

Zeitschrift: Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme
Herausgeber: Schweizerische Vereinigung für Landesplanung
Band: 25 (1968)
Heft: 5

Artikel: Abluftprobleme der organischen chemischen Industrie und ihre Massnahmen zur Reinhaltung der Luft
Autor: Türkölmez, S.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-783093>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Von dipl. Ing. Chem. S. Türkölmez,
Basel (Schweiz)

Abluftprobleme der organischen chemischen Industrie und ihre Massnahmen zur Reinhaltung der Luft

Allgemeines

Die grossen Fortschritte auf allen Gebieten der industriellen Produktion haben in entscheidender Weise zur Erhöhung des Lebensstandards beigetragen. Diese positiven Aspekte unseres wirtschaftlichen Wachstums bringen auch negative Erscheinungen mit sich in Form von Verunreinigungen der Atmosphäre und der Gewässer, die sich vor allem in den Städten und in gewissen Industriegebieten geltend machen. Dies zwingt den Gesetzgeber, sich in zunehmendem Masse mit der Frage der Reinhaltung der Luft zu beschäftigen.

Ein Grossteil der chemischen Industrie konzentriert sich in der Schweiz im Raum Basel. Auf schweizerischem Gebiet waren es im Jahre 1964 insgesamt 64 verschiedene chemische Betriebe mit einer Belegschaft von etwa 21 000 Personen. Auf deutschem Boden, entlang des Rheins zwischen Bodensee bis Basel, befindet sich ebenfalls eine beachtliche Anzahl von Grossbetrieben.

In der chemischen Industrie organischer Richtung mit diskontinuierlicher Produktion (d. h. Chargenbetrieb), wie es bei den Geigy-Werken der Fall ist, ändern sich die Fabrikationsprogramme in den Betrieben alle 14 Tage und auch oft die Herstellungsverfahren. Mit all diesen stofflich und verfahrensmässig untereinander sehr verschiedenen Produktionsgeschehen sind ebenso vielfältige Möglichkeiten für verschiedenartigste Emissionen gegeben, wie zum Beispiel NH_3 , $\text{NO} + \text{NO}_2$, HCl , Cl_2 , SO_2 , SO_3 , H_2S , $\text{R}-\text{NH}_2$, R_2-NH , $\text{R}-\text{SH}$, $\text{R}-\text{CHO}$, $\text{R}-\text{COOH}$, $\text{R}-\text{CN}$, Lösungsmittel, Stäube aller Art usw., einzeln oder in Mischungen der obengenannten Abgasarten. Demnach können die Abgasarten wie folgt eingeteilt werden (Abb. 1):

konzentrierte Abgase (sauer oder alkalisch, ohne Luftanteil)

verdünnte Abgase (viel Luft neben wenig Abgasbestandteilen)

Stäube und geruchsintensive Abgase.

Wir werden hier «Fremdstoff-Luft-Gemische» behandeln, und zwar solche, die durch den Ausstoss bzw. durch die Emission von luftfremden Stoffen entstehen. Die durch Emissionen hervorgerufenen Luftveränderungen können in allen drei Aggregatzuständen «fest,

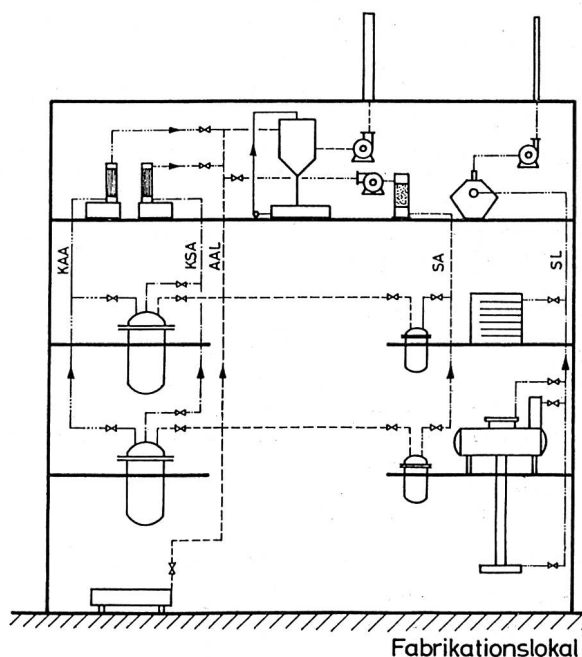


Abb. 1. Prinzipieller Aufbau des Ventilationsnetzes

flüssig oder gasförmig» auftreten. Für ein zweiphasiges Teilchensystem, das in Form einer Verteilung vorliegt, sind demnach neun Kombinationen möglich, die sich in drei Gruppen zusammenfassen lassen:

Gruppe 1: Gasiges Verteilungsmittel «Aerosole»

— Gas in Gas: kleinmolekulare Gasmischungen

— Flüssigkeit in Gas: Flüssigkeitsaerosole

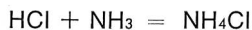
— Feststoff in Gas: Feststoffaerosole

Gruppe 2: Flüssiges Verteilungsmittel «Lyosole»

Gruppe 3: Festes Verteilungsmittel «Xerosole».

Zu den dreiphasigen Teilchensystemen gehört der «Rauch als Flüssigkeits-Feststoff-Aerosol» (also ein Gemisch von Gasen, Dämpfen und festen Teilchen). Verhalten und Auswirkungen solcher Fremdstoff-Luft-Gemische hängen neben der stofflichen Beschaffenheit wesentlich von deren Stabilität, das heisst von deren Verweilzeit in der Luft ab.

In der Industrie entstehen die Feststoffaerosole meistens durch sublimierfähige Stoffe, deren Dämpfe sich zu feinen Partikeln kondensieren oder durch Zusammenkommen zweier reaktionsfähiger Gaskomponenten, wie zum Beispiel:



oder durch Adsorption, zum Beispiel von SO_2 oder SO_3 an festen Teilchen, usw.

Die Flüssigkeitsaerosole verhalten sich wie Feststoffaerosole. Sie entstehen vorwiegend durch Kondensationsvorgänge. Ein Teil dieser Partikel ist elektrisch geladen, andere, wie zum Beispiel SO_3 , sind von vornherein polar geladen. Wenn derartige Teilchen mit H_2O -dampfgesättigter Luft in Kontakt kommen, so lösen sie die Kondensation aus und verursachen Nebelbildung oder zum Beispiel stark hygroskopische Kerne (solche aus SO_3), erniedrigen den H_2O -Dampfdruck des von ihnen absorbierten Wassers so stark, dass das Aerosol auch bei ungesättigter Luft bestehen bleibt. Aerosole können auch als Kohlenwasserstoffe gebildet werden, wie zum Beispiel Oelnebel. Die normalen H_2O -Dampfnebel haben Tropfengrösse zwischen 5 bis 50 Mikron. Die Grösse der Kondensationskerne liegt im Bereich von 0,1 bis 0,001 Mikrometer; sie erreichen also den Bereich des molekulardispersen Zustandes. Die Vertreter der molekulardispersen Systeme sind Dämpfe und Gase. Die Dämpfe bilden ein Grenzgebiet, indem sie bei Annäherung an den Kondensationspunkt ihren Zustand sprunghaft ändern.

Aus obigen Ausführungen geht hervor, dass jedes Abgas und jeder Staub ihre spezifischen Eigenschaften haben und dementsprechend müssen Massnahmen (d. h. Verfahren zur Abgassanierung) ausgewählt und die benötigten Apparaturen bemessen werden. Oft ist es notwendig, mehrere Möglichkeiten anzuwenden.

Massnahmen zur Reinhaltung der Luft

In den alten Absorptions- und Ventilationsanlagen wurden die aus den Produktionen anfallenden Abgase zusammengefasst, in einem Waschturm, versehen mit Füllkörpern und Sprühdose, gereinigt und ins Freie geführt. In einzelnen Fällen wurden die konzentrierten Abgase auch in Fallfilmabsorbern vorabsorbiert. Viele Reaktionskessel hatten auch eigene Entlüftungen direkt über Dach ins Freie.

Das Abgas, das aus dem Kamin in einer bestimmten Höhe austritt, verteilt sich im den Kamin umgebenden Luftraum. Die Verteilung ist aber von vielen Faktoren abhängig. Die Abgase werden vom Wind in eine bestimmte Richtung getrieben und verteilen sich dabei.

Also ist die Stärke der Luftverunreinigungen in grossem Masse von den Wetterverhältnissen abhängig. Die Tabelle Nr. 2 zeigt die Windverteilung. Die mittlere Windstärke im Rheintal liegt bei 1,5 bis 2,0 m/sec.

Tabelle 2

Monat	prozentuale Windrichtungsverteilung							
	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Juli (ab 17.)	2,4	7,3	36,4	4,4	0,5	2,9	27,2	18,9
August	4,2	6,1	35,8	8,9	0,0	7,0	18,2	19,8
September	3,8	0,4	64,2	5,6	0,8	1,9	3,2	8,0
Oktober	2,4	0,0	73,0	2,9	0,0	0,5	13,4	7,9
November	3,0	1,4	44,1	7,8	0,2	2,0	34,0	7,3
Dezember	0,0	0,3	35,6	6,9	0,3	6,4	48,0	2,5

Das Problem der Reinigung der Luft wurde bei den Geigy-Werken wie folgt gelöst:

Seit einigen Jahren werden für die Abgasreinigung grosse Anstrengungen gemacht. Die früher errichteten Ventilationsnetze für Abgas sowie die Absorptionsnetze und die Waschtürme werden systematisch abgerissen und durch neue, moderne Ventilationsnetze ersetzt. Anstelle der Sprühtürme werden leistungsfähige Hochdruckanlagen aufgestellt.

An das neue Ventilationsnetz als «Apparateventilation» werden alle Reaktionskessel, Standen, geschlossene Nutschen angeschlossen. Ebenso die einzelnen Entlüftungen über Dach (Abb. 2).

An die beiden Absorptionsnetze für saure und alkalische Abgase werden gleichzeitig alle Reaktionskessel angehängt.

Die gesammelten konzentrierten Reaktionsgase werden erst durch Fallfilmabsorber geleitet, vorabsorbiert und die Restgase dann ebenfalls an das Netz für Apparateventilation angeschlossen.

Die gesamte Abluft des Betriebes passiert dann eine äusserst leistungsfähige Hochdruckwaschanlage, die einen 99 bis 99,9 % Wascheffekt besitzt. Die so gereinigte Abluft tritt dann ins Freie (Abb. 2).

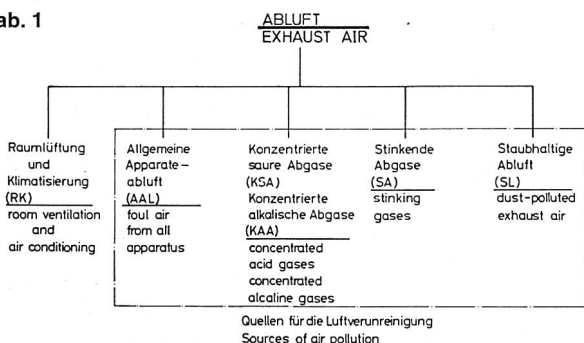
Für die Behandlung übelriechender Gase werden separate Reinigungsanlagen erstellt, wobei die Geruchsträger durch Chemoabsorption, Oxydation, Verbrennung oder mittels Kunstharzabsorber aus der Gasphase entfernt werden.

Für die Modernisierung älterer Absorptions- und Ventilationsanlagen ist die Voraussetzung, dass der Betrieb hinsichtlich der ablufttechnischen Situation durch diese Abgaslaboratorien genau untersucht wird. Auf Grund der erzielten Ergebnisse und nach Abschluss weiterer erforderlicher Versuche mit den Pilotanlagen im Abgasversuchsraum, unterbreitet der Leiter der Lufttechnischen Laboratorien seine Sanierungsvorschläge zur technischen Lösung des Problems den Betriebschemikern.

Man ist dabei stets bestrebt, durch innerbetriebliche Massnahmen wie auch durch Verfahrensverbesserungen oder durch räumliche Verlagerung der Produktion eine Vereinfachung des Problems herbeizuführen.

Ich möchte an dieser Stelle noch erwähnen, dass für das gesamte Werk ein Abluftkataster geschaffen wurde, welcher über sämtliche vorhandenen Absorptionsanlagen und über die aus jeder Produktion anfallende Menge der Abgase Auskunft gibt.

Tab. 1



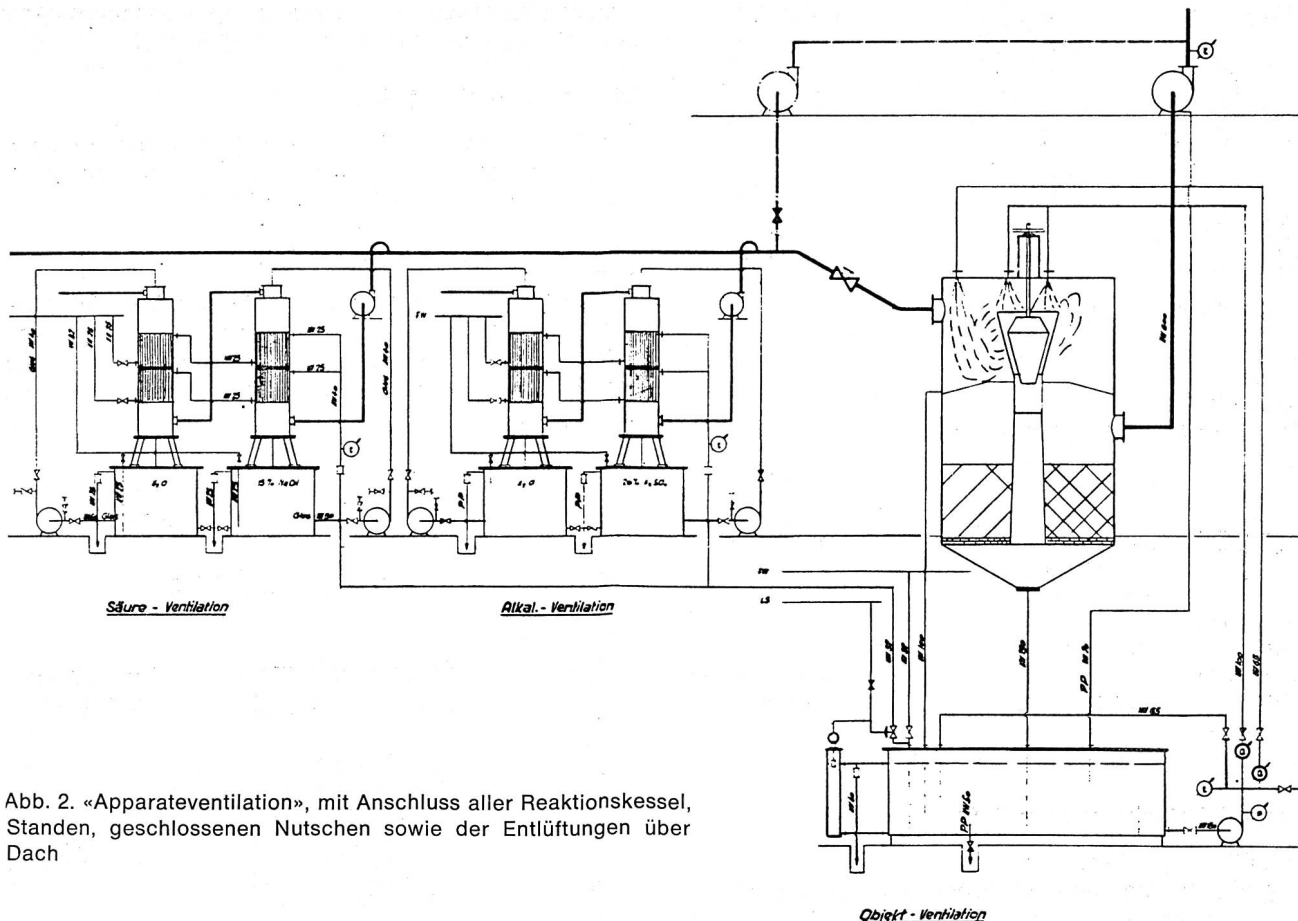


Abb. 2. «Apparateventilation», mit Anschluss aller Reaktionskessel, Standen, geschlossenen Nutschen sowie der Entlüftungen über Dach

Verfahren zur Minderung der Gasemissionen:

Zur Reinigung von Abgasen gibt es eine ganze Reihe von Verfahren, von denen vor allem zu nennen sind:

- Absorption (echte chemische Bindung)
- Adsorption (rein physikalische Haftung)
- Austausch – Adsorption
- Katalytische und direkte Verbrennung sowie
- Ozonisierung, ClO_2 -Behandlung usw.

Absorption:

Diese Methode der Abgasreinigung ist die Auswaschung mit Flüssigkeiten, wie zum Beispiel Wasser, wässrige Lösungen (saure, alkalische oder neutrale Salzlösungen) oder nichtwässrige Lösungen.

Apparaturen für dieses Nassverfahren:

Füllkörperkolonnen,
Fallfilmabsorber,
Nieder- und Hochdruckwaschanlagen.

Wenn man über Nasswaschgeräte berichtet, so stehen im allgemeinen die Funktionen des Wäschers, seine Leistung sowie seine Kosten im Mittelpunkt der Betrachtungen. Allen Nasswaschgeräten ist gemeinsam, dass der im Abgas schwebende Staub oder Aerosole sowie gasförmige Anteile mit einer Flüssigkeit in Berührung gebracht, von dieser benetzt oder absorbiert, eingeschlossen und abgeführt werden. Dies setzt voraus, dass das Abgas in kleine Volumina aufgeteilt und innig mit der Flüssigkeit vermischt wird. Es sind zwei Klassen von Nassabscheidern im Handel:

Niederdruckabscheider (ND)

bis zu einem Druckverlust von 200 mm WS und
Hochdrucknassabscheider (HD)

bis zu einem Druckverlust von 1200 bis sogar 1500 mm WS.

Die wichtigsten Typen von gut arbeitenden Nasswaschgeräten:

Asco-Wirbel- oder Nassabscheider (ND)

Die eintretende Staubluft wird durch Leitbleche so in das Wasser gelenkt, dass eine rotierende Wasserwalze entsteht, die eine gründliche Benetzung aller den Rotationskörper passierenden Staubteilchen ermöglicht (Abb. 3). Dieses Gerät eignet sich nur für Staubabscheidung bis zu einer Korngröße von 2 Mikron.

Bei der Abscheidung schwer benetzbarer Stäube, wie zum Beispiel gewisser Pigmentstäube, sind Zusätze von Netz- und Antischaummitteln zu empfehlen. Die Tabelle 3 zeigt die Leistungsfähigkeit eines Asco-Wirbelabscheiders in Kontakt mit schwer benetzbaren Pigmentstäuben.

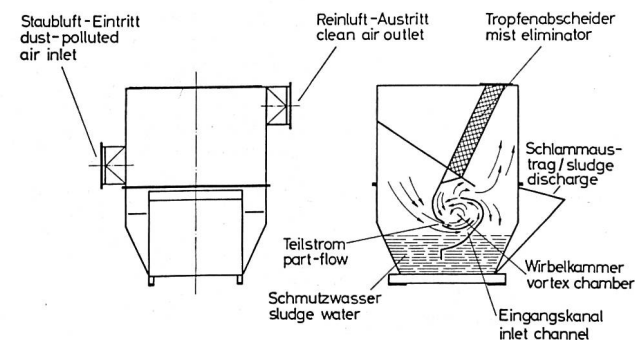


Abb. 3 Wirbelwäscher

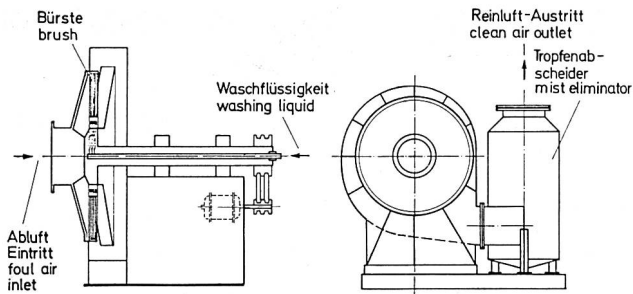


Abb. 4. Bürstenwäscher

Tabelle 3

Asco-Nassabscheider (Wirbelwascher)

Staubart (schwer benetz- bare Pigmente)	Konzentration		Wasch- effekt %	Luft- menge Nm ³ /h	Netz- und Antischaummittel
	Vor dem Wascher mg/Nm ³	Nach dem Wascher mg/Nm ³			
Grasolgelb 2 GN	680	106,5	84,3	11 651	keine
Grasolgelb 2 GN	704,4	3,0	99,6	11 869	Tinovenin und Emendol

Krupp-Bürstenentstauber (ND)

enthält ein rotierendes Filterpaket in Form einer Rundbürste, die aus einer grossen Anzahl dünner und leicht gewellter Borsten besteht. Die Bürste wird durch Sprühdüsen gleichmässig befeuchtet und reinigt sich durch die Fliehkraft kontinuierlich; sie bildet eine sehr grosse Kontaktfläche auf kleinstem Raum. Der Filter ist kombiniert mit einem Ventilator im

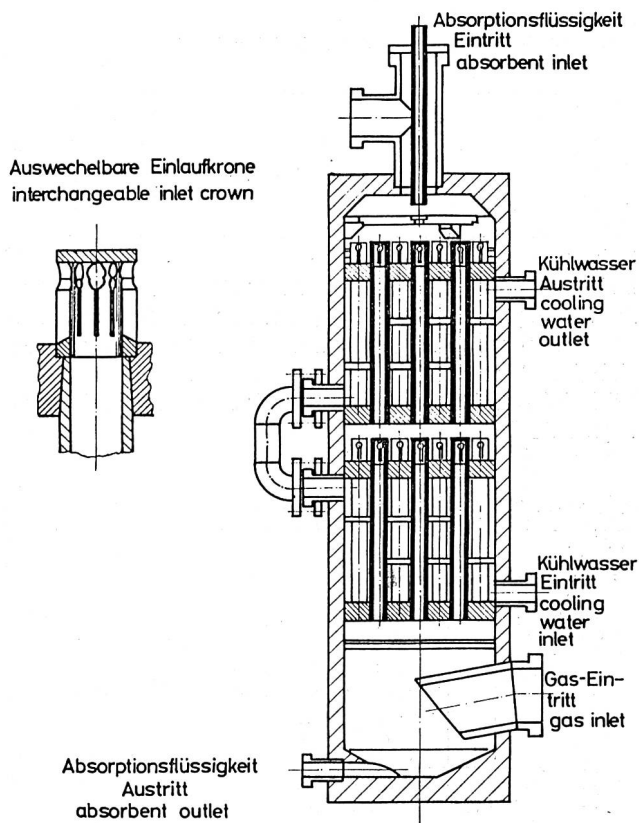


Abb. 5. Fallfilm-Absorber

gleichen Gehäuse. Der Verbrauch an Waschflüssigkeit beträgt 1 Liter/Nm³ Gas.

Dieses Gerät eignet sich

zur Entfernung von SO₂, HCl, NH₃ aus den Abgasen (Apparate-Ventilation) sowie zur Entfernung von Staub aller Art bis zu Korngrössen von 2 Mikron.

Dieses Gerät ist nicht anwendbar

zur Entfernung von Aerosolen, wie zum Beispiel SO₃-, NH₄Cl-, NH₄NO₃-Nebel usw. sowie zur Entfernung von Pyridin, Methylmerkaptan, H₂S usw. (Abb. 4). Die Untersuchungsergebnisse mit den Bürstenentstaubern wurden veröffentlicht [1].

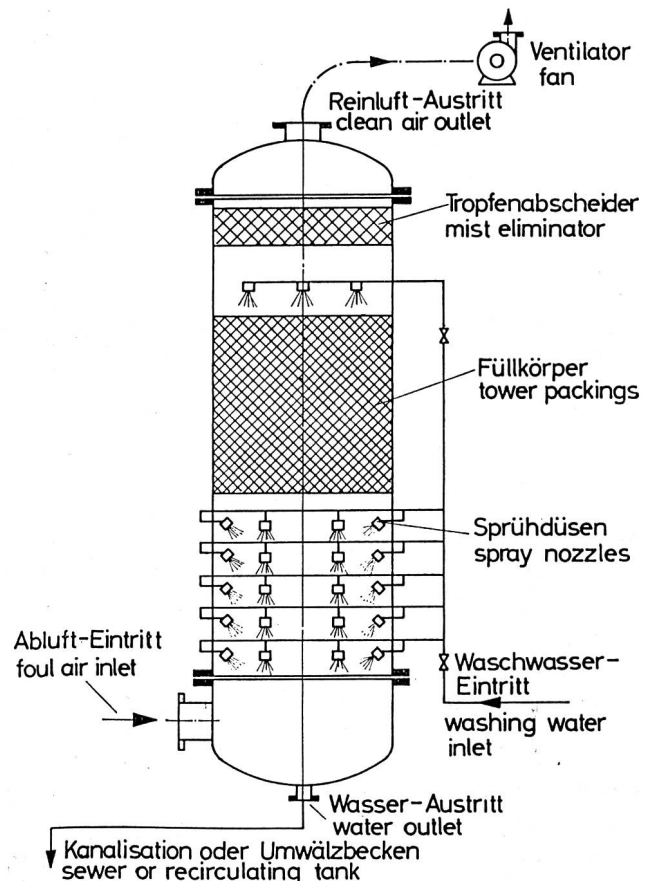


Abb. 6. Füllkörper-Waschturm

Fallfilmabsorber

Diese werden zur Absorption luftfreier konzentrierter Gase eingesetzt. Sie bestehen aus Graphitrohren und weisen einen sehr guten Wärmedurchgang auf. Jeder Absorber besteht aus einzelnen Segmenten, wobei mit einem Segment etwa 100 kg HCl/h in Wasser absorbiert werden können. Die freiwerdende Wärme wird durch indirekte Wasserkühlung abgeführt (Abb. 5).

Sprühtürme mit und ohne Füllkörper

Der Gruppe von Nasswäschern stehen die Venturi-geräte mit eigenem Funktionsprinzip gegenüber. Wesentliches Kennzeichen ist ein Rohr, das sich bis zu einem Hals verengt und sich dann wieder erweitert, das von Gas mit hoher Geschwindigkeit durchströmt

wird und in das man zusätzlich Wasser einführt. In der Erweiterung finden Kondensationsprozesse statt (Abb. 6).

Die wichtigsten Typen: Körting-Strahlwascher (ND)

Der Körting-Strahlwascher besitzt als Charakteristikum zwei hintereinandergeschaltete Venturirohre, die in Richtung des Gasstromes mit Flüssigkeit beaufschlagt werden. Dabei wird das Gas in die Kehle des Venturirohres auf 6 m/sec beschleunigt und das Wasser in Gasrichtung unter einem Druck von 2,8 kg/cm² eingedüst.

Der Wasserverbrauch pro Nm³ Abgas beträgt im Durchschnitt 8 bis 9 Liter (Abb. 7). Sie erfassen die Staubteilchen vollständig bis hinab zur Teilchengröße von 2 Mikron. Bei feinerer Körnung sinkt die Abscheideleistung rapid (bei 0,1 Mikron: 0 %).

Ringspaltwascher (HD)

Das Vermögen, Feinstaub bzw. Aerosole niederzuschlagen, wächst mit dem Druckverlust, mit dem ein Venturigerät betrieben wird, und mit Verweilzeit. Es handelt sich bei RS-Anlagen um einen Nassabscheider, bei dem an der engsten Stelle des Venturirohres ein durch Kegel in seiner Weite verstellbarer Ringspalt angeordnet ist. Das Gas wird auf Hochdruckseite durch Wasserdüsung vorgewaschen, gesättigt. Die zweite Stufe, in der die eigentliche Auswaschung stattfindet, gab dem Gerät seinen Namen. Ein sich zunächst konisch verengendes Rohr erweitert sich. In dem sich in Strömungsrichtung verengenden Teil ist ein axial beweglicher, kegelförmiger Verdrängungskörper angeordnet. Dadurch wird zwischen Kegel und Rohrkonus ein in seiner Größe veränderlicher Ringspalt gebildet. Das zu reinigende Abgas durchströmt den enger werdenden Ringspalt mit hoher noch zunehmender Geschwindigkeit und reisst dabei das unterhalb des Ringspaltes (oder oberhalb) in Strömungsrichtung eingedüste Wasser mit sich. Im nachgeschalteten Diffusor verringert sich die Geschwindigkeit, so dass die Wassertropfen auf Grund ihrer kinetischen Energie nunmehr dem Gas voreilen. Die Abscheidungsleistung geht herunter bis zur Korngröße von 0,1 Mikron. Dies reicht aus, um Säurenebel, Teer- und Oelnebel und andere Aerosole wie NH₄Cl-Nebel usw. zu erfassen. Das Gas wird in der Kehle des Ringspaltes bis auf 110 m/sec beschleunigt (Abb. 8). Die Tabelle 3 zeigt die Leistungsfähigkeit einer Ringspaltwaschanlage.

Andere Ausführungen der HD-Anlagen:
Ueberlauf-Venturi-Wascher
Peas-Antoni-Scrubber
Radialwascher.

Die Leistungsfähigkeit der Nassabscheider kann durch Wahl geeigneter Apparattypen mit geeigneten Waschflüssigkeiten und durch Anwendung von 2 bis 3 Nasswaschgeräten desselben Typs oder eine Kombination in Serienschaltung so weit gesteigert werden, dass dadurch Möglichkeiten geschaffen werden, jegliche Anforderungen, die an Emission und Immissionen gestellt werden, erfüllen zu können.

Pilot-Ringspaltwascher

Abgasmenge: 518 m³/h
Druckverlust: 83 mm/Hg } (siehe Tab. 4)

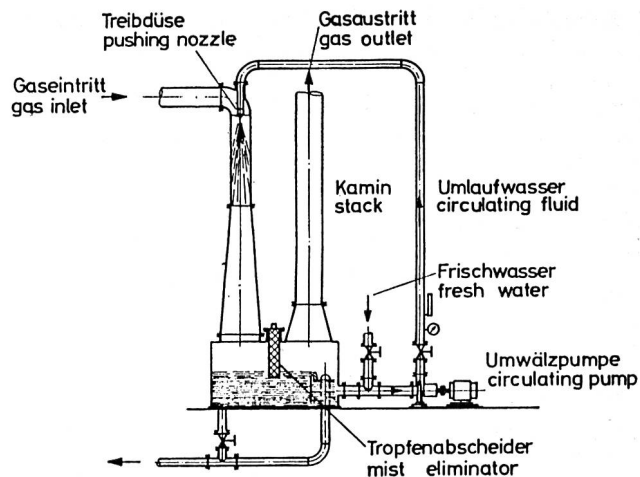


Abb. 7. Strahl-Gaswascher

Austauschadsorption

Es handelt sich hier um Austauschadsorption aus der Gasphase mittels Kunstharsaustauscher auf Polymerisationsbasis. Dieses von mir entwickelte Verfahren wird zur Restgasbehandlung und zur Beseitigung der Geruchsbelästigungen angewandt (Abb. 10). Manche organischen Verunreinigungen in der Atmosphäre werden bereits in sehr kleinen Konzentrationen wahrgenommen, so liegt zum Beispiel die

max. zulässige Arbeitsplatz-Konzentration mg/Nm ³ (MAK-Werte)				
Geruchsschwelle	von CH ₃ SH	bei 0,0004	mg/Nm ³ :	50
	von SO ₂	bei 7,9	mg/Nm ³ :	13
Geschmackschwelle	von SO ₂	bei 0,2—2,6	mg/Nm ³ :	
	von H ₂ S	bei 0,035	mg/Nm ³ :	30
	von NH ₃	bei 3,5	mg/Nm ³ :	35
	von NO ₂	bei 6,2	mg/Nm ³ :	9
	von HCl	bei —	— :	1
	von SO ₃	bei —	— :	1

Nimmt man eine tausendfache Verdünnung auf dem Wege vom Kamin bis zur Immissionsstelle an, so würden sich also noch Emissionen von 0,4 mg CH₃SH/Nm³ bemerkbar machen. Zur Lösung solcher Spezial-

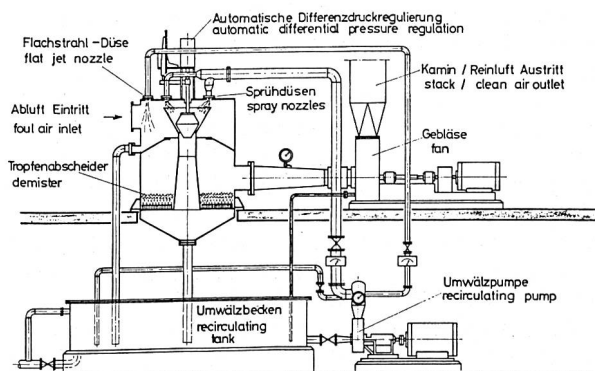


Abb. 8. Ringspalt-Venturiwascher

Tabelle 4: Leistungsfähigkeit eines Pilot-Ringspaltwaschers

Gas	Konzentration		Wascheffekt in %	Waschflüssigkeit im Kreislauf	Bemerkung über Reingas
	vor dem Wascher mg/Nm ³	Nach dem Wascher mg/Nm ³			
HCl	3283,0	3,2	99,9	H ₂ O	ohne Fahne
NH ₄ Cl-Aerosole	5872,0	23,4	99,6	H ₂ O	ohne Fahne
NH ₃	1599,3	19,1	98,8	H ₂ O im Durchlauf	schwach nach NH ₃
NH ₃	1988,0	1,8	99,9	10 % H ₂ SO ₄	geruchfrei
NH ₃	2788,0	757,0	72,9	H ₂ O	stark nach NH ₃
SO ₂	5957,0	546,0	90,8	H ₂ O im Durchlauf	stark nach SO ₂
SO ₂	3372,0	83,8	97,1	10 % NaOH	geruchfrei
SO ₃ -Aerosole	475,2	9,7	98,0	H ₂ O	geruchfrei
SO ₃ -Aerosole	350,2	12,87	96,6	10 % NaOH	schwache Fahne
H ₂ S	3949,0	437,7	81,2	10 % NaOH	H ₂ S
CH ₃ SH	2268,0	175,0	90,3	10 % NaOH	CH ₃ SH
NO ₂	1290,0	172,0	86,7	10 % NaOH + 3 % H ₂ O ₂	deutlicher Geruch (aber keine Fahne)
NO ₂	3580,0	272,0	92,3	3 % H ₂ O ₂	deutliche Färbung
Cyanurchlorid	482,5	1,25	99,7	10 % NaOH	geruchfrei
Cyanurchlorid	2600,0	13,90	99,5	10 % NaOH	geruchfrei

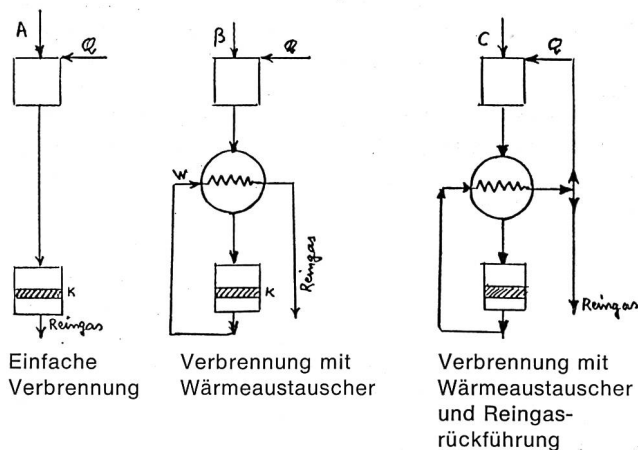


Abb. 9. Katalytische Nachverbrenung industrieller Abgase

aufgaben genügen die Leistungen der Nasswäscher in den meisten Fällen nicht, wenn auch diese Geräte einen Wirkungsgrad von 99,5 % besitzen. Die diesbezüglichen Untersuchungen wurden bereits veröffentlicht [2].

Adsorption

Bei der Adsorption handelt es sich um rein physikalische Haftung und unspezifische bzw. Allgemeinadsorption, das heisst um eine Anreicherung der gasförmigen Substanz an der Oberfläche eines festen Körpers. Für die Abgasreinigung durch Adsorption sind deshalb solche festen Körper geeignet, die infolge poröser Struktur eine sehr grosse Oberfläche besitzen. Dazu gehört vor allem Aktivkohle, die mit einer Oberfläche von mehr als 1000 m²/g hergestellt werden kann, ferner Silicagel, Al₂O₃, usw. Dieses Verfahren findet in der chemischen Industrie beschränkte Anwendung für Fälle, wo nur zum Beispiel Lösungsmitteldämpfe zu adsorbieren oder wieder zu gewinnen sind. Denn die Anwendung eines Aktivkohlefilters erfordert, dass die Abgase frei von Staub und von Feststoffaerosolen und frei von Wasserdampf sein müssen. Diese Bedingungen werden

bei Abgasen aus der Produktion nicht erfüllt, so dass diese Massnahme kaum für die Abgassanierung in Frage kommen kann.

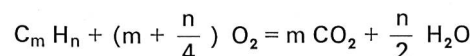
Gewisse Anwendungsfälle sind jedoch möglich, wie zum Beispiel bei Geruchsproblemen mit Ag-, Cu- oder Eisensalzen imprägnierten A-Kohlen, wobei jedoch A-Kohlefilter nach dem Durchbruch zu verbrennen sind.

In meinen obigen Ausführungen habe ich nur das für die Abgassanierung in der organischen Industrie in Frage kommende Verfahren erwähnt. Auf die übrigen Verfahren, wie zum Beispiel Kondensation, Nass- oder Trockenzyklonabscheider (Multizyklone), Gewebefilter, Elektrofilter usw., wurde wegen der beschränkten Einsatzmöglichkeit nicht näher eingegangen.

Verbrennung

Katalytische Nachverbrenung industrieller Abgase

Durch katalytische Nachverbrenung können brennbare Bestandteile aus der Abluft industrieller Prozesse bei tiefen Temperaturen entfernt werden. Sofern diese Luftverunreinigungen nur aus C und H bestehen, kann man als Grundgleichung des Verfahrens schreiben:



Die Abgase industrieller Prozesse enthalten nun im allgemeinen nicht nur einen Stoff, der als Luftverunreinigung anzusehen ist, sondern meist ein sehr komplexes Gemisch solcher Stoffe. Jeder dieser Stoffe hat, für sich allein betrachtet, eine bestimmte Zündtemperatur bei der katalytischen Verbrennung.

Das Abgas, das gereinigt werden soll

- wird entweder durch Wärmezufuhr Q auf die Reaktionstemperatur der katalytischen Verbrennung aufgeheizt, dann über einen Katalysator geleitet, an dem die Verbrennung erfolgt. Das gereinigte Abgas wird in die Atmosphäre geleitet (oftmals erst gereinigt!). Bei diesem Verfahren ist der Wärmeinhalt des gereinigten Gases ungenützt (Schema A),
- oder gibt durch Wärmeaustausch mit dem kalten ungereinigten Abgas einen Teil seines Wärme-

inhaltes an dieses ab und deckt somit einen Teil der zur Aufheizung nötigen Wärmemenge (Schema B),

- oder das gereinigte und im Wärmeaustauscher abgekühlte Abgas wird ganz oder teilweise zur Beheizung der abgasliefernden Anlage verwendet (Schema C).

Katalytische Verbrennung ist ein Oxydationsprozess bei niedriger Temperatur, durch welchen industrielle Abgase aller Art in geruch- und farblose Abgase umgewandelt werden. Katalytische Verbrennung tritt ein, wenn oxydierbare Abgase über einen stationären Katalysator geleitet werden.

Die Abgasinhaltsstoffe der organischen Industrie enthalten Stoffe, die neben C und H noch Cl, S, P, N im Molekül haben. Bei der Totaloxydation dieser Produkte entstehen in der Hauptsache CO₂, H₂O neben SO₂, HCl, N₂O₅ und P₂O₅.

Die Pilotanlage besteht aus einem gasdichtverschweissten Innengehäuse und einem Blechmantel (aussen). Zwischen den beiden Gehäusen ist eine 15 cm dicke Mineralwollisolation. Die Anlage besitzt Röhrenrekuperator (um die Gase vorzuheizen) sowie Gasbrenner, Umwälzgebläse, Katalysator und Schalt- und Regelanlage.

Vorgang

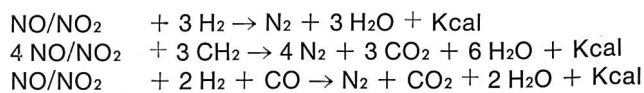
- Erhitzung der Abgase auf katalytische Zündtemperatur.
- Leitung dieser heissen Gase über einen stationären Katalysator.
- Vorsorgliche Explosionsverhinderung erfordert eine Feststellung der maximalen und potentiellen Energie auf 112 kg-Kalorie/m³ Abgas. Wenn diese potentielle Energie am Katalysator in Wärme umgewandelt wird, dann tritt eine T⁰-Erhöhung der Abgase von 370 °C ein.
- Grundsätzlich muss das Abgas weitgehend staubfrei sein sowie
- keine spezifischen Katalysatorgifte enthalten.

Anwendungsbeispiele

Katalytische Oxydation, wenn zu entfernende Stoffe brennbar sind.

Katalytische Reduktion (Nitrose Gase).

Abgase enthalten 0,25 bis 0,3 Volumenprozent NO/NO₂ (2500 bis 3500 ppm).



Spaltgas
oder
Stadtgas

Dem geforderten Reinheitsgrad oder der NO/NO₂-Konzentration entsprechend muss die Reaktion ein- oder mehrstufig gefahren werden.

Direkte Verbrennung (thermische Verbrennung)

- wird zur Beseitigung übelriechender organischer Gase und Dämpfe angewandt, wobei CO₂, SO₂, HCl, N₂O₅ und H₂O-Dampf entstehen. Ist das Gas brennbar, werden gewöhnliche Fackelbrenner eingesetzt. Ringförmig angeordnete

Dampfdüsen an der Fackelmündung gewährleisten eine ruffreie Verbrennung in der Fackel.

Kann das Abgas die Verbrennung nicht von selbst unterhalten, muss es im Gemisch mit Luft auf eine bestimmte Temperatur von mindestens 750 bis 850 Grad Celsius aufgeheizt werden, damit die Oxydation mit genügender Geschwindigkeit abläuft.

Bei dieser Verbrennung wird etwa dreimal soviel potentielle Energie als Aktivierungsenergie benötigt als bei katalytischer Verbrennung.

Ozonbehandlung

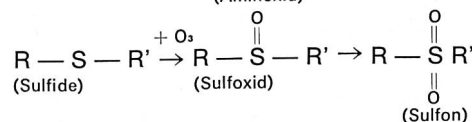
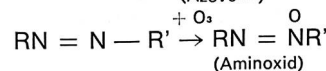
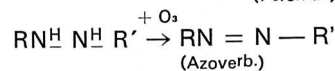
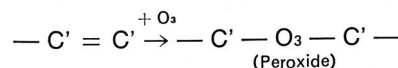
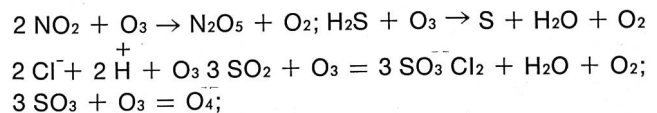
Das Ozon ist, nach dem Fluor, das stärkste Oxydationsmittel. In Anwesenheit von H₂O reagiert O₃ schnell mit einer grossen Anzahl von Verbindungen. O₃ reagiert mit gesättigten organischen Verbindungen sehr langsam. Mit ungesättigten Verbindungen (= oder = fache Bindung zwischen den C-Atomen) bildet es Ozonide. Diese Ozonide können durch Wärme hydrolysiert, reduziert, zersetzt werden, wobei Verbindungen wie Aldehyde, Ketone und Säuren entstehen. Bei der Bildung von Ozoniden aus einer Doppelbindung wird bei der Zersetzung solcher Verbindungen die C-Kette stets gesprengt, zum Beispiel aus Oelsäure mit 18 C-Atom und 1 Doppelbindung in der Mitte entstehen 2 Moleküle zu 9 C-Atomen.

Das Ozon reagiert auf zwei Arten, und zwar tritt entweder ein O oder O₃ in die Reaktion.

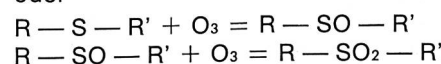
Die Pilotanlage besteht aus

- 4 Ozonelektroden
mit je 3,0 g O₃/Elektrode, h bei Luft 0,8 Nm³/h
mit je 4,5 g O₃/Elektrode, h bei O₂
unter Betriebsspannung von 15 000 Volt.
- 1 Oelgekühlter Transformator
(1er: 220 Volt)
(2er: 15 000 Volt)
Leistung: 500 VA
- 1 Behälter für Luft 0,1 bis 1 m³/h
- 1 Einstellventil für Wasser (12 l/h)
- 1 Einstellventil für (O₃ + Luft)-Gemisch
- 1 Schaltanlage
- 1 vollautomatische Lufttrocknungsanlage
- 1 Gebläse
- 1 Elektromagnetventil.

Reaktionen:



oder



Zum Schluss möchte ich über die verfahrenstechnischen Massnahmen noch folgendes bemerken:

Vorerst jedoch einige Hinweise

- Um die Belästigungen der Betriebsangehörigen und der Umwelt zu vermeiden, sollten die Arbeitsvorgänge in den Fabrikationslokalen in zunehmendem Masse in vollkommen geschlossenen Apparaturen durchgeführt werden. Wo dies nicht möglich ist, müssen zweckentsprechende Absaug- und Absorptionsanlagen installiert werden. Belüftung und Heizung der Fabrikationsräume mit mindestens siebenfacher Luftumwälzung und Erneuerung der Raumluft (Oelfilter) sollten vorgesehen werden.
- Die Abgasbehandlung sollte, analog der Abwasserbehandlung, bei der Entstehung weitgehend beseitigt werden. Zu diesem Zwecke sollten in den Fabrikationsbetrieben, insbesondere mit variablem Fabrikationsprogramm, in jedem Lokal separate Absorptions- und Ventilationskanäle für saure, alkalische Abgase, für Nitrosegase sowie Spezialeinrichtungen für lästige organische Dämpfe, Absorptionsanlagen, Ionenaustauscherkolonnen, katalytische Verbrennungsanlagen, vorgesehen werden.
- Der Einlauf von Säure in einen Kessel mit Ammoniak als Vorlage oder zum Beispiel von chlor-sulfonsäurehaltiger Lösung in eine Stange mit Eis + Wasser als Vorlage, sollte stets unter Niveau erfolgen, da sonst das entstehende Aerosol nur durch Hochdruckwaschanlagen beseitigt werden kann.

Der Reinhaltung der Luft müssen wir unsere volle Aufmerksamkeit schenken und die Abluft sowie das Abwasser als letzte Stufe eines Produktionsprozesses betrachten, das heisst also, es darf kein Verfahren existieren, bei dem diese Fragen nicht von vornherein gelöst worden sind.

In bezug auf das Abgasproblem soll die Industrie, wie es bei den Geigy-Werken der Fall ist, sich auf die Untersuchungen der Abgase in den Betrieben konzentrieren, deren Art und Menge bestimmen, die Massnahmen studieren und dieselben verwirklichen (wie bei Thiophenol, Perchlormethylmerkaptan).

Denn wir brauchen solche Stoffe in der Aussenluft nicht zu untersuchen, da zur Eliminierung dieser lästigen Gase bzw. Dämpfe Spezialabsorptionseinrichtungen errichtet worden sind, die eine hundertprozentige Absorption ermöglichen und die Abgase nach der Anlage nicht mehr nach diesen Verbindungen riechen.

Die Untersuchungen der Luftverunreinigung auf Gehalt an bestimmten organischen geruchsbelästigenden Verbindungen sind sehr kostspielig und analytisch heute noch sehr unvollkommen und sehr schwierig. Daher muss die Abgasreinigung für derartige Verunreinigungen bei der Entstehung durch verfahrenstechnische Massnahmen vorgenommen werden.

Literaturverzeichnis

- [1] S. Türkölmez, K. H. Knott: Der Krupp-Bürstenabscheider zur Abscheidung von Gasen, Nebeln und Stäuben. Techn. Mitt. Krupp/Werks-Ber. 24 (1966), H. 1, S. 25—28.
- [2] S. Türkölmez: Beseitigung der Geruchsbelästigung durch Austauschadsorption (Teil I und Teil II). Wasser, Luft und Betrieb, Heft Nr. 11 und 12, 1965.
- [3] S. Türkölmez: Operating a department for pollution prevention. European Chemical News Pollution Supplement Nov. 26, 1965 (Seite 8—13).