

Duisburg, 06.Dezember 2016

3. Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses

Protokoll

Teilnehmer Industrie:

Dr. Bernd Kelterborn LÜHR FILTER GmbH Co. KG, Stadthagen
Hr. Marko Morshäuser, Gutsche Textile Engineering, Fulda
Hr. Klaus Niemann, Tiede- & Niemann Ingenieurgesellschaft mbH, Hamburg
Hr. Ulrich Schwarz, GEA Deutschland, Frankfurt
Hr. Martin Sindram, Rheinkalk GmbH, Wülfrath
Hr. Rainer Skroch, GEA Deutschland, Frankfurt

Teilnehmer Forschungsstellen:

Prof. Dr. Roger Gläser, ITC Leipzig
Hr. Marcus Kasprick, ITC, Leipzig
Dr. Wladimir Suprun, ITC, Leipzig
Dr. Margot Bittig, IUTA, Duisburg
Hr. Dominik Behrla, IUTA, Duisburg
Fr. Sabine Kreckel, IUTA, Duisburg
Fr. Katharina Todt, IUTA, Duisburg

Forschungsstelle 1: Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V. (IUTA), Duisburg

Forschungsstelle 2: Institut für Technische Chemie, Universität Leipzig (ITC), Leipzig

11:15 Uhr Beginn der Sitzung

Frau Bittig begrüßt die Anwesenden.

Herr Suprun beginnt die Präsentation der Ergebnisse mit der Darstellung der am ITC durchgeführten Arbeiten. (Folien der Präsentation unter „18515BG Präsentation_ITC pbA 2016-12-06.pdf“).

Zur Einführung werden die Ergebnisse bis Juni 2016 (Stand der Ergebnisse zur vorangegangenen Ausschusssitzung) kurz zusammengefasst.

Nach wie vor ist die Bildung von Lachgas bei der katalytischen Entstickung mit Ammoniak im Fokus der Untersuchungen. Da Lachgas ein sehr hohes Treibhauspotential besitzt (300-fach höher als CO₂), muss die Bildung von Lachgas als unerwünschte Nebenreaktion der katalytischen Entstickung mit Ammoniak unterdrückt werden.

Herr Suprun erläutert die N₂O-Bildungsmechanismen sowie die Einflussfaktoren, die aus der Literatur bekannt sind.

Die nach der 2. Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses angestrebten Untersuchungen lassen sich den folgenden Schwerpunkten zuordnen:

- Variation des Gehaltes an aktiver Komponente (Inhibierung der N₂O-Bildung)
- binäre oder ternäre Mischoxidsysteme mit anderen Metallen (Mg, Cu, Fe, Ce; z.B. Mn + Cu)
- Einfluss der Vergiftung (H₂O, SO₂, H₂O + SO₂) auf Aktivität und Erhöhung der „Feuchte-Resistenz“ (Hydrophobierung)

Die Testungen am ITC erfolgten im Mikrofestbettreaktor mit ca. 200 mg Katalysator. Dieses Material hat eine Körnung von 100-315 µm.

Als Trägermaterialien wurden eingesetzt und untersucht: Al₂O₃, TiO₂, SiO₂, Mischoxide und Aktivkohle

Als aktive Spezies wurden Eisen, Kupfer und Mangan zwischen 12-24 Ma.-% eingesetzt und untersucht. Für die Untersuchungen von Kombinationen zweier unterschiedlicher Metalle wurden diese in den Massenverhältnissen 25:75, 50:50 und 75:25 untersucht.

Neben Untersuchungen mit trockenem Gas wurden Untersuchungen mit Feuchte und mit SO₂ durchgeführt.

Im Folgenden präsentiert Hr. Suprun die Ergebnisse anhand der Folien. Im Einzelnen wurde herausgestellt:

Die SCR Aktivität von Cu-haltiger Aktivkohle (AC) bei 160-180 °C ist um ca. 20-30 % niedriger als die von Mn/TiO₂-SiO₂ und Cu/Al₂O₃-SiO₂. Oberhalb von 250 °C tritt ein destruktiver Abbau des AK-Gerüst auf.

Mischoxidträgersysteme aus Titan dotiert mit Siliziumoxid unterdrückt die Lachgasbildung merklich, das gleiche gilt für Alumina als Träger (2 Ma.-%).

Auf Basis dieser Ergebnisse wurden für IUTA 2 Katalysatormaterialien herausgesucht: Mn/TiO₂-SiO₂ und Cu/Al₂O₃-SiO₃.

Die katalytische Aktivität hängt von den gewählten Übergangsmetalloxiden ab: Mn zeigte die höchste Aktivität, aber auch eine höhere Ausbeute von Lachgas

Vergiftung von Katalysatoren:

Wasser bewirkt eine starke, zum Teil reversible Desaktivierung des Cu haltigen Katalysators, der NO-Umsatz des Mn-Katalysators wird weniger stark beeinflusst. Die Beaufschlagung mit SO₂ führt zur irreversiblen Desaktivierung.

Einfluss von Wasser und SO₂ auf die Lachgasbildung:

N₂O-Bildung wird durch Wasser unterdrückt, ebenso durch SO₂

Als Bewertungskriterien zur Vergiftung mit Wasserdampf werden der Deaktivierungsgrad und der Regenerierungsgrad herangezogen.

Der Cu-Katalysator ist sehr empfindlich bezüglich der Vergiftung mit Wasser und SO₂, der Mn-Katalysator zeigt sich relativ resistent gegen Vergiftung, Metalloxide sind sehr anfällig für Vergiftung durch SO₂.

Um die Vergiftung durch Wasser zu unterdrücken wurde eine Hydrophobierung durch Silylierung angestrebt. Untersucht wurden pre- und post-Hydrophobierungen. Dabei hat sich gezeigt, dass die hydrophoben Organosilylgruppen bei Temperaturen über 200-250 °C zerstört werden. Durch die Silylierung kommt es zu einer Herabsetzung der katalytischen Aktivität.

Zur Verifizierung der Hydrophobierung der Katalysatoren wurde nachgewiesen, dass die Hydrophobierung eine starke Minderung der Wasseradsorption bewirkt, die Toluol-Adsorption aber begünstigt.

Ab 200 °C bildet sich CO₂ durch den oxidativen Abbau von Me₃Si-Gruppen, dabei kommt es zur schichtweisen Abbrennung, dies wurde auch bei Aktivkohle beobachtet.

Organosilylgruppen verbessern die Regenerierbarkeit aber unterdrücken drastisch die SCR-Aktivität.

Untersuchungen zur Trocknung von mit feuchtem Gas beaufschlagten Katalysatoren zeigten eine gute Regenerierbarkeit der Cu-Katalysatoren bis hin zu einer Erhöhung der Aktivität im Vergleich zum wasserfreiem Versuch. Dieses ist evtl. auf eine Neubildung von aktiven Zentren durch die Trocknung zurückzuführen.

Untersuchungen zu Aktivkohle basierten Katalysatoren:

Hierzu wurde Aktivkohle mit Kupferoxid beladen. Es wurden Versuche mit verschiedenen Dotierungen und Modifizierungen mit Salpetersäure durchgeführt.

Die erzielte Aktivität liegt etwas unterhalb der mit Mn/TiO₂ erzielten Aktivität. Bei 200 °C konnten Umsätze im Bereich von 70-80 % erreicht werden bei einer guten Resistenz gegenüber Vergiftung durch Wasser.

Untersuchungen zur Vergiftung durch SO₂ und H₂O wurden am Katalysator 17Cu/PBS-AC bei 220°C durchgeführt und führten zur langsamen Desaktivierung. Im Vergleich zu den auf Alumina basierten Katalysatoren zeigen die Materialien auf Basis polymerbasierter Aktivkohlen eine höhere Wasserresistenz.

Zusammenfassend lässt sich festhalten:

Mangan zeigt die höchste SCR-Aktivität.

Binäre Mn-, Cu- bzw. Fe-Mischoxid-Systeme haben teilweise bei niedrigen Temperaturen eine höhere SCR-Aktivität, erhöhen aber gleichzeitig die N₂O-Bildung.

Durch Modifikationen konnte die N₂O-Bildung für Mn/TiO₂-Katalysatoren reduziert werden. Eine Beladung mit SiO₂ unterdrückt die N₂O-Bildung durch Stabilisierung von MnO_x in höheren Oxidationszuständen.

Die Desaktivierung der SCR-Aktivität durch Feuchte im Gas ist ein wesentliches Problem bei der NT-SCR. Außerdem kommt es unterhalb 200 °C zur Bildung von Ammoniumnitrat und –sulfat.

Untersuchungen zur Hydrophobierung haben gezeigt, dass die Silylierung mit Me₃Si und PhSi die Wasserresistenz verbessert bzw. den Desaktivierungsgrad verringert. Dieses verringert jedoch auch die SCR Aktivität.

Ausblick:

Bis zum Ende des Projektes sind weitere Untersuchungen zu Mischoxiden mit den Metallen Mn, Cu und Ce geplant. Cer ist laut Literatur ein weiterer aussichtsreicher Kandidat für die NT-Entstickung. Deshalb sollen auch Untersuchungen mit CeO_x und TiO₂-SiO₂ als Trägermaterial durchgeführt werden.

Es sollen weitere Untersuchungen mit Aktivkohle-basierten Katalysatoren durchgeführt werden (verschiedene AK als Träger mit CeO_x, MnO_x, FeO_x-Beladung)

Des Weiteren sind Langzeituntersuchungen zum Einfluss von SO₂ und Wasserdampf- Vergiftung geplant.

Vertiefte Untersuchungen sollen zu den Themen Erhalt der Aktivität vs. Vergiftungs-Resistenz, Regenerierbarkeit und Leaching-Stabilität durchgeführt werden.

Ob die neuen Materialien auch noch innerhalb der Projektlaufzeit in die Tests am IUTA einfließen, richtet sich nach den Ergebnissen der Aktivitätstests. Bei sehr guten Ergebnissen wird versucht, eine entsprechend große Menge herstellen zu lassen. Hier ist die Unterstützung der Industrie (CRI) erforderlich.

Im Moment steht dem IUTA kaum noch Material zur Verfügung, da der Cu-Katalysator für das Verfahren nicht gut einsetzbar ist und der Mn-Katalysator zum großen Teil bereits verbraucht wurde. Dieser Teil steht jetzt für Rezirkulationsversuche zur Verfügung. Der unverbrauchte Katalysator wurde bereits zurück ans ITC geschickt, um dieses zu hydrophobieren. Deshalb wird versucht, eine weitere Charge des Mn-Katalysators zu bekommen.

Frau Bittig beginnt die Darstellung der am IUTA erzielten Ergebnisse mit einer kurzen Übersicht über den Status der laut Projektplanung durchzuführenden Arbeiten (Folien der Präsentation unter „18515BG Präsentation_IUTA pbA 2016-12-06.pdf“).

Aufbau und Inbetriebnahme des Versuchsstandes sind abgeschlossen. Trotzdem ergeben sich aus dem Betrieb immer wieder Situationen, die eine Optimierung erforderlich bzw. wünschenswert machen. Gutes Beispiel ist die Feuchteinstellung, die über eine Blasensäule realisiert wird. Zurzeit wird eine Masterarbeit zu diesem Thema durchgeführt. Ziel ist die Abstimmung aus Gasdurchsatz und Temperatur der Blasensäule zur Einstellung eines vorgegebenen Feuchtegehaltes im Prüfstand.

Die Tests zur Eignung des Materials für das angestrebte Verfahren sind ebenfalls abgeschlossen. Das Material hat eine Korngröße zwischen 50 und 70 µm. Im Verlauf der Bearbeitung wurden jedoch Überlegungen diskutiert, in diesem Zusammenhang andere Filtermedien zu testen und auch den Cu-Katalysator mit feuchter Luft zu testen, um die Wirkung auf die Haftigenschaften des Katalysators auf dem Filter zu untersuchen.

Wesentliche Aufgabe der im Folgenden zu präsentierenden Ergebnisse war die Untersuchung der Katalysatormaterialien auf die SCR-Aktivität. Untersucht wurden neben den beiden vom ITC zur Verfügung stehenden Katalysatormaterialien mit Cu und Mn als aktive Komponenten eine Aktivkohle. Als Parameter wurde die Temperatur variiert. Die Untersuchungen wurden mit trockener Luft und mit Zudosierung von Wasserdampf durchgeführt. Die Aktivkohle wurde mit Stickstoff in den Prüfstand dosiert.

Die Präsentation der Ergebnisse übernimmt Herr Behrla.

Zur letzten Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses konnten bereits erste Messungen zur Entstickungsleistung der Katalysatormaterialien gezeigt werden. In der Zwischenzeit wurde die Messtechnik durch die Bereitstellung eines FT-IR deutlich verbessert. Außerdem

wurden neue Prüfgase angeschafft. Diese Maßnahmen haben zu einer deutlichen Verbesserung der Reproduzierbarkeit der Messungen geführt. Die Ergebnisse wurden bereits validiert. Es hat sich auch herausgestellt, dass die bei der letzten Sitzung gemessenen N₂O-Konzentrationen ein Messfehler waren.

Die Ergebnisse zeigen den deutlichen Einfluss der Temperatur auf die Entstickungsleistung. Allerdings wird auch deutlich, dass die Entstickung über die Versuchsdauer stetig zunimmt. Da vor jedem Versuch ein neues Filter eingespannt wird und die Versuchsdauer durch die Staubvorlage begrenzt ist, wird während eines Versuchs das Filtertuch nicht vollständig mit Katalysatormaterial gesättigt.

Aus der Diskussion dieser Ergebnisse ergibt sich der Wunsch, die Messzeit zu verlängern. Dieses wäre mit Unterbrechungen zum Nachfüllen der Staubvorlage grundsätzlich möglich. Allerdings reicht dafür zzt. das Material nicht.

Die Filterflächenbelastung liegt etwas oberhalb des in Realanlagen typischen Werts von 1 m/min. Der minimale Volumenstrom setzt sich aus der Dosierluft für den Partikelgenerator, dem Wasserdampf und den Schadgasen zusammen. Eine Absenkung der Filterflächenbelastung kann nur durch Vorlage des Filterkuchens und anschließendem Stop der Staubdosierung erreicht werden.

Untersuchungen zu variierenden Katalysatorkonzentrationen wurden durch die Vermischung der Katalysatormaterialien mit dem Prüfstaub Pural NF realisiert. Ein Nullversuch belegt die Unwirksamkeit von Pural NF auf die Entstickung. Die Ergebnisse aus dem Versuch mit einer Mischung aus Cu-Katalysator und Pural NF im Verhältnis 50:50 sind aus der letzten Sitzung bekannt. Danach wurden Mischungen aus Katalysatormaterial und Pural NF in den volumetrischen Verhältnissen 25:75 und 50:50 angesetzt und untersucht. Die Abnahme der Entstickung durch die Verdünnung ist deutlich. Während NO bei 200 °C und reinem Mn-Katalysator von 200 ppm NO auf ca. 20 ppm absinkt, erreicht ein bis auf 25 Vol.-% verdünnter Mn-Katalysator einen NO-Reingaswert von ca. 60 ppm am Ende des Versuchs. Die Versuche wurden auch mit 160 °C durchgeführt (ohne Abbildung) mit gleichem Ergebnis auf erwartungsgemäß höherem Emissionsniveau. Die Untersuchungen belegen darüber hinaus, dass die SCR-Aktivität des Mn-haltigen Katalysators deutlich über der des Cu-haltigen liegt. Der Mn-Katalysator zeigt bei 25 %-Anteil im Staub eine höhere NO-Umsetzung als der Cu-Katalysator bei einem Anteil von 50 % im Staub. Außerdem ist das Cu-Katalysatormaterial von den mechanischen Eigenschaften ungeeignet für das Verfahren (schlechte Haftung auf dem Filter, ungleichmäßige Ausbildung des Filterkuchens)

Auch hier wird die Notwendigkeit diskutiert, Langzeituntersuchungen durchzuführen, um die maximal zu erreichende NO-Umsetzung zu ermitteln.

Aufgrund der Ergebnisse wurde im nächsten Schritt der Mn-Katalysator mit feuchtem Gas beaufschlagt. Die Entstickung wurde deutlich vermindert und die NO-Konzentration stieg von ca. 20 ppm im trockenen Abgas auf ca. 75 ppm (im Mittel) im feuchten Abgas. Dabei unterliegt die Entstickung großen Schwankungen, da die Abreinigung mit Druckluft einen deutlichen Einfluss auf die Feuchte im Gas hat. Positiv ist, dass die Anwesenheit von Wasser die Lachgasbildung nahezu vollständig unterdrückt. Aufgrund des deutlichen Ergebnisses und der sehr begrenzten Menge an Material wurde entschieden, zunächst keine weiteren Messungen mit feuchtem Gas zu machen, sondern einen Teil des Materials zur Hydrophobierung zurück ans ITC zu schicken.

Die bisher getestete Feuchte ist zu gering. Am IUTA wurden bisher Tests zwischen 4 und 6 Vol.-% Wasser im Gas durchgeführt. Zurzeit sind maximal 10 Vol.-% einstellbar. An der Erhöhung der Feuchte wird derzeit gearbeitet. Für industrielle Anwen-

dungen sollten bis 25 Vol.-% einstellbar sein. Versuche unterhalb 12 Vol.-% sind nicht realitätsnah. Auch hier ist absehbar, dass Untersuchungen mit höheren Feuchtegehalten im Gas nur ohne Staubdosierung möglich sind. Für die industrielle Anwendung sind jedoch Versuche ohne feuchte quasi irrelevant und können maximal zum Vergleich der unterschiedlichen Materialien herangezogen werden.

Im Folgenden wurden Untersuchungen durchgeführt, die Aussagen über den Einfluss der Flugstromphase, der Filterbelegung und der Filterkuchendicke zulassen. Es wurde wie folgt vorgegangen:

Die Rohgaswerte für NO und NH₃ werden eingestellt und ausgeschaltet. Das Katalysatormaterial wird dosiert bis zu einem Druckverlust von 2 mbar (entsprechend ca. 2 g Material auf dem Filter). Danach wird die Staubdosierung gestoppt und die Schadgasdosierung wieder eingestellt. Im trockenen Gasstrom bei 200 °C zeigt sich ein sprunghafter Anstieg der NO-Reingaskonzentration auf 125 ppm. Der Wert steigt langsam aber stetig bis auf 150 ppm innerhalb von 1,75 h. Die gleiche Untersuchung im feuchten Gas ergibt den überraschenden Befund, dass der NO-Reingaswert ebenfalls bei 150 ppm liegt. Der Anstieg auf den Endwert erfolgt direkt, jedoch unterscheidet sich die Entstickungsleistung bei diesem Versuch nicht von der im trockenen Gas.

Hier sollten Überlegungen folgen, inwieweit dieser Befund einer möglichen Ursache zugeordnet werden kann. Denkbar ist z.B., dass die Vergiftung durch Wasser ein Oberflächenproblem ist und mit der Zeit auf einem bestimmten Wert eingefroren wird. Es sollten Untersuchungen mit unterschiedlichen Temperaturen durchgeführt werden. Es sollte auch überprüft werden, ob sich in beiden Versuchen wirklich eine identische Katalysatormenge im System befunden hat.

Als nächstes wurde der Einfluss des Katalysatormaterials untersucht, dass durch die Druckluftstöße nicht vom Filter abgereinigt wird. Die Vorgehensweise ist wie folgt: Nach Einstellung der Rohgaskonzentrationen wird Katalysator dosiert bis zu einem Druckverlust von 10 mbar. Der NO-Reingaswert sinkt auf ca. 20 ppm ab. Hier erfolgt die automatische Abreinigung. Gleichzeitig wird sowohl die Staubdosierung als auch die Schadgasdosierung ausgestellt. Nach 15 min. wird die Schadgasdosierung wieder angestellt. Es stellt sich eine NO-Reingaskonzentration von ca. 80 ppm ein. Danach wird wiederum Katalysator dosiert. Bei 10 mbar Druckverlust über dem Filter werden die Dosierungen (Staub und Schadgase) ausgestellt. Der Filter wird nicht abgereinigt. Nach 15 min werden NO und NH₃ wieder zudosiert. Der NO-Reingasgehalt bleibt auf dem Niveau von 20 ppm.

An diesem Versuch ist besonders bemerkenswert, dass die Grundbelegung des Filters nach Abreinigung eine höhere Entstickung erzielt, als eine Belegung des Filters mit einer Staubschicht entsprechend 2 mbar Druckverlust. Deshalb wird der nächste Versuch angeschlossen.

Die Aufgabe von Katalysator erfolgt bis 2 mbar Druckverlust. Danach wird Pural NF als Staub eingesetzt und der Druckverlust auf 10 mbar angehoben. Die Staubdosierung wird ausgestellt, es erfolgt keine Abreinigung. Dosierte werden dann 200 ppm NO und stöchiometrisch NH₃. Der NO-Reingaswert stellt sich sprunghaft auf ca. 100 ppm ein mit leicht ansteigendem Verlauf und damit 50 ppm unter dem Wert, der mit der gleichen Menge Katalysator aber bei 2 mbar Druckverlust erzielt wurde.

Aus diesen Ergebnissen lassen sich folgende Aussagen ableiten.

Die Grundbelegung des Filters mit Katalysator hat einen erheblichen Einfluss auf die Entstickungsleistung. Dabei ist der Druck, mit dem das Material dem Filter aufgeprägt wird, ein wesentlicher Parameter. Die Dicke des Filterkuchens führt zu einer Vergleichmäßigung der Durchströmung und zu einer Verbesserung der Entstickung.

Aufgrund dieser Ergebnisse plant IUTA Messungen mit höheren Abreinigungsdrücken.

Die Flugphase hat keinen Einfluss auf die Entstickung, entscheidend ist die Filterschicht.

Nebenbei zeigen die Versuche die Adsorption von Ammoniak im System.

Dieses ist aus vielen Anwendungen bereits bekannt.

Sehr wünschenswert wäre die Protokollierung der Menge an Katalysatormaterial, das auf dem Filter als Kuchen liegt. IUTA muss testen, inwieweit der Filterkuchen beim Ausbau vollständig erhalten bleiben kann. Allerdings ist die Korrelation zwischen Druckverlust und dosierter Staubmenge bereits gut bekannt. IUTA wird die Möglichkeiten der Filterkuchenuntersuchungen mit den Industrievertretern diskutieren und prüfen, welche der Standardmethoden am IUTA verfügbar sind.

Untersuchungen mit Aktivkohle zeigten keinen NO-Umsatz. Der in der Praxis bekannte positive Einfluss auf die Entstickung muss damit durch weitere Einflussfaktoren initiiert sein.

Die NO-Entstickung benötigt zwingend Sauerstoff, da die Reaktion mit Ammoniak über den Zwischenschritt zum NO₂ erfolgt. Trotz der Staubdosierung mit N₂ war über die weiteren Dosierlüfte mit ca. 4 Vol.% jedoch ausreichend Sauerstoff im Gas.

In der Praxisanwendung ist der NH₃-Schlupf ein wesentliches Kriterium, dem bei den bisherigen Untersuchungen noch nicht Rechnung getragen wurde. Deshalb sollten die Versuche mit einer geregelten Erhöhung der NH₃-Konzentration durchgeführt werden. NH₃ sollte nur soweit erhöht werden, bis der Schlupf zwischen 5 und 10 ppm liegt.

Auch für die Untersuchungen mit feuchter Luft sollten Abschaltversuche durchgeführt werden, z. B. Messungen mit trockener Luft, dann Feuchte zudosieren und anschließend wieder mit trockener Luft fahren.

Bis zum Ende der Laufzeit sind am IUTA Untersuchungen mit hydrophobiertem Material vorgesehen.

IUTA wünscht aufgrund der Synergieeffekte in der Anwendung auch die Untersuchungen mit Aktivkohle als Trägermaterial. Dieses setzt voraus, dass ausreichend Material zur Verfügung steht.

Darüber hinaus sind Untersuchungen mit anderen Filtermedien (evtl. lässt sich dieser Punkt in Zusammenarbeit mit dem IGF-Vorhaben „Filterdegradation“ durchführen) und mit unterschiedlichen Abreinigungsdrücken geplant. Untersuchungen zur Stöchiometrie NO/NH₃ bzw. zum NH₃-Schlupf sollen ebenfalls durchgeführt werden. Der limitierende Faktor ist dabei die Menge an zur Verfügung stehendem Material. Es wird dringend Mn-Katalysatormaterial benötigt.

Zeigen die neuen Materialien gute Ergebnisse können die bisherigen Untersuchungen durch Messungen bei 120 °C ergänzt werden.

Das bereits benutzte Katalysatormaterial wird zzt. für Rezirkulationsuntersuchungen verwendet. Bisher zeigt das Material jedoch keine Alterung. Anschließend sollen in Absprache mit dem ITC Versuche zur Regenerierung durchgeführt werden (Waschen, Ausheizen mit T und Zeit als Parameter).

Ggf. wird die Alterung des Materials durch Feuchte und SO₂ beschleunigt.

13:30 Pause

Nach der Pause wurden mit den Industrievertretern die Möglichkeiten eines Folgeantrags diskutiert. Das Projekt endet zum 31.05.2017. Sollten die Vertreter der Industrie unterstützen, würden die beiden Forschungsstellen IUTA und ITC die Arbeiten gerne fortsetzen.

In diesem Zusammenhang wurde ans IUTA herangetragen, dass das Verfahren für Anlagen mit Holzfeuerungen interessant sein könnte. Aus dieser anderen Anwendung könnten sich neue Anforderungen für die Katalysator- und Verfahrensauslegung ergeben.

Herr Suprun präsentiert Überlegungen zur innovativen Ausrichtung einer weiterführenden Katalysatorentwicklung. Das Entwicklungspotenzial für NT-NH₃-SCR wird dabei gesehen in:

- Der Erhöhung der Aktivität bei NT durch Mischoxidsysteme (mit CeO_x-, FeO_x-, MgO-Dotierungen)
- Der Verbesserung der Katalysator-Resistenz bezüglich SO₂-Vergiftung (MgO, ...)
- Der Entwicklung von Katalysatoren auf der Basis von AK z.B. FeO_x als aktive Spezies
- Einer energieeffizienten Reaktivierung von Katalysatoren
- Dem Einsatz von Eisenoxiden als kostengünstiges Material bei der Herstellung von "Einweg SCR-Katalysatoren" (geringere Toxizität von Fe-Oxiden)
- Dem Einsatz von durch hydrothermale Carbonisierung gewonnenen Aktivkohlen (HTC-AC). Damit würde ein Recycling-Produkt verwendet: Anwendbare Innovationen für den Umwelt- und Klimaschutz. Außerdem ist das Material unbedenklich in der Entsorgung. Ein Einsatz als Zusatz zur Bodenverbesserung wäre denkbar.
- Entwicklung von NT-deNO_x-SCR-Technologie unter Berücksichtigung und Analyse der Umweltbelastung bzw. des ökologischen Fingerabdrucks

Insbesondere in den Aspekten Umwelt- und Klimaschutz und kostengünstige und toxikologisch unbedenkliche Materialien für den Bereich der „Einwegkatalysatoren“ sehen die Projektpartner ein hohes Innovationspotenzial. Für den Folgeantrag wird diskutiert werden, ob eine Ökoeffizienz-Analyse Bestandteil des Antrags sein sollte.

Der Kreis der Ausschussmitglieder könnte um die Hersteller von HTC-AC und Eisenoxiddkatalysatoren erweitert werden, z. B. DBFZ, Artec, SWH, Bayferrox

Die Verwendung von HTC-AC inkludiert die Notwendigkeit, die Leistungsfähigkeit der Aktivkohle auch in Hinblick auf adsorptive Eigenschaften gegenüber Dioxinen und Schwermetallen zu testen und mit den etablierten Qualitäten zu vergleichen.

Hier stellt sich die Frage, ob auch andere Materialien wie Kalkhydrate und Bentonite als Träger geeignet wären. Herr Gläser betont, dass wesentlich für die SCR-Aktivität Säurestärke und Säurezentrendichte des Trägermaterials sind, die in ausreichendem Maße vorhanden sein müssen. Es kann mit unterschiedlichen Säuren gearbeitet werden, z. B. HCl oder Salpetersäure, um die Säurezentrendichte zu erhöhen. Bei basischen Komponenten ist die SCR-Aktivität deutlich niedriger.

Herr Sindram sichert die Zusendung von entsprechendem Material an das ITC zu.

Weiterhin wird diskutiert, wie ein Übergang in die Praxis gelingen kann. Wünschenswert wäre die Konzeption und der Betrieb einer mobilen Versuchsanlage, um das Material auch mit Realgas testen zu können. Dies sollte in den Folgeantrag mit aufgenommen werden.

Gewünscht werden auch Untersuchungen mit hohen SO₂-Konzentrationen von bis zu 200 ppm SO₂.

Es wird die Frage gestellt, ob es in dem betrachteten Temperaturbereich auch zu einer VOC-Reduzierung im Abgas kommt. IUTA kann VOC messen. Fr. Bittig weiß aber nicht bei welchen Konzentrationen und Volumenströmen. Herr Gläser vermutet, dass die „Oxidationskraft“ in den Medien nicht ausreicht und adsorptive Verfahren sinnvoller sein werden.

Die Ausschussmitglieder unterstreichen, dass das Vorhaben zwar vielversprechende Ergebnisse liefert, es aber noch keine Entscheidung zugunsten genau eines Katalysatormaterials gibt. Weitere Forschungen würden damit den Bereich der Vorwettbewerblichkeit noch nicht verlassen.

Die Anforderungen an den Katalysator richten sich auch nach der Positionierung des Verfahrens innerhalb der Reinigungskette. Grundsätzlich wäre der Einsatz im high-dust-Bereich in Kombination mit anderen Reinigungsaufgaben oder im low-dust-Bereich ggf. auch als eigenständige Komponente denkbar. Deshalb müssen die Leistungskriterien gut beschrieben und die Charakteristik des Katalysators klar definiert sein, damit der Anlagenbauer selber entscheiden kann, an welcher Stelle welcher Katalysator eingesetzt werden kann. Von dieser Entscheidung hängt auch ab, ob eine Regenerierung sinnvoll und mit welchem Verfahren diese Wirtschaftlich ist.

Interessant wäre auch die wirtschaftliche Betrachtung von kleinen Anlagen unter Einsatz der neuen Materialien im Vergleich zur konventionellen SCR-Technologie.

Das IUTA interne Antragsprozedere erfordert eine Projektskizze bis zum 22.01.2017. Der Antrag muss Anfang März fertig sein. Frau Bittig wird die Skizze versenden und mit dieser Mail um ein formloses Schreiben bitten, mit dem die Industrievertreter die Fortsetzung der Arbeiten unterstützen.

Die nächste Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses wird im Mai 2017 und damit kurz vor Ende des Vorhabens stattfinden.

Frau Bittig bedankt sich bei den Teilnehmern für die interessanten und konstruktiven Diskussionen.

15:35 Uhr Ende der Sitzung

Duisburg, 06.Dezember 2016