
Chemical Behaviour of Mercury in Wet Flue Gas Desulphurisation Systems

Chemisches Quecksilber Verhalten in Rauchgasentschwefelungsanlagen

Von der Fakultät Energie-, Verfahrens- und Biotechnik der Universität Stuttgart
zur Erlangung der Würde eines Doktors
der Ingenieurwissenschaften
(Dr.-Ing.)
genehmigte Abhandlung

Vorgelegt von

Carolina Acuña Caro
aus Santiago de Chile

Hauptberichter:	Prof. Dr. techn. Günter Scheffknecht
Mitberichter:	Prof. Dr. -Ing. Heinz Köser
Tag der mündlichen Prüfung:	07. Januar 2013

Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik der Universität Stuttgart

2013

Berichte aus der Umwelttechnik

Carolina Acuña Caro

**Chemical Behaviour of Mercury in Wet Flue Gas
Desulphurisation Systems**

Chemisches Quecksilber Verhalten
in Rauchgasentschwefelungsanlagen

D 93 (Diss. Universität Stuttgart)

Shaker Verlag
Aachen 2013

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2013

Copyright Shaker Verlag 2013

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-1845-5

ISSN 0945-1013

Shaker Verlag GmbH • P.O. BOX 101818 • D-52018 Aachen

Phone: 0049/2407/9596-0 • Telefax: 0049/2407/9596-9

Internet: www.shaker.de • e-mail: info@shaker.de

Acknowledgments

I want to express my gratitude to my doctoral advisor Prof. Dr. Günter Scheffknecht, director of the Institute of Combustion and Power Plant Technology (IFK), for his support, understanding and development of the primary report. I would also like to thank Prof. Dr. Heinz Köser for his participation as co-advisor of this doctoral thesis.

The present work would not be possible without the support of Dr.-Ing. Harald Thorwarth. I would like to sincerely thank him for his constant motivation and fruitful discussions. Many thanks also to Dr.-Ing. Kevin Brechtel for his critical point of view, suggestions and encouragement to believe that this would be possible.

Special thanks to Dipl.-Ing. Vladimir Stack for his friendship, invaluable support and technical expertise. My deep gratitude goes to Dr.-Ing. Ulrich Vogt for giving me the thrust to go further on and always believe in me. My gratitude also to my good friends and colleagues during my time at IFK: Dipl.-Ing. Ute Jäger, Dr.-Ing. Marcelina Arkouli, Dipl.-Ing. Paula Galindo and Dipl.-Ing. María Dolores Carrasco, we can do it!

I am also indebted to my actual work team colleagues Dipl.-Ing. Réka Tittesz and Dipl.-Ing. Carsten Walddörfer for their constructive comments and suggestions. I would also like to express my gratitude to my actual boss Dr.-Ing. Uwe Neumann for his constant support and comprehension during the last period of this process.

I sincerely thank the support of my parents, brother, and all my family in Chile, in spite of the distance you have always been here next to me. But certainly my greatest acknowledgement goes to my beloved husband who has been always by my side giving me the strength and courage to make my dreams come true...thank you for your patience and for walking with me along this road.

Gracias a la vida, que me ha dado tanto...

Contents

	List of symbols, indices and acronyms	iii
	Abstract	v
	Kurzfassung	viii
1	Introduction.....	1
	1.1 Current state of knowledge.....	1
2	Flue gas desulphurisation and chemical mercury behaviour in coal-fired power plants.....	5
	2.1 Fundamentals of desulphurisation process.....	5
	2.1.1 Dry desulphurisation.....	6
	2.1.2 Semi-dry desulphurisation.....	8
	2.1.3 Wet desulphurisation process.....	9
	2.2 Wet FGD gypsum production and utilisation.....	18
	2.3 General aspects of mercury chemistry.....	22
	2.3.1 Mercury and the metals of the group IIB.....	22
	2.3.2 Physical properties.....	23
	2.3.3 Chemical properties.....	24
	2.4 Relevant mercury reactions along the flue gas pathway.....	27
	2.4.1 Gas phase reactions.....	28
	2.4.2 Gas-solid reactions.....	29
	2.4.3 Reactions in aqueous solution.....	31
	2.5 Mercury in wet FGD systems.....	33
	2.5.1 The effect of halogen ions on aqueous mercury speciation.....	34
	2.5.2 Interactions between mercury and sulphur species.....	37
	2.5.3 The influence of the scrubbing solution pH-value.....	39
	2.6 Objectives and approach.....	41
3	Thermodynamic evaluation of mercury behaviour in wet FGD systems.....	43
	3.1 Fundamentals and calculation procedure.....	43
	3.2 Results and Discussion.....	51

3.2.1	The effect of the scrubbing solution temperature and chloride concentration.....	51
3.2.2	Influence of flue gas oxygen concentration and scrubbing solution chloride concentration.....	52
3.2.3	Variation of the scrubbing solution pH-value.....	53
3.2.4	Variation of the flue gas SO ₂ concentration.....	57
4	Experimental equipments and analytical procedures.....	58
4.1	Synthetic gas generator.....	58
4.2	Mercury measurement methods.....	59
4.2.1	Continuous method.....	59
4.2.2	Discontinuous method.....	59
4.3	Aqueous phase analysis.....	60
4.4	Solid phase analysis.....	61
5	Experimental investigations and results.....	63
5.1	Laboratory-scale experiments.....	63
5.1.1	The influence of different acids on mercury retention in aqueous solution.....	63
5.1.2	Interactions between oxidised mercury and solid compounds.....	68
5.1.3	Summary.....	73
5.2	Batch-reactor experiments.....	76
5.2.1	Test rig description.....	76
5.2.2	Experimental design.....	78
5.2.3	Chlorine and oxygen influence.....	79
5.2.4	The effect of pH-value and pH-active species.....	86
5.2.5	Temperature influence.....	90
5.2.6	The effect of SO ₂ (g) and derived sulphur compounds.....	92
5.3	Comparison between batch-reactor and thermodynamic equilibrium calculation results.....	99
5.3.1	The effect of chlorine and oxygen.....	99
5.3.2	Scrubber solution pH-value.....	100
5.3.3	Flue gas SO ₂ (g) concentration.....	102
6	Conclusions.....	104
7	Outlook.....	107
Annex I	: Definition of salinity/chlorinity.....	109
Annex II	: Input data for thermodynamic equilibrium calculations.....	111
Annex III	: Experimental tests design data.....	113
Annex IV	: Desulphurisation efficiency achieved at the batch reactor.....	116
	Literature.....	117

List of symbols, indices and acronyms

Symbols

Symbol	Unit	Meaning
ΔH	kJ/mol	Molar enthalpy change
ΔS	J / K mol	Molar entropy change
B.p.	°C	Boiling point
$\bar{e}$	[-]	Electron
E°	V	Standard electrode potential
k	[-]	Equilibrium constant
k_a	[-]	Acid dissociation constant
Min	[-]	Minimum concentration
Max	[-]	Maximum concentration
M.p.	°C	Melting point
pH	[-]	pH-value
RR	%	Recovery rate
T	°C	Temperature
λ	nm	Absorption wavelength

Indices

Index	Meaning
0 or + or 2+ or - or 2-	Oxidation state
coal	Coal
emiss.	emission
fusion	Fusion
initial	Initial concentration of Hg^{2+} in solution
n	Number of atoms
tot	total
vap	Vaporisation

Acronyms

Acronym	Meaning
(aq)	Aqueous phase
(g)	Gaseous phase
(l)	Liquid phase
(p)	Particle bound
(s)	Solid phase
AAS	Atomic Absorption Spectroscopy
ACAA	American Coal Ash Association
ACI	Active Carbon Injection
APCD	Air Pollution Control Device
AVS	Advanced Venturi Scrubber
BR	Batch Reactor experiment
CAIR	Clean Air Interstate Rule
CAMR	Clean Air Mercury Rule
CEM	Continuous Emission Monitor
CER	Clean Energy Recuperator
CMM	Continuous Mercury Monitor
CVAAS	Cold Vapour Atomic Absorption Spectroscopy
DBA	Dibasic Acid
DeNO _x	Destruction of Nitrogen Oxides
DESP	Dry Electrostatic Precipitator
ECO	Electro Catalytic Oxidation
EPA	Environmental Protection Agency
ESP	Electrostatic Precipitator
EU	European Union
FGD	Flue Gas Desulphurisation
FIMS	Flow Injection Mercury System
Hg ⁰	Elemental mercury
Hg ²⁺	Mercury (II) or ionic mercury
Hg _p	Particle bound mercury
ICP	Inductively Coupled Plasma
LSFO	Limestone Forced Oxidation
LSIO	Limestone Inhibited Oxidation
M	Measurement
Me	Metal atom
MEL	Magnesium-Enhanced Lime process
MeO	Metal Oxide
MFC	Mass Flow Controller
NO _x	Nitrogen Oxides
OES	Optical Emission Spectroscopy
PM	Particulate Matter
SCR	Selective Catalytic Reduction
TEC	Thermodynamic Equilibrium Calculation
US or USA	United States of America

Abstract

Mercury is a toxic element present naturally in trace amounts on the earth's crust. However, industrialization has contributed to increase the natural concentrations of this metal in the environment. Within the major anthropogenic sources of mercury are fossil fuel combustion for power and heating generation, followed by artisanal and small-scale gold production, metal production, cement production and waste incineration among others. The high vapour pressure, low water solubility, and chemical inertness of elemental mercury (Hg^0) are responsible for its long residence time in the atmosphere, constituting a global contamination issue. The mercury species that are released from fossil fuelled power plants are gaseous elemental mercury (Hg^0), gaseous compounds containing the mercuric ion (Hg^{2+}) and a small share of mercury adsorbed by fine dust particles (Hg_p). These species are transferred to different ecosystems by wet/dry deposition. In these systems bacteria carry out the conversion of inorganic mercury species into organic compounds. Methyl mercury ion (CH_3Hg^+) is known as the main organic species that can be easily assimilated by fish in water bodies or bioaccumulated in grains cultivated in contaminated sites. Hence, diet is the most important route of mercury incorporation into the human's organism.

Since fossil fuel combustion has been identified as an important point source of gaseous mercury compounds, different regulations have been established in the United States of America (USA), in the European Union (EU) and respectively in Germany to reduce mercury emissions from these facilities. In order to achieve the required levels of emission, the necessity to gain a deep understanding about the behaviour of mercury along the flue gas path constitutes a major issue. Nowadays, the incorporation of additives (e.g. activated carbon, bromine salts) allows the control of mercury emissions; but an interesting potential for mercury removal could also rely on the existent air pollution control devices (APCDs). It is known that a significant share of Hg_p remains at the electrostatic precipitator (ESP), while depending on the catalyst utilised for nitrogen oxides reduction at the selective catalytic reduction unit (SCR-DeNO_x), the oxidation of Hg^0 may occur. The latter could enhance the share of

water-soluble Hg^{2+} species increasing the mercury capture in wet flue gas desulphurisation units (FGD). Nevertheless, even though that behaviour has been observed, the technology has not been yet improved, since most of the chemical mechanisms involved are still not well understood.

For these reasons, the study of mercury behaviour from a chemical point of view is the general goal of the present work. Since wet FGD plants could offer a real potential for mercuric species removal from flue gas, and because of the variety of chemical processes occurring in this system, it is of top priority to gain a deep knowledge of the chemical mechanisms that affect and/or improve mercury capture in this system. Thereby, the investigation of the main flue gas and scrubber solution components as well as wet FGD operating factors that influence the chemistry of mercury in both gaseous and aqueous phase are the main objectives of this work. Through a literature survey information about flue gas desulphurisation technologies is presented as well as the chemical and physical properties of the element mercury together with the relevant reactions that take place along the flue gas path. Additionally, thermodynamic equilibrium calculations are performed considering typical flue gas and scrubber solution compositions. Based on the method of the free enthalpy minimisation, wet FGD conditions are simulated considering two streams: the flue gas entering the system and the scrubber liquid. Data collected from seven different limestone wet FGD installations are used as input values. Temperature and pH of the scrubber solution as well as chlorine (HCl (g) and Cl^- (aq)), oxygen and sulphur dioxide concentrations in flue gas are varied. The outcomes obtained from these calculations showed that the combination of high temperature and low chloride concentration increases elemental mercury release from the sump. However, if the shares of hydrochloric acid and oxygen are augmented, the temperature influence is no longer observed and tetrachloro complex of mercury results as the main species. Regarding the relation between oxygen and chlorine species effect, at normal levels of oxygen the influence of an increase on chlorine concentration demonstrates its significance for mercury capture. While under excess of O_2 (g), even elemental mercury seems to be retained in the system. Moreover, the reducing effect of sulphur dioxide derived species in the scrubber solution has been observed on the reduction of aqueous oxidised mercury species. Meanwhile, variations on the pH seem to favour the formation of different mercury species in complete absence of chlorine.

Laboratory-scale experiments follow the hints gained from these calculations. The influence of different acidic components on the conservation of Hg^{2+} in aqueous

solution is analysed. Heterogeneous interactions are also considered through the addition of solid compounds, e.g. CaSO_4 , CuCl among others, in order to understand their role on mercury adsorption/absorption on gypsum material. The construction of a batch wise test rig that allows the variation of the wet FGD operation conditions as well as the flue gas composition constitutes the core of the experimental investigations presented in this work. Batch tests are carried out by means of a synthetic flue gas generator, a reactor vessel that contains CaCO_3 slurry and appropriate measurement equipment to control inlet and outlet concentrations of mercury, SO_2 and O_2 . The main goal of these tests is to validate the parameters considered for thermodynamic equilibrium calculations that have shown an impact on mercury oxidation/reduction processes. Thereby, oxidation tests included the study of chloride and oxygen concentrations along with pH changes in a wide range, using different acid compounds. In general, results indicate chlorine and oxygen as the key chemical partners to capture mercury in solution. Even the O_2 added through aeration seems to promote Hg^0 retention in the sump. Furthermore, temperature changes in the reactor solution do not affect significantly the amount of Hg^{2+} (aq) at high Cl^- (aq) and O_2 (aq) concentrations. Nevertheless, at low concentration of chloride and oxygen, a temperature of about 70°C causes an increase in mercury emissions. Regarding pH variations, the influences seem to be directly related with the nature of the ionic species that induce a change of pH value, like HNO_3 , H_2SO_4 , H_2SO_3 , SO_2 . In this case, the availability of chlorine species affects also the behaviour of the measured mercury emissions as well as the share of $\text{Hg}^0/\text{Hg}^{2+}$ entering the system. Meanwhile, reduction of Hg^{2+} (aq) is observed when SO_2 is added in absence of O_2 (aq) and Cl^- (aq) indicating the importance of these two species on the retention of mercury in solution.

From these results it is concluded that mercury capture in wet FGD systems depends mainly on the share of Hg^{2+} entering the system, but it can also be improved by increasing the amount of chlorine species in solution as well as strong aeration. Nevertheless, an increment of chlorine may produce side effects such as corrosion, fouling, formation of other toxic chlorinated compounds, and it can affect the desulphurisation performance. Therefore, pilot- and full-scale research shall be conducted as the next step, to prove the feasibility and the limitations of such solutions.

Kurzfassung

Quecksilber ist ein giftiges Element, welches in Spuren natürlich in der Lithosphäre vorkommt. Allerdings hat die Industrialisierung dazu beigetragen, dass die ursprüngliche Quecksilberkonzentration in der Umwelt angestiegen ist. Eine der wichtigsten von Menschen verursachten Quecksilberquellen ist die Verbrennung fossiler Energieträger in Kraftwerken bzw. Heizkraftwerken, gefolgt von Bergbau und Goldgewinnung im kleineren Maßstab, Metallherstellung, Zementproduktion sowie unter anderem der Abfallverbrennung. Der hohe Dampfdruck, die geringe Wasserlöslichkeit und die chemische Inertheit von elementarem Quecksilber (Hg^0) sind für seine lange Verweilzeit in der Atmosphäre verantwortlich und schaffen so ein globales Problem der Hg-Kontamination. Die Quecksilberarten, die von mit fossilen Brennstoffen befeuerten Kraftwerken emittiert werden, sind gasförmiges elementares Quecksilber (Hg^0), gasförmige Verbindungen, die Quecksilber (II) (Hg^{2+}) enthalten und kleine Quecksilberanteile, die auf Feinstaubpartikeln kondensiert sind (Hg_p). Diese Quecksilberarten werden aus der Atmosphäre durch Nass- bzw. Trockenablagerungsprozesse in verschiedene Ökosysteme übertragen. Durch Bakterien erfolgt in diesen Ökosystemen ihre Konversion von anorganischen zu organischen Verbindungen. Methylquecksilber (CH_3Hg^+) ist als maßgebliche organische Quecksilberverbindung bekannt, die leicht von Fischen in Gewässern assimiliert werden kann oder welche in Getreiden bioakkumuliert wird, welches auf kontaminierten Flächen angebaut wird. Daher sind die wichtigsten Wege der menschlichen Exposition der Nahrungspfad und die Atmung.

Seit die Verbrennung fossiler Energieträger als eine der Hauptemittenten gasförmiger Quecksilberverbindungen identifiziert wurde, wurden in den USA, in der EU bzw. in Deutschland strenge Vorschriften zur Reduzierung von Quecksilberemissionen verabschiedet. Um die geforderten Emissionsgrenzwerte zu erreichen, wurde die Notwendigkeit, ein tiefes Verständnis über das Verhalten von Quecksilber entlang des Rauchgasweges zu erlangen, ein Hauptthema. Bislang ist, neben der Zugabe von Additiven (z. B. Aktivkohle, Bromsalze), die Nutzung von auf dem Markt verfügbaren Rauchgasreinigungsverfahren eine geeignete Möglichkeit

der Quecksilberabscheidung. Es ist bekannt, dass ein maßgeblicher Anteil an Hg_0 an Elektrofiltern abgeschieden wird, während, abhängig vom für die katalytische Entstickung eingesetzten Katalysator, die Oxidation von Hg^0 stattfinden kann. Das letztere kann den Anteil von wasserlöslichen Hg^{2+} Verbindungen in Rauchgas steigern, und damit den Quecksilber-Abscheidegrad in Nass-Rauchgasentschwefelungsanlagen (REA) erhöhen. Dennoch, obwohl dieses Verhalten sogar schon beobachtet werden konnte, konnte die Technik bislang nicht verbessert werden, da die meisten der involvierten chemischen Mechanismen bislang noch nicht richtig verstanden wurden.

Aus diesen Gründen ist die Untersuchung des Verhaltens von Quecksilber unter chemischen Gesichtspunkten das Ziel der vorliegenden Arbeit. Dadurch, dass die Nass-REAs mittlerweile ein erhebliches Potential für die Abscheidung von Quecksilberverbindungen aufzeigen, ergeben sich maßgebliche Interessen, eine vertiefte Kenntnis der chemischen Mechanismen, die die Quecksilberabscheidung beeinflussen und/oder verbessern, zu erlangen. Damit bildet die Untersuchung der Hauptbestandteile der Rauchgase und der eingesetzten Wäscherlösungen, wie auch die Betriebsbedingungen der Nass-REAs, die alle das chemische Verhalten von Quecksilber sowohl in der Gasphase als auch in der Flüssigphase beeinflussen, eines der Hauptthemen dieser Arbeit. Aufbauend auf einer Literaturrecherche wurden sowohl Informationen über Rauchgasentschwefelungstechniken als auch über die chemischen und physikalischen Eigenschaften von elementarem Quecksilber zusammen mit den relevanten Reaktionen entlang des Rauchgaspfades dargestellt. Zusätzlich wurden einige der Parameter, die bereits von anderen Autoren untersucht und die das Verhalten von Quecksilber beeinflussen, herangezogen, um thermodynamische Gleichgewichtsbetrachtungen durchzuführen.

Basierend auf der Methode der Minimierung der freien Enthalpie, wurden die Betriebsbedingungen von Nass-REAs Betriebsbedingungen simuliert, wobei zwei Stoffströme betrachtet wurden; der Rauchgasstrom, der in das System eintritt und die im Wäscher eingesetzte Flüssigkeit. Dazu wurden die Daten von sieben auf Kalksteinbasis arbeitenden Nass-REAs gesammelt und als Eingangswerte eingesetzt. Die Temperatur und der pH-Wert der Wäscherlösung sowie die Chlorid- ($\text{HCl}_{\text{gasförmig}}$ und $\text{Cl}^-_{\text{wässrig}}$), die Sauerstoff- und die Schwefeldioxidkonzentration wurden variiert. Die Ergebnisse, die über diese Berechnungen gewonnen wurden, zeigen, dass die Kombination von hoher Temperatur und niedriger Chloridkonzentration die Freisetzung von elementarem Quecksilber aus dem Sumpf

erhöht. Wenn allerdings die Anteile von Salzsäure und Sauerstoff vergrößert wurden, konnte der Temperatureinfluss nicht länger beobachtet werden, und Quecksilberchloridkomplexe ergeben sich als die hauptsächlich auftretenden Verbindungsarten. Betrachtet man den Einfluss von Sauerstoff und von Chlorverbindungen, zeigt sich, dass bei einer deutlichen Steigerung des $O_{2, \text{gasförmig}}$ -Gehalts dieser über den von Chloriden überwiegt. Gleichwohl demonstriert der Einfluss der Vergrößerung der Chloridkonzentration seine Bedeutung auf die Quecksilberrückhaltung bei einem normalen Sauerstofflevel. Andererseits wird, wenn der Gehalt an Schwefeldioxid ansteigt, der Anteil der Quecksilberverbindungen, die in Lösung zurückbleiben, als Folge des reduzierenden Effekts von SO_2 abnehmen. Inzwischen scheint es, als würden Veränderungen des pH-Werts die Bildung unterschiedlicher Quecksilberverbindungen auch bei völligem Fehlen von Chloriden begünstigen.

Experimente im Labormaßstab bauten auf den Hinweisen, aus den die Berechnungen gewonnen wurden, auf. Der Einfluss von verschiedenen sauren Komponenten auf die Verbleiben von Hg^{2+} in wässrigen Lösungen wurde analysiert. Heterogene Interaktionen, die durch die Zugabe von festen Verbindungen wie z. B. $CaSO_4$ oder $CuCl$ (neben anderen) verursacht wurden, wurden gleichfalls untersucht, um ihre Rolle bei der Quecksilberadsorption/-absorption an gipsförmigem Material zu verstehen. Es wurde eine Testeinrichtung entwickelt und aufgebaut, die die Simulation der Betriebsbedingungen von Nass-REAs erlaubte, wodurch das Kernstück der experimentellen Untersuchungen, die in dieser Arbeit vorgestellt werden, geschaffen wurde. Mittels eines Erzeugers für synthetisches Rauchgas, eines Reaktorbehälters, der $CaCO_3$ enthielt und der dazugehörigen Messtechnik zur Kontrolle von Eingangs- und Ausgangskonzentrationen von SO_2 und O_2 wurden Untersuchungen im Batch-Betrieb durchgeführt. Das Hauptziel dieser Untersuchungen war die Validierung der Parameter, die für die thermodynamischen Gleichgewichtsbetrachtungen zu Grunde gelegt wurden und die eine Auswirkung auf Quecksilberoxida- und -reduktionsprozesse hatten. Die Oxidationsuntersuchungen beinhalteten dabei die Analyse von Chlorid- und Sauerstoffkonzentrationen und der durch den Einsatz verschiedener saurer Komponenten weitgespreizten pH-Werte. Grundsätzlich weisen die Ergebnisse darauf hin, dass Chloride und Sauerstoff die chemischen Schlüsselemente sind, um Quecksilber in Lösung zu binden. Sogar der Sauerstoff, der durch die Belüftung der Waschlösung in diese eingetragen wurde, schien die Speicherung von Hg^0 im Sumpf zu fördern. Temperaturänderungen innerhalb der Reaktorlösung

beeinflussten die Menge an $\text{Hg}^{2+}_{\text{wässrig}}$ bei hohen $\text{Cl}^{-}_{\text{wässrig}}$ und $\text{O}_{2\text{wässrig}}$ -Konzentrationen nicht signifikant. Gleichwohl bewirkte eine Temperatur von ungefähr 70°C bei niedrigen Chlorid- und Sauerstoffkonzentrationen einen Anstieg der Quecksilberemissionen. Betrachtet man die pH-Wert-Änderungen, scheint dieser Einfluss direkt mit der den Eigenschaften der Ionenart, die die Änderung des pH-Wertes verursacht hat, wie z. B. HNO_3 , H_2SO_4 , H_2SO_3 , SO_2 , zusammen zu hängen. Die Verfügbarkeit von Chloriden beeinflusst in diesem Fall ebenfalls das Verhalten der gemessenen Quecksilberemissionen, wie auch das dem System zugeführte Verhältnis von $\text{Hg}^0/\text{Hg}^{2+}$. Indes lässt sich eine Reduzierung von Hg^{2+} beobachten, wenn SO_2 in Abwesenheit von $\text{O}_{2\text{flüssig}}$ und $\text{Cl}^{-}_{\text{flüssig}}$ zugegeben wird, was die Wichtigkeit dieser beiden Komponenten auf das Zurückhalten von Quecksilber in Lösung aufzeigt.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurde der Schluss gezogen, dass die Abscheidung von Quecksilber in Nass-REAs hauptsächlich vom Anteil von Hg^{2+} , der in das System eingebracht wird, abhängt, aber auch durch das Anheben des Anteils von Chloridverbindungen in Lösung und durch starkes Belüften verbessert werden kann. Allerdings kann eine Erhöhung des Anteils an Chloriden auch Nebeneffekte wie z. B. Korrosion oder die Bildung anderer toxischer chlorierter Verbindungen haben sowie die Entschwefelungsleistung beeinflussen. Deshalb sollten als nächster Schritt Pilot- und großtechnische Untersuchungen in Betracht gezogen werden, um die Machbarkeit und die Grenzen solcher Lösungen, wie z. B. die Erhöhung der Chloridkonzentration durch Brennstoffmischungen nachzuweisen und Kenntnis des Maximalanteils zu erlangen der möglich ist, ohne das Nebeneffekte beobachtet werden.