



Fachzeitschrift für
Behandlung und Beseitigung
von Abfällen

Organ für Entsorgungspraxis und Kreislaufwirtschaft

Sonderdruck

Quecksilberabscheidung aus Abgasen einer Klärschlammverbrennungsanlage an Braunkohlenkoks

Versuchsergebnisse aus dem Hauptklärwerk Stuttgart-Mühlhausen

Quecksilberabscheidung aus Abgasen einer Klärschlammverbrennungsanlage an Braunkohlenkoks

Versuchsergebnisse aus dem Hauptklärwerk Stuttgart-Mühlhausen

J. Wirling und H. Schroth



Dipl.-Ing. Jürgen Wirling
Studium Versorgungstechnik in Köln. 1981–86 Planungingenieur bei der Fa. KHD Engineering GmbH. 1983–84 verantwortlicher Ingenieur für die Montage einer PVC-Entgasungsanlage in der UdSSR. Seit 1986 Mitarbeiter bei Rheinbraun, Bereiche Forschung und Entwicklung. Speziell: Kohlevergasung, Planung und Betrieb; Anwendungstechnik Einsatz von Braunkohleprodukten. Seit 1994 Bereichsingenieur Entwicklung von Abgasreinigungstechniken mit Braunkohlenkoks.



Dipl.-Ing. Heribert Schroth
Lehre als Maschinenschlosser. Studium Maschinenbau an der FH Esslingen. Arbeit in der Kfz-Industrie. 1974 Eintritt Stadt Stuttgart – Planung Klärwerke, u. a. Planung Schlammverbrennungsanlagen, ab 1979 Bau- und Betriebsleitung Klärschlammverbrennungsanlage.

Übersicht

Die Abscheidung von Quecksilber ist bei Verbrennungsanlagen von besonderer Problematik. Wegen des hohen Dampfdruckes von elementarem Quecksilber wird nahezu keine Einbindung in die Schlacke bzw. Filterstäube erreicht, und das Quecksilber geht fast vollständig in die Gasphase über. Insbesondere bei Klärschlammverbrennungsanlagen passiert das unlösliche metallische Quecksilber nahezu ungehindert die konventionellen Abgasreinigungsstufen und führt zu Problemen bei der Einhaltung des geforderten Grenzwertes von $0,05 \text{ mg/m}^3_{\text{n., tr.}}$.

Um den Emissionsgrenzwert einzuhalten gibt es auf dem Markt diverse Technologien, die eine Einhaltung des nach der 17. BImSchV vorliegenden Grenzwertes ermöglichen. Hierbei stellt das Adsorptionsverfahren auf Basis von Braunkohlenkoks eine kostengünstige Lösungsvariante dar, den geforderten Grenzwert sicher zu unterschreiten.

Bei Versuchen an einer $4 \text{ t}_{\text{TS}}/\text{h}$ Klärschlammverbrennungsanlage im Hauptklärwerk Stuttgart-Mühlhausen konnte gezeigt werden, daß eine deutliche Absenkung der Quecksilberkonzentration durch Zugabe von staubförmigem Braunkohlenkoks als Adsorptionsmittel zum Abgasstrom mit anschließender Abscheidung in einem Elektrofilter zu erreichen ist und das Flugstaubwolkeverfahren mit Koksstaub erfolgreich als Quecksilbersenke bei Klärschlammverbrennungsanlagen eingesetzt werden kann. Das ionogene Quecksilber sowie das mit konventionellen Abgasreinigungsstufen schwierig abscheidbare elementare Quecksilber wurden von Braunkohlenkoks wirksam und mit hohen Abscheidegraden gebunden. Die über einen dreiwöchigen Langzeitversuch und einer Koksdosierate von $300 \text{ mg/m}^3_{\text{n., tr.}}$ kontinuierlich gemessenen Emissionswerte für Hg-gesamt ergaben mit Werten deutlich unter $0,03 \text{ mg/m}^3_{\text{n., tr.}}$, bez. einen sicheren Abstand zum vorliegenden Grenzwert von $0,05 \text{ mg/m}^3_{\text{n., tr.}}$.

Die Versuche zeigen in eindrucksvoller Weise, daß mit dem Einsatz von Braunkohlenkoksstaub im sogenannten Flugstaubwolkeverfahren eine einfache und preiswerte Lösung zur Quecksilberminderung zur Verfügung steht, die zudem in bestehenden Anlagen schnell und mit geringem Aufwand zu realisieren ist. Eine Übertragbarkeit der hier gewonnenen Erkenntnisse zur Abgasreinigung mit Braunkohlenkoks auf andere Industriezweige ist möglich. Aufgrund der erfolgreich durchgeführten Versuche hat

sich die Stadt Stuttgart entschlossen, die Hauptkläranlage in Stuttgart-Mühlhausen auf die Braunkohlenkokstechnik zur Quecksilberminderung umzurüsten. Die Inbetriebnahme der Quecksilberminderungsstufe ist für Ende 1996 geplant.

Einleitung

Die Verbrennung hat bei der Lösung der Abfallprobleme einen wesentlichen Stellenwert. Speziell im Bereich der Klärschlamm Entsorgung wird die thermische Verwertung zunehmen, da die landschaftliche Verwertung kaum ausgeweitet werden kann, das Deponieren zukünftig nur noch auf Monodeponien und zu hohen Kosten möglich sein wird.

In Deutschland fallen pro Jahr rund 4,2 Millionen Tonnen (Trockensubstanz) kommunaler Klärschlamm an. Trotz hochautomatisierter leistungsfähiger Lösungen von der Feuerung bis hin zur Abgasreinigungsanlage bei immer schärfer werdenden Umweltschutzauflagen ist die Akzeptanz in der Bevölkerung für jede Art der Verbrennung noch nie so gering gewesen wie heute. Dahinter steht die Angst vor Gefahren durch Emissionen von toxischen Stoffen, die durch die üblichen Reinigungsanlagen nicht vollständig erfaßt und noch in kleinen Mengen emittiert werden. Hierzu zählen vor allem organische Schadstoffe, wie Dioxine und Furane, aber auch gasförmige Metalle, beispielsweise das Quecksilber.

Für das mit dem Klärschlamm in den Kessel eingebrachte Quecksilber ist bekannt, daß es zum größten Teil freigesetzt wird und den Kessel gasförmig verläßt. Die Abscheidung von ionogenem Quecksilber erfolgt in den meisten Fällen in Naßwaschsystemen zusammen mit den sauren Schadgaskomponenten. Der Anteil in elementarer Form auftretenden Quecksilbers bereitet dagegen Probleme bei der Einhaltung des nach der 17. BImSchV geforderten Grenzwertes von $0,05 \text{ mg/m}^3_{\text{n., tr.}}$.

Eine Reinigungsstufe für alle relevanten Schadstoffe stellen adsorptive Verfahren dar, die als Schütt-schichtfilter mit körnigen Sorbentien bzw. als Flugstromverfahren mit pulverförmigen Sorbentien in einer Flugstaubwolke ausgeführt werden. Im Vergleich zur Schütt-schichttechnik stellt die Flugstromadsorption eine einfache und kostengünstige Variante dar, die zudem bei bestehenden Anlagen mit geringem Aufwand nachgerüstet/implementiert werden kann.

Dieser Beitrag stellt am Beispiel von Versuchen an einer Klärschlammverbrennungsanlage die gute Eignung von Braunkohlenkoks zur Quecksilberabscheidung im kostengünstigen Flugstromverfahren unter Beweis. Ziel dieser Versuche war es, aufbauend auf den bereits vorliegenden Erfahrungen bei der Flugstromadsorption mit Tuchfilteranlagen, Aussagen zur erzielbaren Reinigungseffizienz zu erhalten, wenn statt einer bisher untersuchten Tuchfilteranlage ein E-Filter mit einem vorgeschalteten Sprühtrockner installiert ist. Die Abscheidung erfolgt mittels Braunkohlenkoks, der vor E-Filter zum Abgas dosiert wird und gemeinsam mit den aus der Waschwasserbehandlung anfallenden Filtersalzen im E-Filter abgeschieden wird.

Physikalische Kennwerte	Feinkoks	Feinstkoks	Koksstaub*	Mahlaktiver Koksstaub
Korngröße [mm]	1,25–5	0–1,5	< 0,4	< 0,2
Schüttdichte [t/m ³]	0,45	0,53	0,55	0,55
Spezifische Oberfläche	300 m ² /g	300 m ² /g	300 m ² /g	300 m ² /g
Kurzanalyse	Wassergehalt Aschegehalt Heizwert		0,5 Gew.-% 9 Gew.-% 29,9 MJ/kg	
Elementaranalyse	Kohlenstoff (C-H-N-O) Schwefel		88,5 Gew.-% 0,5 Gew.-%	
Ascheanalyse	CaO MgO		41 Gew.-% 1,4 Gew.-%	

Tabelle 1:
Physikalische und chemische Kenngrößen von Braunkohlenkoks
* Bei den folgenden Versuchen eingesetzter Braunkohlenkoks

Die Versuche wurden gemeinsam mit dem Tiefbauamt der Landeshauptstadt Stuttgart an einer 4 t_{TS}/h Klärschlammverbrennungsanlage im Hauptklärwerk Stuttgart-Mühlhausen durchgeführt.

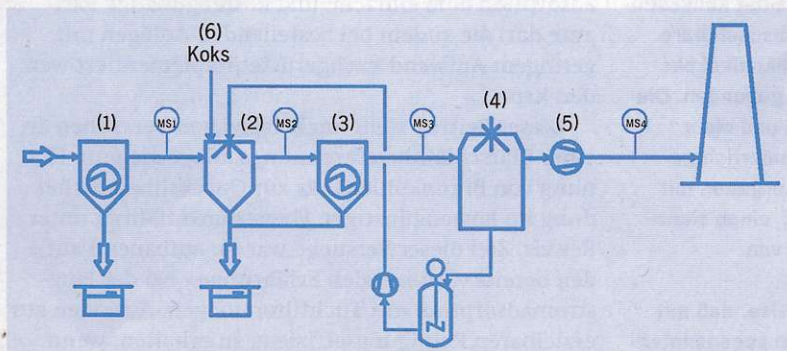
Abscheidung von Quecksilber und seinen Verbindungen an Braunkohlenkoks

Braunkohlenkoks aus rheinischer Braunkohle, hergestellt nach dem sogenannten Herdofenverfahren [1], eignet sich aufgrund seiner Porosität und der damit verbundenen großen inneren Oberfläche und Porenstruktur hervorragend als Adsorptionsmittel gleichwohl wirksam wie hochwertige Aktivkohlen.

Die für den Einsatz zur Abgasreinigung wesentlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften des Braunkohlenkokes sind in Tabelle 1 aufgeführt. Im Hinblick auf eine thermische Verwertung des eingesetzten Kokes z. B. in Verbrennungssystemen sind auch die hierfür relevanten Angaben aufgeführt.

Entscheidend für eine optimale Hg-Rückhaltung ist eine entsprechende Dotierung des Kokes mit Schwefelsäure. Dies geschieht im allgemeinen durch die im Abgas vorliegenden Restgehalte an SO₂ und H₂O. Das im Abgas enthaltene SO₂ wird in Gegenwart von Sauerstoff und Wasser auf der Koksoberfläche katalytisch zu Schwefelsäure umgesetzt. Durch die so auf der Koksoberfläche adsorptiv gebundene Schwefelsäure wird das im Gas enthaltene Quecksilber über eine Chemisorption abgeschieden.

Abbildung 1:
Abgaslinie mit Lage der Meßpunkte



Relevante Betriebsparameter:

Klärschlamminsatz	4 t TS/h
Abgasvolumenstrom	ca. 14 000 m ³ n.tr./h
Gastemperatur vor Sprühtrockner	max. 200 °C
Staubgehalt vor Sprühtrockner	ca. 100 mg/m ³
Staubgehalt vor E-Filter (2. Stufe)	ca. 2 g/m ³
O ₂ -Gehalt vor Sprühtrockner	6–11 Vol.-%
SO ₂ -Gehalt vor Sprühtrockner	400–1100 mg/m ³

Elementares Quecksilber (Hg⁰) reagiert mit der auf dem Koks gebildeten Schwefelsäure zu Quecksilber (I)-sulfat (Hg₂SO₄) bzw. bei ausreichendem Schwefelsäureangebot zu Quecksilber (II)-sulfat (HgSO₄).

Ionisches Quecksilber (z. B. HgCl₂) reagiert nicht in chemischer Form, sondern wird in der Schwefelsäure physikalisch gelöst.

Verfahren

Als Verfahren zur adsorptiven Gasreinigung auf Basis von Braunkohlenkoks stehen erprobte Techniken, in erster Linie Wanderbett- und Flugstrom- bzw. Filterschichtsysteme am Markt zur Verfügung [2, 3].

Das im folgenden untersuchte Flugstrom- oder Flugstaubwolkeverfahren ist gekennzeichnet durch die Dosierung von staubförmigem Braunkohlenkoks in den Gasstrom, in dem der erste Schritt der Schadstoffabscheidung erfolgt. Ein nachgeschalteter Entstaubungsapparat dient zur Entfernung des verbrauchten Sorbens und ggf. vorhandener Prozessstäube, wobei i. d. R. verwendete Tuchfilter den Vorteil einer adsorptiv wirkenden Filterschicht mitbringen. Im hier betrachteten Fall wurde mit einem Elektrofilter ohne diesen positiven Effekt einer Filterschicht gearbeitet. Weiterführende Angaben zum Filterschichtverfahren auf Braunkohlenkoks-Basis sind in [4, 5] aufgeführt.

Aufbau und Durchführung der Versuche

In Abb. 1 ist schematisch die Abgaslinie der Klärschlammverbrennungsanlage mit Anordnung der für die Dauer der Versuche installierten Meßstellen und einer Braunkohlenkoksstaub (BKKS)-Dosiereinrichtung dargestellt.

Die Abgaslinie setzt sich aus einer Vorentstaubung in einem Elektrofilter (1), einem Sprühtrockner (2) mit der nachgeschalteten Entstaubung im Elektroabscheider (3) und einer zweistufigen Naßwäsche (4) zusammen. Die bei der Abgaswäsche anfallenden Flüssigkeitsströme werden im Sprühtrockner (2) eingedampft. Die Abscheidung der eingedampften Salze erfolgt im nachgeschalteten Elektrofilter (3). Nach der Naßwäsche (4) wird das Reingas über ein Saugzuggebläse (5) dem Kamin zugeführt und in die Atmosphäre abgeleitet.

Die Zudosierung des Adsorptionsmittels Braunkohlenkoksstaub (BKKS) erfolgte über ein drehzahlgeregeltes Dosierschneckenaggregat direkt in den Sprühtrocknerkopf (6) oberhalb des vorhandenen Zerstäuberrades der Filtersalzrückführung. Als Förderluft für den Sorbenseintrag diente die durch den systembedingten Unterdruck angesaugte Umgebungsluft, wodurch für die Durchführung der Versuche die aufwendige Installation von Förderluftleitungen entfiel. Mit Ausnahme der für die Versuche erforderlichen Koksdosierung wurden keine weiteren apparativen Änderungen sowie ebenfalls keine Änderungen im Betriebsablauf durchgeführt.

Zur Überprüfung und Bewertung der Hg-Sorption wurde das Abgas vor Beginn der Koks Zugabe sowie bei verschiedenen Koks dosieraten an 4 Meßstellen zeitgleich beprobt und auf den filtergängigen Hg-Gehalt analysiert. Gemessen wurde, wie in der Abb. 1 darge-

stellt, vor Sprühtrockner und vor der Koksdosierung an der Meßstelle 1 (MS 1), hinter Sprühtrockner an der Meßstelle 2 (MS 2) sowie vor und hinter dem Elektroabscheider an den Meßstellen MS 3 und MS 4. Zur Quecksilberbestimmung wurde ein von Braun, Metzger und Vogg, Kernforschungsanlage Karlsruhe, entwickeltes Probenahmeverfahren zur selektiven Quecksilberbestimmung nach der sogenannten Dowex-Jodkohle-Methode eingesetzt [6].

Das Untersuchungsprogramm bestand aus zwei Tastversuchen bei einer Kokszugabe von $200 \text{ mg/m}^3_{\text{n., tr.}}$ und $400 \text{ mg/m}^3_{\text{n., tr.}}$ sowie aus einem abschließenden 3-wöchigen Langzeitversuch bei einer Koksdosiertrate von $300 \text{ mg/m}^3_{\text{n., tr.}}$. Bei den Tastversuchen, die tageweise erfolgten, wurde die Koksdosierung zum Erhalt stationärer Bedingungen ca. 4 Stunden vor Beginn der Quecksilbermessung in Betrieb genommen. Wie sich jedoch später herausstellte, reichte diese Zeit nicht aus, auch hinter der Naßwäsche bereits eine erkennbare Quecksilberminderung zu erzielen, da dieses System als temporärer Speicher wirkt und instationär zu möglichen Konzentrationsverschiebungen führt. Aus diesem Grund und um Aussagen über das Betriebsverhalten des Abgasreinigungskonzeptes im Dauerbetrieb zu erhalten, wurde im Anschluß an die Tastversuche ein 3-wöchiger Langzeitversuch durchgeführt. Mit Ausnahme von betriebsbedingten Stillständen wurde bei diesem Versuch kontinuierlich Koksstaub in den Abgasstrom der Klärschlammverbrennungsanlage zugegeben. Während dieser Versuchszeit wurde die Hg-Emission im Kamin fortlaufend durch ein eignungsgeprüftes Hg-Analysengerät überwacht. Parallel zu der Online-Messung wurden weitere Einzelmessungen mittels der Dowex-Jodkohle-Methode durchgeführt, womit die Vergleichbarkeit beider Meßmethoden überprüft werden konnte.

Die Tastversuche erfolgten ohne die Zugabe von Schwermetallfällungsmittel in den Wäscher. Bei den Langzeitversuchen wurde neben der Kokszugabe zusätzliche TMT 15 als Quecksilberbinder in die erste und zweite Waschstufe gegeben. Durch die zusätzliche Zugabe des Fällungsmittels TMT 15 sollte die Hg-Freisetzung durch im Wäscher stattfindende Reduktions- und Disproportionierungsreaktionen vermieden werden.

Ergebnisse und Diskussion

In den Abbildungen 2, 3 und 4 sind die im Abgasstrom der Klärschlammverbrennungsanlage durch Einzelmessungen ermittelten filtergängigen Gehalte an $\text{Hg}_{\text{gesamt}}$, Hg° und $\text{Hg}_{\text{ion.}}$ dargestellt. Die Hg-Konzentrationen beziehen sich auf den Normzustand, trocken und einer O_2 -Konzentration von 11 Vol.-%.

Anlagen-Ist-Situation (Nullversuch)

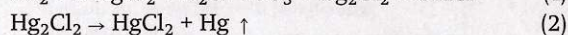
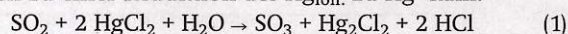
Die im Versuchszeitraum vor SprühadSORBER (Rohgas) ermittelten Hg-Eingangskonzentrationen lagen mit Werten bis maximal $65 \text{ } \mu\text{g/m}^3_{\text{n., tr., bez.}}$ auf einem sehr niedrigen Niveau. Die reingasseitig gemessenen höheren Quecksilbergehalte können somit nur durch Überlagerungseffekte von der im System vorhandenen Hg-Pufferung bzw. Speicherung (Memory-Effekt)

und einer instationären Fahrweise der Anlage erklärt werden. Vergleicht man zu den relativ niedrigen Hg-Eingangskonzentrationen vor Sprühtrockner die im Abgas nach Sprühtrockner ermittelten hohen Quecksilbergehalte, so ist leicht ersichtlich, daß der sprunghafte Anstieg der gasförmigen Quecksilbergehalte (elementares sowie ionisches Quecksilber) auf die Abwasserrückführung zurückzuführen ist. Dies zeigt, daß die im Abwasser enthaltenen gelösten Quecksilberverbindungen bei den Messungen thermisch instabil vorlagen, wodurch es im Sprühtrockner wieder zu einer Freisetzung und einer Konzentrationsanhebung im Wäscher kommt.

Im Reingas hinter Wäscher konnten im Versuchszeitraum und ohne Zugabe von Braunkohlenkoks Hg-Konzentrationen von 98 bis $158 \text{ } \mu\text{g/m}^3_{\text{n., tr., bez.}}$ gemessen werden. Die Ursache für das im Vergleich zum Quecksilber-Input deutlich höhere Hg-Niveau lag in der bereits erwähnten Hg-Pufferung des Systems bzw. der Speicherwirkung (Aufkonzentrierung) des Wäschers, die zu einer Überlagerung

der im Meßzeitraum vorgelegenen geringen Eingangskonzentration führte. Hieraus läßt sich ableiten, daß auch Betriebszustände mit höheren Hg-Rohgaskonzentrationen im Abgas vorgelegen haben. Erwartungsgemäß zeigte

sich hinter dem Wäscher das bereits aus der Literatur [7] bekannte Bild des hohen Anteils an metallischem Quecksilber. Infolge des hohen SO_2 -Gehaltes von teilweise über $1000 \text{ mg/m}^3_{\text{n., tr., bez.}}$ und den bei Klärschlammverbrennungsanlagen geringen HCl-Gehalten kann davon ausgegangen werden, daß es im Wäscher durch Reduktions- und Disproportionierungsreaktionen zu einer Reduktion des $\text{Hg}_{\text{ion.}}$ zu Hg° kam.



Situation bei Koksstaubzugabe

Bei den Tastversuchen sowie bei dem anschließenden Langzeitversuch zeigte sich mit Ausnahme des Versuches bei Zugabe von $200 \text{ mg/m}^3_{\text{n., tr.}}$ bereits im Abgasstrom hinter Sprühtrockner (MS 2) und vor Elektrofilter die hohe Adsorptionswirkung des Braunkohlenkoksstaubes zur Quecksilberabscheidung. Die bei der Kokszugabe im Abgas gefundenen Hg-Gehalte lagen mit weit unter $10 \text{ } \mu\text{g/m}^3_{\text{n., tr., bez.}}$ bereits auf sehr niedrigem Niveau. Hierbei konnten bei der Abscheidung des ionogenen sowie des metallischen Quecksilbers gleich gute Ergebnisse erzielt werden. Die im Sprühtrockner ohne Zugabe von Koksstaub festgestellte Hg-Freisetzung wurde nahezu vollständig vom eingeblasenen Braunkohlenkoksstaub aufgefangen. Die vorgefundene hohe Abscheidewirkung des Kokes im Sprühtrockner läßt auf eine sehr gute Durchmischung des eingeblasenen Kokes im Sprühtrockner schließen. Durch die Zugabe des Kokes unmittelbar in die Zerstäubungszone des Sprühtrockners konnten zwischen Braunkohlenkoks und dem schadstoffbeladenen Gas sehr hohe Relativgeschwindigkeiten erzielt werden, wodurch der Schadstoffübergang entsprechend begünstigt wurde.

Die Tastversuche zeigten, daß Hg-Konzentrationen bereits hinter dem Sprühtrockner 10 : 1 reduziert wurden. Das Quecksilber taucht im Gemisch von Filtersalz und Braunkohlenstaub wieder auf.

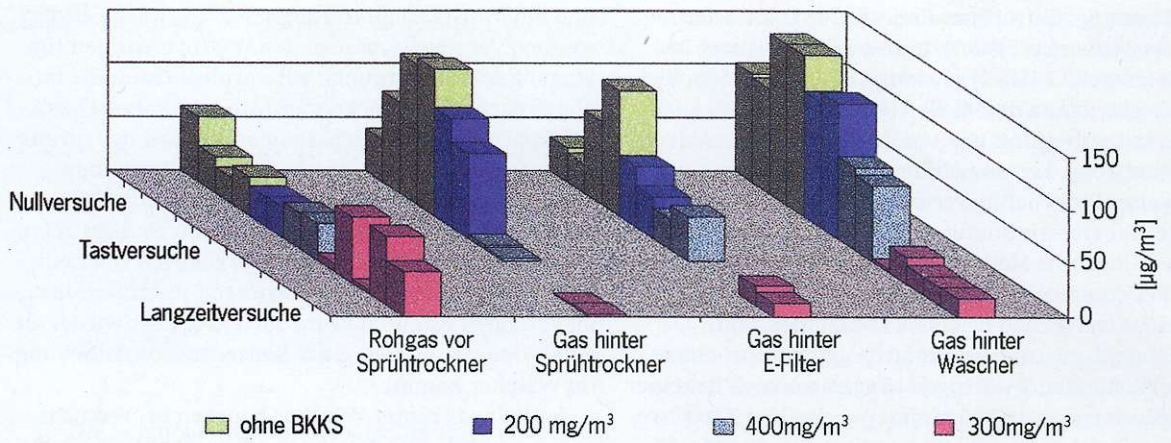


Abbildung 2:
Gehalte an
Gesamtquecksilber

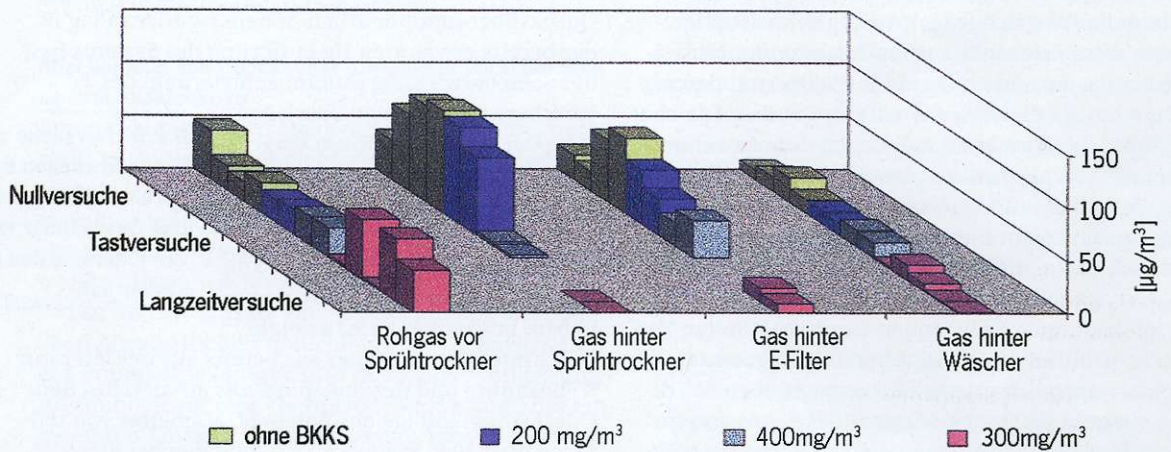


Abbildung 3:
Gehalte an
ionischem
Quecksilber

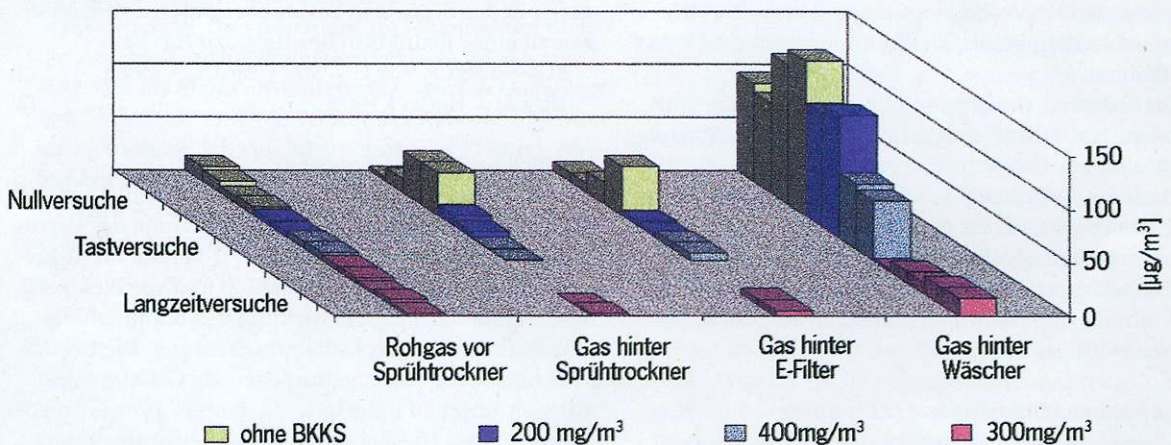


Abbildung 4:
Gehalte an
elementarem
Quecksilber

Die im Abgasstrom hinter E-Filter ermittelten Hg-Konzentrationen ergaben im Vergleich zu den unmittelbar hinter dem Sprühtrockner gemessenen Werten ein geringfügig höheres Niveau. Der vorgefundene Anstieg der Hg-Gehalte läßt auf eine Desorption des Quecksilbers von im E-Filter gespeicherten Hg-beladenen Rückstandsmassen schließen. Hieraus ist ersichtlich, daß das E-Filter zum Erhalt optimaler Bedingungen für die Schadstoffabscheidung weitestgehend frei von größeren Rückstandsablagerungen sein sollte.

Entgegen der hinter Sprühtrockner und E-Filter unmittelbar nach der Koks zugabe festgestellten

direkten Hg-Minderung zeigten die Ergebnisse hinter der 2-stufigen Wäsche ein deutlich trägeres Verhalten. Der Pufferungs- bzw. Speichereffekt der Waschflüssigkeit in Verbindung mit den niedrigen Hg-Eingangskonzentrationen führte dazu, daß die Abscheidung bei den Tastversuchen und den hierbei vorliegenden kurzen Versuchszeiten von maximal acht Betriebsstunden durch die im Wäscher vorliegende Quecksilberkontamination überlagert wurde. Dadurch lassen die Ergebnisse aus den Tastversuchen keine signifikante Hg-Emissionsminderung durch die Koks zugabe erkennen. Erst bei den anschließenden

Langzeitversuchen stellten sich ein bis zwei Tage nach der Kokszugabe auch im Wäscher annähernd stationäre Bedingungen ein und ließen die Hg-Emissionen auf weit unter $50 \mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{n., tr., bez.}}$ abfallen. Zur Beschleunigung dieses Zustandes und zur Vermeidung der Hg-Freisetzung durch im Wäscher stattfindende Reduktions- und Disproportionierungsreaktionen wurde zusätzlich zur Koks zugabe im Versuchszeitraum TMT 15 als Quecksilberbinder in den Wäscher zudosiert. Die durch Einzelmessungen emissionsseitig ermittelten filtergängigen Quecksilberkonzentrationen lagen zwischen 2 und max. $25 \mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{n., tr., bez.}}$. Das im Kamin installierte Hg-Analysengerät ergab vergleichbare Ergebnisse, womit die Wirksamkeit des Braunkohlenkokes über den gesamten Versuchszeitraum eindrucksvoll dokumentiert werden konnte. Die kontinuierlich erfaßten Hg-Emissionswerte lagen über den Versuchszeitraum bei 10 bis $25 \mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{n., tr., bez.}}$.

Die hinter den einzelnen Abscheidestufen ermittelten Ergebnisse der im Abgas vorliegenden Quecksilberspezies dokumentieren, daß das Flugstromverfahren mit Braunkohlenkoks in Verbindung mit einem Sprühtrockner und Elektrofilter sehr gut zur Quecksilberminderung bei Klärschlammverbrennungsanlagen eingesetzt werden kann, da insbesondere das schwierig abscheidbare elementare Quecksilber mit sehr hohen Abscheidegraden abgeschieden wird.

Die ohne und mit Koks zugabe betriebsseitig im Kamin gemessenen Staubkonzentrationen ließen im gesamten Versuchszeitraum keine Unterschiede erkennen. Die zweite Waschstufe war auch nach Ablauf von drei Wochen der Koks zugabe klar und frei von Koks partikeln.

Quecksilbergehalt im Filterstaub

Die bei den Versuchen durchgeführte Beprobung der im Elektrofilter abgeschiedenen Stäube und Analyse auf den Quecksilbergehalt bestätigte die hohe Adsorptionswirkung von Braunkohlenkoksstaub zur Abschei-

dung der im Abgas der Klärschlammverbrennung enthaltenen gasförmigen Quecksilberverbindungen. Die ohne Zugabe von Braunkohlenkoksstaub im Filterstaub gefundenen Hg-Gehalte lagen zwischen 3 und $6 \text{ mg}/\text{kg}$ und stiegen bei Zugabe von Braunkohlenkoksstaub auf bis zu $100 \text{ mg}/\text{kg}$ an. Die bei den Langzeitversuchen im abgeschiedenen Filtersalz-/Koksstaubgemisch durchgeführten Quecksilberbestimmungen ergaben bei der eingestellten Koks dosier rate von $300 \text{ mg}/\text{m}^3_{\text{n., tr.}}$ eine gleichbleibend hohe Hg-Konzentration von 72 bis $96 \text{ mg}/\text{kg}$. Der TOC-Gehalt im Filterstaub stieg durch die Koks zugabe von $< 1 \text{ Gew.}\%$ auf maximal $13 \text{ Gew.}\%$ an.

Literatur

- [1] „Braunkohlenkoks, Herstellung und Einsatzmöglichkeiten“, Informationsschrift der Rheinbraun AG, Köln
- [2] M. Eicken, W. Esser-Schmittmann, J. Lambertz, G. Ritter: Braunkohlenkoks zur Rauchgasreinigung und Reststoffminimierung von Abfallverbrennungsanlagen, BWK 10, 1990, Seite 37-49
- [3] M. Reich-Walber, W. Esser-Schmittmann, U. Lenz: Abgasfeinreinigung bei Abfallverbrennungsanlagen mittels Braunkohlenkoks. Müll und Abfall 9, 1992, S. 640-648
- [4] M. Erken, J. Wirling: Forschungsvorhaben der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl. „Verwendung von Braunkohlenkoks zur Abscheidung von Schadstoffen aus der Verarbeitung von Metallschrott“, Abschlußbericht, Berichtszeitraum 01. 07. 1992-30. 06. 1994
- [5] P. Kleine-Möllhoff, K. Kürzinger, G. Pfannes, H. Lungwitz: Quecksilberabscheidung mit Hilfe des Flugstromverfahrens hinter Klärschlammverbrennungsanlagen, Workshop IUTA, 1994
- [6] H. Braun, M. Metzger: Bestimmungsmethoden für Quecksilber und Quecksilberverbindungen im Abgas von Müllverbrennungsanlagen, Karlsruhe, 1993
- [7] P. Neumann, K. Schmidt: Quecksilber in Verbrennungsanlagen, BWK/TÜ/Umwelt-Special, März 1993

Anschrift der Verfasser

Dipl.-Ing. J. Wirling
Rheinbraun AG, Köln - Abt. Brennstoffchemie
Stüttgenweg 2
50935 Köln
Tel. (02 21) 4 80-2 07 60
Fax (02 21) 4 80-14 97
Dipl.-Ing. H. Schroth
Landeshauptstadt Stuttgart,
Tiefbauamt, Hauptklärwerk Mühlhausen
Aldingerstraße 212
70378 Stuttgart
Tel. (07 11) 2 16-72 02
Fax (07 11) 2 16-72 28