

# Einsatz photochemischer Verfahren zur Geruchsminderung in Abhängigkeit des Anwendungsfalls

Udo Laser

1.	Allgemeines zu Geruchsemissionen .....	232
2.	Verfahrensbeschreibung.....	233
3.	Anlagenbeschreibung .....	234
4.	Installation, Betrieb und Wartung .....	234
5.	Auswahlparameter .....	235
6.	Beispiele installierter Anlagen.....	236
6.1.	Abluftbehandlung in der Lebensmittelindustrie.....	236
6.2.	Abluftbehandlung in der Chemieindustrie .....	236
6.3.	Abluft aus Klärschlamm-trocknung.....	237
6.4.	Abluftbehandlung zur Reduzierung von Geruchsemissionen von Abwasseranlagen .....	237
6.5.	Abluftbehandlung einer kompletten Kläranlage.....	238
7.	Quellen .....	239

Geruchsbelästigungen entstehen häufig durch Abluftströme mit Stoffen oder Stoffgemische, die schon in geringsten Konzentrationen wahrgenommen werden. Für den Abbau dieser Geruchsstoffe haben sich in den letzten 15 Jahren kompakte Anlagen bewährt, die Gerüche photochemisch unter die gesetzlich geforderten Grenzwerte abbauen. Bei photochemischen Verfahren zur Geruchsminderung wird dieses Ziel erreicht, indem die Abluft mit UV-Licht bestrahlt wird. Das UV-Licht erzeugt Oxidationsmittel und ionisiert oder dissoziiert Geruchsstoffe. Anschließend sichert eine katalytisch unterstützte Oxidation den Abbau der Geruchsbelastung unter die gesetzlich geforderten Werte. Die komplexe Aufgabenstellung wird aufgezeigt und die photochemischen Vorgänge des Verfahrens erläutert. Anwendungsmöglichkeiten werden anhand von Auslegungsparametern und Beispielen aufgezeigt.

## 1. Allgemeines zu Geruchsemissionen

Geruchsemissionen aus Industrie- und Abfallbehandlungs-, Tierhaltungs- und Abwasseranlagen sind Ursache vieler Anwohner- und Mitarbeiterbeschwerden, insbesondere wenn die Emissionsquelle sich in der Nähe von Wohn- oder Gewerbegebieten befindet.

Gerüche werden durch chemische Stoffe hervorgerufen, welche die Riechzellen in der Nase in unterschiedlicher Stärke aktivieren. So beträgt die Geruchsschwelle von Schwefelwasserstoff beispielsweise 0,002 ppm, Trimethylamin 0,0002 ppm während Ethanol eine Geruchsschwelle von 10 ppm hat und Ethylenoxid erst bei 300 ppm wahrgenommen wird [7]. Selbst geringe Unterschiede im Aufbau des Stoffes verändern die Geruchsintensität stark.

Einzelne Geruchsstoffe können sich überlagern oder gegenseitig beeinflussen und hierdurch die Geruchswirkung aufheben oder verstärken. Manche Geruchsstoffe verändern sich zudem, wenn sie mit Luft oder Licht in Kontakt kommen [1].

Die in der Literatur angegebenen Geruchsschwellen gelten daher nur für die Einzelstoffe und nicht für Stoffgemische, wie sie beispielsweise auf Abwasseranlagen angetroffen werden. Ein Einzelstoff kann immer nur als Indikator einer Geruchsbelastung angesehen werden. Auch eine Berechnung der Geruchsbelastung eines Stoffgemisches ergibt keinen zuverlässigen Wert. Weil das Geruchsempfinden von Mensch zu Mensch unterschiedlich sein kann, ist eine objektive Untersuchung von neutraler Seite mit genormten Methoden erforderlich [4].

Die Beschreibung eines Geruchs erfolgt somit in der Regel mit Hilfe einer dynamischen Olfaktometrie nach DIN EN 13725 [5]. Hierbei wird die Geruchsintensität durch *kali-brierte* Probanden als Vielfaches des Geruchsschwellenwertes bestimmt und als Geruchskonzentration in GE/m<sup>3</sup> (Geruchseinheiten je m<sup>3</sup>) angegeben. Vereinfacht wird dabei eine Abluftprobe durch Neutralluft soweit verdünnt, dass die Hälfte der Probanden einen Geruch wahrnimmt. Die Geruchskonzentration kann bei Minderungsmaßnahmen oder Ausbreitungsrechnungen wie eine Massenkonzentration benutzt werden. Neben der Geruchsintensität wird bei der Olfaktometrie auch die Geruchsqualität zur Bewertung des Geruchstyps und der Geruchscharakteristik bestimmt.

Die Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen erfolgt mit der Geruchsimmissionsrichtlinie – GIRL. Wenn die Emissionsbildung nicht vermieden werden kann, sind die Emissionsquellen zu erfassen (kapseln), abzusaugen und in einer geeigneten Abluftbehandlung zu reinigen [3]. Hierfür fordert die TA Luft: *Sofern eine Emissionsbegrenzung für einzelne Stoffe oder Stoffgruppen, z.B. für Amine, oder als Gesamtkohlenstoff nicht möglich ist oder nicht ausreicht, soll bei Anlagen mit einer Abgasreinigungseinrichtung die emissionsbegrenzende Anforderung in Form eines olfaktometrisch zu bestimmenden Geruchsminderungsgrades oder einer Geruchsstoffkonzentration festgelegt werden.*

Als Zielwert einer Geruchsbehandlung werden in der TA Luft 500 GE/m<sup>3</sup> z.B. für Abluftreinigungsanlagen von Klärschlamm-trocknungsanlagen vorgeschrieben. Dieser Wert muss am Austritt der Geruchsbehandlungsanlage eingehalten werden und reicht in der Regel aus, um Geruchsbelästigungen zu vermeiden. Je nach Abluftquelle und Immissionsberechnungen können aber auch von den Genehmigungsbehörden niedrigere Geruchsbelastungen z.B. 300 GE/m<sup>3</sup> gefordert werden [5].

## 2. Verfahrensbeschreibung

Geruchsbehandlungsanlagen müssen Geruchsstoffe entweder in schwächer riechende oder geruchsfreie Stoffe umwandeln oder sie durch Sorption aus dem Abluftstrom entfernen. Bei Letzterem entsteht ein Abfallstrom, der zu entsorgen oder zu regenerieren ist. Die Umwandlung der Geruchsstoffe kann biologisch, thermisch oder chemisch erfolgen. Bei photochemischen Verfahren werden chemische Vorgänge zur Umwandlung der Geruchsstoffe durch Photonen aus UV-Licht initiiert und die nachfolgenden chemischen Reaktionen durch Katalysatoren unterstützt. Der Energieeintrag konzentriert sich auf die Schadstoffmoleküle und die für die Oxidation erforderlichen Sauerstoffmoleküle.

Die Wirkung von UV-Licht auf organische Substanzen ist als Sonnenbrand allgemein bekannt. Durch das energiereiche UVC-Licht werden ähnlich wie in Photoionisationsdetektoren (PID) zur Messung von Luftschadstoffen die Schadstoffmoleküle ionisiert. Im Vergleich zu den PID's arbeiten die Abluftanlagen mit einer höheren Lichtstärke und zusätzliche Wellenlängen wie z.B. 184  $\mu\text{m}$ . Infolge der energiereichen Strahlung werden bei der Photoionisation die Schadstoffe ionisiert und können sogar aufgespalten werden. Durch Ionenpaarbildung entstehen dabei zwei Ionen bzw. durch Dissoziation erfolgt eine Aufspaltung des Geruchstoffes in zwei Stoffe, die ihrerseits selbst Ionen sein können [8].

Durch die Photoionisation werden die Geruchsstoffe somit das erste Mal umgewandelt. Gleichzeitig erzeugt das UV-Licht mit einer Wellenlänge von 184  $\mu\text{m}$  Ozon, Sauerstoffradikale und Hydroxylradikale als Oxidationsmittel für die weitergehende chemische Oxidation der Schadstoffe. Schadstoffbelastung und Aufgabenstellung beeinflussen die benötigte elektrische Energie für das UV-Licht.

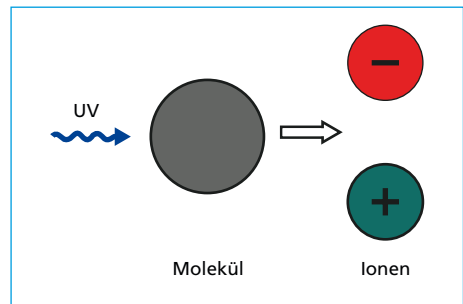


Bild 1: Wirkung des UV-Licht auf Geruchsstoffe

Die Reaktion der Geruchsstoffe mit den Oxidationsmittel erfordert eine hinreichende Kontaktwahrscheinlichkeit beider Stoffe. Obwohl die Photoionisation die Reaktionsfreudigkeit der Schadstoffe erhöht, gewährleistet nur ein Katalysator die Vermeidung von Ozonemissionen und die Sicherstellung eines guten Schadstoffabbaus. Als Katalysator werden je nach Aufgabenstellung Metalloxide, Aktivkohle oder auch andere Stoffe verwendet. Die Oxidation erfolgt schrittweise zu geruchsfreien bzw. geruchsarmen Stoffen wie  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  oder  $\text{SO}_2$ . Durch Folgereaktionen bildet sich bei bestimmten Randbedingungen des Abluftstroms ähnlich wie beim Claus Prozess elementarer Schwefel.

Das Verfahren ist ideal geeignet zur Reinigung geruchsintensiver Abluftströme, bei denen die Reduzierung der Kohlenwasserstoffbelastung von untergeordneter Bedeutung ist. Insbesondere Belastungen durch starke Geruchsstoffe wie Schwefelwasserstoff, organische Schwefelverbindungen und organischen Stickstoffverbindungen werden effektiv abgebaut.

Der geringe Strömungswiderstand der Abluftanlage und die geringe erforderliche elektrischen Energie für das UV-Licht ermöglichen bei dieser Aufgabenstellung sehr kompakte Anlagen, die keine Zusatzstoffe erfordern und unempfindlich gegen Biogifte sind. Da der Prozess sofort mit dem Einschalten des UV-Lichtes startet, ist auch ein diskontinuierlicher Betrieb möglich, wodurch Kosten und Emissionen eingespart werden.

### 3. Anlagenbeschreibung

Die Anlagen zur photochemischen Geruchsminderung arbeiten mit UV-Licht und nach geschaltetem Katalysator und sind der natürlichen Luftreinigung nachempfunden. Das Grundfließbild des Verfahrens ist in Bild 2 dargestellt.

Die schadstoffbelastete Luft wird zuerst durch einen Feststofffilter gesaugt und dort von groben Feststoffteilchen befreit. Somit werden die UV-Strahler und der Katalysator vor Verschmutzungen durch Festpartikel geschützt.

Anschließend gelangt die belastete Luft in den Ionisationsraum, in dem UV-Strahlung mit hoher Lichtintensität und definierter Wellenlänge die Molekül-

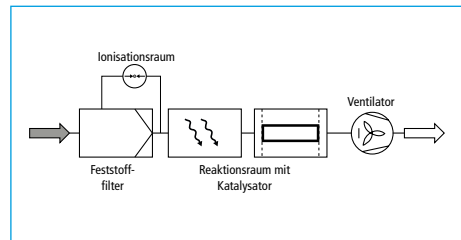


Bild 2: Grundfließbild der photochemischen Geruchsminderung

bindungen der Geruchsstoffe aufbricht sowie die Oxidationsmittel zum Abbau der Geruchsstoffe erzeugt. Im nachfolgenden Reaktionsraum mit Katalysator wird die Oxidation zuverlässig abgeschlossen und überschüssige Oxidationsstoffe beseitigt. Der Katalysator funktioniert außerdem als Puffer. Belastungsspitzen werden adsorbiert und bei geringerer Abluftbelastung durch überschüssiges Oxidationsmittel beseitigt. Bei sehr hoch belasteten Abluftströmen sind zweistufige Anlagen notwendig.

Die gereinigte und geruchsneutralisierte Luft wird vom Ventilator angesaugt und in die Umwelt abgegeben. Der Ventilator hält das gesamte Abluftsystem inklusive des Abluftbehandlungsraumes im Unterdruck. Diffuse Emissionen sind hierdurch selbst bei einer Beschädigung des Abluftsystems ausgeschlossen.

Die Desodorierung beginnt sofort mit dem Einschalten der Anlage und erfüllt somit auch die Forderung der TA-Luft nach optimalen Reinigungsleistungen während des Anfahrvorganges.

### 4. Installation, Betrieb und Wartung

Die Anlagen werden im Werk vorgefertigt und getestet, so dass die Installation vor Ort sehr einfach und schnell erfolgt. Die Anlage kann bei der Anlieferung direkt vom LKW auf die Befestigungspunkte, in der Regel ein Fundament, gestellt werden. Die Fertigmontage ist danach in wenigen Stunden beendet. Nach Anschluss der Abluftrohre und der Stromversorgung ist die Anlage betriebsbereit.

Während des Anlagenbetriebes sind vom Betriebspersonal lediglich die Signalleuchten auf dem Schaltschrank oder alternativ in der Schaltwarte des Betriebes zu kontrollieren. Entweder werden die Anlagen vollautomatisch gefahren oder der Anlagenbetrieb wird bei manueller Betriebsweise mittels eines Schalters gestartet bzw. gestoppt. Deshalb ist die Einweisung des Betriebspersonals in den Anlagenbetrieb innerhalb einer Viertelstunde durchgeführt.

Die Anlagen sind in der Regel jährlich zu warten. Hierfür sind bei kleineren Anlagen etwa zwei bis vier Stunden erforderlich. Will der Anlagenbetreiber die Wartung selber durchführen, so dauert die Einweisung etwa eine Stunde.

## 5. Auswahlparameter

Die Kriterien für die Auswahl der hier beschriebenen Anlagen können sinngemäß auch für andere Abluftreinigungsanlagen zur Reduzierung von Geruchsbelastungen angewendet werden. Es ist zu beachten, dass Geruchsprobleme meistens durch sehr geruchsintensive Stoffe bzw. Stoffgemische hervorgerufen werden, die schon bei geringsten Konzentrationen zu erheblichen Belästigungen führen und daher alle zuverlässig zu beseitigen sind. Für viele Anwendungsfälle liegen umfangreiche Erfahrungen und viele Referenzanlagen vor, die nach dem Prinzip der Photoionisation arbeiten. Auch die von Fachleuten oft empfohlene Überprüfung der Wirksamkeit mit einer Pilotanlage kann vorteilhaft sein. Tabelle 1 enthält Parameter zur Abschätzung der Anwendbarkeit photochemischer Verfahren.

Tabelle 1: Auswahlparameter für Abluftanlagen

Parameter	Abluftbehandlung mittels Photoionisation
Chemische Zusammensetzung der Abluft	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gut für geruchsintensive Einzelstoffe und Stoffgemische</li> <li>- Hohe Ammoniakbelastungen und einigen Kohlenwasserstoffen können unwirtschaftlich sein</li> <li>- Kein Methanabbau</li> </ul>
Geruchsstoffkonzentration	Bis zu 1 Mio GE/m <sup>3</sup> , auch für Belastungsspitzen geeignet
Luftfeuchtigkeit der Abluft	Bis 100 %, keine freien Wassertropfen in der Abluft
Staubgehalt der Abluft	Gering
Ablufttemperatur	Bis max. 50 °C
Reingaswerte/Reinigungsleistung	< 500 GE/m <sup>3</sup> / > 90 % auch sofort nach Inbetriebnahme
Abluftdurchsatz	Ab 100 m <sup>3</sup> /h, bis 57.000 m <sup>3</sup> /h realisiert auch diskontinuierliche Betriebsweise möglich
Erforderliche Stellfläche	> 0,4 m <sup>2</sup> je 1.000 m <sup>3</sup> /h Abluft
Mittlerer Energiebedarf inkl. Ventilator	1,5 kW/1.000 m <sup>3</sup> /h
Personalbedarf	Nur für Wartungen sonst vollautomatischer Betrieb
Sonstiges	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Austausch des Katalysatormaterials (etwa alle ein bis zwei Jahre) und der UV-Strahler (etwa alle 1,5 Jahre)</li> <li>- Frostschutz, Wasserversorgung oder Chemielager nicht erforderlich</li> </ul>



Bild 3: Abluftanlage für 5.100 m<sup>3</sup>/h Abluft aus der Lebensmittelindustrie

## 6. Beispiele installierter Anlagen

### 6.1. Abluftbehandlung in der Lebensmittelindustrie

In einer Lebensmittelfirma wurde auf einer Stellfläche von 2 m<sup>2</sup> eine Anlage zur Reinigung von 5.100 m<sup>3</sup>/h Abluft aus der firmeninternen Abwasseranlage installiert. Die mit organischen Stickstoffverbindungen und Schwefelverbindungen belastete Luft wird bei einer elektrischen Leistung von etwa 10 kW zuverlässig gereinigt. Aufbau und Installation der Anlage erfolgten innerhalb weniger Stunden. Nach Anschluss der Abluftrohre und der Stromversorgung war die Anlage betriebsbereit.

Trotz exponiertem Aufstellort und Umgebungstemperaturen, die im Winter bis auf -20 °C absinken können, sind keine Frostschutzmaßnahmen erforderlich.

### 6.2. Abluftbehandlung in der Chemieindustrie

Bei einer Chemieanlage fallen durch Produktionsprozesse sowie das Be- und Entladen von Tankwagen relativ niedrig belastete kohlenwasserstoffhaltige Abgase an. Für eine Erweiterung der nach Bundesimmissionsschutzgesetz (BimSchG) [2] genehmigungsbedürftigen Anlage verlangte die zuständige Umweltschutzbehörde die Einhaltung niedrigerer Grenzwerte. Beim Test unterschiedlicher Abluftreinigungsverfahren lieferte das Photoionisationsverfahren die besten Ergebnisse.

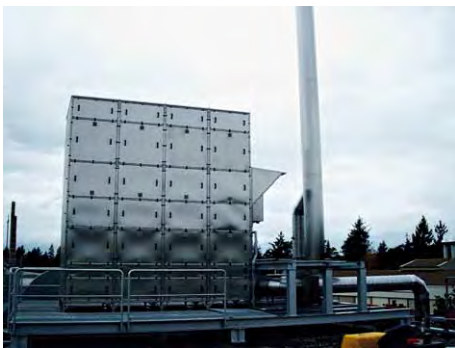


Bild 4: Abluftanlage zur Reinigung von Industrieabluft

Die kompakte Anlage wurde innerhalb von drei Tagen auf dem Dach einer Produktionshalle installiert und in Betrieb genommen, ohne dabei den Betrieb des Unternehmens zu stören. Die installierte Anlage ist bei einer Grundfläche von 8 m<sup>2</sup> für einen Durchsatz von 8.000 m<sup>3</sup>/h ausgelegt. Sie gewährleistet das Einhalten der vorgeschriebenen Grenzwerte selbst bei kurzzeitigen Spitzenbelastungen bis etwa 1.000 ppm. Die Reingaswerte werden kontinuierlich durch ein FID-Messgerät überwacht.

### 6.3. Abluft aus Klärschlamm-trocknung

Da für die Biogaserzeugung Fremdschlämmen angenommen werden, gehört die Klärschlamm-trocknungsanlagen zu den genehmigungspflichtigen Anlagen und müssen nach BIMSCHG mit einer Abluftreinigung ausgerüstet werden. Zusätzlich zu kommunalen Klärschlämmen werden Schlämme aus folgenden Quellen angenommen:

- Fettabscheiderinhalte,
- Abfälle aus der Milchindustrie,
- Abfälle aus der Alkoholdestillation,
- Abfälle aus der Kosmetikherstellung,
- anaerob behandelte pflanzliche und tierische Abfälle sowie
- Küchen- und Kantinenabfälle.

Die Abluftbehandlung der Klärschlamm-trocknungsanlage Moosburg wurde in der KA 04/2011 [9] beschrieben. Die Anlage mit einer Stellfläche von 11 m<sup>2</sup> wird diskontinuierlich mit einem Volumenstrom von 9.000 m<sup>3</sup>/h betrieben. Im Rahmen von Emissionsmessungen bei max. Anlagenauslastung überprüfte ein unabhängiges Institut die Reingasbelastung, welche alle Vorgaben der Genehmigungsbehörde einhielt. Beispielsweise betrug der Geruch des Reingases 150 GE/m<sup>3</sup> [9].

### 6.4. Abluftbehandlung zur Reduzierung von Geruchsemissionen von Abwasseranlagen

Abwasserpumpstationen und Kläranlagen befinden sich oft in unmittelbarer Nähe bebauter Gebiete. Ihre Abluft enthält ein Gemisch aus sehr geruchsintensiven Stoffen wie Schwefelwasserstoff, Dimethylsulfid, Merkaptan, Ammoniak und Skatol. Die Genehmigungsbehörden tendieren daher dazu, auch für diese Anlagen die Vorschriften der BIMSCHG und der TA-Luft anzuwenden [6].

Art und Konzentration der Geruchsstoffe in Abwasseranlagen variieren stark und schnell. Die Abluftbehandlung muss die unterschiedlichen Geruchsstoffe auch bei den schnellen Änderungen der Abluftbelastung zuverlässig reinigen. Dies gilt insbesondere für Abwasserpumpstationen, die sich weit entfernt vom Betriebsgelände befinden. Die Abluftanlagen sind gegen



Bild 5: Abluftanlage für 800 m<sup>3</sup>/h Abluft aus einer Abwasserpumpstation

unberechtigten Zugang zu schützen sind. Die im Bild 5 gezeigte Anlage behandelt etwa 800 m<sup>3</sup>/h mit einer H<sub>2</sub>S Belastung von durchschnittlich unter 50 ppm, jedoch mit Spitzen von über 100 ppm. Stehen Wohngebäude in nur 10 bis 15 Meter Abstand, wird auch die Entkeimung der Abluft durch die UV-Behandlung gerne gesehen[5].

## 6.5. Abluftbehandlung einer kompletten Kläranlage

Eine Zentralkläranlage mit einer Ausbaugröße von 90.000 EW, liegt inmitten von Wohnbebauung. Seit 1988 waren zwei chemische Wäscher im Einsatz, die zum einen altersbedingt, zum anderen aufgrund der sehr hohen Betriebskosten, zu ersetzen waren.

Ende 2011 wurden die Wäscher durch eine Photoionisationsanlage im Rahmen einer Gesamt-Rehabilitation der Geruchsbehandlung ersetzt. Primärmaßnahmen wurden optimiert, um die Geruchsemissionen am Entstehungsort zu begrenzen. So sind alle Absaugbereiche weitgehend gekapselt und Emissionen werden nach Möglichkeit direkt am Ort der Entstehung abgesaugt.

Die Abluftanlage wurde für einen max. Volumenstrom von 25.000 m<sup>3</sup>/h ausgelegt. Folgende Bereiche werden abgesaugt: Einlaufhalle, Sandfang, Vorklärung, Schlammwässerungshalle, Prozesswasserspeicher und Nebenbereiche. Die neue Abluftanlage kann flexibel gefahren werden. Da die Geruchsbelastungen jahreszeitlich bedingt schwanken, wird der Absaugvolumenstrom mit 22.100 m<sup>3</sup>/h (Sommer) und 10.000 m<sup>3</sup>/h (Winter) eingestellt. Die Anlage wird darüber hinaus in der Leistung nach der Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S) Eingangskonzentration geregelt. H<sub>2</sub>S ist zwar nur ein möglicher Indikator der Gesamt-Geruchsbelastung, auf der Zentralkläranlage können die H<sub>2</sub>S Belastungen einzelner Bereiche jedoch mit durchschnittlich 33 ppm und Spitzen von bis zu 200 ppm relativ hohe Werte erreichen.

Im Rahmen von umfangreichen Abnahmemessungen und -prüfungen durch unabhängige Labore, wurden die Installation und die Leistungsfähigkeit der Abluftanlage überprüft. In Anlehnung an die TA-Luft war eine max. Reingaskonzentration von 185 GE/m<sup>3</sup> vom Hersteller zu garantieren und nachzuweisen. Sämtliche Messwerte lagen deutlich unter dem zulässigen Limit (Tabelle 2)

Tabelle 2: Ergebnisse der Geruchsmessungen an der Kläranlage

Messung	Zeitpunkt der Messung	Eintritt	Austritt
		GE/m <sup>3</sup>	
1	2 Monate nach Inbetriebnahme	8.763 bis 9.465	111 bis 121
2	7 Monate nach Inbetriebnahme	2.580 bis 3.866	25 bis 36

Mit der Abluftanlage sind neben der hohen Reinigungsleistung jedoch noch erhebliche betriebstechnische Vorteile verbunden. Der Wartungsbedarf beschränkt sich auf das turnusmäßige Austauschen von Verbrauchsmaterial. Dies ist nur alle 22 bis 24 Monate erforderlich. Abgesehen von einer gelegentlichen Durchsicht der Anlage sind jedoch keine weiteren Wartungsarbeiten im Normalbetrieb durchzuführen.



Der vollautomatische Anlagenbetrieb wird durch eine SPS ermöglicht. Die Volumenströme werden automatisch geregelt, die Leistung der Anlage wird der Eingangsbelastung ( $H_2S$ ) angepasst. Durch die neue Abluftanlage konnte der Energiebedarf für die Geruchsbehandlung auf der Zentralkläranlage um etwa siebenzig Prozent im Winter und etwa sechzig Prozent in den Sommermonaten verringert werden.



Bild 6: Abluftanlage Zentralkläranlage, Werkbild Neutralox Umwelttechnik GmbH

## 7. Quellen

- [1] Bayerisches Landesamt für Umwelt: Gerüche und Geruchsbelästigungen, 2005
- [2] Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) vom 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830) zuletzt geändert durch Art. 1 des Gesetzes vom 25. Juni 2005 (BGBl. I, Nr. 39, S. 1865)
- [3] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft), Vom 24. Juli 2002, Internetfassung, [www.bmu.de](http://www.bmu.de)
- [4] Dipl.-Ing. A. Strecker: Geruchsimmissionsermittlungen am praktischen Beispiel, TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH, Gerüche erfassen – bewerten – vermeiden, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Fortbildung im Umweltsektor (Nr. U 14 / 2006)
- [5] Dipl. Ing. Oliver Augustin: Geruchsbehandlung auf Kläranlagen mittels Photoionisation, DWA Landesverband Nord, Erfahrungsaustausch der Obleute norddeutscher Kläranlagennachbarnschaften am 14./15. Mai 2012 in Walsrode
- [6] DWA-Regelwerk 2/2004: ATV M 204, Stand und Anwendung der Emissionsminderungstechnik bei Kläranlagen - Gerüche, Aerosole – Oktober 1996
- [7] Geruchsimmissions-Richtlinie, Verwaltungsvorschrift des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landesentwicklung zur Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen – Sachsen – Vom 16. März 1993 \* (aufgehoben)
- [8] Mathias Barthel: Photoionisation von Atomen und Molekülen in definierten Zuständen, Dissertation an der Freien Universität Berlin, Juli 2009
- [9] Neue Wege bei der Abluftbehandlung von Klärschlamm-trocknungsanlagen, KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, 2011 (58) Nr. 4

# Reinigung von Abgasen



## Reinigung von Abgasen

– unter besonderer Berücksichtigung der thermischen Abfallbehandlung –

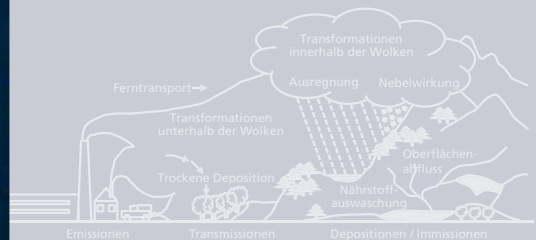
Autor: Margit Löschau

Erschienen: 2014

ISBN: 978-3-944310-13-8

Hardcover: 476

Preis: 50,00 EUR



Dieses umfassende Lehr- und Praxishandbuch stellt die Abgasreinigung nach der thermischen Abfallbehandlung ausführlich dar, hebt deren Besonderheiten hervor und erläutert die Unterschiede zu Abgasreinigungssystemen nach der thermischen Behandlung anderer Brennstoffe.

Behandelt werden die Herkunft und Wirkung von verbrennungscharakteristischen Luftschadstoffen, deren Entstehungsmechanismen im Verbrennungsprozess, Primär- und Sekundärmaßnahmen zu ihrer Reduzierung, Verfahren zur Emissionsmessung sowie Entsorgungsverfahren für Rückstände aus der Abgasreinigung. Insbesondere die Vor- und Nachteile von Verfahrensschritten und deren sinnvolle Kombination bei unterschiedlichen Randbedingungen werden herausgestellt.

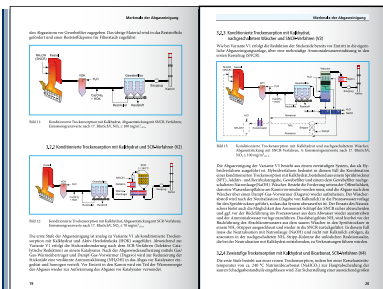
Zudem enthält das Buch Informationen und Analysen zur Emissionssituation, zu Betriebsmittelverbräuchen und Rückstandsmengen sowie zur Kostenstruktur von thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Abhängigkeit des eingesetzten Abgasreinigungssystems. Darüber hinaus werden Informationen zu aktuellen rechtlichen, wissenschaftlichen und technologischen Entwicklungen und deren Einfluss auf die Abgasreinigung gegeben. Eine Auswertung des Status quo der Abgasreinigung nach der Abfallverbrennung in Deutschland, Ausführungsbeispiele zu den möglichen Aggregatekombinationen und typische Betriebswerte aus der Anlagenpraxis runden den Inhalt ab.

Damit ist das Werk zugleich ein Leitfaden zur Planung des für einen Standort und eine Abscheidungsaufgabe schlüssigen Gesamtkonzepts zur Abgasreinigung. Das Buch richtet sich an Studierende an Fach- und Hochschulen, an Entscheidungsträger, Planer und die betriebliche Praxis, beispielsweise wenn der Neubau eines Systems oder die Implementierung von Optimierungsmaßnahmen durchgeführt werden soll.

Bestellungen unter [www.vivis.de](http://www.vivis.de)  
oder

Dorfstraße 51  
D-16816 Nietwerder-Neuruppin  
Tel. +49.3391-45.45-0 • Fax +49.3391-45.45-10  
E-Mail: [tkverlag@vivis.de](mailto:tkverlag@vivis.de)

**vivis**  
TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Margit Löschau (Hrsg.):

**Immissionsschutz, Band 4**

**– Recht – Anlagenbetrieb und -optimierung – Emission –**

ISBN 978-3-944310-16-9 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky

Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2014

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,

Dr.-Ing. Stephanie Thiel, M.Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky

Erfassung und Layout: Ginette Teske, Sandra Peters, Berenice Gellhorn, Carolin Bienert, Cordula Müller

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.