. Lebensjahr und steigt dann wieder an.

Die individuellen Geruchsschwellenwerte überdecken bei einer größeren Population einen Bereich von  $1 : 10^4$  [11], so daß der für einen Geruchsstoff angegebene Geruchsschwellenwert als der 50 %-Wert für ein hinreichend großes Riechkollektiv definiert wird.

### 3.3. Messungen mit einem Olfaktometer

Da die luftverunreinigenden Komponenten einer systematischen Analyse bei vertretbarem Aufwand nicht zugänglich sind, wurde in der Vergangenheit zu einem Hilfsmittel gegriffen, in dem zur Charakterisierung der Luftbelastung die Summe des organisch gebundenen Kohlenstoffs, kurz Gesamt-C, gemessen wurde [12]. Über den chemischen Aufbau der organischen Kohlenstoffverbindungen, seien sie nun stark geruchsbelästigend oder auch nicht, wird so nichts ausgesagt. Auch zusätzliche summarische Messungen, wie Gesamt-N oder Gesamt-S, lassen eine Korrelation zum Grad der Geruchsbelästigung nicht zu. Bisher gibt es hier keine andere umfassende Möglichkeit zur Bewertung der Geruchsintensität als die Benutzung der menschlichen Nase als Sensor. Ein Olfaktometer dient als Hilfsmittel dazu, einem der menschlichen Nase zugeführten Inertgasstrom sukzessive solange die mit Geruchsstoffen beladene Probeluft zuzuführen, bis die Schwelle erreicht ist, bei der ein Proband gerade einen Geruchseindruck

wahrnimmt. Als Meßwert wird nun ein Verdünnungsgrad oder ein theoretischer Wert in Geruchseinheiten angegeben.

Zwischen diesen Größen besteht formal der Zusammenhang

$$GE = 1 + VG$$

mit

$$VG = \frac{V_i}{V_p}; \quad GE = \frac{1}{V_p} (V_p + V_i) \quad \text{und} \quad GE = \frac{c_p}{c_o}$$

Hier bedeuten:

VG: Verdünnungsgrad

GE: Geruchseinheiten

$V_p$ : Volumenanteil der geruchsbeladenen Abluft

$V_i$ : Volumenanteil des Inertgases

$c_p$ : Konzentration der Geruchsstoffe im Probengas

$c_o$ : Konzentration der Geruchsstoffe an der Geruchsschwelle

Mit diesen Meßanordnungen wird die Intensität der Geruchsempfindung gemessen. Hinsichtlich des zweiten Aspektes der Geruchsempfindung, der Qualität, wird keine Aussage gemacht. Die Qualität des Geruchs ist nicht objektivierbar, da es nach MONCRIEFF eindeutig ein Resultat individueller emotionaler Reaktion ist, ob ein Geruch als angenehm oder unangenehm empfunden wird.

Ursprünglich wurden Olfaktometer dazu verwendet, die Empfindlichkeit des Geruchssinnes zu prüfen. Hierzu wurden Gemische mit bekannter Geruchsstoffkonzentration vorgegeben.

Bei Umkehrung der Fragestellung werden ausgehend von einer Probe mit unbekannter Geruchsstoffkonzentration verschiedene Mischungen mit Inertgas durch ausgesuchte Personen bewertet, deren Empfindlichkeit des Geruchssinnes durch Messungen mit definierten Geruchsstoffmischungen bestimmt wurde.

Entsprechend der jeweiligen Aufgabenstellung wurden verschiedene Ausführungen von Olfaktometern vorgeschlagen [13, 14].

Besondere Aufmerksamkeit bei der Messung mit Olfaktometern ist vor allem:

- der Auswahl des Meßteams
- der Abschirmung des Meßortes gegen Einflüsse aus der Umgebung
- der Probenahmetechnik

zu widmen.

#### 4. Messungen der Abscheidegrade an zwei biologisch- und zwei chemisch-aktiven Anlagen zur Geruchs-beseitigung

##### 4.1. Bestimmung des Abscheidegrades für osmogene Komponenten an einer biologischen Kläranlage

Verallgemeinert laufen bei allen biologischen Abgasreinigungsverfahren ähnliche Vorgänge ab. Die Osmogene werden sorbiert und anschließend durch Mikroorganismen, die nur in flüssiger Phase existieren, resorbiert und assimiliert.

Der Abscheidegrad für osmogene Komponenten wurde durch olfaktometrische Messungen der Geruchseinheiten im Roh- und Reingas der zu untersuchenden Desodorierungseinrichtungen bestimmt.

Zur Berechnung des Abscheidegrades wurde folgende einfache Beziehung verwendet:

$$a = 1 - \frac{c_{\text{rein}}}{c_{\text{roh}}}$$

$a$  : Abscheidegrad

$c_{\text{rein}}$  : Konzentration der jeweils betrachteten Komponente im Reingas

$c_{\text{roh}}$  : Konzentration im Rohgas

Da, wie bereits unter Punkt 3.3 ausgeführt wurde, bei der Vielzahl der auftretenden osmogenen Komponenten eine auf einzelne Komponenten abgestellte Betrachtungsweise wenig Erfolg verspricht, wurde über die Wirkung der Summe aller osmogenen Komponenten als Maß für eine fiktive Konzentration der olfaktometrisch bestimmte Wert in Geruchseinheiten eingesetzt.

#### 4.1.1. Anlagenbeschreibung

Die TBA Bentrup entsorgt bei einer Kapazität von 50 t/d ein vorwiegend landwirtschaftlich genutztes Gebiet. Lieferanten des Rohmaterials sind Großbetriebe, bäuerliche Betriebe und Schlächter. Neben Knochen, Tierkörpern, Tierkörperteilen, Innereien, Konfiskaten wird auch Blut verarbeitet.

Das Rohgut wird nach möglichst kurzfristiger Lagerung in der Rohwarenmulde über einen Schneckenbrecher chargenweise in einen Vorkocher gefüllt. Nach der Sterilisation gelangt das jetzt pasteuse Gut zur Trocknung in mehrere Chargentrockner bzw. einen Conti-Trockner und von dort zur Fettpresse. Das anfallende Fett wird in Tanks aufbewahrt, während das Tiermehl sofort in Säcke verfüllt wird.

Alle oben angedeuteten Verfahrensschritte führen mehr oder weniger zu Geruchsemissionen, deren Ausmaß letztlich durch die Frische des Rohgutes und den verarbeiteten Blutanteil bestimmt wird. Außerdem können Betriebsstörungen zu erheblichen Mehremissionen führen. In Abb. 4.1.-1 sind die wesentlichen Anlagenteile und Materialströme schematisch dargestellt.

Als Reinigungsaggregate für die anfallende Abluft wird eine betriebseigene biologische Kläranlage eingesetzt, die mit  $16 \text{ m}^3/\text{min}$  mittels eines Kompressors und zusätzlich mit 8 bis  $9 \text{ m}^3/\text{min}$  bei zwei eingeschalteten Kompressoren belüftet wird.

#### 4.1.2. Meßablauf

Der Betriebsablauf während der Messungen konnte mit hoher Auflösung einzelner Verfahrensschritte mittels der kontinuierlich registrierenden Anzeige eines Flammenionisationsdetektors kontrolliert werden. Außerdem wurden zur Festlegung des Betriebsablaufes folgende Meßgrößen erfaßt:

- Temperatur des Kühlwassers für die Brüden-Kondensation
- pH-Wert des Belebbeckens der Kläranlage
- Betriebszustände der Trockner bzw. des Vorkochers

Die Meßstellen lagen für die Entnahme der Rohgasteilströme in einer Sammelleitung direkt vor Eintritt in die Kläranlage. Zur Messung des olfaktometrisch bestimmten Verdünnungsgrades mußte das Rohgas direkt an der Probenahmestelle vorverdünnt werden. Reingasseitig diente ein Floß mit aufgesetztem Meßzelt der Erfassung der austretenden Kläranlagenluft (siehe Abb. 4.1.-2).

Die Null-Proben zur Feststellung des Grundgeruchswertes der Meßeinrichtung vor jeder Messung ergaben Werte unterhalb 10 GE. Insgesamt wurde das Floß viermal umgesetzt. Die Meßpositionen lagen dabei direkt über den Belüftungsdüsen, wo auch der höchste Gasaustausch zu vermuten war. Reingasseitig führten schon geringe Windstärken zur Strömungsumkehr in dem Kamin des Meßzeltes. Vorversuche zeigten bei Windeinbrüchen eine Verdünnung der verschiedenen Stoffkonzentrationen von ca. 50 %. Mittels eines Schiebers wurde der Austrittquerschnitt des Meßzeltes so verengt, daß die Strömungsrichtung sich auch bei stärkerer Windeinwirkung nicht umkehren konnte.

Bei Meßbeginn wurden jeweils die Absaugpumpen für die Teilströme zur Gesamtkohlenstoffbestimmung mittels Flammenionisationsdetektor, zur Gesamt-Kohlenstoff-Bestimmung mittels Silikagelmethode nach VDI 3481, Bl. 2, bzw. zur Gesamt-Stickstoff- und Merkaptan- oder Schwefelwasserstoffbestimmung eingeschaltet. Während der Messung mit den oben angeführten kontinuierlichen oder integrierenden Verfahren wurden diskrete Geruchsproben entnommen.

#### 4.1.3. Beschreibung der Meßverfahren und Darstellung der Meßergebnisse

##### 4.1.3.1. Bestimmung der Summe der organischen Stickstoffverbindungen sowie der Merkaptane in der Abluft

Zur Bestimmung der organischen Stickstoffverbindungen wurde ein Meßgasstrom von etwa 90 l/h entnommen und durch zwei Frittenwaschflaschen (Fritte G2) geleitet, die mit je 50 ml 0,1 n  $H_2SO_4$  als Absorptionslösung gefüllt waren. Bei einer Probenahmezeit von 60 min im Rein- und Rohgas wurden insgesamt 6 Parallelproben gezogen. Bis auf eine Ausnahme umfaßte die Integrationszeit der Messung jeweils einen gesamten Betriebszyklus mit je einem Füllen und Entspannen des Vorkochers. Im Mittel ergab sich eine Konzentration von  $3,3 \text{ mg/m}^3$ <sup>(\*)</sup> an organischen Stickstoffverbindungen im Reingas. Die Rohgaswerte liegen signifikant höher. Die starke Streuung der Meßwerte kann nicht aus dem Betriebsablauf gedeutet werden, so daß auch ein Meßfehler bei der chemischen Analyse oder dem Probenahmeverfahren nicht auszuschließen ist.

Die Merkaptankonzentration wurde in drei Rohgas- und zwei Reingasproben ermittelt. Aufgrund der meßtechnisch notwendigen unterschiedlichen Absaugzeiten handelt es sich nicht um direkte Parallelproben. Die Roh- und Reingaskonzentration unterscheiden sich nicht wesentlich voneinander, sie liegt im Reingas

---

(\*) Anmerkung: Die in den folgenden Ausführungen genannten Konzentrationsangaben für Rein- oder Rohgas beziehen sich auf "Gas im Normzustand"

bei  $3 \text{ mg/m}^3$ . Die Ergebnisse der Messungen sind in den Tabellen 4.1.-1 und 4.1.-2 dargestellt.

#### 4.1.3.2. Bestimmung des Schwefelwasserstoffgehaltes

Wegen der geruchlichen Relevanz von Schwefelwasserstoff und weil in Ziff. 2.4.3 der TA-Luft die IW 1- und IW 2-Werte mit

IW 1 -  $5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$

IW 2 -  $10 \text{ } \mu\text{g/m}^3$

festgelegt sind, erschien die Erfassung dieser Komponente geboten.

Für die Bestimmung des  $\text{H}_2\text{S}$ -Gehaltes kam das Molybdän-Verfahren zur Anwendung (Blaufärbung einer schwefelsauren Ammoniakmolybdat-Lösung).

Die Ergebnisse sind in Tabelle 4.1.-3 dargestellt.

Der höchste Rohgaswert überschreitet bei einer Probenahmezeit von 10 min den IW 2-Wert um das  $10^4$ fache. Im Reingas wurden bei Probenahmezeiten von 55 min und 30 min weitaus geringere Werte gefunden. Der mittlere Abscheidegrad kann mit mindestens 98 % abgeschätzt werden.

#### 4.1.3.3. Bestimmung der Gesamt-Kohlenstoffkonzentration

Die Bestimmung der gesamten, verbrennbaren organischen Substanzen, als Gesamt-Kohlenstoff, erfolgte durch Adsorption an präpariertem Silikagel [12].

Die Gesamt-Kohlenstoffbestimmung wurde durchgeführt, um Vergleichsmöglichkeiten mit vorangegangenen Messungen zu erhalten. Es war nicht Ziel der Untersuchungen, einen Zusammenhang zwischen der Gesamt-Kohlenstoffkonzentration und der olfaktorisch ermittelten Geruchskonzentration herzustellen.

Die Meßergebnisse sind in Tabelle 4.1.-4 dargestellt. Im Mittel ergibt sich ein Abscheidegrad von 97 % bei  $s = 1,5$  %. Die Parallelproben im Rein- und Rohgas wurden in einer Probenahmezeit von durchschnittlich 60 min gewonnen.

#### 4.1.3.4. Olfaktometrische Messungen

Die Messungen wurden mit einem Olfaktometer Typ TO 4 [13] unter Beteiligung eines Riechkollektives von vier in der LIS speziell getesteten Probanden [7] durchgeführt. Die Messungen fanden in zwei getrennt aufgestellten und belüfteten Meßhütten von etwa  $6 \text{ m}^3$  Rauminhalt statt, die durch Aktivkohle gereinigte Frischluft (je  $60 \text{ m}^3/\text{h}$ ) belüftet wurden. Zur Kontrolle des Betriebsablaufes waren rein- und rohgasseitig Flammenionisationsdetektoren installiert. Bei Berücksichtigung der Zeitverschiebung korrelieren die Rein- und Rohgaswerte gut.

In Abb. 4.1.-3 sind Momentanwerte der olfaktometrisch bestimmten Geruchskonzentration und die Gesamt-Kohlenstoffkonzentration, gemessen mit dem FID, als Polygonzug aufgetragen. Auch hier ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen Olfaktometer-Wert und der Kohlenstoff-Reingaskonzentration erkennbar.

Eigentliches Ziel der Untersuchungen war die Ermittlung des olfaktometrisch bestimmten Abscheidegrades der Kläranlage. Trotz einer Rohgasbelastung von zeitweise mehr als 500 000 GE lag der ermittelte Abscheidegrad bis auf eine Ausnahme bei 99 %. Die Werte ergaben sich an unterschiedlichen Meßpositionen und bei verschiedenen Betriebszuständen. In Tabelle 4.1.-5 sind die Ergebnisse zusammengefaßt dargestellt.

### 4.2. Bestimmung des Abscheidegrades für osmogene Komponenten an einem Müllkompostfilter

#### 4.2.1. Anlagenbeschreibung

Die Tierkörperbeseitigungsanlage Oberhausen hat etwa die gleiche Größe wie die Bentruper Anlage. Im Gegensatz zu jener ist die Auslastung der Oberhausener Anlage gering. Ankommendes Rohmaterial wird üblicherweise sofort verarbeitet. Ganze Tierkörper

werden kaum und separiertes Blut wird nicht verarbeitet. Aufgrund der relativ geringen Auslastung kommt es bei Betriebsstörungen normalerweise auch nicht zu erheblich höheren Geruchsstoffemissionen gegenüber dem Normalbetrieb. In Abb. 4.2.-1 ist der prinzipielle Verfahrensablauf dargestellt. Alle Betriebs- teile, in denen das Rohmaterial oder das sterilisierte Material bei der Verarbeitung oder beim Transport mit der Umgebungsluft im freien Austausch stehen, tragen zur Geruchsstoffemission bei. Erfahrungsgemäß gliedert sich der Betriebsablauf in die besonders emissionsrelevanten Beschickungs- und Entleerungsvorgänge am Vorkocher sowie die weniger emissionsintensiven Phasen der Sterilisation und des Druckaufbaues.

Bei der Anlage Oberhausen ergibt sich die zu desodorierende Abluft durch eine einfache Raumabsaugung sowie durch die am Brüdenkondensator abgesaugten, nicht kondensierbaren Gase und Dämpfe. Insgesamt fallen ca.  $10000 \text{ m}^3/\text{h}$  osmogene Abluft an, die in ein Erdfilter mit einer Fläche von ca.  $400 \text{ m}^2$  eingeleitet werden.

#### 4.2.2. Meßablauf

Es bestanden roh- und reingasseitig je eine Meßstelle. Die Rohgasmeßstelle wurde direkt vor Eintritt der Abluft in das Erdfilter stationär angelegt. Die Reingasmeßstelle war mobil. Insgesamt wurden reingasseitig 10 Meßpositionen erfaßt. Als Probenahmesonde diente die modifizierte Meßeinrichtung, die bereits in Abb. 4.1.-2 dargestellt ist. Da niedrige Außentemperaturen zu störender Kondensation in der Zeltsonde geführt hätten, wurde die Zeltwand doppelt ausgelegt und der Zwischenraum mit Warmluft belüftet. Aus dem Meßzelt wurden die Meßgasströme für die Gesamt-C-Messung und die Olfaktometermessung entnommen und durch eine beheizte Teflonleitung zu den Meßzelten geleitet, in denen auch die Riechteams untergebracht waren. Die Lage der Meßstellen ist Abb. 4.2.-2 zu entnehmen. Gleichzeitig sind die verschiedenen Luftbelastungen als Mittelwert in 8 Teilflächen eingezeichnet. Die Werte schwanken zwischen 18 und  $32 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ .

Die Luftbelastung der Gesamtfilterfläche wurde mit 160 Einzelmessungen des Volumenstromes festgestellt. Es ergaben sich er-

hebliche ortsabhängige Unterschiede der Luftbelastung.

Ein Meßzyklus, d.h. die Zeit zwischen Füllen, Sterilisieren und Entleeren des Vorkochers, dauerte etwa zwei Stunden. Jede Meßposition wurde während eines ganzen Zyklus belegt. Die genaue Festlegung der Meßzeitpunkte in Abhängigkeit vom Betriebszustand war durch die kontinuierlich registrierende Überwachung des Reingas- und Rohgasstromes mit je einen Flammenionisationsdetektor möglich.

#### 4.2.3. Beschreibung der Meßverfahren und Meßergebnisse

Aufgrund der an der TBA-Bentrop gewonnenen Erkenntnisse und wegen der bei Voruntersuchungen festgestellten relativ geringen Rohgas-Belastung wurde die Messung auf die Ermittlung der Gesamt-C-Konzentration sowie der olfaktometrisch bestimmten Geruchseinheiten begrenzt.

##### 4.2.3.1. Bestimmung der Gesamt-Kohlenstoffkonzentration

Außer durch die zwei FID's wurden die gesamten brennbaren organischen Substanzen durch Adsorption an präpariertem Silikagel - Methode nach VDI 3481, Bl. 2 - mit einer Probenahmezeit von durchschnittlich zwei Stunden ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4.2.-1 dargestellt. Ohne Berücksichtigung des Wertepaares an der Meßstelle 7 ergibt sich daraus ein durchschnittlicher Abscheidegrad von 91 %.

##### 4.2.3.2. Olfaktometrische Messung

Zur Anwendung kamen sechs Olfaktometer vom Typ TO 4 nach DR. MANNEBECK bei Einsatz eines in der LIS getesteten Riechkollektives von sechs Personen; sowohl für die Reingasproben wie auch für die Rohgasproben standen jeweils ein belüftetes Meßzelt zur Verfügung.

Die Messungen wurden auf der Rein- und Rohgasseite gleichzeitig durchgeführt. In Tabelle 4.2.-2 sind die durchschnittlichen Abscheidegrade für die 10 Meßpositionen aufgelistet. Diese Durchschnittswerte wurden aus einer jeweils unterschied-

lichen Anzahl von Wertepaaren gewonnen. Auffällig ist die Abhängigkeit der Abscheidegrade von dem Luftdurchsatz. Da eine Reihe betriebstechnischer, meßtechnischer und filtertechnischer Einflüsse wirksam sind, ist der angegebene Kurvenverlauf nur qualitativ zu werten. Bei dem gemessenen Filter lag zum Meßzeitpunkt die günstigste spezifische Luftbelastung im Bereich zwischen 12 und 26 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h. Interessant ist, daß die zur Mittelwertbildung herangezogenen Einzelwerte statistisch unterschiedlich schwanken. Bei den hohen Abscheidegraden ist die Standardabweichung der Werte signifikant geringer als bei den niedrigen Abscheidegraden, die bei hohen Luftbelastungen auftreten.

#### 4.3. Bestimmung des Abscheidegrades für osmogene Komponenten eines Kreuzstromwäschers

Die Messung wurde an der gleichen Anlage durchgeführt, an der auch schon der Desodorierungsgrad eines Kompostfilters bestimmt wurde (siehe Abb. 4.2.-1).

##### 4.3.1. Anlagenbeschreibung

Der ersatzweise für das Kompostfilter eingebaute Kreuzstromwäscher soll die Betriebsabluft aus dem Vorkochereinlauf sowie aus den Verarbeitungsräumen der Reinseite, außerdem die nicht kondensierbaren Gase und Dämpfe aus der Brüdenkondensation desodorieren. Der prinzipielle Aufbau des Wäschers wird in Abb. 4.3.-1 dargestellt.

Das geruchsinerte Rohgas tritt mit einer Geschwindigkeit von ca. 10 m/s horizontal in den Kreuzstromwäscher ein. Nachdem die Geschwindigkeit im Diffusor auf 2 m/s vermindert wird, passiert das Rohgas im Gleichstrom eine vierreihige Sprühbank mit je drei Vollkegelsprühdüsen. Diese 12 Sprühdüsen, die 200 l/min Schwefelsäure (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) verteilen, sind so angeordnet, daß der Tragrost gleichmäßig besprüht und eine mögliche Absonderung von Fetteilchen und anderen festen Stoffen am Tragrost verhindert wird. Anschließend durchströmt das vorgeereinigte Gas nun das erste Füllkörperbett. Hier werden von oben, über Vollkegeldüsen, 460 l/min Schwefelsäure aufgegeben. Die Berieselungsstärke ändert sich mit der Länge des Füllkörperbettes.

Um Absonderungen im ersten Teil des Füllkörperbettes vorzubeugen, werden bereits im ersten Drittel ca. 300 l/min  $H_2SO_4$  aufgegeben. Die Menge von 160 l/min  $H_2SO_4$  wird gleichmäßig über den restlichen Teil des Füllkörperbettes verteilt. Die Abscheidung der Flüssigkeitstropfen aus dem Gas erfolgt in einer dem Füllkörperbett nachgeschalteten Tropfenabscheidungsschicht.

Das vorbehandelte Gas durchströmt nach Passieren des Tropfenabscheiders horizontal das zweite Füllkörperbett. Hier werden von oben 460 l/min Natronlauge und zur Oxidation der Geruchsstoffe Natriumhypochlorit zugegeben. Dieser basisch-oxidativen Stufe ist ebenfalls eine Tropfenabscheidungsschicht nachgeschaltet.

Die gereinigte Abluft wird mittels eines Gebläses in einen etwa 10 m hohen Kunststoffkamin eingeleitet. Die Chemikalienkreisläufe werden vollautomatisch überwacht und geregelt.

#### 4.3.2. Meßablauf

Die Messungen sollten Informationen über die Emission der Komponenten Gesamt-Kohlenstoffverbindungen, Schwefelwasserstoff, die Summe der organischen Stickstoffverbindungen und Geruch erbringen. Zur Betriebsüberwachung wurden roh- und reingasseitig wieder Flammenionisationsdetektoren eingesetzt, deren Anzeige auch für die Eingrenzung des Meßzeitraumes benötigt wurde. Jeder Meßzyklus umfaßt den kompletten Betriebsablauf zwischen Füllen und Entspannen des Vorkochers.

Während des Meßzeitraumes wurden in der Anlage Tierkörper, Tierkörperparteile sowie Knochen und Konfiskate verarbeitet. Der Kreuzstromwäscher war zum Zeitpunkt der Messung ca. 3 Monate in Betrieb und wurde während der Messungen von dem Kundendienst der Herstellerfirma überprüft und neu eingestellt. Die fest installierten Probenahmestellen waren im Rohgas unmittelbar vor dem Kreuzstromwäscher und reingasseitig hinter dem Gebläse vor Eintritt in den Kamin angebracht. An der Kaminmündung befand sich die Meßstelle zur Bestimmung der Abgasmenge. Zur Feststellung der Geruchseinheiten wurde das abgesaugte Roh-

und Reingas in eine außerhalb des Gebäudes errichtete Meßhütte geleitet. Diese Meßhütte wiederum wurde über ein Aktivkohlefilter belüftet. Die Geruchsstoffkonzentrationen wurden von einem Riecherkollektiv aus vier getesteten Probanden mit jeweils zwei Olfaktometern im Roh- und Reingas festgestellt.

#### 4.3.3. Meßergebnisse

##### 4.3.3.1. Meßergebnisse der Gesamt-C-Messung

An drei Meßtagen wurden 9 Gesamt-C-Messungen durchgeführt. Die Absaugzeiten des Teilstromes lagen zwischen 40 bis 135 min bei paralleler Absaugung im Rein- und im Rohgas. Der ermittelte durchschnittliche Abscheidegrad für jeweils einen Meßtag schwankt zwischen 33 % und 74 % bei großer Streuung der Einzelwerte.

##### 4.3.3.2. Meßergebnisse der Schwefelwasserstoff-Messung

An jedem der drei Meßtage wurde jeweils eine Messung der Schwefelwasserstoffkonzentration durchgeführt. Der ermittelte Abscheidegrad des Wäschers lag bei 97 % bzw. darüber. Während der Absaugzeiten von mindestens 145 min erreichte die Schwefelwasserstoffkonzentration im Rohgas Werte von höchstens  $0,4 \text{ mg/m}^3$ , der Reingasgehalt konnte entweder nicht nachgewiesen werden oder lag unterhalb  $0,08 \text{ mg/m}^3$ .

##### 4.3.3.3. Meßergebnisse der Gesamt-N-Messung

Für diese Komponente konnte lediglich eine Messung durchgeführt werden. Dabei ergab sich eine Rohgaskonzentration von etwa  $1000 \text{ mg}$  organische Stickstoffverbindungen pro  $\text{m}^3$ . Im Reingas wurden dagegen  $132 \text{ mg N/m}^3$  gefunden.

##### 4.3.3.4. Meßergebnisse der olfaktometrischen Messung

Olfaktometrische Messungen erfolgten bei sämtlichen Betriebszuständen an allen 4 Meßtagen mit unterschiedlicher Häufigkeit. In Tabelle 4.3.-3 sind die Tagesmittelwerte der olfaktometrisch ermittelten Abscheidegrade aufgelistet. Gleichzeitig

sind jeweils die Standardabweichung sowie der größte und der kleinste Wert des Abscheidegrades angegeben. Während der Meßzeit schwankte die Rohgasbelastung zwischen 3100 GE und 432 GE bei einem Mittelwert von 1400 GE. Das jeweils parallel gemessene Reingas zeigte Werte zwischen 470 GE und 70 GE bei einem Mittelwert über alle Meßtage von 250 GE.

Eine Abhängigkeit des Abscheidegrades von der Rohgasbelastung konnte nur bedingt festgestellt werden.

#### 4.4. Bestimmung des Abscheidegrades für osmogene Komponenten bei Einsatz von Kalkstein-Sprüh-Wäschern

##### 4.4.1. Anlagenbeschreibung

Die Tierkörperbeseitigungsanstalt Bochum-Langendreer verarbeitet Tierkörper, Tierkörperteile und Blut zu technischen Fetten und Tiermehl. Es werden täglich 35 bis 40 Tonnen Rohmaterial sowie ca. 8000 l Blut nach dem Trockenschmelzverfahren mit anschließender Benzinextraktion verarbeitet (siehe Abb. 4.4.-1).

Das Rohmaterial wird mit firmeneigenen Spezialwagen angeliefert und auf dem Boden der mit einer Luftschleuse versehenen Anlieferungshalle gelagert, anschließend im Vorkocher sterilisiert und für die Weiterverarbeitung aufgeschlossen. Nach der Trocknung gelangt das Gut zur Weiterverarbeitung in die Fettextraktion.

Hier erfolgt im Gegenstrom kontinuierlich ein mehrstufiges Auswaschen des Fettes mit Benzin bei einer Temperatur von 50 - 60°C. Die Durchlaufzeit beträgt ca. 25 Minuten. Das ausgetragene benzinhaltige, fettfreie Gut wird über eine Förderschnecke in den indirekt beheizten Austreiber geführt, wo das restliche Benzin von dem Trockengut getrennt wird. Das entfernte Gut wird der Mahlanlage zugeleitet. Der abgezogene Benzindampf wird an einem Oberflächenkondensator niedergeschlagen und fließt als Benzin über Kühler und Wasserabscheider zum Benzinzwischentank.

Schlachthalle und Einfüllbereich des Vorkochers werden durch ein Gebläse mit einer Leistung von ca. 15 000 m<sup>3</sup>/h belüftet; die Abluft wird in zwei hintereinander angeordneten Kalktürmen desodoriert. Ein weiteres Gebläse (Leistung ca. 20 000 m<sup>3</sup>/h) saugt die Raumabluft des Trocknerraumes, die nichtkondensierbaren Brügendämpfe und die Lkw-Schleuse der Schlachthalle ab und drückt diese durch einen separaten Kalksteinturm. Die Schleusenabluft wird nur bei Einfahren eines Lkw's abgesaugt.

Die aus den Produktionsräumen abgesaugte Luft (ca. 20 000 m<sup>3</sup>/h) wird durch eine Chlordosierungsanlage mit etwa 280 g Chlorgas pro Stunde von unten in den mit Naturkalkstein gefüllten Waschturm gedrückt und im Gegenstrom mit Wasser gewaschen. Das Abwasser wird über eine Pumpe im Kreislauf geführt.

#### 4.4.2. Meßablauf

Während der Messungen wurden die Emissionen der Gesamt-Kohlenstoffverbindungen, von Schwefelwasserstoff und von Geruchsstoffen ermittelt.

Die Meßstelle zur Bestimmung der Abgasmenge der Schadstoffkonzentrationen und der Geruchseinheiten im Reingas befand sich unmittelbar am Abluftaustritt des Kalksteinturmes. Die Rohgasmeßstelle lag vor dem Eintritt der Abgase in den Kalksteinturm. Zur Feststellung der Geruchseinheiten wurde das abgesaugte Roh- und Reingas wie bei den vorher beschriebenen Messungen in eine über Aktivkohlefilter belüftete Meßhütte geleitet.

Die Meßzeitpunkte sowie der reproduzierbare Betriebszyklus zwischen Füllen und Entspannen des Vorkochers wurden durch FID-Aufzeichnungen ermittelt.

#### 4.4.3. Meßergebnisse

##### 4.4.3.1. Meßergebnisse der Gesamt-C-Messung

An zwei Meßtagen wurden fünf Rohgasmessungen und sechs Reingasmessungen durchgeführt. Die Rohgaswerte schwankten zwischen  $17 \text{ mg C/m}^3$  und  $80 \text{ mg C/m}^3$ , die Reingaswerte zwischen  $31 \text{ mg C/m}^3$  und  $82 \text{ mg C/m}^3$ . Der Abscheidegrad konnte nur in zwei Fällen bestimmt werden, da die anderen Messungen nicht parallel liefen. Es ergaben sich Werte von 30 % und 60 %.

##### 4.4.3.2. Meßergebnisse der Schwefelwasserstoffmessung

Bei der Bestimmung der Schwefelwasserstoffkonzentration ergaben sich im Rohgas Werte von maximal  $3,5 \text{ mg/m}^3$ . Der höchste Reingaswert lag bei  $2 \text{ mg/m}^3$ . Im einzelnen betrug die ermittelten Abscheidegrade an drei Meßtagen 77 %, 38 % und 80 %.

##### 4.4.3.3. Meßergebnisse der olfaktometrischen Messung

Die Meßzeitpunkte wurden über den gesamten Betriebszyklus verteilt, so daß die Messungen bei unterschiedlichen Betriebszuständen durchgeführt wurden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4.4.-1 aufgelistet.

Die Rohgaskonzentration schwankt zwischen 17000 GE und 1100 GE bei einem Mittelwert über alle Messungen von 5000 GE. Der höchste Wert für die Reingaskonzentration betrug 4400 GE, der niedrigste 440 GE bei einem Mittelwert von 1600 GE.

## Schrifttum

- [1] Strauch, D.:  
Organisation und Technik der Tierkörper-  
beseitigung und -verwertung  
In: Müll- und Abfallbeseitigung,  
Bd. 4, S. 13 - 21.  
Hrsg.: Kumpf, W., K. Maas und H. Straub,  
Berlin 1964.
- [2] VDI Richtlinie 2590:  
Auswurfbegrenzung. Anlagen zur Tierkörper-  
beseitigung (Entwurf, August 1979).
- [3] Fechner, G. T.:  
In Sachen Psychophysik.  
Leipzig 1877.
- [4] Stevens, S. S.:  
On the Psychological law.  
Physical Review, 64 (1957), S. 153 - 181.
- [5] Berglund, B., U. Berglund und G. Ekman:  
Individual psychophysical functions for  
28 odorants.  
Perception & Psychophysics, 9,3 B (1971),  
S. 379 - 384.
- [6] Cain, W. S.:  
Odor intensity: Differences in the exponent  
of the psychophysical function.  
Perception & Psychophysics, 6,6 A (1969),  
S. 349 - 354.
- [7] Thiele, V.:  
LIS-Olfaktometer - Eine Apparatur zur Bewer-  
tung von Gerüchen im Labor.  
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immis-  
sionsschutz des Landes NW, Heft 49, S. 77 - 86,  
Verlag W. Girardet, Essen 1979.

- [ 8] Zwaardemaker, H.:  
Die Physiologie des Geruches.  
Leipzig 1895.
- [ 9] Köster, E. P.:  
Intensity in mixtures of odorous substances.  
In: Olfaction and taste. Proceedings of the  
3rd Intern. Sympos.  
Pfaffmann, C. (ed), Illinois (1969), S. 142 - 149.
- [10] Hettche, H. O.:  
Die Gerüche, ihre Quellen und Wirkungen auf  
den Menschen  
In: Gerüche und ihre Beseitigung  
- Ein Beitrag zur Reinhaltung der Luft -  
VDI-Berichte, 124 (1968), S. 5 - 9.
- [11] Brown, K. S., C. M. Maclean und R. R. Robinette:  
The distribution of the sensitivity to  
chemical odors.  
Human Biology, 40 (1968), S. 456 - 472.
- [12] VDI Richtlinie 3481, Bl. 2:  
Bestimmung des durch Adsorption an Silikagel  
erfaßbaren organisch gebundenen Kohlenstoffs  
in Abgasen (Entwurf Januar 1976).
- [13] Mannebeck, H.:  
Tragbare Olfaktometer  
In: Geruchsprobleme bei Tierhaltung und  
Tierkörperbeseitigung  
VDI-Berichte, 226 (1975), S. 103 - 105.
- [14] Wolfermann, H. F.:  
Stationäre und mobile Olfaktometer  
In: Geruchsprobleme bei Tierhaltung und  
Tierkörperbeseitigung  
VDI-Berichte, 226 (1975), S. 107 - 109.

## T a b e l l e n - u n d B i l d a n h a n g

Tabelle 2.-1: Zusammensetzung des Einsatzmaterials einer TBA

Rohstoff	Wassergehalt [%]	Fett [%]	Trockensubstanz [%]
Tierkörper	ca. 65	10-12	23-25
Tierkörper Schlachtabfälle	70	8-10	20-22
Knochen	37	11	52
Blut	86	-	14
Abfall aus Darmschleimerei	92	-	8

Tabelle 4.1.-1: Meßwerte der Summe der organischen Stickstoffverbindungen im Rein- und Rohgas

Lfd.-Nr.	Gesamt-N [ $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{tr}}$ ]	
	Rohgas	Reingas
1	3,3	2,9
2	10,0	3,1
3	5,3	4,5
4	25,0	2,7
5	8,9	2,7
6	26,7	3,8

Tabelle 4.1.-2: Meßwerte der Merkaptankonzentration im Rein- und Rohgas

Rohgas		Reingas	
Meßzeit	Konzentration [mg/m <sup>3</sup> <sub>tr</sub> ]	Meßzeit	Konzentration [mg/m <sup>3</sup> <sub>tr</sub> ]
15.53 - 16.15	4,91	15.57 - 16.35	3,05
16.15 - 16.50	3,41	-	-
17.00 - 17.35	8,40	16.50 - 17.55	3,52

Tabelle 4.1.-3: Meßwerte der H<sub>2</sub>S-Konzentration im Rein- und Rohgas

Rohgas		Reingas	
Meßzeit	Konzentration [mg/m <sup>3</sup> <sub>tr</sub> ]	Meßzeit	Konzentration [mg/m <sup>3</sup> <sub>tr</sub> ]
14.20 - 14.35	26,35	14.20 - 15.15	0,87
14.50 - 15.00	101,58	15.25 - 15.55	n.n.
15.10 - 15.45	32,28		

n.n.: Unterhalb der Nachweisgrenze

Tabelle 4.1.-4: Meßwerte der Gesamt-C-Bestimmung nach VDI-3481, Bl. 2

Probenahmedauer [min]	Gesamt-C [ $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{tr}}$ ]	
	Rohgas	Reingas
50	336	-
45	307	6,2
45	181	-
80	1138	3,0
60	119	2,7
65	95	6,5
60	138	1,9
60	313	7,8
60	214	7,1
60	156	4,7
60	170	2,5
55	292	8,6
60	131	5,2
60	223	4,5
60	136	5,2
60	176	6,4
60	122	3,1
60	148	5,6

Tabelle 4.1.-5: Ergebnisse der Olfaktometer-Parallelmessungen im Roh- und Reingas bei unterschiedlichen Meßpositionen

Lfd. Nr.	osmogene Rohgasbelastung [GE]	osmogene Reingasbelastung [GE]	Abscheidegrad [%]
1	84240	200	99,8
2	32370	2800	91,4
3	32370	380	98,8
4	105950	480	99,5
5	164810	320	99,8
6	262080	1400	99,5
7	262080	2800	98,8
8	32370	280	99,1
9	186560	600	99,7
10	70940	250	99,6
11	70940	480	99,3
12	392030	820	99,8
13	522700	1400	99,7
14	314360	1700	99,5

Tabelle 4.2.-1: Meßergebnisse der Gesamt-Kohlenstoffmessung  
nach VDI-3481, Bl. 2

Meßstelle	Probenahme- Dauer [min]	Meßstelle	Konzentration [ $\frac{\text{mg C}}{\text{m}^3}$ ]	Abscheide- grad [%]
Meßstelle 1	95	<u>Rohgas</u>	16,925	93,4
	95	Reingas	1,11	
Meßstelle 2	120	<u>Rohgas</u>	10,413	91,0
	120	Reingas	0,938	
Meßstelle 3	120	<u>Rohgas</u>	11,621	94,9
	120	Reingas	0,591	
Meßstelle 4	165	<u>Rohgas</u>	8,794	83,5
	165	Reingas	1,455	
Meßstelle 5	120	<u>Rohgas</u>	6,630	93,1
	120	Reingas	0,457	
Meßstelle 6	110	<u>Rohgas</u>	16,023	94,2
	110	Reingas	0,930	
Meßstelle 7	115	<u>Rohgas</u>	5,287	(15,8)
	115	Reingas	4,453	
Meßstelle 8	145	<u>Rohgas</u>	7,415	81,6
	145	Reingas	1,366	
Meßstelle 9	100	<u>Rohgas</u>	12,896	94,9
	100	Reingas	0,655	
Meßstelle 10	110	<u>Rohgas</u>	17,394	94,4
	110	Reingas	0,979	

Tabelle 4.2.-2: Abhängigkeit des olfaktometrisch ermittelten Abscheidegrades für osmogene Abluftkomponenten

Meßposition	Zahl der Einzelmessungen	Standardabweichung [%]	Durchschnittlicher Abscheidegrad [%]	Flächenspezifischer Luftdurchsatz [ $m^3/m^2 \cdot h$ ]
1	4	0,94	98,2	24,0
2	2	-	98,7	15,3
3	3	-	93,5	12,8
4	5	2,3	92,8	19,9
5	15	8,3	87,7	38,8
6	5	20,2	78,3	41,4
7	9	8,4	95,5	14,3
8	15	2,5	95,0	26,0
9	12	1,3	98,1	26,0
10	27	0,8	98,0	20,9

Tabelle 4.3.-1: Meßergebnisse der Gesamt-C-Bestimmung nach VDI-3481, Bl. 2

Lfd. Nr.	Gesamt-C-Konzentration [mg/m <sup>3</sup> ]	
	Rohgas	Reingas
1	2,41	1,64
2	7,01	5,81
3	3,92	1,84
4	3,36	1,99
5	15,11	2,16
6	3,35	1,26
7	7,12	3,15
8	4,18	3,54
9	5,27	3,73

Tabelle 4.3.-2: Meßwerte der H<sub>2</sub>S-Messung

n.n.: Unterhalb der Nachweisgrenze

Lfd. Nr.	Konzentration [mg/m <sup>3</sup> ]	
	Rohgas	Reingas
1	0,189	n.n.
2	0,234	0,08
3	0,441	0,015

Tabelle 4.3.-3: Durchschnittswerte der olfaktometrisch bestimmten Abscheidegrade

Lfd.Nr.	Anzahl der Einzelwerte	Abscheidegrad Mittelwert[%]	größter Wert [%]	kleinster Wert [%]	Standardabweichung [%]
1	10	81,7	86	78	2,4
2	8	73,8	82	64	6,0
3	26	85,2	94	68	5,3
4	25	81,1	90	74	4,3

Tabelle 4.4.-1: Durchschnittswerte der olfaktometrisch bestimmten Abscheidegrade

Lfd.Nr.	Anzahl der Einzelwerte	Mittelwert	Abscheidegrade		
			größter Wert [%]	kleinster Wert [%]	Standardabweichung [%]
1	10	65,0	78	51	11,1
2	13	58,6	76	44	11,0
3	19	76,4	88	61	6,8
4	10	56,6	69	42	7,9

Tabelle 5.-1: Vergleichende Darstellung der vier gemessenen Abscheidesysteme hinsichtlich ihrer desodorierenden Wirkung

Anlage	Desodorierungssystem	durchschnittliche Rohgasbelastung der Einzelmeßwerte [GE]	Abscheideleistung für osmog. Komponenten		
			Mittelwerte [%]	unterer Wert [%]	oberer Wert [%]
TBA-Bentrup	biologische Kläranlage	181 000	99	91,4	99,8
TBA-Oberhausen	Müllkompostfilter	960	94	78,3	98,7
TBA-Oberhausen	Kreuzstromwäscher	3 100	80	64,0	94,0
TBA-Langendreer	Kalksteinturm	5 000	64	44,0	88,0

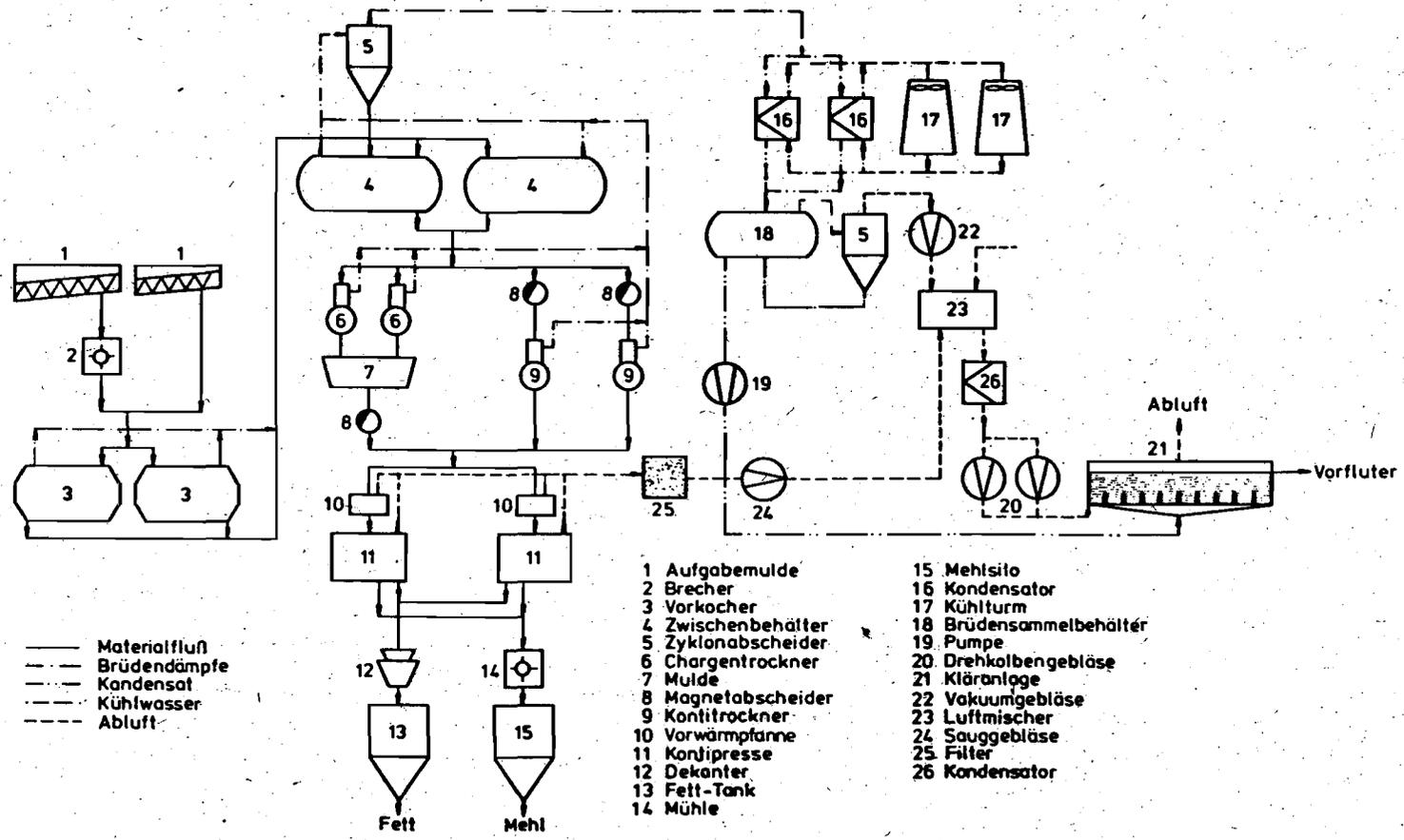


Abb. 4.1.-1: Betriebsschema einer TBA, die nach dem Trockenschmelzverfahren mit mechanischer Entfettung und biologischer Kläranlage zur Abluftdesodorierung arbeitet

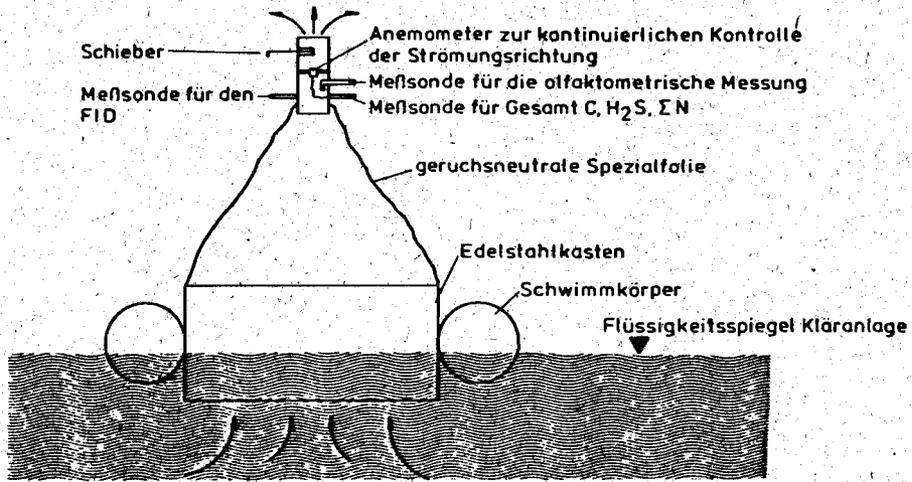


Abb. 4.1.-2: Meßeinrichtung zur Erfassung der Abluft aus belüfteten Kläranlagen

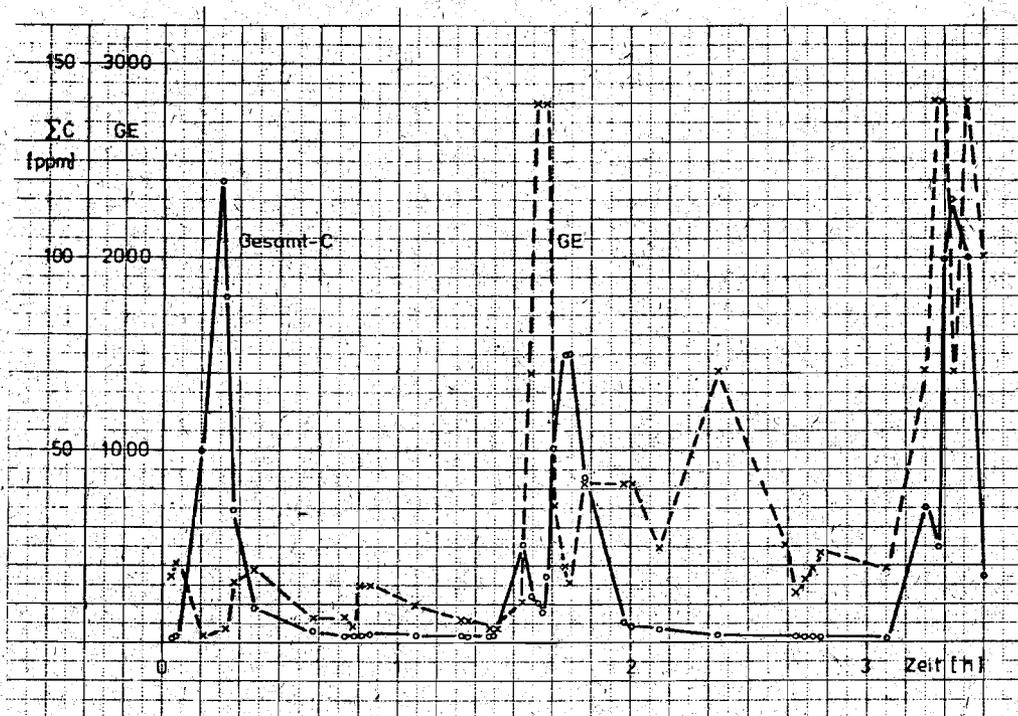
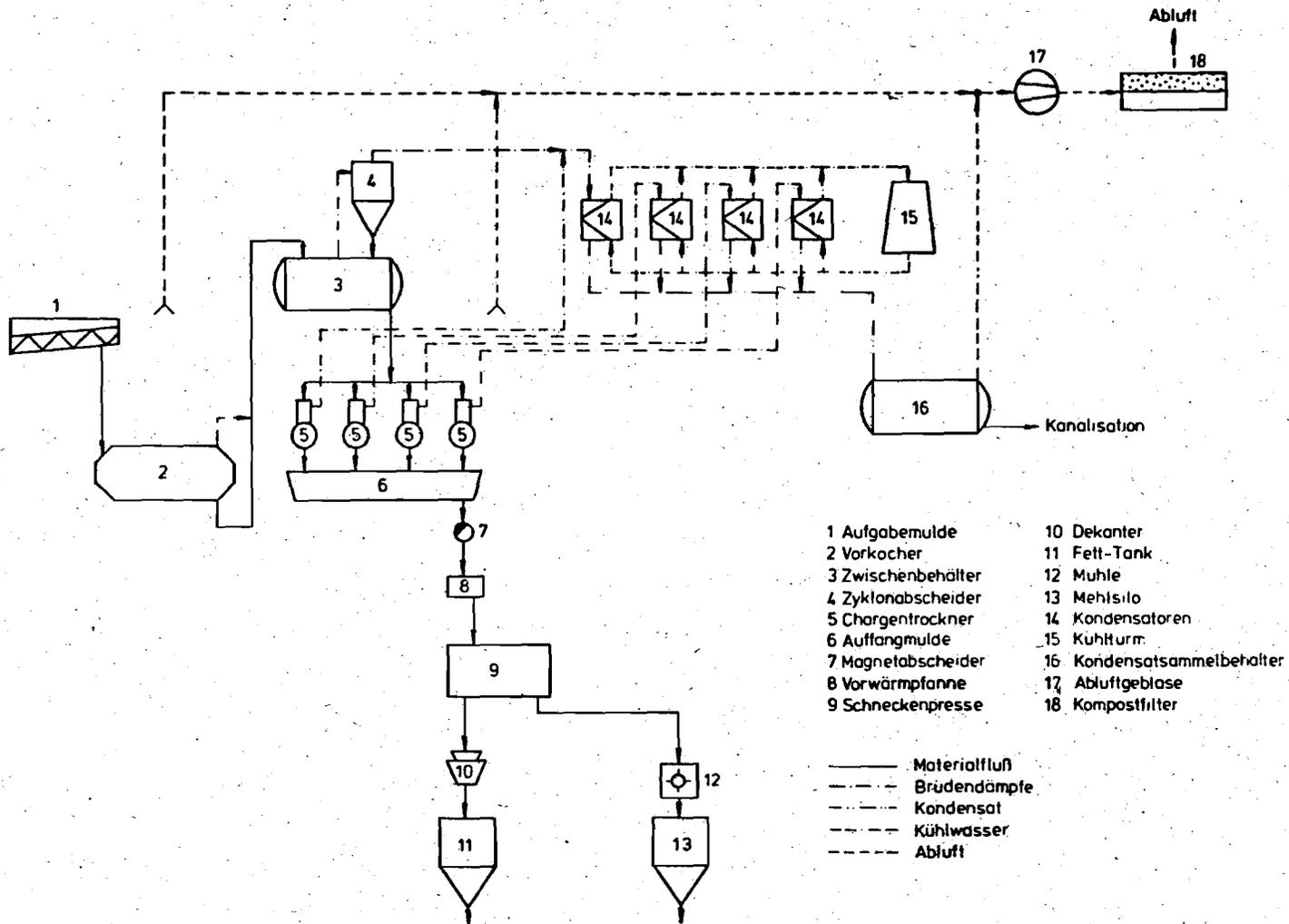


Abb. 4.1.-3: Vergleich von reingasseitigen Momentanwerten der Gesamt-C-Konzentration (FID) und den entsprechenden olfaktometrisch gemessenen Geruchseinheiten



Abbt. 4.2.-1: Betriebsschema einer TBA, die nach dem Trockenschmelzverfahren mit mechanischer Entfettung und einem Müllkompostfilter zur Abluftdesodorierung arbeitet.

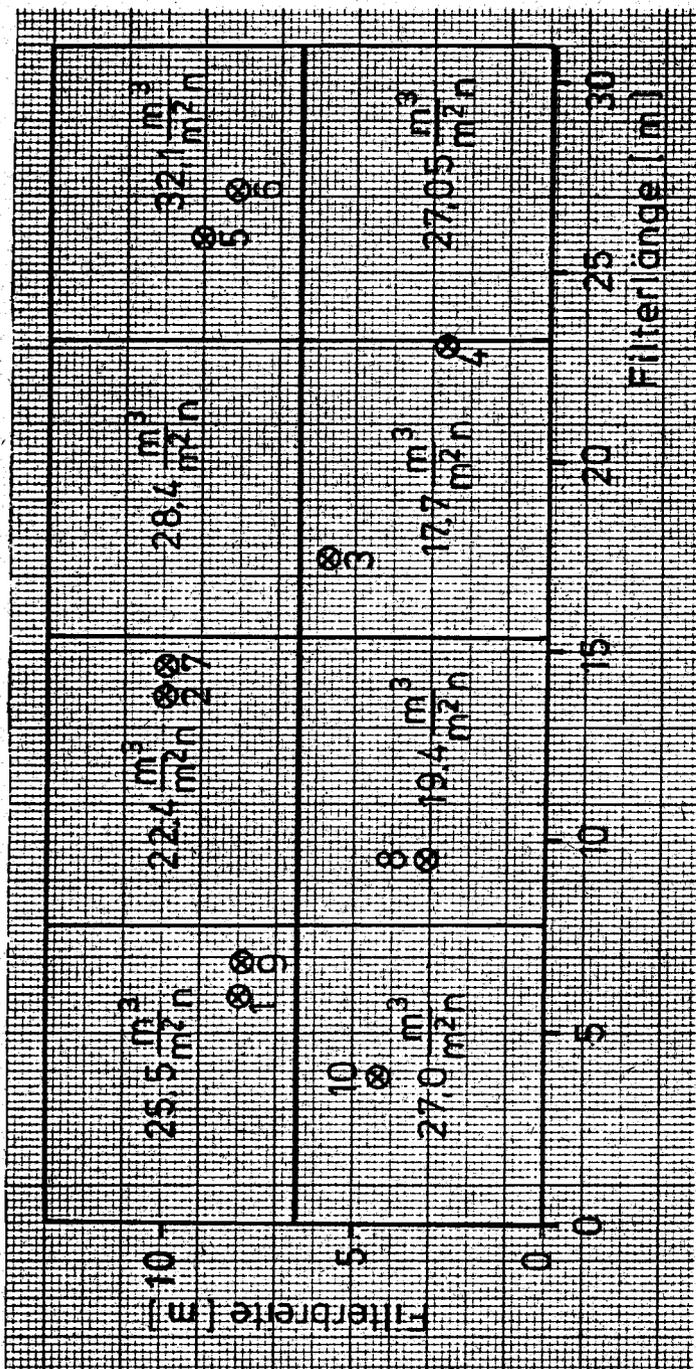


Abb. 4.2.-2: Darstellung der Filterflächenbelastung und der Meßpositionen

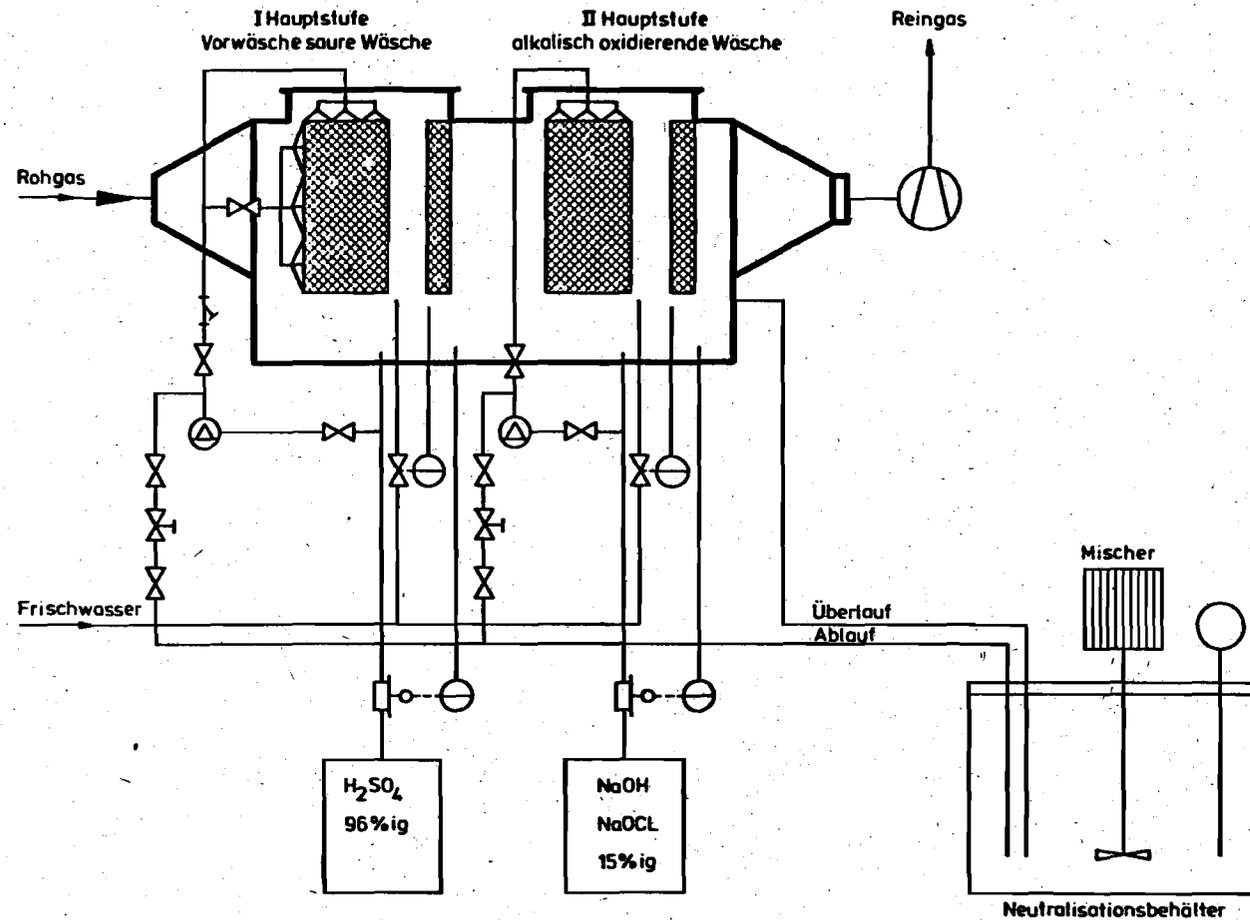


Abb. 4.3.-1: Schematischer Aufbau des Kreuzstromwäschers

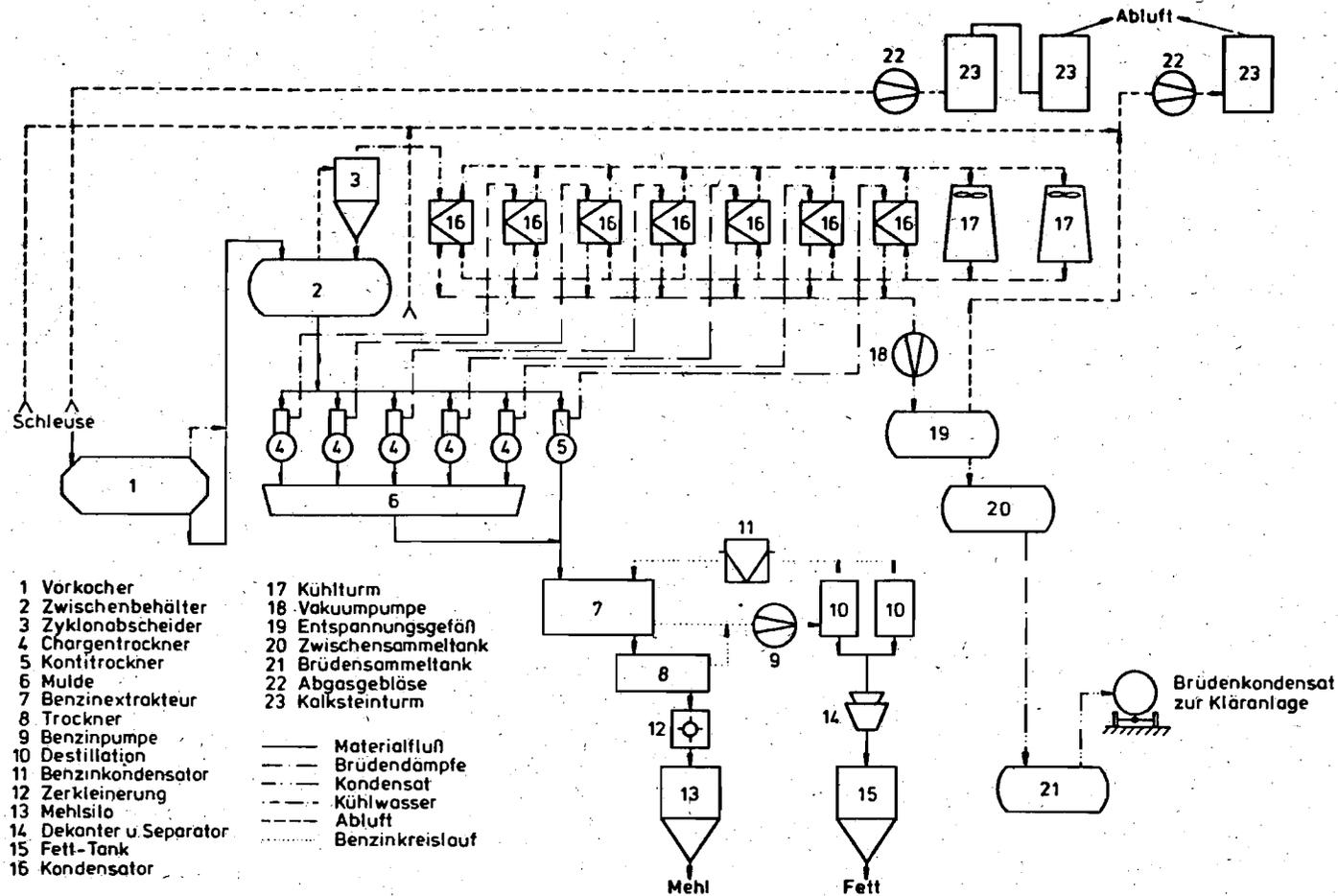


Abb. 4.4.-1: Betriebssystem einer TBA, die nach dem Trockenschmelzverfahren mit Lösemittelentfettung und einem Kalksteinturm zur Abgasesodorierung arbeitet

BERICHTE DER

LANDESANSTALT FÜR IMMISSIONSSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN, ESSEN

- LIS-Berichte -

- Bericht-Nr. 1: KRAUTSCHEID, S. und P. NEUTZ: - vergriffen -  
LIDAR zur Fernüberwachung von Staubemissionen.  
- Nachweis der Kalibrierfähigkeit eines LIDAR-Systems -  
Kurztitel: Fernüberwachung mit LIDAR  
1978. 47 Seiten mit 11 Abbildungen, 6 Tabellen und 4 Literaturhinweisen
- Bericht-Nr. 2: BUCK, M.:  
Die Bedeutung unterschiedlicher Randbedingungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität.  
Kurztitel: Randbedingungen bei der Beurteilung der Luftqualität.  
1978. 44 Seiten mit 8 Abbildungen, 10 Tabellen und 20 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 3: SCHEICH, G.: - vergriffen -  
Entwicklung und Anwendung von Ausbreitungsmodellen und Luftüberwachungsprogramme in den USA.  
Kurztitel: Luftüberwachung und Ausbreitungsmodelle - Ein USA - Reisebericht -  
1979. 47 Seiten mit 17 Abbildungen und 74 Literaturhinweisen
- Bericht-Nr. 4: SPLITTGERBER, H. und K.H. WIETLAKE:  
Ermittlung der Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten am Bau.  
Kurztitel: Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten.  
1979. 133 Seiten mit 53 Abbildungen, 13 Tabellen und 6 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 5: SPLITTGERBER, H.:  
Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen.  
Zur Problematik der Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen.  
Kurztitel: Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen.  
1979. 52 Seiten mit 13 Abbildungen, 2 Tabellen und 27 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 6: STRAUCH, H.:  
Ermittlung der Dämmwirkung von Dachentlüftern für Werkshallen im Einbauzustand unter Berücksichtigung der baulichen Nebenwege.  
Kurztitel: Dämmwirkung von Dachentlüftern.  
1979. 33 Seiten mit 13 Abbildungen, 2 Tabellen und 7 Literaturhinweisen.

- Bericht-Nr. 7:** KRAUSE, G.M.H., B. PRINZ und K. ADAMEK:  
Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Falschfarbenfotografie für die Aufdeckung und Dokumentation von Immissionswirkungen auf Pflanzen.  
Kurztitel: Falschfarbenfotografie - Ein Mittel zur Erkennung von Pflanzenschäden.  
1980. 43 Seiten mit 9 Abbildungen, 2 Tabellen und 11 Karten.
- Bericht-Nr. 8:** WIETLAKE, K.H.:  
Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung" von Schabotte-Schmiedehämmern.  
Kurztitel: Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung" von Schmiedehämmern  
1980. 59 Seiten mit 15 Abbildungen, 5 Tabellen und 7 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 9:** STRAUCH, H.:  
Methoden zur Aufstellung von Lärminderungsplänen.  
Kurztitel: Konzept für Lärminderungspläne.  
1980. 49 Seiten mit 11 Abbildungen und 18 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr.10:** HILLEN, R:  
Untersuchung zur flächenbezogenen Geräuschbelastungs-Kennzeichnung -Ziele, Methodik, Ergebnisse-.  
Kurztitel: Flächenbezogene Geräusch-Immissionen.  
1980. 75 Seiten mit 18 Abbildungen, 7 Tabellen und 12 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr.11:** Manns H., H. Gies und W. Stramplat:  
Erprobung des Staub-Immissionsmeßgerätes FH62I für die kontinuierliche Bestimmung der Schwebstoffkonzentration in Luft.  
Kurztitel: Schwebstaubmeßgerät FH62I für die automatisierte Immissionsmessung.  
1980. 26 Seiten mit 10 Abbildungen und 2 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr.12:** Giebel, J. :  
Verhalten und Eigenschaften atmosphärischer Sperrschichten.  
Kurztitel: Verhalten atmosphärischer Sperrschichten.  
1981. 39 Seiten mit 12 Abbildungen, 3 Tabellen und 4 Literaturhinweisen.