

# Immissionsschutz



## Immissionsschutz, Band 1

Karl J. Thomé-Kozmiensky  
Michael Hoppenberg

Erschienen: 2010  
ISBN: 978-3-935317-59-7  
Hardcover: 632 Seiten  
Preis: 40,00 EUR

## Immissionsschutz, Band 2

Karl J. Thomé-Kozmiensky  
Matthias Dombert • Andrea Versteyl  
Wolfgang Rotard • Markus Appel

Erschienen: 2011  
ISBN: 978-3-935317-75-7  
Hardcover: 593 Seiten  
Preis: 40,00 EUR

## Immissionsschutz, Band 3

Karl J. Thomé-Kozmiensky  
Andrea Versteyl • Stephanie Thiel  
Wolfgang Rotard • Markus Appel

Erschienen: 2012  
ISBN: 978-3-935317-90-0  
Hardcover: 664 Seiten  
Preis: 40,00 EUR

## Immissionsschutz, Band 4

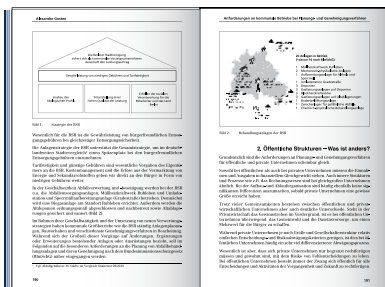
Karl J. Thomé-Kozmiensky  
Margit Löschau

Erschienen: 2014  
ISBN: 978-3-944310-16-9  
Hardcover: 450 Seiten  
Preis: 40,00 EUR

**100.00 EUR**  
statt 160.00 EUR

## Paketpreis

Immissionsschutz, Band 1 • Immissionsschutz, Band 2  
Immissionsschutz, Band 3 • Immissionsschutz, Band 4



Bestellungen unter [www.vivis.de](http://www.vivis.de)  
oder

Dorfstraße 51  
D-16816 Nietwerder-Neuruppin  
Tel. +49.3391-45.45-0 • Fax +49.3391-45.45-10  
E-Mail: [tkverlag@vivis.de](mailto:tkverlag@vivis.de)

**vivis**  
TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

# Instandhaltung, Sanierung und Optimierung von Gewebeentstaubern in Abgasreinigungsanlagen

Walter Dollhopf und Herbert Appl

1.	Kurzer historischer Rückblick .....	188
1.1.	Abfallverbrennung .....	188
1.2.	Anlagentechnik .....	189
1.3.	Abgasreinigung.....	190
2.	Auslegungsdaten und Anlagenparameter von Gewebeentstaubern ....	191
2.1.	Filterflächenbelastung (FFB) .....	191
2.2.	Effektive Filterflächenbelastung (FFB <sub>eff.</sub> ).....	192
2.3.	Rohgaseintritt und Rohgasverteilung in den Filterkammern .....	192
2.4.	Strömungsgeschwindigkeiten.....	193
2.5.	Abreinigungssystem.....	193
3.	Instandhaltung von Gewebeentstaubern .....	194
4.	Sanierung von Gewebeentstaubern .....	196
5.	Optimierung von Gewebeentstaubern .....	198
6.	Quellenverzeichnis.....	200

Die Schlagworte *Instandhaltung*, *Sanierung* und *Optimierung* werden immer noch häufig gebraucht. Die Meinungen der Anlagenbetreiber hierzu gehen aber teilweise diametral auseinander.

Bei der Instandhaltung reicht die Spanne von, *Wir inspizieren den Gewebeentstauber bei jedem Stillstand* bis zu der Aussage *Wir betreiben Instandhaltung durch Unterlassung*.

Im Bereich Sanierung reicht das Spektrum vom Aufkleben von Plattenzuschnitten mit temperaturbeständigem Silikon bis zur Gehäusesanierung mit mehr oder weniger korrosionsfesten Edelstählen.

Eine besonders breite Basis hat die Optimierung. Sie bezieht sich auf:

- einzelne Komponenten, z.B. Abreinigungssystem, Austragssysteme, Filtermedien,
- Anpassung an geänderte Betriebsbedingungen,

- Erhöhung der Energieeffizienz und
- Verfahrensänderungen, z.B. Änderung von quasi-trocken auf trocken; Umrüstung eines einstufigen Verfahrens auf ein zweistufiges Verfahren.

Mit diesem Beitrag wird versucht, die Begriffe zu erklären und sinnvolle Vorgehensweisen darzustellen.

## 1. Kurzer historischer Rückblick

### 1.1. Abfallverbrennung

Seit Menschen in Siedlungen lebten, war die Entsorgung ihrer Abfälle ein Problem.

In steinzeitlichen Siedlungen wurden große Abfallhaufen aus Knochen, Scherben, Asche und organischen Materialien gefunden, die von Zeit zu Zeit angezündet wurden.

Bereits etwa um 1.000 v. Chr. wurden in Jerusalem die anfallenden Reststoffe gesammelt und an einer Stelle vor der Stadtmauer in einem ständig unterhaltenen Feuer verbrannt. Die Asche wurde auf den umliegenden Feldern als Dünger verstreut.

Im Römischen Reich wurde der Abfallentsorgung große Aufmerksamkeit gewidmet und die *Technik* verfeinert. Erstmals wurde die bei der Verbrennung anfallende Wärme teilweise energetisch genutzt. Die Errungenschaften auf diesem Gebiet gerieten mit dem Verfall des Römischen Reiches in völlige Vergessenheit.

Im Mittelalter wurden Fäkalien und Abfälle wieder einfach auf die Straße geworfen. Zahlreiche Seuchen (darunter Pest und Cholera) waren die Folge. Ab dem 15. Jahrhundert wurde in vielen Städten die Straßenreinigung an Fuhrunternehmen übertragen, die mit Karren bereits eine *Müllabfuhr* organisierten. Dies führte aber auch dazu, dass sich um 1450 der Abfall vor den Mauern von Paris so hoch stapelte, dass er die Verteidigung der Stadt behinderte.

Im Jahr 1597 wurde in Hamburg nach einer weiteren Pestepidemie eine kontrollierte Abfallentsorgung eingeführt. Gefangene mussten den Abfall sammeln und brachten ihn zum Düngen auf die Felder der umliegenden Dörfer.

Diese Art der Abfallentsorgung etablierte sich neben der einfachen Ablagerung auf *Müllkippen* als Standardmethode bis weit in das Industriezeitalter hinein.

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts schließlich gewann die öffentliche Hygiene immer mehr an Bedeutung. Die Entdeckung des Tuberkuloseerregers und die Erkenntnis, dass Infektionskrankheiten durch schlechte hygienische Bedingungen hervorgerufen werden, brachten zur Mitte des Jahrhunderts einen weiteren Entwicklungsschub. Die Kanalisation wurde ausgebaut, Abwässer und feste Abfallstoffe wurden getrennt behandelt. Je größer aber die Städte wurden, desto schwieriger wurde es den eingesammelten Abfall unterzubringen. Es wurde nach anderen Behandlungsmöglichkeiten gesucht.

1870 und 1874 wurden in Paddington und Nottingham die ersten Abfallverbrennungsanlagen der Welt in Betrieb genommen. Städte wie London und Manchester folgten. Eine weitere Cholera-Epidemie in Deutschland führte 1892 schließlich in Hamburg zum Bau der ersten Abfallverbrennungsanlage auf dem europäischen Festland. Am 1. Januar 1896 nahm die Abfallverbrennungsanstalt Bullerdeich in Hamburg den Betrieb auf.

Der Engpass an Deponieraum im Bereich von Großstädten führte dazu, dass zwischen 1910 und 1920 der MVA-Bau boomte. Die neue Anlagentechnik konnte einige Fortschritte aufweisen:

- Stromerzeugung für den Eigenverbrauch,
- Wärmeauskoppelung,
- Schlackeverwertung im Straßenbau und in der Steinherstellung,
- Flugaschen wurden als Füllmaterial für Wände und Decken verwendet.

Die Technik wurde in den folgenden Jahrzehnten weiterentwickelt.

Das in den letzten Jahrzehnten gewachsene Wissen um die Klimawirksamkeit der Emissionen und der möglichen Grundwasserkontamination hat dazu geführt, dass unbehandelte Abfälle nicht mehr auf die Deponien verbracht werden dürfen und somit der Abfallverbrennung zusätzliche Bedeutung gegeben. In Deutschland wurde diese Zielstellung bereits 1993 in der TA Siedlungsabfall verankert. [1, 4]

### 1.2. Anlagentechnik

Der geringe Brennwert des Abfalls, verbunden mit einem unvollständigen Ausbrand und Geruchsbelästigungen, lenkte das Hauptaugenmerk der technischen Weiterentwicklung zunächst auf die Reduzierung der Rauch-, Ruß- und Geruchsbelästigungen.

Dazu wurden die Verbrennungstemperaturen auf 700 °C, später auf 800 bis 1.100 °C angehoben. Das Verbrennungsluftangebot wurde durch Gebläse und höhere Kamine verbessert.

In den zwanziger und dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts wurden Rostsysteme und Schachtföfen entwickelt. Damit einher ging eine deutliche Steigerung der Durchsatzleistung von 0,25 t/h auf etwa 6 t/h.

Bis in die späten sechziger Jahre stand die Abfallverbrennung zunächst hauptsächlich im Zeichen der Beseitigung von Abfällen (knapper Deponieraum). Dementsprechend galten technische Neuerungen in erster Linie der Erhöhung des Anlagendurchsatzes.

Umweltschutz wurde allenfalls als Randthema wahrgenommen.

Vor dem Hintergrund der Ölkrise 1973/74 und erwachenden Energie- und Ressourcenbewusstsein begann man Anfang der siebziger Jahre mit der Suche nach unkomplizierten Verfahren, die auch bei geringen Durchsatzleistungen kostengünstig arbeiteten, eine bessere Energieausnutzung, sowie Rohstoffrückgewinnung

ermöglichten und energetisch nutzbare Produkte erzeugten. Im Mittelpunkt stand die Weiterentwicklung von Pyrolyse- und Vergasungsverfahren die aus anderen Anwendungsgebieten der Verfahrenstechnik bereits bekannt waren.

Die in diese Verfahren gesetzten Hoffnungen haben sich definitiv nicht erfüllt.

In neuerer Zeit wird auch die aus der chemischen Industrie bekannte Wirbelschichttechnik zur Abfallverbrennung eingesetzt. [1, 4]

### 1.3. Abgasreinigung

Die Abgasreinigung war in den Anfängen der Abfallverbrennung kein Thema.

Mit der beginnenden breiten Umweltdiskussion der siebziger Jahre wurde die Abfallbeseitigung jedoch zu einem politischen Thema.

Vor diesem Hintergrund war es in den folgenden Jahren erklärtes Ziel, die Emissionen aus den Abfallverbrennungsanlagen zu reduzieren und so einen Weg zur umweltverträglicheren Abfallbeseitigung zu finden.

In Deutschland waren seit 1976, mit der TA-Luft, erste Grenzwerte für Staubemissionen festgelegt worden. Die TA-Luft führte zum flächendeckenden Einsatz von Elektrofiltern.

Im nächsten Schritt wurden die sauren Schadgase aus den Abgasen abgeschieden. Das war die Geburtsstunde der nachgeschalteten Nass-Wäsche.

In den achtziger Jahren konzentrierte man sich dann verstärkt auf die Emissionen an Schadgasen, vor allem auf die Dioxine und Furane.

Erstmals kamen jetzt auch in größerem Umfang Gewebeenstauber zum Einsatz.

In Deutschland wurde 1991 die 17. BImSchV (Revision in 2003) erlassen. Diese Verordnung verhalf den Gewebeenstaubern zum Durchbruch bei Neuanlagen und zur teilweisen Nachrüstung bei Altanlagen. Damit war auch die Zugabe von Additiven am Markt etabliert.

Die Einführung der 17. BImSchV führte aber auch dazu, dass das Abgasreinigungssystem der Anlagen nachträglich um weitere, teure Komponenten zur sicheren Behandlung spezifischer Schadfrachten wie Dioxine, Stickoxide oder Quecksilber erweitert werden musste. Zur Abscheidung von Quecksilber, Dioxinen und Furanen wurden Aktiv-/Herdofenkoks-Filter eingesetzt. Zur Reduzierung des Ausstoßes von Stickoxiden wurden SNCR- oder SCR-Verfahren eingesetzt.

Gerade die letzten beiden Komponenten machten neben Säure-Rückgewinnung oder gar mehrstufiger Rektifikation und Kristallisation zur Salzgewinnung, die Anlagen sehr teuer und personalintensiv.

In neuerer Zeit besteht das Ziel wieder eher darin, den Aufwand der Abfallverbrennung zu vereinfachen und die Kosten zu senken. Wenn die Abgasreinigung kostengünstiger wird, steigt die Wirtschaftlichkeit der Anlage. Als neuestes Ziel hat sich die Steigerung

der Energieeffizienz etabliert. Für die Erreichung beider Ziele hat die Abgasreinigung eine entscheidende Bedeutung.

Technisch muss eine Abgasreinigung folgende (bereits o.g.) Verfahrensschritte abdecken:

- Staubabscheidung,
- Säureabscheidung,
- Schwermetall-, Dioxin- und Furan-Abscheidung, sowie die
- Reduzierung der Stickoxide.

Für diese Verfahrensschritte gibt es eine Vielzahl von technischen Lösungen.

## 2. Auslegungsdaten und Anlagenparameter von Gewebeatstaubern

Aus der Anlagenauslegung und den -parametern ergeben sich einige Kenngrößen, auf die wir im Folgenden näher eingehen wollen.

### 2.1. Filterflächenbelastung (FFB)

Die Filterflächenbelastung ist sicherlich die Kenngröße, die bei den Anlagenbetreibern am bekanntesten ist.

Die Filterflächenbelastung ergibt sich aus dem Abgasvolumen (in  $\text{Bm}^3/\text{min}$ ) und der Filterfläche (in  $\text{m}^2$ ), die dieser Abgasmenge entgegen gestellt wird:

$$\text{FFB: } \frac{\text{Bm}^3/\text{min}}{\text{m}^2 \text{ Filterfläche}} = \text{m}^3/\text{m}^2 \text{ oder m/min (Durchströmungsgeschwindigkeit)} \quad (1)$$

In der Anfangszeit der Abgasreinigung mit Gewebeatstaubern wurden die Anlagen mit einer FFB von 0,65 bis 0,75  $\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ min}$  ausgelegt. Dies war den fehlenden Erfahrungen und der Qualität der Filtermedien geschuldet.

Mit wachsender Erfahrung und der schrittweisen Optimierung der zum Einsatz kommenden Nadelfilze wurde die Anlagenauslegung auf eine FFB von 0,75 bis 0,85  $\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ min}$  angehoben.

Nach der Markteinführung von Oberflächenfiltern (Membranfiltermedien) bzw. oberflächenoptimierten Nadelfilzen und deren erfolgreichen Einsatz in der Abgasreinigung hat sich eine FFB von 1  $\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ min}$  als durchschnittlicher Auslegungswert etabliert.

Leider sagt die Filterflächenbelastung als Kenngröße nur die halbe Wahrheit, weil sie sich nur auf das Abgasvolumen ( $\text{Bm}^3/\text{Zeiteinheit}$ ) bezieht.

Unberücksichtigt bleiben dabei Faktoren wie

- Staubbeladung und -zusammensetzung,
- Partikelgrößen,
- Temperatur, usw., um nur einige zu nennen.

Um diesen Umständen Rechnung zu tragen, wurde die *klassische Filterflächenbelastung* weiterentwickelt. Das Ergebnis war die *effektive Filterflächenbelastung*. Diese Kenngröße ist den wenigsten Anlagenbetreibern bekannt.

## 2.2. Effektive Filterflächenbelastung (FFB<sub>eff.</sub>)

Zur Berechnung der effektiven Filterflächenbelastung wird zunächst die normale Filterflächenbelastung herangezogen.

Deren Wert (in  $\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ min}$ ) wird mit mehreren Kennwerten multipliziert.

$$\text{FFB}_{\text{eff.}}: \text{FFB} (\text{m}^3/\text{m}^2\text{min}) \cdot \text{Kennwerte} \quad (2)$$

Die Parameter hierfür sind u.a.:

- Filtersystem,
- Anlagenschaltung,
- Korngröße der Partikel,
- Rohgasbeladung,
- Schüttdichte,
- Abgastemperatur,
- Temperatur und Klima am Einsatzort.

Die FFB<sub>eff.</sub> weicht in der Regel (aus eigener Erfahrung; Anm. des Autors) um etwa fünf bis zehn Prozent von der normalen FFB, nach oben, ab.

## 2.3. Rohgaseintritt und Rohgasverteilung in den Filterkammern

Zwei wichtige Punkte, mit denen sich die wenigsten Anlagenbetreiber auseinandersetzen.

Der Rohgaseintritt erfolgt (nach einer Umlenkung aus dem Rohgasverteiler) in der Regel entweder horizontal oder diagonal (von oben nach unten oder umgekehrt).

Der Eintrittswinkel hat dabei bereits einen gehörigen Einfluss auf die nachfolgende Rohgasverteilung.

In Abhängigkeit von der Ausführung des Prallblechs wird der Rohgasstrom in die Filterkammer eingeleitet.

Folgende Konfigurationen sind dabei möglich:

- 1) hundertprozentige Anströmung von unten,
- 2) hundertprozentige Anströmung von der Seite,
- 3) hundertprozentige Anströmung von oben,
- 4) Prozentuale Aufteilung der Anströmung (oben/unten).

Die Ausführung der Anströmung hat gehörige Auswirkungen auf die Strömungsgeschwindigkeiten in den Filterkammern.

## 2.4. Strömungsgeschwindigkeiten

Für die Berechnung der Strömungsgeschwindigkeiten muss zunächst die Rohgasverteilung auf die einzelnen Filterkammern ermittelt werden.

Im nächsten Schritt werden die Flächen, die vom Abgas durchströmt werden, errechnet. Dazu werden die  $Bm^3/s$  durch die freie Fläche geteilt:

$$\text{Strömungsgeschwindigkeit: } \frac{Bm^3/s}{\text{Freie Fläche in } m^2} = m/s \quad (3)$$

Bei Betrachtung der Strömungsgeschwindigkeiten ist ausschließlich die sog.  *Liftgeschwindigkeit*  von Bedeutung. Sie ist die Steiggeschwindigkeit des Rohgases in den Gassen zwischen den Filterschläuchen. Die Liftgeschwindigkeit variiert (prozentual betrachtet), je nach Anströmung, zwischen hundert Prozent (bei ausschließlicher Anströmung von unten) und null Prozent (bei ausschließlicher Anströmung von oben). Bei hundertprozentiger Anströmung von oben spricht man dann von der Fallgeschwindigkeit.

Die Liftgeschwindigkeit ist deshalb von so großer Bedeutung, weil Abgaspartikel, die von der Filterschlauchoberfläche abgereinigt wurden, gegen diese Strömung ankämpfen müssen. Das bedeutet: Die Sinkgeschwindigkeit der Partikel muss größer sein, als die Liftgeschwindigkeit des Abgasstroms.

Ist die Sinkgeschwindigkeit bestimmter Partikel kleiner/gleich der Liftgeschwindigkeit des Abgases, führt das zur sog.  *Wiederbeaufschlagung*  (das Wort müsste eigentlich  *Widerbeaufschlagung*  heißen; Anm. des Autors).

Partikel werden in diesem Fall, bei der Abreinigung, zwar von der Filterschlauchoberfläche abgelöst, können aber nicht in Richtung Filtertrichter absinken. Dieser Umstand führt an der Oberfläche der Filterschläuche zu einem  *Sichter-Effekt* . Vereinzelt kann dieser Effekt auch auftreten, wenn versehentlich ein hoher Si-Anteil bei den Partikeln auftritt. Vor allem bei Filteranlagen, die mit einer sehr hohen Abreinigungsfrequenz betrieben werden, muss das Kapitel Strömungsgeschwindigkeiten näher beleuchtet werden.

## 2.5. Abreinigungssystem

Das Abreinigungssystem ist wider Erwarten ein heikles Thema. Bezogen auf den aktuellen Anlagenbetrieb, sind die Abreinigungssysteme an Gewebeatstaubern meist nicht optimal ausgelegt.

Bereits der Anlagenbauer (OEM) muss bisweilen Zugeständnisse machen, um den Stahlbau des Filters und das Abreinigungssystem in Einklang zu bringen.

Ändern sich dann in der langen Betriebszeit der Anlage das Abgasvolumen (>), die Flugasche-/Additiv-Zusammensetzung (>), die Partikelgrößen (<), usw., funktioniert das Abgasreinigungssystem nicht mehr optimal.



Im laufenden Anlagenbetrieb gibt es sicherlich die eine oder andere Stellschraube, die *nachjustiert* werden kann. Einstellparameter können geändert werden, ja sogar der komplette Ventilaustausch ist im n-1 Kammer-Betrieb möglich.

Zu guter Letzt hilft aber nur noch eine Optimierung (d.h. Austausch) des gesamten Systems, beginnend mit den Druckbehältern und endend beim Abstand der neuen Blasrohranlagen zur Filter-Kopfplatte.

Zur Überprüfung des bestehenden Systems und zur Auslegung eines optimierten Abreinigungssystems – Steigerung der Abreinigungseffizienz bei gleichzeitiger Senkung des Druckluftverbrauchs – gibt es ausgezeichnete Rechenprogramme.

Auf das Thema *Abreinigungssystem* wird im Kapitel *Optimierung von Gewebeenstaubern* nochmals eingegangen.

### 3. Instandhaltung von Gewebeenstaubern

#### Definition

Die Instandhaltung (...) von technischen Systemen (...) soll sicherstellen, dass der funktionsfähige Zustand erhalten bleibt oder bei Ausfall wiederhergestellt wird. [5]

#### Ziele der Instandhaltung

Instandhaltung wird zur Vorbeugung von Systemausfällen eingesetzt. Sie erhöht die Verfügbarkeit und Lebensdauer von Anlagen.

Weitere Ziele können sein:

- Optimale Nutzung der Lebensdauer von Anlagen und Maschinen,
- Verbesserung der Betriebssicherheit,
- Verbesserung der Wirtschaftlichkeit,
- Optimierung von Betriebsabläufen,
- Reduzierung von Störungen und
- Vorausschauende Planung von Kosten.

In der Regel beginnt die Instandhaltung an Gewebeenstaubern mit der Aufnahme des Ist-Zustands. Dabei ist es nicht damit getan, die Black-box-Gewebeenstauber (selbstverständlich gehört dazu auch die Additiv-Dosierung) zu betrachten. Der Zustand muss vielmehr vom Abgasaustritt aus der vorgeschalteten Komponente – z.B. Kessel, Wäscher, SCR, usw. – bis zum Eintritt in das darauf folgende Aggregat bestimmt werden.

Zu Beginn der Begehung trifft man auf Inspektionsdeckel, -luken oder Mannlöcher, die sich nur unter erschwerten Bedingungen öffnen lassen. Nachdem dies gelungen ist, starrt man ungläubig auf Flugasche-Ablagerungen, die teilweise den gesamten Deckelflansch füllen (ein Indiz dafür, dass dieser Bereich schon lange nicht mehr inspiziert wurde).

Die Behebung an sich sollte zunächst im Originalzustand, d.h. ohne vorher zu Reinigen durchgeführt werden. Ablagerungen und der Zustand der Oberflächen geben meist schon Aufschluss darüber, an welchen Stellen Schäden zu vermuten sind.

Prinzipiell sind Korrosions- und Abrasionsschäden zu unterscheiden.

Zur Korrosion wiederum bedarf es mehrerer Komponenten um diese auszulösen:

- Feuchte,
- angreifenden Schadstoff und
- möglichst geringen Stoffaustausch an der Oberfläche.

Sind diese Faktoren gegeben, können verschiedenste Mechanismen greifen:

- Spaltkorrosion,
- Spannungsrissskorrosion,
- Chlorid-induzierte SRK oder einfach nur
- Oberflächen-Angriff durch Säuren deren Schadensbilder ebenfalls signifikant sind.

Nach der (teilweise intensiven) Reinigung der *produktberührten* Wände kann dann eine genaue Inspektion vorgenommen werden. Der Kontrolle folgt dann üblicherweise eine Wandstärkenbestimmung. Diese Messung erfolgt engmaschig in kritischen Bereichen und weitmaschiger an augenscheinlich intakten Stellen.

An manchen Anlagen wird man auch damit konfrontiert, dass bestimmte Abschnitte in den Abgaskanälen nur schwer oder bisher gar nicht zugänglich sind. An diesen Stellen müssen erst die Voraussetzungen für eine Inspektion geschaffen werden.

Als besonders kritische Stellen erweisen sich dabei immer wieder:

- Bereiche in den Abgaskanälen, die nicht oder ungenügend durchströmt werden,
- Flansche von Inspektionsöffnungen,
- Bypass-Leitungen, die in den Abgaskanal eintreten,
- Dosierstutzen/-lanzen, die in die Rohgasleitung münden,
- Kältebrücken, die durch ungenügende Isolation oder fehlerhafte thermische Entkopplung hervorgerufen wurden,
- ungenügend durchströmte Bereiche in den Filterkammern,
- Rohgasklappen (inkl. ihrer Dichtleisten) und deren Stell-Mechanik sowie
- Kompensatoren die geschützt durch ein Leitblech (abgasseitig) und eine Isolierung (auf der Außenseite) ihre *Arbeit* verrichten.

In diesen Bereichen sind die oben beschriebenen prinzipiellen Voraussetzungen anzutreffen.

Im Allgemeinen schafft man mit einer akribischen Inspektion, der Behebung von Schwachstellen (nach Prioritäten) und der Beseitigung von Schäden eine hervorragende Basis für die Zukunft.

Zu diesem Konzept gehört natürlich eine ausführliche Dokumentation. Sie wird als *living-document* angelegt und im Laufe der Zeit, auch als vorausschauende Planung der Kosten, *fortgeschrieben*.

Zur Kostenplanung zählt auch, Filterschläuche – nach Erreichen einer bestimmten Standzeit (abhängig von der Anlagenschaltung) – regelmäßig auf ihren Zustand überprüfen zu lassen.

Viele Anlagenbetreiber sind zwischenzeitlich auf Grund der angespannten Personalsituation gar nicht mehr in der Lage, detaillierte und gewissenhafte Inspektionen, mit anschließender Instandhaltung durchzuführen. Zu einer umfangreichen Inspektion muss aber nicht nur das notwendige Personal, sondern auch viel Erfahrung verfügbar sein.

## 4. Sanierung von Gewebeatstaubern

Wie unterscheidet sich die Sanierung von der Instandhaltung?

Sanierung bedeutet eine deutlich gesteigerte Form der Instandhaltung. Der Begriff Sanierung bedeutet nicht *eine Anlage am Laufen zu halten*, sondern zu konstruktiven Maßnahmen zu greifen. Dabei muss auch der Einsatz alternativer Werkstoffe in Betracht gezogen werden. Während bei der Instandhaltung (im wahrsten Sinne des Wortes) *eindimensional* bzw. kleinflächig gedacht und gearbeitet wird, geht die Sanierung einen großen Schritt weiter. Man darf hier durchaus die medizinische Wortbedeutung in Anspruch nehmen: *Die Schaffung einwandfreier gesunder Verhältnisse*, oder *die Beseitigung eines Krankheitsherdes*. [4, 5]

Das hier dargestellte Verständnis von Sanierung soll an einigen Beispielen verdeutlicht werden.

**Beispiel 1:** In den Abgas-Kanälen oder -Leitungen liegen Korrosionsschäden vor.

Diese Schäden können kleinflächig durch das Aufschweißen von *Flicken* behoben werden (Instandhaltung). Die bessere Alternativen sind eine großflächige Sanierung mit vorgeformten Bauteilen oder gar die Einbringung von Montageflanschen um ganze Abschnitte zu ersetzen.

**Beispiel 2:** Der Abgaskanal ist durch Kesselstaub-Abrasion geschädigt.

In jeder Revision sind umfangreiche Plattierungsarbeiten erforderlich. Die Sanierungsmaßnahme bestand darin, konstruktive Änderungen vorzunehmen und einen anderen Werkstoff einzusetzen.

Ergebnis: Nach einem Jahr Standzeit sind keine Abzehrungen erkennbar. Messungen bestätigen den Erfolg.

**Beispiel 3:** Im Bereich der Gehäusewände, im Trichter oder an den Förderschnecken des Gewebeatstaubers liegen Korrosionsschäden vor.

Auch hier könnten kleinflächig *Flicken* aufgeschweißt werden.

Die weitaus besseren Alternativen sind

- die Anbringung von *ganzen Feldern* an den Wänden (durch Plattieren oder Austausch),
- die Trichterspitzen über Montageflansche komplett zu erneuern und
- den Schneckenrotor mit einem Chlorid-beständigen Edelstahl-Inliner versehen.

Ergebnis: Nach 3 Jahren Betriebszeit sind keine Korrosionsschäden erkennbar.

**Beispiel 4:** An einem Gewebeatstauber, der im Freien steht, wurden auf der *Wetterseite* unmittelbar unterhalb der Kopfplatte Korrosionsschäden festgestellt.

Ursache: An den Pins für die Isolierungs-Verblechung fehlte die thermische Entkopplung. Kältebrücken führten zu diesem Schadensbild.

Durch den Einsatz von Reparaturblechen (flächig) aus einem dafür geeigneten Werkstoff konnten die Schäden behoben werden.

Ergebnis: Seit Durchführung dieser Sanierung sind keine Schäden mehr aufgetreten.

**Beispiel 5:** Die Reingasdeckel der Filterkammern sind undicht.

Der Schaden kann, zeitlich begrenzt, durch das Austauschen der Dichtungen behoben werden.

Der bessere Ansatz ist der Austausch der kompletten Dichtungs konstruktion (Stahlbau und Dichtungsmaterial).

Ergebnis: Nach 4 Jahren Standzeit sind keine Korrosionsspuren durch Falschlufteintrag feststellbar.

**Beispiel 6:** Die Instandhaltung des Abreinigungssystems der Gewebeatstauber.

Bei einem Ausfall der Membranen (Steuer- und/oder Haupt-Membranen) werden diese in schöner Regelmäßigkeit ersetzt. Ein lukratives Geschäft für den Anbieter der Ersatzteile.

Bei der Sanierung muss man sich die Frage stellen, ob nicht der Austausch des gesamten Ventils (nur geringfügig teurer als der *Membran-Kit*) sinnvoller ist. V.a., wenn man bedenkt, dass die Weiterentwicklung der Ventile auch zur Kostensenkung beiträgt. Neue Ventilgenerationen erhöhen die Abreinigungseffizienz und Reduzieren gleichzeitig den Druckluftverbrauch.

Ergebnis: Die Abreinigungsfrequenz und der Druckluftverbrauch konnten gesenkt werden.

Die Reihe der Beispiele lässt sich beliebig fortsetzen. Sanierungsarbeiten an Gewebeatstaubern sollen nach unserem Verständnis aber immer auch mit einer Optimierung einhergehen. Der Übergang zur Optimierung ist fließend.

## 5. Optimierung von Gewebeentstaubern

### Definition

Unter einem Optimum (lateinisch *optimum*, Neutrum von *optimus* Bester, ‚Hervorragendster, *Superlativ* von bonus gut) versteht man das best erreichbare Resultat im Sinne eines Kompromisses zwischen verschiedenen Parametern oder Eigenschaften unter dem Aspekt einer Anwendung, einer Nutzung oder eines Zieles. Im Gegensatz dazu steht das Ideal, womit das beste Denkbare bezeichnet wird. Die Suche nach dem Optimum unter gegebenen Voraus- und Zielsetzungen nennt man Optimierung. [3]

Optimierungspotential entsteht in der Regel aus einem Sanierungsbedarf und der dafür vorangegangenen detaillierten Inspektion der einzelnen Komponenten.

Hat man an entsprechenden Stellen die Möglichkeiten für eine Optimierung erkannt, gilt es diese Punkte mit dem Anlagenbetreiber abzuklären und das Kosten-/ Nutzen-Verhältnis zu definieren.

Unter dem Kosten-/Nutzen-Aspekt betrachtet, sind die Kosten für eine Optimierung geringfügig bis vernachlässigbar.

Optimierungen lassen sich in folgenden Bereichen durchführen:

- **Änderung von Betriebsparametern an der bestehenden Anlage**  
Beispielhaft sind nachfolgend einige Parameter benannt:
  - Änderung der Differenzdruck-Einstellungen (Max./Min./Hysterese),
  - Abreinigungsdruck/Ventilöffnungszeiten,
  - Festlegung mehrerer *Abreinigungsbänder*,
  - Abreinigung unter zugrunde Legung des *filter drag*,
  - Reduzierung festeingestellter Dosiermengen.

Die Änderung solcher Einstellwerte bedeutet aber teilweise auch die Sensibilisierung des Betriebspersonals für solche Maßnahmen.

- **Einsatz optimierter Komponenten**

Wir gehen hier nur kurz auf das Abreinigungssystem ein. In anderen Bereichen gilt dies aber genauso.

- Austausch der Abreinigungsventile gegen effizientere Ausführungen,
- Reduzierung von Rohrbögen zur Effizienzsteigerung,
- Beim notwendigen Austausch der Druckbehälter das gesamte System auf Durchgangsventile umstellen,
- Geänderte Blasrohr-Dimensionierung,
- Druckabfall-Messung zur Kontrolle der Ventilfunktion, Erfassung der Abreinigungsfrequenz, usw.

- **Auswahl der einzusetzenden Werkstoffe im Stahlbau**

Zwei Beispiele aus der Praxis sollen dies verdeutlichen:

- Nach einer Notreparatur wurde an einem Gewebeatstauber festgestellt, dass eine komplette Wand über eine Höhe von etwa 1,5 m durch  $\text{SO}_x$  Angriff stark geschädigt ist.

Ursache: Die schlechte Anströmung dieser Wand und damit nicht ausreichende Temperatur.

Maßnahme: Die Wand wurde komplett, etwa 60 m<sup>2</sup>, mit einem korrosionsfesten Edelstahl plattiert. Dies geschah bei nur teilweisem Ausbau der Filterschläuche und ohne die Grundfläche zu strahlen.

Ergebnis: Nach nunmehr 5 Jahren keine Schäden erkennbar.

- An einem Gewebeatstauber traten ähnliche Probleme wie oben beschrieben auf.

Ursache: Eine nicht gleichmäßige Anströmung der Kammern und zeitweilig betriebsbedingter Eintrag von hoher Abgasfeuchte. Auch hier starker Angriff durch  $\text{SO}_x$ .

Maßnahme: Die geschädigten Kammern wurden im Bereich des Rohgaseintritts mit einem korrosionsfesten Edelstahl plattiert. Die Druckverluste der Kammern wurden über eine Veränderung in der Anströmung symmetrisch eingestellt.

Ergebnis: Der Volumenstrom durch das Filter konnte um etwa acht Prozent gesteigert werden. Die plattierten Bereiche sind korrosionsstabil.

Nach 4 Jahren wurden weitere Bereiche des Filters plattiert, da der Betreiber vorbeugend die Verfügbarkeit erhalten möchte.

- **Verfahrenstechnische Änderungen**

Beispielhaft sei hier nur ein kleiner Ausschnitt eines großen Spektrums genannt:

- Einbau von Leitblechen
- Einblasstellen (Dosieröffnungen/ Blaslanzen) in der Geometrie und/oder ihrer Positionierung ändern
- Strömungsverhältnisse optimieren
- Umstellung der Verfahrenstechnik: Quasi-trockenes Verfahren  $\rightarrow$  Konditionierte Trockensorption  $\rightarrow$  Trockene Abgasreinigung
- *Homöopathische* Dosierung von zusätzlichen Absorbentien.

- **Einsatz von Filtermedien, die für den spezifischen Einsatzfall besser geeignet sind**

Dazu zählt auch die Optimierung des *Stützkorb-Designs* bei einem fälligen Austausch.

Vor allem bei Änderungen an der Verfahrenstechnik sollte die Filtermaterialqualität (Werkstoff, Ausführung (Oberfläche), *Design*, usw.) an die spezifischen Anforderungen angepasst werden. Das Filtermaterial kann einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Betriebskosten nehmen.

Das Thema *Optimierung von Gewebeatstaubern* verfügt über eine außerordentliche Bandbreite. Manchmal reichen schon einzelne kleinere Maßnahmen aus. Häufiger sind umfangreiche Arbeiten notwendig. In jedem Fall werden durch gezielte Maßnahmen Synergie-Effekte erzielt.

## 6. Quellenverzeichnis

- [1] Büchner; Evolution der Anlagentechnik; ITAD e.V.
- [2] F. A. Brockhaus, Mannheim Leipzig; DER BROCKHAUS in fünf Bänden (1993); 8.Auflage, Band 4
- [3] F. U. Brockhaus, Leipzig; Der Große Brockhaus (1932); 15.Auflage, Band 16
- [4] J. Vehlow; Die Entwicklung der Abfallverbrennung; ITAD e.V.
- [5] Wikipedia; Begriffsdefinitionen

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Margit Löschau (Hrsg.):

**Immissionsschutz, Band 4**

**– Recht – Anlagenbetrieb und -optimierung – Emission –**

ISBN 978-3-944310-16-9 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky

Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2014

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,

Dr.-Ing. Stephanie Thiel, M.Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky

Erfassung und Layout: Ginette Teske, Sandra Peters, Berenice Gellhorn, Carolin Bienert, Cordula Müller

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.