

Neue Fotooxidation in der Abluft

Wirtschaftliche VOC-Reduktion für niedrige bis mittlere Konzentrationen



Autor: Frank Seitz, Senior Team Manager, Arbeitsbereich Prozesstechnik, IBL, Umwelt- und Biotechnik GmbH, Heidelberg

Frank Seitz

Industrieunternehmen, die eine Abluftreinigung zur Reduzierung von VOC bzw. Gerüchen betreiben, haben eine Reihe von hohen Anforderungen an die einzusetzende Technik. Die Bestrahlung mit UV-Licht für die Desinfektion ist seit langem bekannt und erprobt. Der Einsatz zum oxidativen Abbau von VOC und Gerüchen in der Luft gelang jedoch erst in den letzten Jahren bis zur Anwendungsreife. Die weiterentwickelte neue Fotooxidationstechnologie zeigt bereits heute Möglichkeiten, diesen vielfältigen Anforderungen zu genügen.

UV-Licht besteht aus elektromagnetischen Wellen, je kürzer die Wellenlänge, desto energiereicher die Strahlung. UV-Strahlung kann in UV-A, UV-B, UV-C und VUV unterschieden werden. VUV (Vakuum-UV, auch fernes UV) ist die Strahlung < 200 nm und damit die energiereichste Form, welche für technische Abluftreinigungsprozesse zur Verfügung steht. Eine typische UV-Lampe emittiert verschiedene Wellenlängen. Will man einen Schadstoff direkt durch radikalische Kettenreaktion mittels UV-Licht spalten, so muss dieser Schadstoff diese Wellenlänge auch absorbieren.

Fotolyse ist jedoch nicht der einzige Effekt, der für einen Schadstoffabbau genutzt werden kann. Je höher die Intensität der VUV-Strahlung, desto besser wird Luft-sauerstoff ozonolysiert. Das entstehende Ozon zerfällt zu Radikalen, welche den Fotolyseprozess überproportional verstär-

ken. Das in der Luftfeuchtigkeit enthaltene Wasser wird ebenfalls homolysiert, in OH-Radikale gespalten, welche ebenfalls an der Oxidationsreaktion mit dem Schadstoff teilnehmen.

Technik

Man unterscheidet abhängig vom Fülldruck zwei Haupttypen von Strahlern: Niederdruckstrahler (ND) und Mitteldruckstrahler (MD). Niederdruckstrahler können durch gezielte spezifische Modifikationen auch zur Geruchselimination eingesetzt werden. Vorteil bei diesen Systemen ist die generell sehr hohe prozentuale Ausbeute an UVC-Leistung. Die Vorteile der in den letzten Jahren weiterentwickelten der Mitteldruckstrahler-Lampen sind eine hohe Energiedichten und VUV-Ausbeuten, lange Lebensdauer, polychromatische Emissionen und geringe Betriebskosten.

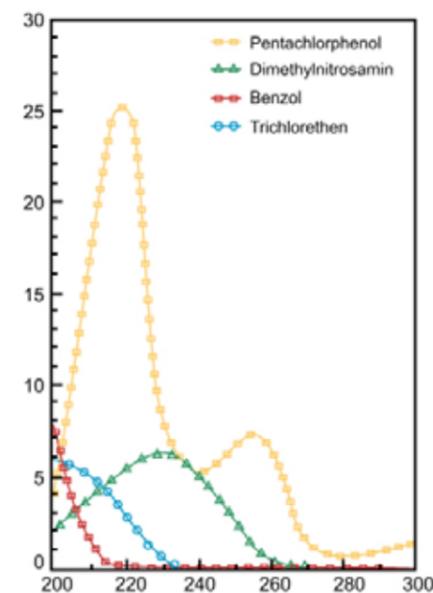
Das zu bestrahlende Abgas, wird mit einer Verweilzeit von wenigen Sekunden durch den UV-Reaktor geführt. Dabei durchströmt es die Behandlungsstrecke im Reaktor entlang speziell angeordneter UV-Strahler mit hohem Wirkungsgrad. Die Strahler im Reaktor bauen durch ihre Anordnung ein homogenes Strahlungsfeld auf. Die UV-Oxidations-Anlagen Uviblox wurden für kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Einsatz konzipiert. Zur stufenlosen Regelung der Anlagenleistung können externe Online-Messungen oder andere Prozessparameter integriert werden. Auf diese Weise reinigt die UV-Oxidation Luft ohne Rückstände. Die Anlagen bieten durch Konstruktion und Ausführung eine Reihe entscheidender Vorteile. Der modulare Aufbau der Anlagen ermöglicht die Anpassung direkt auf spezielle Bedürfnisse des Betreibers. Die Einbindung in bestehende Anlagen und Einrichtungen kann durch Anschlüsse nach Kundenwunsch und in verschiedenen Einbaulagen bei geringstem Platzbedarf erfolgen. Reinigungs- und Wartungsarbeiten können ohne Zeitverlust von Mitarbeitern des Anlagenbetreibers selbst durchgeführt werden. Die Anlagen bestehen aus standardisierten, robusten Großserienbauteilen und erhöhen durch Ihre bewährte Zuverlässigkeit die Verfügbarkeit der Anlagen. Die Instandhaltungskosten sind niedrig. Die UV-Anlagen sind wartungsarm und leicht zu bedienen.

Verfahrensprinzipien

Bei der Direkte Fotooxidation (DF) wird der Abluftstrom im direkten Durchfluss mit UV-Licht und optional nachgeschaltetem Katalysator behandelt. Die hierdurch entstehende Abwärme wird mittels rekuperativem Wärmetauscher zur Aufwärmung der schadstoffhaltigen Rohluft genutzt. Der notwendige Leistungseintrag für die Oxidationsreaktion wird minimiert.

Das Verfahren der Direkten Fotooxidation mit nachgeschalteter katalytischer Oxidation ermöglicht Einsparungen an Invest- sowie Betriebskosten gegenüber einer gewöhnlichen KNV von ca. 25 bis 75 %. Diese Verfahrenskonzeption kommt meist bei hohen gleichbleibenden VOC-Konzentrationen zum Einsatz. Bevorzugt dann, wenn eine autotherme Betriebsweise möglich ist oder die Volumenströme so klein sind, dass größerer apparatechnischer Aufwand nicht lohnt.

Sind die Schadstoffkonzentrationsverläufe dagegen schwankend und/oder auf niedrigem Niveau, so empfiehlt sich das Verfahren der Regenerativen Fotooxidation (RF). Hierbei werden die Luftströme über eine Adsorptionsstufe geführt, die Schadstoffe abgeschieden. Der gereinigte Luftstrom emittiert mit Restkonzentrationen gemäß der zulässigen Grenzwerte. Das Adsorptionsmittel wird dann regelmäßig in einem separaten Kreislauf regeneriert. Die beiden Varianten bedienen unterschiedliche Einsatzbereiche. Durch die gleichmäßige Aufkonzentrierung lassen sich bei der Regenerativen Fotooxidation genauso wie bei der Direkten Fotooxidation die Betriebskosten durch geringere Katalysatormengen und -temperaturen gegenüber einer KNV mit ca. 25 bis 75 % deutlich reduzieren. Darüber hinaus lassen sich durch die wesentlich kleineren Regenerationsluftströme auch kleinere platzsparende Reinigungsmodule realisieren, was zusätzlich zu weiteren Einsparungen bei Invest und Betrieb führt.



01 Absorptionsspektrum von beispielhaften VOC-Komponenten

Fazit

Der Einsatz zum oxidativen Abbau von VOC und Gerüchen in der Luft gelang erst in den letzten Jahren bis zur Anwendungsreife. Neben den Anforderungen des Temperaturmanagements und der potenziellen Empfindlichkeit von UV-Lampen gegenüber Belagsbildung wie Feuchtigkeit waren die geringen Leistungsausbeuten und die aufwendige Energieversorgung als maßgebliche technische Hürden zu überwinden. Die hieraus hervorgegangene Technologie Uviblox ist in der Lage auch komplexe Luftreinigungsaufgaben zur Senkung von Geruchs- und VOC-Emissionen zu übernehmen. Durch geschickte Kombination von Prozessschritten können weite Konzentrationsbereiche, konstant oder schwankend, mit Störstoffen oder nicht, zuverlässig

behandelt werden. Die Technik der Fotooxidation ist platzsparend, flexibel und einfach steuerbar, modular erweiterbar und betriebskostensparend. Die Behandlung ist CO₂-emissionsneutral. Die Fotooxidation zählt zu den Niedertemperaturplasmaverfahren und wird in der neuen VDI-Richtlinie 2441 [2] als Leitfaden für Planer und Anwender beschrieben.

Literaturhinweis:

- [1] IBL Umwelt- und Biotechnik GmbH, Absorptionsspektren, Heidelberg, 2005
- [2] Haraeus Noble Light, Produktinformation UV-Lampen, 2013
- [3] Philips Lighting, Produktinformation UV-Lampen, 1994
- [4] VDI-Richtlinie 2441: Prozessgas- und Abgasreinigung durch Kaltplasmaverfahren, Gründruck, 2014

www.ibl-umweltfactory.de

Anwendungsbeispiel

Ein Hersteller von Chemierohstoffen betreibt eine biologische Kläranlage, aus welcher belastete Luftströme abgeleitet werden. Die bereits genehmigte und installierte Biofilteranlage war der Reinigungsaufgabe nicht gewachsen und musste ersetzt werden. Nach Rückbau wurde eine Fotooxidationsanlage nach dem RF-AF-Prinzip errichtet. Der vorbehandelte VOC-belastete Hauptstrom von 14000 m³/h wird wechselweise über zwei von drei parallelen Adsorptionsstufen geführt. Hierbei werden die schwankenden NMVOC-Frachten (non methane volatile organic compounds) komplett auf < 50 mgC/m³ (ohne Methan) durch Adsorption mittels geeignetem Adsorptionsmittel abgeschieden. Die austretende Abluft erfüllt dauerhaft die geforderten Reinluftgrenzwerte.



02 Abluftreinigung bezüglich BTEX-Aromaten und Alkylbenzolen in der Chemieindustrie (14 000 m³/h)