



Im Heizkraftwerk Chemnitz Nord wurden 2018 zwei Lagen Module der US-amerikanischen Firma W. L. Gore eingebaut, die seitdem Quecksilber als auch Schwefeldioxid aus der Abluft entfernen. Foto: W. L. Gore

Kohlekraft mit weniger Quecksilber

Zwei Braunkohleheizkraftwerke, eines in Sachsen, eines in Tschechien, reinigen ihre Abgase mit einer Technik, die in den USA entwickelt wurde, von Quecksilber. Dieses Verfahren wurde so ausgelegt, dass es auch die Emissionen von Schwefeldioxid weiter senkt.

Ole Petzoldt & Philipp Schauer

Kohlekraftwerke sind weltweit die größte industrielle Quelle von Quecksilberemissionen in die Atmosphäre. 21 % aller anthropogenen Quecksilberemissionen sind durch Kohlekraftwerke verursacht, das sind mehr als 500 t/a.

Andererseits ist Braunkohle als kostengünstiger und langfristig verfügbarer Energieträger in vielen Ländern in der EU noch unverzichtbar. Durch ihren im Vergleich zu vielen Steinkohlen hohen Gehalt an Schwefel und Quecksil-

ber stellen Braunkohlen allerdings besondere Anforderungen an die Rauchgasreinigung.

Der rechtliche Rahmen

Die EU hat Emissionswerte für Quecksilber (Hg) und Schwefeldioxid (SO₂), die Kohlekraftwerke mit den besten verfügbaren Techniken (BVT) erreichen können, in den BVT-Schlussfolgerungen für Großfeuerungsanlagen festgelegt. Diese „achievable emission limits“ (AEL) legt die EU-Kommission im Rahmen der Um-

setzung der Industrieemissionsrichtlinie fest. Die EU hat diese Schlussfolgerungen am 17. August 2017 veröffentlicht. Damit galt von 17. August 2021 an das obere Ende der Bandbreite dieser AEL in der gesamten EU als verbindlicher Grenzwert.

In Deutschland wurden diese Vorgaben in die novellierte Verordnung über Großfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen, die 13. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV) integriert, die bereits seit dem 15. Juli 2021 gilt. Zum Teil wurde die Vorgaben verschärft. Andere EU-Staaten arbeiten

noch an der Umsetzung in nationales Recht. Damit gilt in der EU für bestehende Braunkohlekraftwerke mit einer thermischen Leistung von mehr als 300 MW ein Emissionsgrenzwert für Quecksilber von $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel – bezogen auf trockenes Rauchgas in Normzustand bei 6 Volumen-% Sauerstoff.

In Deutschland sank für diese Kraftwerke mit der 13. BImSchV der Jahresmittelwert von 10 auf 6 bis $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, je nach Quecksilbergehalt des Brennstoffs und den Feuerungsbedingungen. Er wird 2025 weiter auf 4 bis $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sinken. Für Steinkohlekraftwerke sank Grenzwert von 10 auf $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der langfristige Zielwert liegt für alle Großkraftwerke in Deutschland bei $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Der SO_2 -Grenzwert für Braunkohlekraftwerke liegt EU-weit im Jahresmittel bei $130 \text{ mg}/\text{m}^3$. Höhere Emissionen sind zulässig, wenn mehr als 97 % des Schwefels abgeschieden werden. In Kohlekraftwerken wird meist nass entschwefelt; Kalksteinwäscher reinigen das Rauchgas und erzeugen Gips aus Rauchgasentschwefelungsanlagen, den REA-Gips.

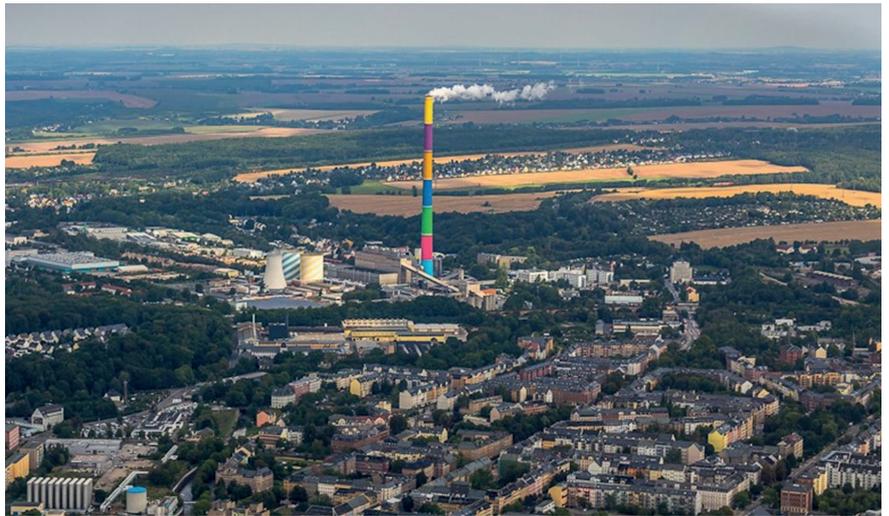
Erhöhen sich Anforderungen an Reingasqualität oder Abscheidegrad, erfordert dies oft, Wäscher nachzurüsten. Daher steigt in einem zunehmend wettbewerbsorientierten Strommarkt der Bedarf für kostengünstige Methoden, Hg-Emissionen zu verringern und die SO_2 -Abscheidung zu verbessern.

Die Gore-Technik

Das Unternehmen W. L. Gore & Associates aus Newark, Delaware, bietet eine Technik an, die hilft, Quecksilber und SO_2 aus industriellen Rauchgasen abzuscheiden. Der Kern dieses Abscheidesystems, des „Gore Mercury & SO_2 Control System“ (GMCS), ist der „Sorbent Polymer Catalyst“ (SPC):

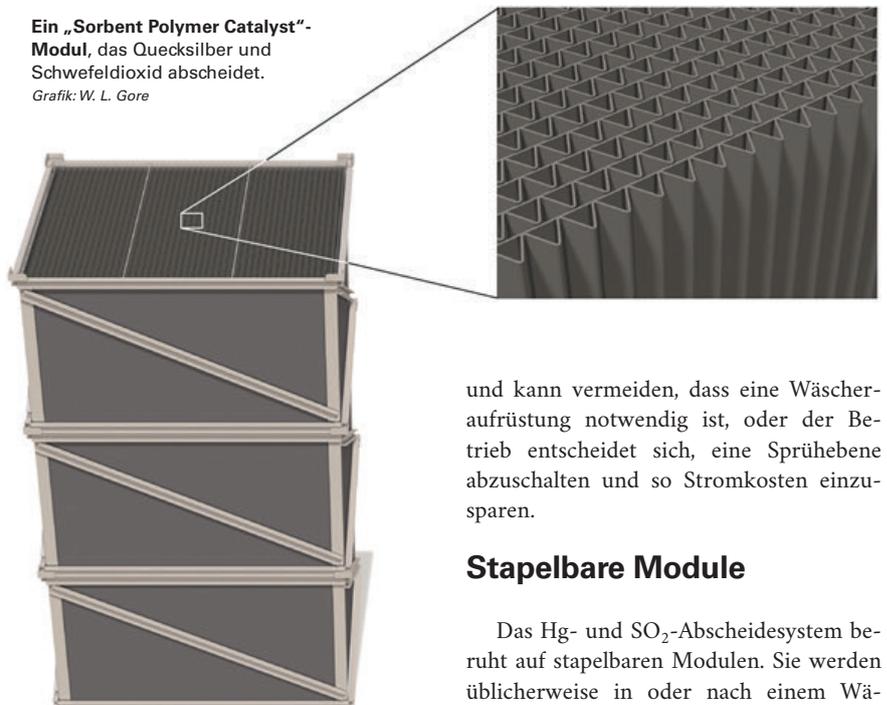
In eine poröse Fluorpolymermatrix ist das adsorbierende Material eingebunden. Es enthält Aktivkohle und auch elementaren Schwefel, ist wasserabweisend, kann also im wassergesättigten Rauchgas eingesetzt werden, und unempfindlich gegenüber Brennstoff- oder Prozessänderungen, die etwa die Art des Quecksilbers beeinflussen.

Die Aktivkohle erfasst elementares und oxidiertes Quecksilber. Das Schwermetall wird zunächst physikalisch im Porensystem der Aktivkohle adsorbiert und reagiert dann mithilfe des Katalysators und



Das Heizkraftwerk Chemnitz Nord. Foto: Eins Energie in Sachsen

Ein „Sorbent Polymer Catalyst“-Modul, das Quecksilber und Schwefeldioxid abscheidet.
Grafik: W. L. Gore



dem Schwefel zu Quecksilbersulfid. Dieses Sulfid, Zinnober genannt, hat einen niedrigen Dampfdruck und ist praktisch unlöslich, sodass eine Freisetzung des so gebundenen Quecksilbers im Betrieb und der späteren Entsorgung des Materials verhindert wird.

Der Katalysator ermöglicht auch die Umsetzung des SO_2 zu Schwefelsäure. Das Gas wird adsorbiert, oxidiert und reagiert mit Wasser. Die sich kontinuierlich bildende etwa 15 %-ige Schwefelsäure tropft aus den Modulen heraus, wird zur weiteren Verwendung aufgefangen oder fließt in den Wäscher und wird dort neutralisiert. Dies erhöht die SO_2 -Abscheidung

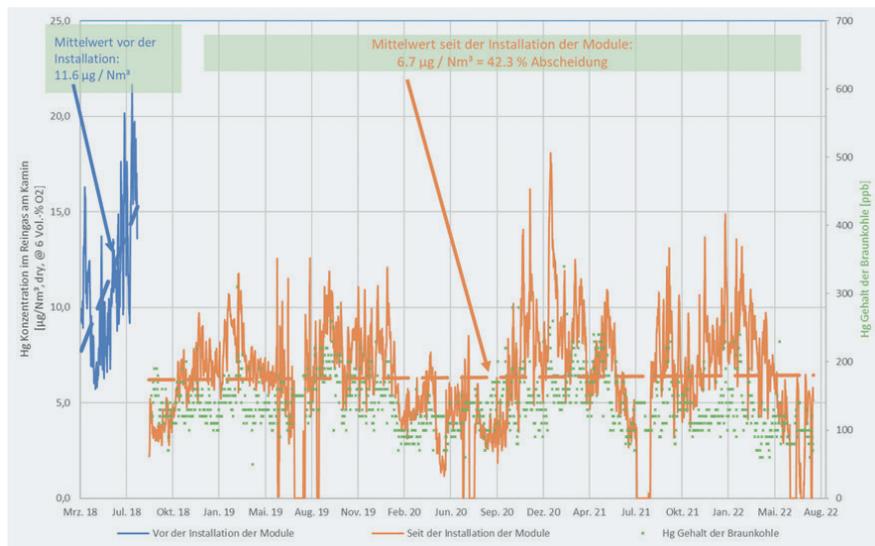
und kann vermeiden, dass eine Wäscher-ausrüstung notwendig ist, oder der Betrieb entscheidet sich, eine Sprühebene abzuschalten und so Stromkosten einzusparen.

Stapelbare Module

Das Hg- und SO_2 -Abscheidesystem beruht auf stapelbaren Modulen. Sie werden üblicherweise in oder nach einem Wäscher installiert. Es fungiert damit auch als Barriere für Quecksilber-Re-Emissionen aus dem Washwasser. Der Betrieb erfolgt passiv. Das Rauchgas strömt meist mit einer Geschwindigkeit von 3 bis $5 \text{ m}/\text{s}$ durch die Module, der Druckverlust beträgt etwa 60 Pa pro Modullage.

Das SPC-Material erfasst Quecksilber stetig über viele Jahre. Weitere Chemikalien müssen nicht zugegeben werden. Dieses Sorbens kann bis zu 5 % seines Gewichts an Quecksilber aufnehmen.

Durch die Stapelbarkeit der Module kann die Effizienz den jeweiligen Erfordernissen angepasst oder mit anderen Abscheidetechniken kombiniert werden. Mit vertretbarem wirtschaftlichem Aufwand lassen sich so zusätzliche Abscheideraten



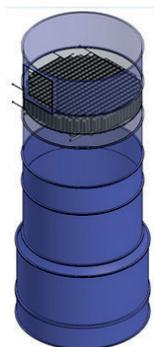
Gemessene Quecksilberwerte im Rauchgas des Heizkraftwerks Chemnitz vor und nach dem Einbau des Quecksilber- und Schwefeldioxid-Abscheidesystems aus den USA. *Grafik: W. L. Gore*

für Quecksilber von 50 bis 80 % verwirklichen. Erreichen die Module das Ende ihrer Lebensdauer, kann das SPC-Material von den Rahmen getrennt werden. Die Rahmen lassen sich wiederverwenden, das Hg-beladene Material kann auf einer zugelassenen Abfalldeponie entsorgt werden.

Die Menge an SPC-Material, das sich in dem Modul befindet und am Ende der Lebensdauer entsorgt werden muss, ist um mehrere Größenordnungen kleiner als die Menge an Sorptionsmittel, das für den gleichen Zeitraum mit einem Sorbens-Dosiersystem zur Quecksilberabscheidung verwendet werden würde. Daher sind die Entsorgungskosten dieses Systems in der Regel deutlich niedriger als die eines Aktivkohlesystems.

Einbau in Nasswäscher

SPC-Module werden üblicherweise direkt in einen Rauchgaswäscher eingebaut. Sie lassen sich gut während eines drei- bis vierwöchigen Stillstands während einer Wartung einbauen. Sie füllen meist die gesamte Querschnittsfläche eines Wäschers aus und werden über dem Tropfenabscheider auf einer Stützkonstruktion angeordnet. Fehlt es in einem Wäscherkopf an Platz, können Tropfenabscheider teilweise durch die Module ersetzt und durch Kompaktabscheider ergänzt werden. Ein einfaches Wasserspülssystem ist in der Regel oberhalb und unterhalb der Module installiert. Es wird einmal oder zweimal pro Tag bedient und hilft, per Spülung Moduloberflächen von Säure und Staub zu befreien.



„Sorbent Polymer Catalysts“-Module, integriert in einem Rauchgaswäscher. *Grafik: W. L. Gore*

Bei Bedarf kann die Funktion des GMCS an einer Anlage vor dem Umbau demonstriert werden. Dazu wird eine Pilotanlage im Bypass angeschlossen und mit dem Original-Rauchgas beaufschlagt. Die Pilotanlage wird in der Regel ferngesteuert und die Daten zur Fernüberwachung direkt zu Gore übertragen.

In Europa wurden von 2018 bis 2021 drei derartige Pilotanlagen betrieben: an den Braunkohlekraftwerken in Belchatow und Patnow in Polen sowie in Schkopau in Deutschland – letzteres unter Federführung des VGB PowerTech, dem Interessenverband von Unternehmen aus der Elektrizitäts- und Wärmeversorgungsbranche aus Essen. An dem Schkopau-Projekt waren alle deutschen Betreiber von Braunkohlekraftwerken beteiligt.

Eingebaut wurden SPC-Module in der EU bis jetzt in zwei Kohlekraftwerken. In den USA und in Japan hat sich die Technik aber bereits in etwa 30 Kraftwerken und Verbrennungsanlagen bewährt.

Das Unternehmen „Eins Energie in Sachsen“ mit Sitz in Chemnitz versorgt rund 400 000 Haushalts- und Gewerbe-kund*innen unter anderem mit Erdgas, Strom, Wärme und Kälte, sowie Trinkwasser und energienahen Dienstleistungen. Dessen Heizkraftwerk (HKW) Nord, das die Stadt Chemnitz seit 1961 mit Strom und Fernwärme beliefert wird mit mittel-deutscher Braunkohle betrieben. Der Betrieb ist zurzeit bis Ende 2023 vorgesehen.

Heizkraftwerk Chemnitz

Im August 2018 hat W. L. Gore mit dem Anlagenbauer Bilfinger Engineering & Technologies aus Würzburg zwei Lagen des GCMS mit insgesamt 544 Modulen in dem REA-Wäscher installiert. Das Ziel ist zunächst gewesen, die Hg-Emissionen in Höhe von durchschnittlich 17 µg/m³ Hg deutlich zu senken, um den Jahresmittelwert der 13. BImSchV von 2019 in Höhe von 10 µg/m³ Hg sicher einhalten zu können. Die beiden Modul-lagen sind jetzt seit mehr als vier Jahren in Betrieb und mussten noch nicht ausgetauscht werden.

Die zusätzliche SO₂-Abscheidung entlastet den REA-Wäscher und erleichtert dem Betrieb, den Gesamtabscheidegrad und den SO₂-Grenzwert einzuhalten, ohne die Qualität oder die Menge des REA-Gipses zu verändern. Im HKW Nord wurde nach dem Einbau eine zusätzliche SO₂-Abscheidung durch zwei Lagen Module von etwa 50 % gemessen.

Im Juli 2019 wurde erstmals eine Probe von SPC aus einem Modul entnommen und im Gore-Labor in den USA auf Oberflächenverschmutzung und chemischen Gehalt analysiert. Der Hg-Gehalt entsprach den Erwartungen für die Betriebszeit und die Rauchgasbedingungen: 0,15 Gewichts-% Hg im SPC nach 290 Tagen Betrieb, was etwa 3 % der Maximalbelastung entspricht.

Diese Prozedur wurde jährlich wiederholt, sodass inzwischen die Beladung der Module über einen relativ langen Zeitraum nachverfolgt werden konnte. Inzwischen beträgt die Beladung etwa 16 % der Maximalkapazität. Die Beladungskapazität der Module wird voraussichtlich während der geplanten Restlaufzeit des Kraftwerkes bis Ende 2023 nicht erreicht werden.

Im mehrjährigen Mittel hat sich eine Hg-Abscheiderate von etwa 43 % eingestellt. Dies deckt sich mit Ergebnissen vergleichbarer Anlagen in den USA und Japan

sowie der Pilotanlage in Schkopau und dem Kraftwerk bei Prag. Bereits jetzt haben die Gore-Module im HKW Chemnitz etwa 100 kg Quecksilber abgeschieden.

Falls erforderlich, kann das Unternehmen Eins Energie in Sachsen das System künftig um eine weitere Modullage erweitern, wenn das Kraftwerk länger als geplant weiter betrieben werden, die zuständige Genehmigungsbehörde einen niedrigeren Grenzwert festlegen oder der Hg-Gehalt in der Braunkohle ansteigen sollte.

Heizkraftwerk Melnik

Im Frühjahr 2020 wurde das Quecksilber- und Schwefeldioxid-Abscheidesystem im Kraftwerk Melnik in der Tschechischen Republik eingebaut. Es versorgt die Stadt Prag mit Strom und Fernwärme. Das Kraftwerk betreibt sechs Braunkohle-gefeuerte Kessel mit je 60 MW elektrischer Leistung, die in zwei Rauchgasreinigungsstraßen zusammengefasst sind.

Beim Neubau der Rauchgasentschwefelungswäscher wurden die vorhandenen Anlagen so umgerüstet, dass jeweils bis zu sechs Lagen Gore-Module eingebaut wer-

den konnten, um in allen Lastfällen auch zukünftige Grenzwerte sicher einhalten zu können. Zunächst wurden in einer Straße zwei Lagen Module installiert, um die Technik zu demonstrieren und Erfahrungen zu sammeln. Diese erste Anlage ging im Mai 2020 in Betrieb.

Die Module werden hier von oben nach unten durchströmt. Die gesamte Bauhöhe ab Oberkante Tragkonstruktion beträgt etwa 1,23 m. Es lassen sich bis zu vier weitere Modullagen hinzufügen. Einschließlich der erforderlichen Wäschesysteme würde die Bauhöhe dann etwa 2,8 m betragen. Der Innendurchmesser des Wäschers beträgt 11,34 m, pro Lage wurden 200 Module eingebaut.

Auch im Kraftwerk Melnik werden die behördlichen Grenzwerte eingehalten. Die Messwerte liegen auch hier unter dem Grenzwert gemäß EU Vorgaben. Die eingebauten Module erfüllen auch hier die geforderte und garantierte Abscheidung.

Niedrige Kosten

Die Betriebskosten des Abscheidesystems sind niedrig. Es wird Spülwasser be-

nötigt, sonst fallen keine Instandhaltungskosten an. Da die Module nur sehr selten ersetzt werden müssen, ist es nur eine Frage der Zeit, bis sich die Investition amortisiert. Im HKW Chemnitz lag die Investitionssumme bei insgesamt etwa 5 Mio. €. Die Gesamtkosten liegen im Bereich um 0,1 bis 0,2 Ct pro erzeugter kWh. ■

www.gore.de & www.eins.de

Philipp Schauer

Hauptabteilung Erzeugung, REA und chemische Wasseraufbereitung
Eins Energie in Sachsen GmbH & Co. KG

philipp.schauer@eins.de

Foto: Eins Energie in Sachsen



Ole Petzoldt

Abteilung Katalytische Filtration, W. L. Gore & Associates GmbH

Ole.Petzoldt@wlgore.com

Foto: W. L. Gore

