

Analyse der Massentransferzone von Festbettadsorbern

Teil 2: Bestimmung der Massentransferzone - Gasanalyseverfahren

T. Loeck & L. Michalak | Rinke GmbH



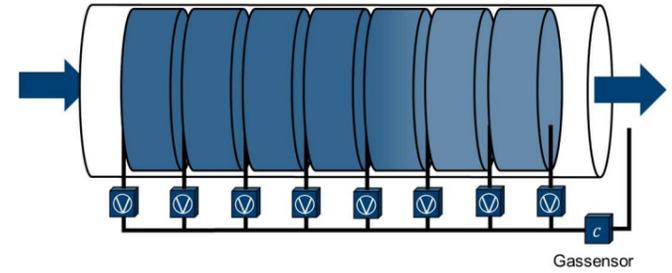
RINKE

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.

Im ersten Teil dieser Reihe werden Messtechniken vorgestellt, mit dessen Hilfe die Wanderung der Massentransferzone durch den Adsorber grafisch visualisiert werden kann. Nun sollen diese Daten dafür genutzt werden, den Beladungsfortschritt zu bestimmen. Es soll eine Kennzahl von 0 % bis 100 % ermittelt werden, welche dem Anlagenbetreiber einen einfachen Überblick liefert, wann die Filterleistung erschöpft ist. Das System soll für mehr Sicherheit und Kostenersparnisse in der Wartung von Aktivkohleanlagen sorgen.

Im Folgenden soll das Gasanalyseverfahren für die Beladungsbestimmung genutzt werden.



Messverfahren an einem zylindrischen Festbettadsorber

Methode

Innerhalb des Adsorbers transportiert der Volumenstrom die Konzentration vom Einlass zum Auslass. Hierbei bildet sich die Massentransferzone (MTZ), die den Übergang zwischen der bereits beladenen und der unbeladenen Zone beschreibt.

Das bereits entwickelte Gasprobenentnahmesystem wird erweitert, sodass die Massentransferzone verfolgbar ist. Dazu werden die in einem festen Abstand definierten Messpunkte über einen Algorithmus angesteuert, sobald die vorherige Messstelle das Durchbruchkriterium erreicht hat. Der Unterschied zum bestehenden System ist, dass die Konzentration an einer Messstelle länger messbar ist als im zyklischen Anwendungsfall. Auf diese Weise soll die Genauigkeit des Systems verbessert und darauf aufbauend der Beladungszustand des Absorbers live bestimmt werden (0 % = unbeladen und 100 % = Durchbruch erreicht). Hierfür wird zuvor ein Grenzwert festgelegt, der den zulässigen Durchbruch definiert. Diese können beispielsweise Arbeits- oder Umweltgrenzwerte widerspiegeln. Der Algorithmus prüft die Grenzwertbedingung für jeden Teilschritt des Absorbers. Sobald der Grenzwert für einen bestimmten Zeitraum überschritten ist, wird die nächste Entnahmestelle angesteuert. Das Verfahren misst analog zur vorherigen Messstelle. Anhand der aktuellen Position der Messstelle und der dort gemessenen Konzentration wird der Beladungszustand bestimmt. Der Beladungszustand beschreibt somit die örtliche Position, an der sich der definierte Grenzwert im Adsorber befindet.

Resultate

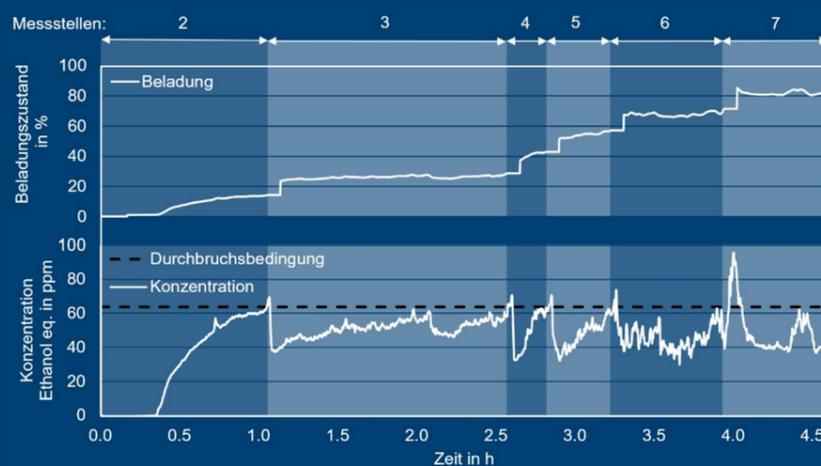
Die Ergebnisse sollen anhand von zwei Versuchen grafisch verdeutlicht werden. Die Versuche wurden bei unterschiedlichen Eingangskonzentrationen und Grenzwerten durchgeführt. Im unteren Bereich der Graphen ist der gemessene Schadstoff und der definierte Grenzwert über die Zeit abgebildet. Die aktuelle Messstelle, welche die örtliche Position im Adsorber beschreibt, wird farblich hervorgehoben.

Zu erkennen ist, dass mit Erreichen des Grenzwertes ein Wechsel der Messstelle erfolgt. Jeder Wechsel führt verzögert zu einer Erhöhung des Beladungszustandes (oberer Teil der Grafiken).

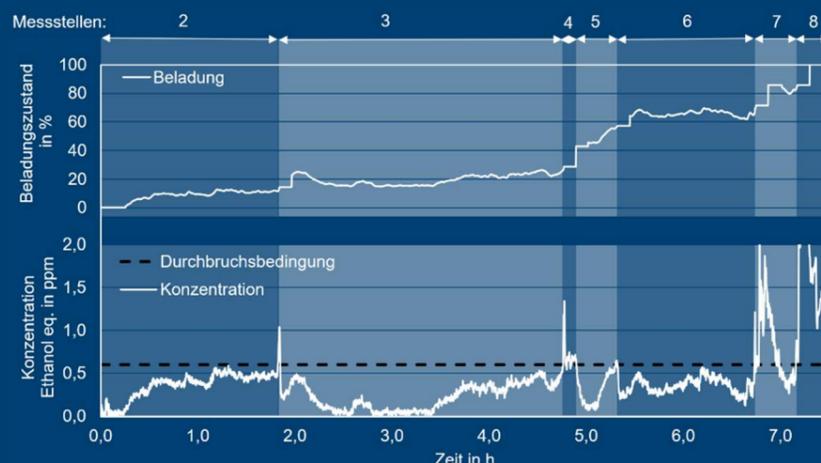
Um bereits vor einer Grenzwertüberschreitung ein Feedback des Beladungszustandes zu erhalten, wird zwischen den Messstellen die gemessene Konzentration ins Verhältnis zum Grenzwert gesetzt und mit der aktuellen Messstelle addiert.

$$\text{Beladung} = \frac{\text{Messstelle} + \frac{c}{c_{\text{Grenz}}} - 2}{7}$$

Das Ergebnis ist der Beladungszustand von 0 % bis 100 %, der bei kontinuierlicher Schadstoffbelastung stetig ansteigt und dem Anlagenbetreiber ein stetiges Feedback darüber liefert, wie schnell sich der Filter belädt und wann dieser gewechselt werden muss.



Beladungszustand bei einer Eingangskonzentration von durchschnittlich 1.600 ppm und einem Grenzwert von 64 ppm



Beladungszustand bei einer Eingangskonzentration von durchschnittlich 55 ppm und einem Grenzwert von 0,6 ppm

Versuchseigenschaften

Volumenstrom	18,7 m³/h
Adsorber Länge	305 mm
Adsorber Durchmesser	95 mm
Masse Aktivkohle	ca. 1 kg
Art der Aktivkohle	AIR NM 40/70
Kontaktzeit	0,25 s
Schadstoff	Ethanol

Diskussion & Fazit

Ziel ist es den Betreiber von Adsorbern eine Kennzahl zur Bewertung der Standzeit zu liefern. Es wird ein eigener Ansatz erarbeitet diese Standzeit als „Beladungszustand“ physikalisch zu definieren. Aufgrund von Verschmierungen im Adsorber ist der Beladungszustand keine zeitlich lineare Funktion und daher als reine Kennzahl für den Filterwechsel zunächst nur als eine Annäherung zu nutzen. Ein Beladungszustand von 50 % ist nicht damit gleichzusetzen, dass die Hälfte der Standzeit erreicht ist.

Um die Standzeit besser bewerten zu können, wird eine numerische Methode entwickelt, die das Beladungsverhalten simuliert und Prognosen zum Zeitpunkt des Durchbruchs liefert. Der ermittelte Beladungszustand ist ein essenzieller Bestandteil zur Livevalidierung dieser Vorhersage.

Die Probenentnahme eignet sich sowohl für hohe als auch für niedrige Konzentrationen, sofern eine ausreichende Beruhigungszeit zwischen den einzelnen Messstellen miteinbezogen wird. Durch schnelle Wechsel der Entnahmestellen kann es zur Verfälschung des Gesamtbeladungszustandes kommen. Für die Prüfung wird das Verfahren zunächst bei nahezu konstanten Eingangskonzentrationen, die kontinuierlich emittieren und geringfügigen Schwankungen unterliegen, durchgeführt. Das Durchbruchkriterium und der Versuchsstoff werden so gewählt, dass der Versuchszeitraum auf einen Tag begrenzt ist. Künftig wird die Übertragbarkeit des Systems an realen Anlagen mit längeren Laufzeiten getestet werden.

Des Weiteren wird in kommenden Versuchen geprüft, inwiefern sich ein diskontinuierlicher Schadstoffstrom auf die MTZ auswirkt. Hierbei muss ebenfalls geprüft werden, ob das Messverfahren auch bei Prozessen eingesetzt werden kann, welche Phasen der Desorption beinhaltet.

Geplant ist es, dass Messverfahren bei Anlagen einzusetzen, die mehrere Wechselbettadsorber parallel betreiben. Durch die gleichzeitige Beladung würde es ausreichen nur einen Filter mit dem Gasanalyseverfahren anzuschließen. Ebenfalls ist es denkbar das Verfahren an einem speziellen Messadsorber umzusetzen. Der Messadsorber ist deutlich kleiner als die eigentlichen Wechselbettadsorber, wird aber bei gleicher Geschwindigkeit und Kontaktzeit beladen. Hierbei könnte die Messtechnik einfacher und genauer implementiert werden. Diese Möglichkeit eignet sich besonders gut für die Nachrüstung von Bestandsanlagen.