

Analyse der Massentransferzone von Festbettadsorbern

Teil 1: Messtechnik

L. Michalak & T. Loeck | Rinke GmbH

Einführung

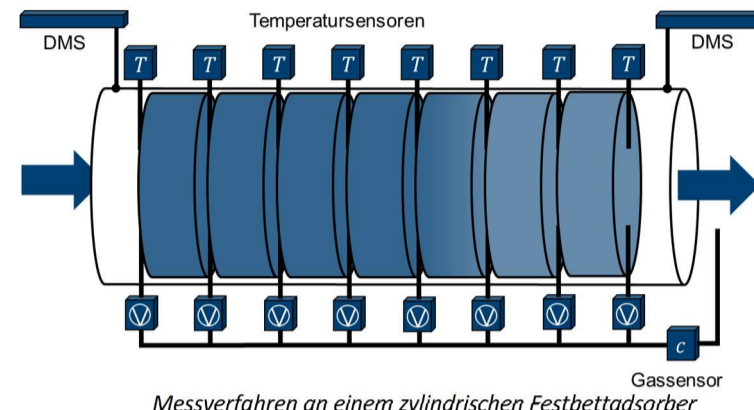
Für die Nutzung und Auslegung von Wechselbettadsorbern ist es wichtig den Beladungszustand der Filter zu ermitteln, um die Standzeit der Anlage zu bestimmen und einen rechtzeitigen Filterwechsel vorzunehmen. Im Gegensatz zu Staubfiltern, dessen Verschmutzungsgrad durch Drucküberwachung kontinuierlich kontrolliert werden kann, werden Aktivkohleanlagen oftmals mit Erfahrungswerten und regelmäßigen Wartungszyklen betrieben. Wenn der tatsächliche Beladungszustand nicht bekannt ist, werden die Aktivkohlefilter meist zu früh gewechselt. Da die Herstellung von Aktivkohle ein sehr energieintensiver Prozess ist, steigen die Wartungskosten für Betreiber von Aktivkohleanlagen stetig. Um die Wartungskosten zu reduzieren, soll ein System entwickelt werden, welches den Beladungszustand während des Betriebs ermittelt, und so den Betreiber Auskunft darüber gibt, wie weit die Filter bereits beladen sind.

Zur Umsetzung dieses Vorhabens werden zunächst Verfahren untersucht, welche das Verhalten der Massentransferzone (MTZ) innerhalb eines Adsorbers messtechnisch erfassen können.

Hierbei wird die MTZ genutzt, um bereits vor dem tatsächlichen Durchbruch eine kontinuierliche Auskunft über den Beladungszustand der Filter zu erhalten. Konventionelle Verfahren können den Durchbruch in der Regel nur durch Stichproben erfassen (Stichprobenentnahme) oder wenn der Adsorber bereits durchgebrochen ist (Gaswächter auf der Reingasseite).



RINKE



Messverfahren an einem zylindrischen Festbettadsorber

Methode

An einem Prüfstand werden drei Verfahren zur Untersuchung des Durchbruchs entwickelt.

Gravimetrische Messung

Durch die Adsorption der Schadstoffe nimmt das Gewicht des Adsorbens zu, bis dies gesättigt ist. Über eine kontinuierliche Gewichtsmessung kann über die Adsorptionsisotherme oder durch eine Konvergenzanalyse ein direkter Bezug über die Aufnahmeleistung des Adsorbers abgeleitet werden. Durch mehrere Messpunkte soll die Gewichtsverlagerung im Adsorbens erfasst werden, damit die Position der Massentransferzone bestimmt werden kann und um Verschmierungen im Adsorber zu bewerten. Zur Umsetzung wird der Adsorber über zwei Dehnmessstreifen (DMS) frei gelagert.

Gasprobenentnahme

Anstatt die Luftqualität auf der Rohgasseite zu überwachen, soll über ein Probeentnahmeverfahren bereits im Adsorber eine Gasanalyse vorgenommen werden. Hierbei werden Gasproben entlang der Strömungsrichtung entnommen, sodass sich der Durchbruch bereits für einzelne Bereiche des Adsorbers bestimmen lässt. Zur Auswertung der Gasproben wird ein Metalloxidsensor (MOx) mit einem Photoionisationsdetektor (PID) verglichen. Beide Sensoren eignen sich zur kontinuierlichen Messung.

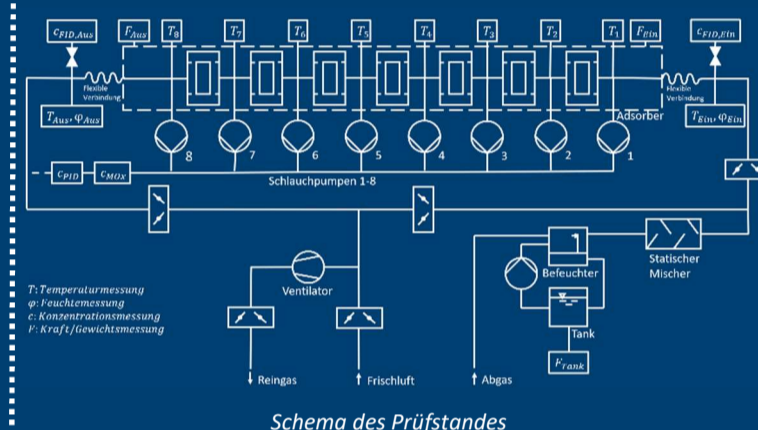
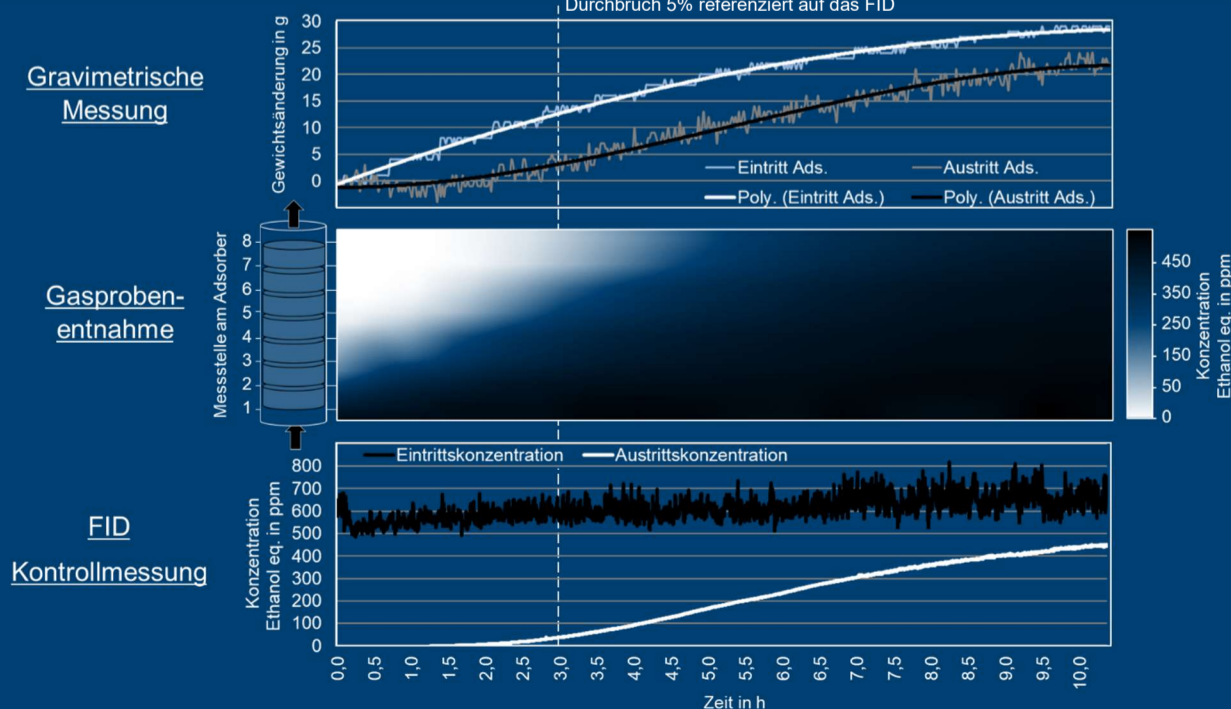
Temperaturmessung

Die Adsorption ist ein exothermer Prozess, in der die freiwerdende Energie in Form von Wärme abgegeben wird und sich die Festbetttemperatur erhöht. Die Adsorption findet im Bereich der MTZ statt, die durch den Adsorber wandert. Die daraus entstehende Temperaturfront bewegt sich schneller als die Konzentrationsfront, sodass frühzeitig die MTZ bestimmt werden kann. Durch mehrere Temperaturmessungen innerhalb des Adsorbers lässt sich der Fortschritt der Temperaturfront und daraus der MTZ bestimmen.

Die Verfahren werden an einem zylindrischen Festbettadsorber (Ø 100mm x 300mm) mit Ethanol als Schadstoff getestet. Als Referenz für die Messverfahren wird ein Flammenionisationsdetektor (FID) eingesetzt, der auf den Prüfstoff kalibriert ist und die Eintritts- und Austrittskonzentration des Adsorbers überwacht.

Resultate

Nachfolgend werden die Ergebnisse der gravimetrischen Messung und der Gasprobenentnahme (mit PID) gezeigt. Zur Überprüfung des Durchbruchs wird an der dritten Stelle die Kontrollmessung am Ein- und Austritt gezeigt. Sowohl bei der gravimetrischen Messung als auch bei der Gasprobenentnahme sind bereits vor einem ersten Durchbruch (<5% der Eingangskonzentration) Messdaten erfasst worden die zur Bewertung der MTZ-Position genutzt werden können. Dadurch ist es bspw. möglich, bereits nach einer Stunde eine Beurteilung der MTZ und somit des Speicherpotentials des Adsorbers zu ermitteln.



Schema des Prüfstandes

Diskussion & Fazit

Alle Messverfahren können Einflüsse durch die Adsorption erfassen. Wie gut die Verfahren zur Bestimmung der MTZ genutzt werden können, hängt von den Randbedingungen der Versuche ab.

So kann die Temperaturmessung nur bei sehr hohen Konzentrationen eingesetzt werden, in denen große Wärmemengen freigegeben werden. Wird davon ausgegangen, dass Wechselbettadsorber bei geringen Konzentrationen eingesetzt werden, kommt die Temperaturmessung für weitere Untersuchungen nicht in Frage. Bei dem hier vorgestellten Versuch konnte der Temperatureinfluss nicht grafisch dargestellt werden.

Die Gasprobenentnahme kann durch Messtellen vor (Pos. 1) und hinter (Pos. 8) dem Adsorber zusätzlich die Eintritts- und Austrittskonzentration bestimmen und ermittelt den Durchbruch am zuverlässigsten. Grafisch lässt sich die MTZ durch den blauen Übergangsbereich zwischen der weißen Zone (unbeladen) und der schwarzen Zone (voll beladen) identifizieren. Die Genauigkeit des Verfahrens hinsichtlich der Bestimmung der MTZ wird durch die Anzahl der Messstellen und der Messgenauigkeit des Gassensors bestimmt. Die Nutzung von nur einem Gassensor und mehreren Pumpen oder Ventilen hat den Vorteil, dass die Sensoren nicht aufeinander validiert werden müssen, insbesondere wenn für den Durchbruch nur das Verhältnis von Eingangskonzentration zur Messtelle betrachtet wird. Nachteile bei einem Sensor entstehen dadurch, dass immer nur eine Messstelle gleichzeitig gemessen werden kann.

Die gravimetrische Messung überzeugt durch die einfache Umsetzung am Adsorber und durch geringe Kosten gegenüber der Gasprobenentnahme. Durch die Messungen am Ein- und Austritt lässt sich die Position der MTZ erahnen. Konkrete Erkenntnisse liefert die Betrachtung des Differenzenquotienten. Nachteile entstehen dadurch, dass sich Feuchtigkeit im Abgas ebenfalls am Adsorbens anlagert und die Gewichtsmessungen beeinflussen. Ebenfalls können keine Grenzwerte ermittelt und geprüft werden.

Zukünftig soll für die getesteten Verfahren eine zuverlässige Livebewertung des Adsorbers entwickelt werden, die bereits während des Betriebs Aufschluss auf den Beladungszustand gibt.