



Einsatz von SCR Katalysatoren bei Sondergasanwendungen zur Formaldehydreduzierung

Emissionsgrenzwerte von morgen bereits heute sicher erreichen

Bei den Luftschadstoffen sind derzeit durch die Diskussion der Immissionssituation des Güter- und Individualverkehrs in Großstädten die gesundheitsschädlichen Formaldehyde und Stickstoffoxide in den Mittelpunkt gerückt. Bei den stationären Anlagen wird die Luftreinhaltung mit teils stadt- und länderspezifischen Zielsetzungen entwickelt. Die zukünftigen Anforderungen in Deutschland werden und wurden teilweise dazu bereits neu geregelt.

Biogas- und Sondergaskraftwerke fielen im Betrieb schon in der Vergangenheit durch hohe Kohlenmonoxid- sowie insbesondere Aldehydemissionen auf. Aus dem Grund wurde daher mit der Novelle 2009 des Erneuerbaren Energie Gesetzes (EEG) ein Formaldehydgrenzwert von 40 mg/Nm^3 eingeführt.

Die Vollzugsempfehlung Formaldehyd hat in Deutschland zudem im Jahr 2016 den Formaldehydgrenzwert für Gasmotoren auf ein Drittel abgesenkt. Zusätzlich ist für Biogasanlagen, die bisher den im EEG 2009 eingeführten Emissionsminderungsbonus für Formaldehyd in Anspruch nehmen ab dem 01. Juli 2018 der Grenzwert von 20 mg/Nm^3 maßgebend.

Dies gilt für Biogasanlagen die nach Bundes-Immissionsschutzgesetz genehmigungsbedürftig sind, also über eine Feuerungsleistung von über einem Megawatt verfügen. Einher geht die Auszahlung des Bonus mit einer jährlichen Messung durch akkreditierte Messinstitute.

Für die Erlangung des Bonus haben sich Oxidationskatalysatoren durchgesetzt. Dies stellte bisher die preisgünstigste Möglichkeit der Abgasnachbehandlung dar. Auch die Verringerung auf den neuen Grenzwert konnte im Markt erfolgreich durch Applikation der Katalysatoren erreicht werden.

Einen deutlichen Einfluss auf die Abgasnachbehandlungstechnologie von Gasmotoren wird die Forderung nach einem Stickoxidgrenzwert von 100 mg/Nm^3 für Erdgas und Sondergasmotoren haben. Dieser Grenzwert ist nur mit einem SCR Abgasnachbehandlungssystem mit Eindüsung einer Harnstofflösung (AdBlue®) einzuhalten.

Die MCPD Richtlinie regelt die Emissionen von Gasmotoren europaweit. Diese Richtlinie wurde am 19.12.2017 deutsches Recht und sollte am 20.12.2018 in Kraft treten. Demnach müssen alle Gasmotoren ab 1 MW Feuerungswärmeleistung einen NO_x -Grenzwert von 250 mg/Nm^3 einhalten, wenn sie mit Erdgas befeuert werden. Auch hier sind Übergangsfristen für Bestandsanlagen definiert.

Die 44. BImSchV als nationale Umsetzung der europäischen Richtlinie „Mediumsized Combustion Plant Directive (MCP)“ wurde am 07.06.2019 vom Bundesrat beschlossen. Anschließend wurde die Verordnung am 19.06.2019 im Bundesgesetzblatt veröffentlicht und ist somit am 20.06.2019 in Kraft getreten.

Die Verordnung löst für Feuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen im Leistungsbereich von 1 bis 50 MW FWL die bisher geltenden Regelungen der TA Luft ab. Sie enthält neben schärferen Emissionsgrenzwerten und kürzeren Messintervallen u.a. auch neue Nachweis-, Dokumentations- und Meldepflichten.

Mit dem Inkrafttreten der 44. BImSchV dürfte jedem Betreiber mittlerweile klar sein, dass in Bezug auf Abgasnachbehandlung Handlungsbedarf besteht und zwar für Bestandsanlagen und Neuanlagen.

Wichtig dabei zu wissen ist, dass Anlagen die bisher noch nicht der BImSchV zugeordnet wurden bei Erhöhung der elektrischen Leistung (Flexibilisierung) sehr schnell die ein Megawattgrenze überschreiten und dann die gesamte Anlage die geringen Grenzwerte einhalten müssen.

Wirtschaftlich sinnvolle Lösungen

Die Entwicklung zeigt sehr deutlich, dass Betreiber und Anlagenbauer in der Pflicht stehen für Neu- und Bestandsanlagen zukunftsorientierte Abgasnachbehandlungssysteme einzusetzen.

Für viele Betreiber stellt sich in den Zusammenhang dann auch die Frage, welches der angebotenen Systeme die aktuellen Anforderungen erfüllt und auf die zukünftigen Anforderungen ohne große Umbaumaßnahmen angepasst werden kann.

Im ersten Schritt gilt es sich zu verdeutlichen, was die Oxidationskatalysatoren von den SCR Katalysatoren unterscheidet.

Oxidationskatalysatoren wandeln mit dem verbliebenen Luftsauerstoff im Abgas die nicht vollständig verbrannten, gasförmigen Bestandteile wie Kohlenmonoxid und Formaldehyde in Kohlenstoffdioxid um. Dabei werden die Sauerstoffmoleküle auf der Oberfläche der Katalysatorbeschichtung am Edelmetall adsorbiert, die Bindung zwischen den beiden Sauerstoffmolekülen gelockert und der Sauerstoff für die Oxidation der Kohlenwasserstoffe katalytisch aktiviert. Oxidationskatalysatoren sind aufgrund der hohen Edelmetallbeladung empfindlich gegen Schwefel und anderen Begleitstoffen im Gas.

Aus dem Grund sind bei den meisten Biogasanlagen Gasreinigungssysteme nachgerüstet worden. In den letzten Jahren haben sich zudem schwefelresistentere Katalysatoren sehr bewährt, dennoch unterliegen alle Systeme irgendeiner Art von Verschleiß. Bei Oxidationskatalysatoren liegen in der Regel drei verschiedene Formen der Deaktivierung vor, die sich je nach Einsatzbedingungen unterschiedlich stark auf die Alterung des Katalysators auswirken.

Durch hohe thermische Beanspruchung können die Oberflächen des Trägermaterials angegriffen werden und zusammen sintern, sie verschmelzen. Hierdurch verringert sich die aktive Oberfläche, da sich vorher zugängliche Poren verschließen und dort befindliche aktive Komponenten nicht mehr zugänglich sind.

Durch den ständigen Volllastbetrieb und den damit einhergehenden hohen Abgastemperaturen hat zudem das Edelmetall das Bestreben sich zu größeren Partikeln zu vereinen. Auch dadurch verliert der Katalysator an aktiver Oberfläche und verringert damit seine katalytische Aktivität. Eine weitere Reduzierung der katalytischen Aktivität erfolgt durch Ablagerungen. Ursache dafür sind meist Additive in den verwendeten Motorölen oder Gasbegleitstoffe aus der Gaserzeugung, welche nicht durch eine Gasreinigung entfernt wurden oder entfernt werden konnten (Siloxane, Zink-Phosphor-Verbindungen, Antiverschleißzusätze). Die Siloxane legen sich glasartig auf das Trägermaterial und erzeugen zudem aufgrund ihrer Härte einen hohen mechanischen Abrieb. Das Problem der Additive kann man durch sorgfältige Auswahl des Motoröls noch in den Griff bekommen. Die Siloxane lassen sich durch bestimmte Aktivkohlefilter reduzieren, mit einem Restgehalt im Gas muss aber immer gerechnet werden.

Mit der Verringerung der Grenzwerte wird nun die Wirtschaftlichkeit der Systeme immer wichtiger. Ein Oxidationskatalysator hat beispielsweise im Biogaseinsatz – eine funktionierende Gasreinigung vorausgesetzt – problemlos über 2 – 3 Jahre die 40 mg/Nm³ Grenzwerte eingehalten. Setzt man eine Verringerung der katalytischen Aktivität von ca. 6 – 8 mg/Nm³ voraus, wird der Katalysator nach 1 - 2 Jahren die neu gefor-

dernten 20 mg/Nm³ nicht mehr erreichen.

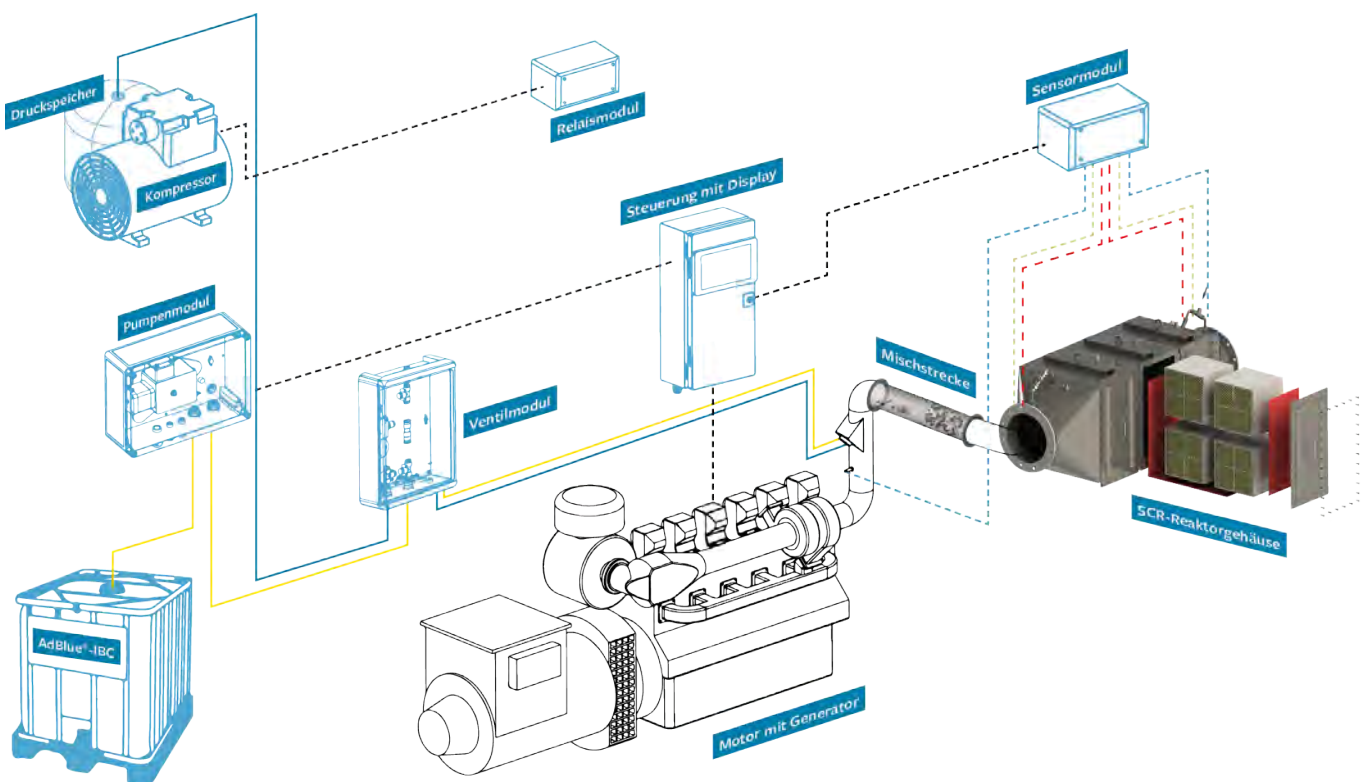
Insbesondere bei Anlagen mit hohem Siloxangehalt (> 0,05 mg/m³, Gewährleistungsgrenzwert meist < 0,01mg/m³) zeigen sich nur geringe Standzeiten der Katalysatoren, auch wenn eine funktionierende Gasreinigung vor dem Motor zum Einsatz kommt.

Zudem wird bei Biogasanlagen ab 2023 die Reduzierung der NO_x-Anteile im Abgas notwendig sein. Stellt sich also die Frage, ob man nicht SCR-Katalysatorsysteme mit geringem Edelmetallgehalt in einer nachgeschalteten Oxidationsebene zur Formaldehydreduzierung einsetzen kann – mit dem Effekt einer wesentlich größeren Unempfindlichkeit gegenüber Katalysatorgiften wie Siloxane und der Möglichkeit der Nachrüstbarkeit für eine spätere NO_x-Reduzierung.

Das SCR-Abgasreinigungssystem

Das System besteht in der ersten Ausbaustufe im Wesentlichen aus dem SCR-Katalysatorgehäuse zusammen mit den Katalysatormodulen. Die Steuerungseinheit mit Sensoren und Kabeln, der Einspritzdüse inkl. Pumpe, dem Tank für AdBlue® sowie dem Befestigungsmaterial kann nachgerüstet werden.

Folgende Abbildung zeigt die wesentlichen Bestandteile einer SCR-Abgasnachbehandlungsanlage:



Im wesentlichen Unterschied zum Oxidationskatalysator wird bei der SCR-Abgasnachbehandlung noch die, zu der Harnstoffdosierung, notwendigen Komponenten benötigt.

Aufgrund der zeitlichen Verschiebung des Inkrafttretens der 44. BImSchV installierten viele Betreiber bereits bei Anlagen das System mit Mischstrecke, SCR-Reaktor und SCR-Katalysatoren, mit der Absicht in einem zweiten Schritt das System mit Harnstofftank, Sensoren und Dosierung zu ergänzen.

Bei dem Betrieb der Anlagen in der ersten Ausbaustufe zeigte sich schnell, dass die SCR-Katalysatoren in Verbindung mit einem edelmetallreduzierten Oxidationskatalysator – den sogenannten Sperrkatalysator – als extrem unempfindliches und beständiges Oxidationskatalysatorsystem eingesetzt werden kann.

Diese Tatsache veranlasste die Wetterauer Entsorgungsanlagen GmbH (kurz WEAG) dazu ein solches System von Emission Partner bei der Verstromung von Biogas aus Abfällen einzusetzen.

Abfallwirtschaft Wetterau/Wetterauer Entsorgungsanlagen GmbH

Der Abfallwirtschaftsbetrieb des Wetteraukreises wurde 1994 in Form eines Eigenbetriebes gegründet und übernimmt als öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger die hoheitlichen Entsorgungsaufgaben des Landkreises. Die Wetterauer Entsorgungsanlagen GmbH (WEAG) ist eine 100%ige Tochter des Eigenbetriebes und plant, baut, finanziert und betreibt alle Investitionen des Abfallwirtschaftsbetriebes. Dazu gehören neben dem Entsorgungszentrum Wetterau und drei Recyclinghöfen auch das Humus- und Erdenwerk in Niddatal Ilbenstadt. Seit seiner Gründung 1993 wurde der Standort, der anfangs als reines Kompostwerk konzipiert wurde, immer weiterentwickelt und technisiert. Im Jahr 2007 wurde eine vorgeschaltete Vergärungsstufe installiert. Mit der letzten Ausbaustufe der Anlage konnte der Anlagendurchsatz auf 36.500 t/a erhöht und die Stromproduktion durch den Bau eines zweiten BHKWs und eines großen Gasspeichers flexibilisiert werden.



Im Humus- und Erdenwerk werden die Bioabfälle aus der braunen Tonne aller Haushalte im Wetteraukreis verarbeitet. Zusätzlich werden Grünabfälle aus der Straßensammlung der Städte/Gemeinden, von den Recyclinghöfen im Wetteraukreis und von Garten- und Landschaftsbaubetrieben angeliefert.

Aus den Bioabfällen wird in der Vergärungsanlage Biogas gewonnen, das in zwei Blockheizkraftwerken (625 + 527 kWel) bedarfsgerecht zu Strom und Wärme umgewandelt wird. Nach der Vergärung wird der Gärrest durch Abpressen separiert, wodurch ca. 9000 m³/a flüssiger Gärrest und etwa 13.000 m³/a Komposte entstehen, die überwiegend landwirtschaftlich verwertet werden. Die Kompostvermarktung und deren Gütesicherung erfolgt durch die Kompostierung Wet-

terau GmbH, die eng mit regionalen Landwirten zusammenarbeitet. Auf diese Weise wird der regionale Nährstoffkreislauf erhalten.

Bei dem Betrieb der Anlagen zeigte sich, dass trotz aufwendiger Gasaufbereitung die Standzeiten der Oxidationskatalysatoren nicht zufriedenstellend war. Aus diesem Grund suchte der Betreiber nach alternativen Abgasnachbehandlungssystemen.

Nach intensiver Suche und Vergleich der Systeme entschied sich der Betreiber für die 527 kWel Anlage, und später dann auch für die zweite Anlage, eine SCR-Abgasnachbehandlungsanlage in der ersten Ausbaustufe, ohne Dosiersystem, als Oxidationskatalysator vom Hersteller Emission Partner einzusetzen.

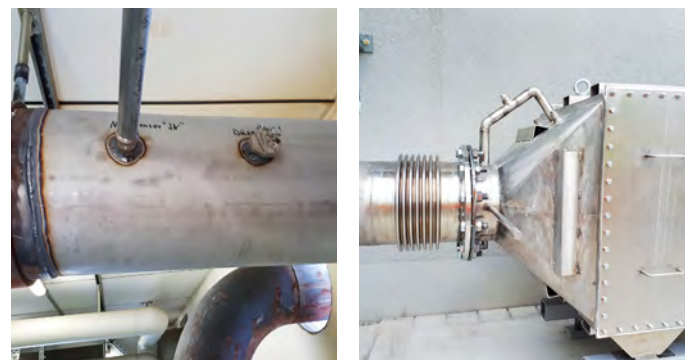
Ziel war es das System so zu installieren, dass bei einer eventuellen Nachrüstung der zweiten Ausbaustufe mit Dosiersystem und den Sensoren, keine Schweißarbeiten und langfristigen Montagearbeiten mehr notwendig sind.

Aus dem Grund wurden bereits alle Muffen für NO_x-Temperatur-, Druckmessung sowie für die Harnstoffeindüsung in die Abgasleitung eingeschweißt.

Die folgende Abbildung zeigt den SCR-Reaktor an der 527 KW BHKW Anlage:



Die Muffen wurden mit Verlängerungen ausgeführt, damit die Sensoren später außerhalb der Dämmung installiert werden können.



Bei der Installation wurde darauf geachtet, dass die Wärmeausdehnungen von den Abgasleitungen und auch Motorvibrationen durch Kompensatoren ausgeglichen werden.

Gedämmt wurde das gesamte System mit 2 Lagen Mineralwolle à 100 mm. Anschließend erhielt die Dämmung noch eine Verkleidung aus verzinktem Blech.

Nach der Inbetriebnahme zeigte sich wie erwartet, dass mit dem System von Emission Partner die richtige Entscheidung getroffen wurde. Die Formaldehydwerte wurden vorab mit einem nasschemischen Verfahren weit unter 10 mg/Nm^3 gemessen.

Nachdem die niedrigen Werte auch nach einem halben Jahr noch unverändert messbar waren, entschied sich der Betreiber auch für den Umbau der zweiten Abgasnachbehandlung auf das SCR-System in der ersten Ausbaustufe.

Aufgrund des geringeren Platzangebotes in der Peripherie der BHKW Anlage, wurde sich für eine vertikale Aufstellung des SCR Reaktors entschieden.



Bei der zweiten Anlage ist kein Abgaswärmetauscher vorgesehen, so dass der SCR-Reaktor direkt an den Kamin angebunden werden konnte.

Ergebnisse der akkreditierten Messung

Nach der Installation der zweiten Anlage im Dezember 2018 wurden unmittelbar zwei Messtermine für die akkreditierte Abgasmessung durch ein Messinstitut beauftragt. Die Ergebnisse der Messungen bestätigten die Vormessungen im vollen Umfang und lassen eine sehr lange Standzeit des Katalysatorsystems von mehreren Jahren erwarten.

Messergebnisse aus Dezember 2018: (inkl. erweiterte Messunsicherheit)

BHKW 527 kWel Formaldehydwert: 2 mg/Nm^3
(nach 6 Monaten Betriebszeit)

BHKW 625 kWel Formaldehydwert: unter der Bestimmungsgrenze (frisch nach 4 Wochen Betrieb)

Messergebnisse aus Dezember 2019: (inkl. erweiterte Messunsicherheit)

BHKW 527 kWel Formaldehydwert: 8 mg/Nm^3
(nach 18 Monaten Betriebszeit)

BHKW 625 kWel Formaldehydwert: 2 mg/Nm^3
(nach 13 Monaten Betriebszeit)

Zusammenfassung

Mit dem Einsatz eines SCR-Abgasnachbehandlungssystems ohne Harnstoffeindosierung kann insbesondere bei Anlagen mit Katalysatorgiften wie Schwefel und Siloxanen eine sehr resistente Abgasnachbehandlung zur sicheren Einhaltung der Emissionswerte realisiert werden.

Die Anlagen werden für die Nachrüstung des Harnstoffdosier-

systems vorbereitet, so dass auch in einer zweiten Ausbaustufe ohne großen Aufwand und Stillstandzeiten der Anlage dies zur NO_x -Reduzierung nachgerüstet werden kann.

Die Wetterauer Entsorgungsanlagen GmbH bestätigt durch den Einsatz der Anlagen die Ernsthaftigkeit der Selbstverpflichtung zum nachhaltigen und zukunftsorientierten Betrieb der Anlagen.

Autor

Dipl. Ing. (FH) Wilhelm Stockel
Emission Partner GmbH & Co.KG
Industriestraße 5 • D-26683 Saterland-Ramsloh
Telefon: +49 4498 92326 252 |
E-Mail: wilhelm.stockel@emission-partner.de