

# Quecksilber in der Abgaswäsche - Ein komplexes Gleichgewicht



Margot Bittig<sup>1</sup>, Stefan Haep<sup>1</sup>, Dieter Bathen<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V. (IUTA), Bliersheimer Str. 60, 47229 Duisburg, Deutschland

<sup>2</sup> Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl für Thermische Verfahrenstechnik, Lotharstr. 1, Duisburg, Deutschland

bittig@iuta.de



## Theoretische Grundlagen

Bei der Abgaswäsche wird das gasförmige Quecksilber zunächst in die flüssige Phase transportiert. Für eine effektive Abscheidung muss das zweiwertige Quecksilber dem Gleichgewicht mit der Gasphase entzogen werden. Eine Möglichkeit hierzu ist die Komplexbildung zu anionischen Komplexen, z.B. Cl<sup>-</sup> und Br<sup>-</sup>. Zur Beschreibung dieser komplexen Vorgänge wurde auf den Grundlagen von Thermodynamik, Komplex- und Elektrochemie ein theoretisches Modell entwickelt. Es zeigt, dass Quecksilber während der Abgaswäsche Teil mehrerer simultan ablaufender Gleichgewichte ist:

- Gas-Flüssig-Gleichgewicht für elementares und zweiwertiges Quecksilber (Henry'sches Gesetz) ⇌
  - Flüssigphasen-Gleichgewicht zwischen elementarem und zweiwertigem Quecksilber (Redox-Reaktionen) ⇌
  - Gleichgewicht zwischen den Komplex-Spezies des zweiwertigen Quecksilbers (Komplex-Reaktionen) ⇌
- Beeinflusst werden diese Gleichgewichte im Wesentlichen durch die Parameter Temperatur T, Redoxpotenzial R, Ligandenüberschuss und Ligandenstärke L.

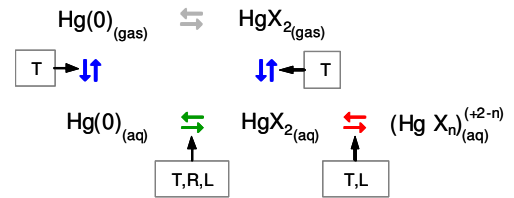


Bild 1: Gleichgewichtslage der Quecksilberspezies

## Ergebnisse

Gleichgewichtsbetrachtungen mit Hilfe der Stabilitätskonstanten und mit Hilfe der Methode der Gibbsminimierung haben gezeigt, dass: ...

- ... der für die Komplexbildung zu anionischen Komplexen benötigte Ligandenüberschuss von der Ligandenstärke abhängt, von der Quecksilberkonzentration jedoch unabhängig ist. Bild 2 zeigt die prinzipiellen Konzentrationsverteilungen der Hg-Spezies für Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup> und J<sup>-</sup>.
- ... es bei Anwesenheit unterschiedlicher Liganden zu einer Umkomplexierung des zweiwertigen Quecksilbers in der flüssigen Phase kommt. Bild 3 zeigt die zunehmende Substitution durch stärkere Liganden in Abhängigkeit von deren Konzentration.

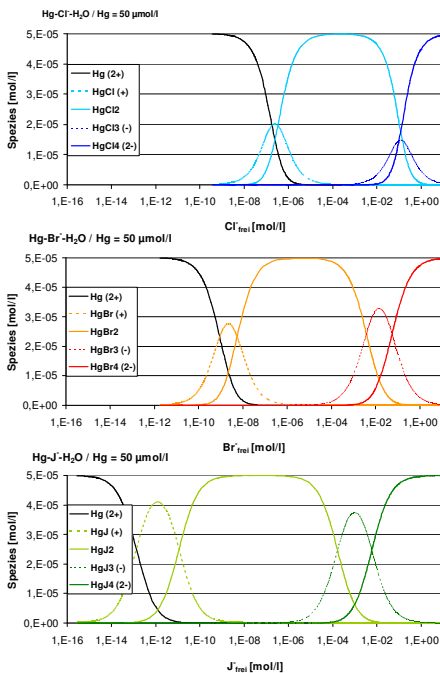


Bild 2: Speziesverteilung der Systeme Hg(II)-X-H<sub>2</sub>O in Abhängigkeit vom Halogenidüberschuss

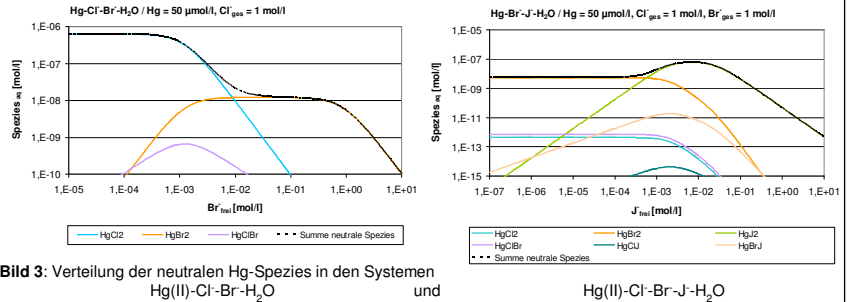
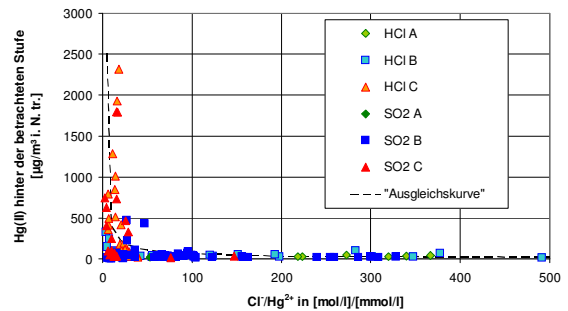


Bild 3: Verteilung der neutralen Hg-Spezies in den Systemen Hg(II)-Cl-Br-H<sub>2</sub>O und Hg(II)-Cl-Br-J-H<sub>2</sub>O

- ... die Parameter Ligandenstärke und Ligandenüberschuss den dominierenden Einfluss auf die Gleichgewichtslage haben; die Parameter Temperatur und Redoxpotenzial nehmen nur nachrangig Einfluss. Ergebnisse aus Messungen an drei Hausmüllverbrennungsanlagen bestätigen diese Ergebnisse (Bild 4).

Bild 4:

Hg(II)-Reingehalt über dem Verhältnis Cl<sup>-</sup>/Hg<sup>2+</sup>  
Messungen an drei MVA hinter HCl- und hinter SO<sub>2</sub>-Wäscher



## Ausblick

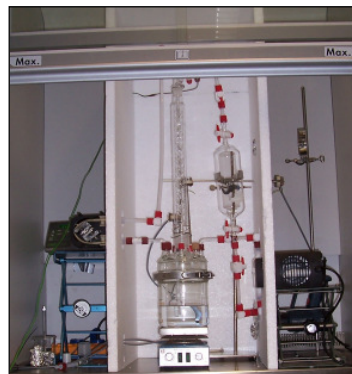
Zur experimentellen Bestimmung der Henry-Koeffizienten der neutralen Quecksilberspezies unter Beteiligung der Halogenide Chlorid, Bromid und Jodid werden zurzeit Labormessungen durchgeführt.

### Kenndaten der Versuchsanlage:

Waschwassermenge: 1 l  
Volumen Gas aus: 1 l  
Volumen Gas ges.: 4,126 l  
Gaspumpe: 200 l/h  
Flüssigkeitspumpe: 0,6 – 4 l/h  
Betriebstemperatur: bis 65 °C

Bild 5:

Laborapparatur zur Bestimmung der Gleichgewichtslage, Foto und Prinzipskizze



Mit Hilfe einer Kopplung aus Gaschromatographie und Massenspektrometrie sollen am Lehrstuhl für Umweltanalytik der Universität Duisburg-Essen die Quecksilberverbindungen im Gas speziesgenau nachgewiesen werden.

