
Name der Forschungsstelle:

Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V.,
Institut für Umweltanalytik, Uni Duisburg-Essen

IGF-Vorhaben-Nr.:

15975N

Bewilligungszeitraum:

01.02.2009 bis 31.01.2011

Zwischenbericht für den Zeitraum: 01.02.2009 bis 31.12.2009

gemeinsamer Zwischenbericht
der Forschungsstellen 1 und 2

aus dem Haushaltsmitteln des BMWi über die



geförderten Forschungsvorhaben

Normalverfahren

Fördervariante ZUTECH

Forschungsthema:

**Untersuchungen zum Verhalten von Quecksilber in der Gaswäsche II
- weiterführende Arbeiten zur anwendungsorientierten Nutzung des theoretischen Modells**

Ort, Datum

Unterschrift des Projektleiters

1. Gegenüberstellung der erzielten Ergebnisse zu den vorgegebenen Zielen

Arbeitspaket 1, FS 1:

Weiterentwicklung des Modells, Februar 2009 bis Januar 2011

vorgegebenes Ziel:

Das theoretische Modell soll anhand der erarbeiteten Ergebnisse validiert und verfeinert werden. Eine Vorausberechnung zu erwartender Verhältnisse im Waschwasser und im Abgas soll ermöglicht werden.

erzielte Ergebnisse:

Das theoretische Modell konnte in wesentlichen Punkten verfeinert werden. Der Zusammenhang zwischen der Konzentration des zweiwertigen Quecksilbers Hg(II) im Abgas und der Konzentration der Liganden Cl⁻, Br⁻ und J⁻ konnte präzisiert werden. Es ist gelungen, die durch die fehlenden Standarddaten bestehende Berechnungsunsicherheit in der Größenordnung abzuschätzen. Dadurch ist es möglich, die Rechenergebnisse an reale Verhältnisse anzunähern. Die Wechselwirkungen zwischen den unterschiedlichen Liganden und deren Auswirkungen auf das Gesamtsystem können für unterschiedliche Fallbetrachtungen beschrieben werden.

⇒ Das angestrebte Zwischenziel wurde erreicht.

Personal: 1 wissenschaftlicher Mitarbeiter in Teilzeit,

Die geleistete Arbeit entspricht in vollem Umfang dem begutachteten und bewilligten Antrag und war daher für die Durchführung des Vorhabens notwendig und angemessen.

Arbeitspaket 2, FS 1:

Konzipierung und Aufbau einer Laborapparatur und begleitende Messungen, Februar 2009 und Juni 2009 bis Dezember 2010

vorgegebenes Ziel:

Eine Laborapparatur soll so konzipiert und aufgebaut werden, dass zum Einen fehlende Stoffdaten ermittelt werden können, zum Anderen der reale Wäscherbetrieb simuliert werden kann. Die gewonnenen Ergebnisse dienen der Validierung des Modells. Darüber hinaus kann der Einfluss unterschiedlicher Betriebsparameter auf die Abscheidung von Quecksilber untersucht werden.

erzielte Ergebnisse:

Der Aufbau der Laborapparatur ist erfolgt. Die Anlage wurde bisher im Kreislaufbetrieb gefahren. Erwartungsgemäß war eine längere Erprobungsphase erforderlich, bis es gelungen ist, in allen Anlagenteilen Kondensation zu vermeiden. Während dieser Phase wurde der Laboraufbau fortlaufend verbessert. Erste Untersuchungen zum Gleichgewicht mit unterschiedlichen Konzentrationen an HgCl₂ in der Flüssigkeitsvorlage wurden durchgeführt. Diese zeigen, dass die Massenbilanz über die Anlage noch nicht geschlossen werden kann, so dass hier Verbesserungsbedarf besteht.

Die Gesamtquecksilbergehalte wurden sowohl in den Flüssigkeitsvorlagen als auch in der Gasphase in beiden Forschungsstellen parallel als Vergleichsmessungen mit verschiedenen Messmethoden (Hydridgenerierung-AAS / Direkt-Mercury Analyse) bestimmt, siehe AP 4. Die Ergebnisse zeigten eine gute Vergleichbarkeit der beiden eingesetzten Messmethoden.

⇒ Das angestrebte Zwischenziel wurde erreicht.

Personal: 1 Techniker in Teilzeit (auch AP 3)

1 wissenschaftlicher Mitarbeiter in Teilzeit (auch AP 4, 5 und 6),

Die geleistete Arbeit entspricht in vollem Umfang dem begutachteten und bewilligten Antrag und war daher für die Durchführung des Vorhabens notwendig und angemessen. Zum Erreichen des Zwischenziels war ein größerer Aufwand erforderlich als geplant. Die Leistung dessen war möglich, indem die für das Arbeitspaket 3 geplanten Tätigkeiten zum Teil zurückgestellt wurden. Die Arbeiten werden kostenneutral nachgeholt.

- Geräte: Für die Analytik wurde ein elektronischer Detektor mit Zubehör zur Erweiterung des vorhandenen Ionenchromatographen angeschafft.

Arbeitspaket 3, FS 1:

Screening der Quecksilberspezies im Abwasser, März 2009 bis Januar 2010

vorgegebenes Ziel:

Der Mindest-Analysenumfang für die rechnerische Nachbildung an Großanlagen soll ermittelt werden. Dazu sollen Waschwässer aus verschiedenen Anlagen vermessen werden: Abfallverbrennungsanlagen, Sonderabfallverbrennungsanlagen, Klärschlammverbrennungsanlagen, und Kohlekraftwerke. Es wird angestrebt, die Untersuchungen derart zu optimieren, dass im Falle einer Störung bei der Quecksilberabscheidung eine einfache und schnelle Diagnose der Ursache von der Waschwasserseite betrachtet möglich wird.

erzielte Ergebnisse:

Die vorbereitenden Maßnahmen wurden durchgeführt. Um den Nutzen der Analysen zu maximieren, wird versucht, eine Korrelation der Wäscherwässer in Korrelation zur Abgasanalytik zu ermitteln. Deshalb wird die Vermessung der Wäscherwässer parallel zu den Messkampagnen an Großanlagen durchgeführt.

⇒ Das angestrebte Zwischenziel wurde zum Teil erreicht.

Personal: 1 Techniker in Teilzeit (auch AP 2)

Die geleistete Arbeit entspricht nicht in vollem Umfang dem begutachteten und bewilligten Antrag. Ein Teil der für das Arbeitspaket 3 geplanten Arbeitszeit wurde zum Erreichen des Zwischenziels im Arbeitspaket 2 benötigt. Die Arbeiten werden kostenneutral nachgeholt. Die geleistete Arbeit war für die Durchführung des Vorhabens notwendig und angemessen.

Arbeitspaket 4, FS 1, FS 2:

Screening der Quecksilberspezies im Abgas, Februar 2009 bis Juli 2010

vorgegebenes Ziel:

Um das theoretische Modell zu validieren, ist es notwendig, die Hg(II)-Verbindungen im Abgas speziesgenau nachzuweisen. Der Einsatz von Gaschromatographie und Massenspektrometrie soll dieses ermöglichen.

erzielte Ergebnisse:

Zur Speziesbestimmung im Abgas wurde zunächst ein vorhandenes GC-MS (Gaschromatographie – Massenspektrometrie - System) um einen Thermodesorber und Kaltaufgabesystem erweitert und erfolgreich in Betrieb genommen. Mit diesem Gerät ist es gelungen einzelne, anorganische Quecksilberspezies chromatographisch zu trennen und sowohl HgBr_2 als auch HgI_2 spezifisch nachzuweisen. Der Nachweis (Trennung) von HgCl_2 gestaltet sich ausgesprochen schwierig, da es auf allen bisher getesteten chromatographischen Säulen zu Zersetzungs- bzw. Methylierungsreaktionen gekommen ist, welche durch den Einsatz besser abgeschirmter Trennsäulen vermieden werden sollen.

Zur Absicherung der im AP2 gewonnenen Messwerte (siehe AP2), wurden die Proben parallel auch in der FS2 vermessen. Die gegenseitigen Kontrollmessungen lieferten übereinstimmende Ergebnisse.

⇒ Das angestrebte Zwischenziel wurde erreicht.

Personal: 1 Techniker in Teilzeit (auch AP 5, 6 und 7)

1 wissenschaftlicher Mitarbeiter in Teilzeit (auch AP 2, 5 und 6),

Die geleistete Arbeit entspricht in vollem Umfang dem begutachteten und bewilligten Antrag und war daher für die Durchführung des Vorhabens notwendig und angemessen.

Geräte:

Zur Durchführung der Analytik wurde aus Projektmitteln ein Thermodesorptions- (TDS 3) und Kaltaufgabesystems (KAS 4) der Firma Gerstel als Erweiterung zum vorhandenen GC-MS angeschafft.

Arbeitspaket 5, FS 1, FS 2:

Entwicklung eines Emissionsmesssystems, Mai 2009 bis Januar 2011

vorgegebenes Ziel:

Angestrebt wird eine selektive online Messung einzelner nach der durchgeführten Speziesbestimmung relevanter Verbindungen mittels Ionenmobilitätsspektrometrie. Dazu muss der Nachweis der Tauglichkeit der angewendeten Analytik im Realbetrieb erbracht werden.

erzielte Ergebnisse:

Untersuchungen zum Durchflussverhalten von Tenax-Röhrchen wurden durchgeführt,

um den Einfluss des Druckverlust der Schüttung auf den für die Probenahme notwendigen einzustellenden Volumenstrom abschätzen zu können.

Die Tenax-Röhrchen sollen parallel zu den DIN EN - konformen Probenahme- und Analyseverfahren eingesetzt werden. Dazu wird der Versuchsaufbau für Messungen und Untersuchungen an realen Anlagen modifiziert:

Die Probenahme erfolgt isokinetisch aus dem Abgasstrom. Zur Partikelabscheidung ist den Ad- (z. B. Tenax-Röhrchen) und Absorptionsgefäßen (HCl- und KMnO₄-Lösung) ein Partikelfilter vorgeschaltet. Die gasförmigen Hg-Verbindungen werden über eine gemeinsame beheizte Entnahmesonde abgesaugt, durch ein beheiztes T-Stück aufgeteilt und danach dem jeweiligen Sorptionssystem zeitgleich zugeführt. Im Anschluss erfolgt die Analyse mit dem Standardreferenzverfahren und der neu entwickelten Hg-Spezies-Analysenmethode zur Validierung der Methode.

Damit sind die vorbereitenden Maßnahmen und Untersuchungen abgeschlossen. Im nächsten Schritt folgen die Versuche an der Großanlage.

⇒ Das angestrebte Zwischenziel wurde erreicht.

Personal: 1 Techniker in Teilzeit (auch AP 4, 6 und 7)
1 Techniker in Teilzeit (auch AP 7)
1 wissenschaftlicher Mitarbeiter in Teilzeit (auch AP 2, 4 und 6),

Die geleistete Arbeit entspricht in vollem Umfang dem begutachteten und bewilligten Antrag und war daher für die Durchführung des Vorhabens notwendig und angemessen.

Arbeitspaket 6, FS 1, FS 2:

Vermessung von Henry-Koeffizienten, November 2009 bis April 2010

vorgegebenes Ziel:

Mit Hilfe der Massenspektrometrie sollen für die identifizierten Spezies die Henry-Koeffizienten bestimmt werden.

erzielte Ergebnisse:

Bisher ist die Identifikation der Spezies HgBr₂ sowie HgI₂ gelungen. Die Wiederfindungsraten konnten aufgrund von anfangs auftretenden Zersetzungs- und Umlagerungsreaktionen bisher nur unzureichend bestimmt werden. Dieses ist für die Bestimmung der Henry-Koeffizienten nicht ausreichend.

⇒ Das angestrebte Zwischenziel wurde teilweise erreicht.

Personal: 1 Techniker in Teilzeit (auch AP 4, 5 und 7)
1 wissenschaftlicher Mitarbeiter in Teilzeit (auch AP 2, 4 und 5),

Die geleistete Arbeit entspricht nicht in vollem Umfang dem begutachteten und bewilligten Antrag. Ein Teil der für das Arbeitspaket 6 geplanten Arbeitszeit wurde zum Erreichen des Zwischenziels im Arbeitspaket 4 benötigt. Die Arbeiten werden kostenneutral nachgeholt. Die geleistete Arbeit war für die Durchführung des Vorhabens notwendig und angemessen.

Arbeitspaket 7, FS 1, FS 2:

Messungen an Großanlagen, März 2009 bis Dezember 2010

vorgegebenes Ziel:

Ziel des Arbeitspaketes ist die Erarbeitung einer praxistauglichen Probenahmemethodik zur Ergänzung der Arbeitspakete 3, 4 und 5. Mit dem für die Aufgabenstellung optimierten Probenahmesystems sollen Messungen an Großanlagen durchgeführt werden. Durch die Messungen soll die Praxistauglichkeit der Analytik nachgewiesen und Daten zur Validierung des Modells erzeugt werden.

erzielte Ergebnisse:

Die Versuche an Großanlagen wurden im Zeitplan zurückgestellt. Basis für die Versuche sind die in den anderen Arbeitspaketen erzielten Ergebnisse. Für eine erfolgreiche Messkampagne an der Großanlage müssen die folgenden Ziele erreicht sein:

- Der Messaufbau muss an die Aufgabenstellung angepasst sein (erfüllt)
- Mit der Analytik müssen die erwarteten Hg-Spezies erfasst werden (bis auf HgCl_2 erfüllt)
- Die Analytik muss die Konzentration der Hg-Spezies messen (teilweise erfüllt)

Für das Erreichen der o. g. Ziele wurde mehr Zeit benötigt, als in der Planung kalkuliert. Mit den Messkampagnen wird im Februar 2010 begonnen.

⇒ Das angestrebte Zwischenziel wurde nicht erreicht.

Personal: 1 Techniker in Teilzeit (auch AP 4, 5 und 6)
1 Techniker in Teilzeit (auch AP 5),

Die geleistete Arbeit entspricht nicht in vollem Umfang dem begutachteten und bewilligten Antrag. Ein Teil der für das Arbeitspaket 7 geplanten Arbeitszeit wurde zum Erreichen der Zwischenziele in den Arbeitspaketen 4 und 5 benötigt. Die Arbeiten werden kostenneutral nachgeholt. Die geleistete Arbeit war für die Durchführung des Vorhabens notwendig und angemessen.

4. Fortgeschriebener aktualisierter Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft

Der Ergebnistransfer in die Wirtschaft wurde durch die folgenden Aktivitäten sicher gestellt:

Vortrag:

VDI Wissensforum „Messung und Minderung von Quecksilberemissionen“, 6./7. Mai 2009 in Düsseldorf,

Titel: „Einfluss unterschiedlicher Liganden auf die Abscheidung von Quecksilber im Abgaswäscher“

Vortrag:

VGB Workshop "Flue Gas Cleaning 2009", 16./17. Juni 2009 in Rom,

Titel: "The mechanism of Mercury removal in wet FGD"

Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses am 19.11.2009 in Duisburg

Veröffentlichung (voraussichtlich April 2010)

VGB PowerTech

Titel: „The mechanism of Mercury separation in wet flue gas cleaning systems“

Poster (angenommen)

Processnet Jahrestreffen der FA Energie-Verfahrenstechnik und Gasreinigung am 17./18. März 2010 in Dortmund

Titel: „Quecksilber in der Abgaswäsche: ein komplexes Gleichgewicht“

Vortrag (angenommen)

VDI Wissensforum „Messung und Minderung von Quecksilberemissionen“, 28./29. April 2010 in Düsseldorf,

Titel: „Grundlagen der nassen Quecksilberabscheidung“

Vortrag (angenommen)

VDI Fachtagung „Emissionsminderung 2010“, 8./9. Juni 2010 in Nürnberg,

Titel: „Quecksilber in der Abgaswäsche: Alles klar?“