LIS-Berichte

Nr. 97

Sicherheitstechnik bei Aktivkoksfiltern an Abfallverbrennungsanlagen - Hinweise und Anforderungen aus der Sicht der Störfall-Verordnung

Herausgeber

Landesanstalt für Immissionsschutz
LIS Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Straße 6 D 4300 Essen 1 Tel. (0201)7995-0

ISSN 0720-8499

1991

Landesanstalt für Immissionsschutz
Nordrhein-Westfalen
Bibliothek

100 % Altpapier, chlorfrei gebleicht

Sicherheitstechnik bei Aktivkoksfiltern an Abfallverbrennungsanlagen - Hinweise und Anforderungen aus der Sicht der Störfall-Verordnung

Gerhard Hansmann und Heinrich Wefers

Anmerkungen, Ergänzungen und Fragestellungen zu den Inhalten des vorliegenden Berichtes bitte richten an die

Landesanstalt für Immissionsschutz
Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Straße 6
D-4300 Essen 1

I n h a l t

		Seite
	Zusammenfassung	7
	Summary	8
0	Zur Anwendung des vorliegenden Berichts	9
1	Einführung	12
2	Grundlagen	14
	2.1 Selbsterhitzung	14
	2.2 Explosionsgefahren	16
	2.3 Staubfreisetzungen	17
	2.4 Betrachtete Verfahrensabschnitte	19
	2.5 Außerbetriebnahme des Adsorbers	21
3	Störfallverhindernde Maßnahmen in der Frischadsorbensversorgung	23
4	Störfallverhindernde Maßnahmen an Wanderbettadsorbern	24
	4.1 Brandschutz	24
	4.2 Explosionsschutz	30
	4.3 Verhinderung von Staubfreisetzungen	31
5	Störfallverhindernde Maßnahmen an Flugstrom- und Wirbelschichtadsorbern	36
	5.1 Brandschutz	36
	5.2 Explosionsschutz	37
	5.3 Verhinderung von Staubfreisetzungen	37

6	Störfallverhindernde Maßnahmen im Bereich der Altadsorbensentsorgung		39
	6.1	Brand- und Explosionsschutz	39
	6.2	Verhinderung von Staubfreisetzungen	40
	6.3	Störfallverhindernde Maßnahmen an Desorptionsstufen	42
7	Störfallverhindernde Maßnahmen in reingasseitig nachfolgenden Anlageteilen		42
8	Allgemeine störfallverhindernde Maßnahmen		43
	8.1	Ausführung sicherheitsgerichteter MSR-Einrichtungen	43
	8.2	Sonstiges	44
9	Begrenzung von Störfallauswirkungen		45
10	Literatur		47

Sicherheitstechnik bei Aktivkoksfiltern an Abfallverbrennungsanlagen - Hinweise und Anforderungen aus der Sicht der Störfall-Verordnung

Gerhard Hansmann und Heinrich Wefers

Zusammenfassung

Die Emissionsgrenzwerte der 1990 in Kraft getretenen 17. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes erfordern für eine Vielzahl von Abfallverbrennungsanlagen Maßnahmen zur weitergehenden Rauchgasreinigung. Ein Verfahren zur Einhaltung der Emissionsgrenzwerte für Schwermetalle und Dioxine/Furane ist die adsorptive Schadstoffabscheidung in einem Aktivkoksfilter. Als Bauformen eines solchen Aktivkoksfilters werden derzeit Flugstrom- oder Wirbelschichtadsorber mit nachgeschaltetem Gewebefilter oder Wanderbettadsorber vorgesehen.

Der vorliegende Bericht beinhaltet sicherheitstechnische Hinweise und Anforderungen an Aktivkoksfilter bei Abfallverbrennungsanlagen, die der Störfall-Verordnung unterliegen. Es werden Maßnahmen zur Verhinderung und zur Begrenzung der Auswirkungen von Bränden, Explosionen und von Freisetzungen schadstoffbeladener Stäube oder Gase aufgezeigt. Hierdurch soll eine Hilfestellung bei der Erfüllung der Sicherheitspflichten nach der Störfall-Verordnung und bei der Erstellung, Prüfung und Begutachtung ggf. erforderlicher Sicherheitsanalysen gegeben werden.

Notes and Demands on the Safety of Activated Carbon Filters at Waste Incineration Plants subjected to the German Hazardous Incident Ordinance (12. BImSchV)

Summary

For many waste incineration plants, the emission limit values set in the 17th Ordinance for the Implementation of the German Law for Air Pollution Control and Noise Abatement of 1990 require additional measures for flue gas cleaning. One technique to keep the limit values for heavy metals, dioxins and furans is the adsorptive gas cleaning in an activated carbon filter. Such filters work by sorbent injection into a fluidised bed reactor or a flue gas duct followed by a fibre filter or as moving bed adsorber.

This report contains notes and demands on the safety of activated carbon filters at waste incineration plants subjected to the German Hazardous Incident Ordinance (12. BImSchV). Measures are shown to prevent and to limit the effects of fires, explosions and of toxic gas or dust emissions. Thus the report should assist the fulfilment of the safety duties according to the Hazardous Incident Ordinance. Furthermore it should help to produce, check and assess any necessary safety reports.

0 Zur Anwendung des vorliegenden Berichts

Der vorliegende Bericht beinhaltet sicherheitstechnische Hinweise und Anforderungen an Aktivkoksfilter bei Abfallverbrennungsanlagen, die der Störfall-Verordnung [1] unterliegen. Er soll eine Hilfestellung geben sowohl bei der Erfüllung der Sicherheitspflichten nach der Störfall-Verordnung als auch bei der Erstellung, Prüfung und Begutachtung ggf. erforderlicher Sicherheitsanalysen. Hierdurch soll der Vollzug der 17. BImschV [2] und des nordrhein-westfälischen Emissionsminderungsplanes für Dioxine an Abfallverbrennungsanlagen -EMDA- [3] unterstützt werden.

Die dargestellten Hinweise und Anforderungen wurden mit sachkundigen Firmen und Institutionen in einem Arbeitskreis der Landesanstalt für Immissionsschutz NRW -LIS- intensiv diskutiert. Der Bericht stellt jedoch keinen Beschluß dieses Arbeitskreises dar. Er gibt die Auffassung der LIS zum Stand der Sicherheitstechnik nach Diskussion des Sachverhaltes im genannten Arbeitskreis wieder. Die LIS wird die vorgestellten Maßnahmen bis auf weiteres bei der Begutachtung einschlägiger Sicherheitsanalysen als Stand der Sicherheitstechnik zugrundelegen.

Der Bericht bezieht sich auf Aktivkoksfilter an Abfallverbrennungsanlagen, die der Störfall-Verordnung unterliegen. Erläuterungen zum Geltungsbereich der Störfall-Verordnung und zum Erfordernis einer Sicherheitsanalyse bei Abfallverbrennungsanlagen finden sich in [3]. Die genannten Erläuterungen berücksichtigen jedoch noch nicht die Neufassung der Störfall-Verordnung vom 20. September 1991.

Die Einhaltung der in diesem Bericht vorgestellten Maßnahmen kann den Anlagenbetreiber nicht von der Pflicht entbinden, sich selbst und der Behörde Rechenschaft über die Erfüllung der Vorgaben der Störfall-Verordnung zu geben. Die Sicherheitspflichten der Störfall-Verordnung sind dem Betreiber auferlegt. **Der vorliegende Bericht kann und soll die Einzelfallbetrachtung unter Berücksichtigung der gegebenen Randbedingungen nicht ersetzen.** Zu diesen Randbedingungen zählen u. a. die Bauart der Anlage, Art und Menge des eingesetzten Adsorbens, Art und Menge der abgeschiedenen Schadstoffe, Zusammensetzung, Temperatur und

Volumenstrom der Rauchgase, die Ausbreitungsbedingungen bei einer Stofffreisetzung und die Nutzung des Umgebungsbereiches der Anlage.

Der vorliegende Bericht soll für die erforderliche Einzelfallbetrachtung eine Hilfestellung geben. Er berücksichtigt folgende Ereignisse:

- Brände des Adsorbens
- Staubexplosionen
- Freisetzungen schadstoffbehafteter Stäube oder Gase.

Im Grundsatz ist davon auszugehen, daß diese Ereignisse zu Störfällen im Sinne der Störfall-Verordnung führen können. Der Bericht beinhaltet daher Hinweise und Anforderungen zur Verhinderung dieser Ereignisse und zur Begrenzung ihrer Auswirkungen. Auf die insoweit dargestellten Maßnahmen kann dann teilweise oder vollständig verzichtet werden, wenn der Nachweis geführt wird, daß der Eintritt eines Störfalles auch ohne die betreffenden Maßnahmen ausgeschlossen ist, und wenn die Maßnahmen nicht im Hinblick auf die Verpflichtung nach §3 Abs. 4 der Störfall-Verordnung (Stand der Sicherheitstechnik) erforderlich sind.

In vielen Fällen sind verschiedene Wege denkbar, um ein angestrebtes Schutzziel zu erreichen. Im vorliegenden Bericht können nur einige dieser Wege aufgezeigt werden. Dies schließt alternative, gleichwertige Maßnahmen im Einzelfall nicht aus.

Auf die Beschreibung von Maßnahmen gegen Betriebsstörungen, die offensichtlich nicht zu einem Störfall im Sinne der Störfall-Verordnung führen können, wurde verzichtet.

Die Einhaltung der Regeln der Technik wird in diesem Bericht als Grundlage vorausgesetzt. Hierzu zählen auch Selbstverständlichkeiten wie das grundsätzliche Verbot von Heißarbeiten an adsorbensführenden Anlageteilen (Durchführung nur nach Genehmigung des Betreibers mit Erlaubnisschein im Einzelfall) sowie ein Rauchverbot im Umgebungsbereich der adsorbensführenden Anlageteile. Auch werden nur verfahrensspezifische, speziell auf Aktivkoksfilter bezogene Anforderungen

dargestellt. Maßnahmen, die verfahrensunabhängig für alle Anlagen aus dem Geltungsbereich der Störfall-Verordnung als Standard zugrundezulegen sind, wie z. B. die regelmäßige Schulung des Betriebspersonales, Erstellung von Wartungsplänen, Durchführung einer begleitenden Bauüberwachung, der Schutz gegen Eingriffe Unbefugter sowie sonstiger umgebungsbedingter Gefahrenquellen sowie Fluchtwege für das Bedienungspersonal, werden vorausgesetzt.

Der Bericht bezieht sich auf die derzeit angebotenen Bauformen von Aktivkoksfiltern. Es handelt sich um Wanderbettverfahren auf der Basis von Feinkoksen (Kreuzstrom-, Gegenstrom- und Kreuzgegenstromadsorber) sowie um Flugstrom- und Wirbelschichtverfahren auf der Basis von Koksstäuben, ggf. unter Zumischung von Inertmaterialien. Diese in zahlreichen Veröffentlichungen vorgestellten Verfahren (u. a. [3 - 5]) werden als bekannt vorausgesetzt.

Der Bericht ist auf Verfahren auf der Basis sowohl von Aktivkoksen als auch von Aktivkohlen anwendbar. Zur Vereinfachung wird im vorliegenden Bericht zusammenfassend der Begriff "Aktivkoks" verwandt. Der Einsatz unverschwelter Kohle (Rohkohle) wird im vorliegenden Bericht nicht betrachtet, da der Einsatz dieses Materials in der Rauchgasreinigung nicht vorgesehen ist. Der Einsatz von Gemischen aus Aktivkoksen und Inertmaterialien ist durch den vorliegenden Bericht nur abgedeckt, sofern der Inertanteil aus Calciumhydroxid ($Ca(OH)_2$), Calciumcarbonat ($CaCO_3$), Gemischen dieser beiden Stoffe oder aus Restprodukten weiterer Rauchgasreinigungseinrichtungen besteht. Weiterführende Maßnahmen bei Zumischung von Branntkalk (CaO), der durch Reaktion mit CO_2 oder H_2O zu einer verstärkten Selbsterhitzungsneigung führen kann, bedürfen einer Einzelfallauslegung.

1 Einführung

Die Emissionsgrenzwerte der 1990 in Kraft getretenen 17. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (17. BImSchV) [2] erfordern für eine Vielzahl von Abfallverbrennungsanlagen Maßnahmen zur weitergehenden Rauchgasreinigung. Die von den Nachrüstungsmaßnahmen betroffenen Abfallverbrennungsanlagen unterliegen in der Regel der Störfall-Verordnung (12. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - 12. BImSchV) [1]. Hieraus ergeben sich besondere Sicherheitspflichten des Betreibers bei der Errichtung und dem Betrieb der betroffenen Anlagen. Diese Sicherheitspflichten des Betreibers beinhalten Vorkehrungen zur Verhinderung von Störfällen und Vorsorgemaßnahmen zur Begrenzung der Auswirkungen von Störfällen. Die Beschaffenheit und der Betrieb der Anlagen müssen dem Stand der Sicherheitstechnik entsprechen.

Die vom Betreiber zu erfüllenden besonderen Sicherheitspflichten erstrecken sich auch auf die nachzurüstenden Rauchgasreinigungseinrichtungen. Maßnahmen zur Erfüllung dieser Sicherheitspflichten bei adsorptiv arbeitenden Rauchgasreinigungsverfahren auf der Basis von Aktivkoksen und -kohlen sind Gegenstand des vorliegenden LIS-Berichtes. Hierdurch soll die erforderliche Einzelfallbetrachtung der sicherheitstechnischen Maßnahmen erleichtert werden. Insbesondere soll eine Hilfestellung für die Erstellung und Begutachtung einschlägiger Sicherheitsanalysen gegeben werden, um den Vollzug der 17. BImSchV sowie des nordrhein-westfälischen Emissionsminderungsplanes für Dioxine an Abfallverbrennungsanlagen -EMDA- [3] zu unterstützen.

Betrachtet werden der Bereich der Frischadsorbensversorgung, die Adsorber selbst und der Bereich der Altadsorbensentsorgung. Für die Adsorber werden zum Teil bauformspezifische Betrachtungen vorgenommen. Auf die Sicherheitstechnik an ggf. in der Anlage vorhandenen Desorptionsstufen bzw. thermischen Behandlungsstufen für das Altadsorbens wird nicht detailliert eingegangen, da derzeit diverse Verfahren diskutiert werden.

Die vorzusehenden Sicherheitsmaßnahmen sind von der Art und der Qualität des eingesetzten Adsorbens abhängig. Einige Hinweise und Anforderungen des vorliegenden Berichtes beziehen sich ausdrücklich auf den Einsatz von Herdofenkoks auf Braunkohlenbasis, der bereits in einigen Anlagen, zum Teil unter Zumischung von Inertmaterialien, eingesetzt wird. Parallel wird jeweils angemerkt, welche Fragestellungen bei Einsatz anderer Adsorbenzien zu berücksichtigen sind.

2 Grundlagen

Nachfolgend werden die Grundlagen für die in diesem Bericht dargestellten Anforderungen sowie die verwendeten Begriffe erläutert.

2.1 Selbsterhitzung

Die betrachteten Adsorbenzien neigen unter bestimmten Randbedingungen zur Selbsterhitzung, ggf. bis hin zur Selbstentzündung. Ursachen dieser Wärmeentwicklung sind der ständig gegebene geringfügige Umsatz von Kohlenstoff zu Kohlenmonoxid oder -dioxid sowie Adsorptions- und weitere Reaktionswärmen. In der Regel wird die entstehende Wärme mit dem Rauchgasstrom abgeführt. Die Wärmebilanz kann jedoch in ein Ungleichgewicht geraten, wenn das Adsorbens einer Schleichströmung ausgesetzt ist. Hierbei ist das Angebot an Sauerstoff und adsorbierbaren Komponenten groß genug, um eine Wärmeentwicklung hervorzurufen, die Wärmeabfuhr ist aufgrund der geringen Durchströmung jedoch eingeschränkt.

Die genannte Voraussetzung für eine Selbsterhitzung kann insbesondere lokal gegeben sein, wenn Bereiche des Adsorbens mangelhaft durchströmt werden. Die als Folge der mangelnden Durchströmung erhitzten Zonen werden allgemein als "hot-spots" bezeichnet. Dieser Begriff wird auch im vorliegenden Bericht verwandt. **Es ist jedoch zu präzisieren, daß unter einem "hot-spot" in diesem Bericht keine Zone glühenden Adsorbens verstanden wird, sondern eine erste geringfügige Erwärmung, die zu einer erhöhten Produktion an Kohlenmonoxid führt.** Eine Zone glühenden Adsorbens wird nachfolgend als "Glimmnest" bezeichnet.

Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von hot-spots kann durch vorbeugende Maßnahmen wie z. B. die Aufrechterhaltung einer Mindestdurchströmung und die Begrenzung der Rauchgastemperatur minimiert werden [6 - 8]. **Hot-spots können jedoch trotz derartiger vorbeugender Maßnahmen nicht vernünftigerweise ausgeschlossen werden.** Dies ist unter dem Gesichtspunkt der Störfallverhinderung auch nicht zu fordern, da ein hot-spot für sich noch keinen Störfall, sondern ledig-

lich eine Gefahrenquelle im Sinne der Störfall-Verordnung, darstellt. Hot-spots müssen folglich bei der Konzeption der störfallverhindernden Maßnahmen als Gefahrenquelle berücksichtigt werden. Die störfallverhindernden Maßnahmen müssen gewährleisten, daß diese Gefahrenquelle nicht zu einem Ereignis, z. B. zu einem Brand, führt, das sich zu einem Störfall ausweiten kann. Unter dem Blickwinkel der Störfall-Verordnung stellen folglich nicht vorbeugende Maßnahmen gegen hot-spots den Betrachtungsschwerpunkt dar, sondern weiterführende Maßnahmen, die die Detektierung von hot-spots und die Verhinderung ihrer Ausweitung bis hin zum Brand gewährleisten.

Die Detektierung von hot-spots ist durch eine Überwachung der Differenz des Kohlenmonoxidgehaltes (CO-Differenzmessung) zwischen Rohgas und Reingas des Adsorbers zu gewährleisten. Diese Überwachungseinrichtung ist für den Brandschutz am Adsorber von zentraler Bedeutung. Dieser Bedeutung Rechnung tragend, enthält der vorliegende Bericht weitreichende Anforderungen an die Ausführung und Verfügbarkeit der CO-Differenzmessung.

Die vorgestellten Maßnahmen bei Auftreten von hot-spots beinhalten die Behandlung und Abkühlung des erwärmten Materials im Adsorber. Die Ausschleusung und externe Behandlung von hot-spots ist im Einzelfall denkbar. Die apparativen Voraussetzungen für eine Behandlung des Materials im Adsorber müssen jedoch in jedem Fall gegeben sein, da der Abzug des Materials durch Anbackungen oder Ausfall von Förderorganen gestört sein kann. Die Möglichkeit der externen Behandlung von hot-spots kann folglich lediglich eine Ergänzung der in diesem Bericht erläuterten Maßnahmen darstellen. Wird sie im Einzelfall vorgesehen, so ist zu gewährleisten, daß es nicht zu Explosions- und Brandgefahren im Bereich der Altadsorbensentsorgung kommt.

Erläutert sei noch die Definition der Selbstentzündungstemperatur. Diese ist keine Stoffkonstante, sondern volumen- und geometrieabhängig. Definiert ist die Selbstentzündungstemperatur als höchste Lagerungstemperatur (Temperatur der umgebenden Luft) bei der es gerade noch nicht zur Selbsterhitzung bis hin zur Selbstentzündung kommt [9 - 13]. Diese unter definierten Versuchsbedingungen gewonnene Kenngröße

ist jedoch auf den Betrieb des Adsorbers nicht direkt anwendbar, da sie allein die Wärmeentwicklung durch den Umsatz von Kohlenstoff erfaßt. Die Wärmebilanz des Adsorbens wird jedoch daneben durch die Durchströmungsverhältnisse und durch Adsorptions- und weitere Reaktionsvorgänge beeinflußt. Dieser Sachverhalt ist auch dadurch belegt, daß für übliche Bauformen von Wanderbettadsorbern auf der Basis von Herdofenkoks Selbstentzündungstemperaturen von > 200 °C ermittelt wurden, andererseits jedoch bei Betriebstemperaturen von ca. 120 °C bereits hot-spots auftraten.

Selbsterhitzungsvorgänge wurden auch bei Gemischen mit hohem Anteil an Inertmaterialien beobachtet. Sie führen hier zwar unter Umständen nicht zu einer Brandentwicklung, da die erreichbare Maximaltemperatur durch den Inertstoffanteil reduziert wird. Auch derartige in ihrer Maximaltemperatur reduzierte Selbsterhitzungsvorgänge können jedoch Schadstofffreisetzungen beinhalten. Dies betrifft insbesondere die Möglichkeit der thermischen Überlastung und Beschädigung von Tuchfiltern. Maßnahmen zur Detektierung und sicheren Behandlung von hot-spots sind folglich auch hier in der Regel unabdingbar.

2.2 Explosionsgefahren

Eine explosionsfähige Atmosphäre kann grundsätzlich durch Gase, Nebel, Dämpfe oder Stäube hervorgerufen werden. Bei Einsatz von Aktivkoksen und Aktivkohlen[1)] ist, anders als bei der Handhabung von Rohkohlen, eine explosionsfähige Atmosphäre durch Gase, Nebel oder Dämpfe offensichtlich auszuschließen. Eine Staubexplosionsfähigkeit ist bei ausreichender Feinheit jedoch gegeben. Da auch körnige Aktivkokse einen

1) Aktivkokse werden durch eine Verschwelung von Kohlen gewonnen. Sie weisen eine innere Oberfläche von mehreren hundert Quadratmetern je Gramm auf. Diese innere Oberfläche kann durch einen nachfolgenden Aktivierungsprozeß, z. B. durch eine Wasserdampfaktivierung, gesteigert werden. Das aus der Aktivierung gewonnene Produkt wird allgemein als Aktivkohle bezeichnet. Aufgrund der vorangegangenen Verschwelung kann bei Einsatz von Aktivkohlen und -koksen keine explosionsfähige Atmosphäre durch Methan entstehen. Da eine eindeutige Abgrenzung zwischen Aktivkohlen und -koksen nicht immer möglich und für den vorliegenden Bericht auch nicht erforderlich ist, wird nachfolgend zusammenfassend der Begriff "Aktivkoks" verwandt. Herdofenkoks (HOK) ist ein Aktivkoks auf Braunkohlenbasis, der im Herdofenprozeß gewonnen wird.

Feinanteil aufweisen, der sich durch Abrieb weiter erhöhen kann, sind Staubexplosionsschutzmaßnahmen bei Einsatz reiner Aktivkokse unabdingbar.

Werden Gemische aus Aktivkoks und Inertmaterialien eingesetzt, so kann unter Umständen auf Explosionsschutzmaßnahmen gänzlich verzichtet werden. Voraussetzung hierfür ist der Nachweis,

- daß das Adsorbens im vorgesehenen Mischungsverhältnis nicht staubexplosionsfähig ist (vgl. VDI 2263/1 [10])
- und daß der vorgesehene Inertstoffanteil des Gemisches unter allen Betriebsbedingungen aufrechterhalten wird. Bei letzterem Nachweis sind insbesondere Art und Toleranz des Mischungsverfahrens und die Frage nach der Möglichkeit einer nachträglichen Entmischung der Komponenten zu berücksichtigen.

2.3 Staubfreisetzungen

Unter einer Staubfreisetzung wird im vorliegenden Bericht keine leichte Überschreitung des Staubemissionsgrenzwertes der 17. BImSchV am Kamin, sondern eine Freisetzung größerer Mengen schadstoffbehafteter Stäube verstanden. Die Frage, welche Mengen an Stäuben freigesetzt werden müßten, um eine ernste Gefahr im Sinne der Störfall-Verordnung hervorzurufen, kann wiederum nur im Einzelfall beantwortet werden. In den hierzu ggf. durchgeführten Auswirkungsbetrachtungen ist insbesondere auch die Möglichkeit einer Bodenkontamination, ggf. auch durch wiederholte Staubfreisetzungen, zu berücksichtigen.

Es ist nicht von vornherein offensichtlich ausgeschlossen, daß

- die Fluidisierung eines Gegenstromadsorbers
- ein Strömungskurzschluß in einem Kreuzstrom- bzw. Kreuzgegenstromadsorber
- das Auftreten großer Risse in Filterschläuchen bei Flugstrom- bzw. Wirbelschichtverfahren
- sowie eine Leckage bei der pneumatischen Förderung beladenen Altadsorbens

eine ernste Gefahr im Sinne der Störfall-Verordnung hervorrufen kann.

Die Fluidisierung eines Gegenstromadsorbers kann nicht ausgeschlossen werden, wenn der Füllstand des Adsorbers abfällt oder der Adsorber mit einer zu hohen Anströmgeschwindigkeit bzw. Druckdifferenz beaufschlagt wird. Als Folge einer solchen Fluidisierung können die im Bett enthaltenen Feinstäube und ggf. auch Koks spontan ausgetragen werden.

Ein Strömungskurzschluß an einem Kreuzstrom- bzw. Kreuzgegenstromadsorber kann durch einen Füllstandsabfall, eine Brückenbildung im Bett oder ein lokales Durchblasen der Schüttung durch eine zu hohe Anströmgeschwindigkeit verursacht werden. Ein derartiger Strömungskurzschluß bedingt hohe lokale Strömungsgeschwindigkeiten, die zu einem Austragen von Koks und Stäuben führen können.

Da es sich bei den geschilderten Szenarien einer Staubfreisetzung aus Wanderbettadsorbern z. T. um spontane Ereignisse handelt, die sich nicht in jedem Falle durch erhöhte Staubemissionswerte im Vorfeld ankündigen, ist die Überwachung des Reingasstaubgehaltes bei Wanderbettverfahren als störfallverhindernde Maßnahme nicht geeignet. Auch ist die Erfassung ausgetragenen Feinkokses durch die üblicherweise eingesetzten Meßgeräte nicht gewährleistet, da diese für die Messung staubförmiger Materialien vorgesehen sind. Die genannten Szenarien müssen folglich durch vorbeugende Maßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen werden. Diese Maßnahmen umfassen die Füllstandsüberwachung des Adsorbers, die Begrenzung der Anströmgeschwindigkeit bzw. der Druckdifferenz und die Verhinderung einer Brückenbildung.

Flugstrom- und Wirbelschichtverfahren beinhalten ein Gewebefilter zur Abscheidung des zugegebenen Adsorbens. Staubfreisetzungen des genannten Umfanges sind hier bei Reißen des Filtertuches denkbar. Leckagen an Gewebefiltern sind in der Regel jedoch verschleißbedingt. Sie treten nicht spontan auf, sondern entwickeln sich im Verlaufe von Stunden bis hin zu Tagen. Massive Staubfreisetzungen kündigen sich hierbei durch einen leicht erhöhten Reingasstaubgehalt im Vorfeld an. Die Maßnahmen zur Verhinderung von Staubfreisetzungen aus Flugstrom-

und Wirbelschichtadsorbern beinhalten folglich die Detektierung beginnender Filterschlauchrisse und die Bestimmung und Abschottung der betroffenen Kammer.

Dem Material und der Ausführung der Nähte ist im Zuge der Bauüberwachung eine erhöhte Aufmerksamkeit zu widmen.

Brände und Explosionen in den Filterkammern könnten zu einem Spontanversagen von Filterschläuchen führen. Die zur Verhinderung dieser Ereignisse erforderlichen Maßnahmen werden jedoch nicht in Zusammenhang mit der Verhinderung von Staubfreisetzungen, sondern im Brand- und Explosionsschutzkonzept erläutert.

2.4 Betrachtete Verfahrensabschnitte

Die störfallverhindernden Maßnahmen werden nach Verfahrensabschnitten aufgeschlüsselt. Diese Abschnitte sind wie folgt gegeneinander abgegrenzt:

Die Frischadsorbensversorgung umfaßt die Anlagenbereiche, in denen Adsorbenzien bzw. Komponenten zur Herstellung von Gemischen gehandhabt werden, die noch nicht mit Rauchgas beaufschlagt wurden. Werden Adsorbenzien im Kreislauf geführt, so sind diese Bereiche der Altadsorbensentsorgung zuzuordnen. Werden dem Adsorbens Restprodukte aus anderen Rauchgasreinigungsstufen beigemischt, z. B. Restprodukte aus einem vorgeschalteten Sprühabsorber, so ist das Erfordernis weitergehender Maßnahmen im Einzelfall zu prüfen.

Der Adsorber umfaßt den Bereich des Aktivkoksfilters, der mit Rauchgas in Kontakt steht. Hierzu zählen auch die Rauchgaskanäle bis zu den nächstgelegenen Rauchgasklappen, und Adsorbensaufgabe- und -austragsorgane bis zu den nächsten Absperrarmaturen (vgl. 9.6). Bei Flugstrom- und Wirbelschichtadsorbern werden sowohl die Reaktionszone im Bereich der Adsorbensaufgabe als auch das nachgeschaltete Gewebefilter zum Adsorber gezählt.

Die Adsorber sind zum Teil modular aufgebaut. So bestehen Wanderbettadsorber häufig aus mehreren Betten. Auch die Gewebefilter bei Flugstrom- und Wirbelschichtadsorbern bestehen in der Regel aus mehreren Kammern. Betten bzw. Filterkammern, die gasseitig voneinander trennbar sind, also selbständig in bzw. außer Betrieb genommen werden können, werden im vorliegenden Bericht als Module bezeichnet. Ist die Abfallverbrennungsanlage mit mehreren Rauchgasstraßen ausgestattet, werden die darin enthaltenen Aktivkoksfilter jedoch nicht als parallelgeschaltete Module, sondern als eigenständige Adsorber aufgefaßt.

Bei einem modularen Aufbau des Adsorbers **können** alle nach diesem Bericht erforderlichen Maßnahmen auf die Einzelmodule bezogen werden. So braucht z. B. bei einer Außerbetriebnahme aufgrund eines hot-spot ggf. nur das betroffene Modul abgeschottet zu werden. Auf diese Möglichkeit wird im vorliegenden Bericht nicht bei jeder einzelnen Maßnahme erneut hingewiesen. Wenn Maßnahmen bei einem modularen Aufbau auf Einzelmodule bezogen werden **müssen**, wird dies explizit angegeben.

Der Bereich der Altadsorbensentsorgung umfaßt alle Anlageteile, die schadstoffbehaftetes Altadsorbens[2)] führen. Eine ggf. vorhandene Desorptions- bzw. Dioxinzerstörungsstufe ist gesondert zu betrachten. Inwieweit die für den Bereich der Altadsorbensentsorgung formulierten Maßnahmen auch für Anlagenbereiche, die desorbiertes Adsorbens führen, vorzusehen sind, ist im Einzelfall unter Berücksichtigung der nach der Desorption verbleibenden Schadstoffkonzentration des Adsorbens zu ermitteln.

---

2) Das schadstoffbeladene Adsorbens wird nach den Begriffen der Adsorptionstechnik als Adsorbat bezeichnet. Im vorliegenden Bericht wird zwischen Adsorbens und Adsorbat jedoch nicht unterschieden, da die Adsorbenzien zum Teil im Kreislauf geführt werden und eine exakte Abgrenzung häufig nicht möglich ist. Darüber hinaus ist es für den vorliegenden Bericht nicht relevant, ob ein bereits mit Schadstoffen beladenes Adsorbens der Entsorgung bzw. Behandlung zugeführt werden soll, also eindeutig als Adsorbat zu bezeichnen wäre, oder ob es nochmals zur Adsorption eingesetzt werden soll. Ausschlaggebend für die vorzusehenden Maßnahmen sind allein die sicherheitstechnischen Kenngrößen des Adsorbens und die Höhe der Schadstoffbeladung.

2.5 Außerbetriebnahme des Adsorbers

Bei der Außerbetriebnahme des Adsorbers bzw. eines Modules ist zu unterscheiden zwischen

- einer Außerbetriebnahme aus dem störungsfreien Betrieb
- einer Außerbetriebnahme aufgrund einer erhöhten CO-Differenz
- und einer Schnellaußerbetriebnahme.

Die Außerbetriebnahme aus dem störungsfreien Betrieb kann durch eine Abschottung unter Aufrechterhaltung aktiver Sicherheitsmaßnahmen (Kurzzeitstillstand) oder durch eine Abkühlung bzw. Entleerung des Adsorbers bzw. des Modules (Langzeitstillstand) erfolgen. Anforderungen an die Vorgehensweise dieser Außerbetriebnahme sind im Zusammenhang mit dem Brandschutzkonzept erläutert.

Bei Vorliegen einer erhöhten CO-Differenz stellt die Außerbetriebnahme des Adsorbers oder des gestörten Modules die letzte Stufe eines Sicherheitskonzeptes dar. Die hierbei zu berücksichtigenden Vorkehrungen sind wiederum in Zusammenhang mit den Brandschutzmaßnahmen erläutert. Für eine derartige Außerbetriebnahme stehen mehrere Stunden zur Verfügung, da die Ausweitung von hot-spots ein Prozeß ist, der eines längeren Zeitraumes bedarf.

Bei einigen Betriebsstörungen am Adsorber, insbesondere bei Störungen, die zu einer Staubfreisetzung führen können, steht unter Umständen weniger Zeit für die Außerbetriebnahme zur Verfügung. Unter der dann erforderlichen "Schnellaußerbetriebnahme" wird im vorliegenden Bericht eine der folgenden Vorgehensweisen verstanden:

- Unmittelbare Abschottung des gestörten Modules, sofern parallelgeschaltete Module zur Aufnahme des Volumenstromes zur Verfügung stehen. Gegebenenfalls kann diese Abschottung auch nach Reduzierung des Rauchgasvolumenstromes oder Inbetriebnahme parallelgeschalteter Module erfolgen.

- Unmittelbare Abschottung des betroffenen Adsorbers unter Abführung der Rauchgase über eine andere Rauchgasstraße.

- Unmittelbare Abschottung des gestörten Modules oder des gesamten Adsorbers durch Inbetriebnahme eines Bypasses.

- Abschottung des Adsorbers nach schnellstmöglicher Außerbetriebnahme der Feuerung. Diese Maßnahme erfordert zur Gewährleistung des Restausbrandes des bereits aufgegebenen Brenngutes unter Umständen einen Zeitraum von bis zu einer Stunde. Ob ein derartiger Zeitraum zur Verfügung steht, ist im Einzelfall zu prüfen. Anderenfalls ist eine der drei erstgenannten Vorgehensweisen vorzusehen.

3 Störfallverhindernde Maßnahmen in der Frischadsorbensversorgung

3.1 Im Bereich der Frischadsorbensversorgung sind Brand- und bei Einsatz staubexplosionsfähiger Adsorbenzien (vgl. 2.2) auch Explosionsschutzmaßnahmen vorzusehen. Die erforderlichen Maßnahmen hängen von den sicherheitstechnischen Kenngrößen des Adsorbens ab (vgl. [10]) und bedürfen folglich einer Einzelfallauslegung entsprechend der anerkannten Regeln der Technik.

3.2 Für Herdofenkoks wird in den Herstellerempfehlungen [14] ein Brand- und Explosionsschutzkonzept vorgestellt. Die dort genannten Maßnahmen sind für Herdofenkoks der dargestellten Spezifikation für den Bereich der Frischkoksversorgung hinreichend. Voraussetzung hierfür ist, daß der Eintrag eines bereits im angelieferten Koks enthaltenen Glimmnestes in die Frischkoksversorgung ausgeschlossen werden kann. Dies kann durch eine Garantieerklärung des Koksherstellers bzw. -lieferanten gewährleistet werden. Eine solche Garantieerklärung setzt neben geeigneten Maßnahmen bei der Herstellung auch den fachgerechten Transport des Kokses voraus. Die Garantieerklärung muß sich folglich auf den Zustand des Kokses bei der Anlieferung beziehen.

Kann eine Garantieerkärung im dargestellten Sinne nicht abgegeben werden, sind weitergehende Explosionsschutzmaßnahmen, z. B. Überwachungsmaßnahmen im Bereich der Verladestelle oder eine Inertisierung der Frischadsorbensversorgung, im Einzelfall zu konzipieren.

3.3 Adsorbenzien, deren sicherheitstechnische Kenngrößen denen von Herdofenkoks [14] vergleichbar sind, können gemäß 3.2 gehandhabt werden.

4 Störfallverhindernde Maßnahmen an Wanderbettadsorbern

4.1 Brandschutz

Detektierung von hot-spots

4.1.1 Die Differenz des Kohlenmonoxidgehaltes zwischen Reingas und Rohgas des Adsorbers ist kontinuierlich zu überwachen (CO-Differenzmessung).

4.1.2 Scheinbare CO-Differenzen, die durch den zeitlichen Versatz bei Durchlauf von feuerungsbedingten CO-Spitzen durch das Filter verursacht werden, müssen bei der Meßwertverarbeitung herausgeglättet werden.

4.1.3 Bei einem modularen Aufbau des Adsorbers im Sinne von 2.4 ist die Überwachung der CO-Differenz an jedem Einzelmodul vorzunehmen.

4.1.4 Von der Maßnahme nach 4.1.3 kann abgesehen werden, wenn die Auflösung des Meßsystems auch bei zentraler Erfassung der CO-Differenz hinreichend für die Detektierung von hot-spots ist. Bei Anstieg der CO-Differenz muß jedoch auch hier die Möglichkeit der Bestimmung des betroffenen Modules gegeben sein. Dies kann durch gezieltes Abfragen der CO-Differenz der Module oder durch eine Gasentnahme und -analyse durch Probennahmestutzen erfolgen.

Hinweis: Eine Kontrolle der Repräsentativität des CO-Meßortes im Reingas des Adsorbers (vgl. VDI 3950/1E [15]) ist dadurch erschwert, daß die im störungsfreien Betrieb vorhandene Verteilung der CO-Konzentration nicht zwangsläufig repräsentativ für das CO-Profil bei Vorliegen eines hot-spot ist. Obgleich die bei Auftreten von hot-spots bislang

gesammelten Erfahrungen die Relevanz der Gefahr einer Ausbildung von CO-Strähnen nicht belegen, ist im Einzelfall zu prüfen, ob eine gleichzeitige punktförmige Probennahme an mehreren Stellen des Meßquerschnittes (vgl. [15]) erforderlich ist.

4.1.5 Zur Gewährleistung der Verfügbarkeit ist eine redundante Ausführung der CO-Differenzmessung erforderlich.

4.1.6 Es sind Grenzwerte der CO-Differenz für eine Vor- und eine Hauptalarmierung festzulegen. Diese Grenzwerte sind so zu bemessen, daß unter Berücksichtigung der gegebenen Randbedingungen der Anlage hot-spots sicher detektiert, Fehlalarme jedoch vermieden werden[3)]. Die Vor- und die Hauptalarmierung muß selbsttätig ausgelöst werden, wenn der jeweilige Grenzwert für mehr als 10 Minuten überschritten wird. Die Alarmierung hat in Form eines optischen und akustischen Signals in der ständig besetzten Meßwarte zu erfolgen.
Daneben ist der zeitliche Verlauf der CO-Differenz in geeigneten Zeitabständen (z. B. halbstündlich) durch geschultes Personal zu beurteilen.

4.1.7 Die unter 4.1.6 beschriebene Alarmierung bei Überschreitung der CO-Differenz darf bei der Inbetriebnahme des Adsorbers außer Betrieb gesetzt werden, falls Fehlalarme durch Austrag von Kohlenmonoxid, das sich während eines Stillstandes im Bett gebildet hat, anderenfalls nicht ausgeschlossen werden können. Es ist sicherzustellen, daß die Außerbetriebsetzung der Alarmierung nur durch eine hierzu autorisierte Person, nur während des Anfahrbetriebes und nur für eine anlagen-

---

3) Die Festlegung der Grenzwerte für die CO-Differenzmessung muß anlagenspezifisch vorgenommen werden. Hierbei ist unter anderem die Betriebstemperatur von Bedeutung, da sie die CO-Differenz im störungsfreien Betrieb wesentlich beeinflußt. Als typische Beispiele einer Grenzwertsetzung sei die Voralarmierung beim Dreifachen und die Hauptalarmierung beim Sechsfachen der im störungsfreien Betrieb gegebenen CO-Differenz genannt. Bei Flugstrom- und ggf. bei Wirbelschichtverfahren, die im störungsfreien Betrieb keine meßbare CO-Differenz aufweisen, ist z. B. die Voralarmierung bei 5 mg/m^3 und die Hauptalarmierung bei 10 mg/m^3 CO-Differenz sinnvoll.

Landesanstalt für Immissionsschutz
Nordrhein-Westfalen
Bibliothek

spezifisch festzulegende, zur Vermeidung von Fehlalarmen notwendige Zeitdauer erfolgen kann. Darüber hinaus ist sicherzustellen, daß während der Außerbetriebsetzung der Alarmierung die Entwicklung der CO-Differenz durch das Betriebspersonal mit erhöhter Aufmerksamkeit beobachtet wird.

Behandlung von hot-spots

4.1.8 Bei Voralarmierung der CO-Differenzmessung können betriebliche Maßnahmen zur Abkühlung des erhitzten Materials ergriffen werden.[4)]

4.1.9 Bei Hauptalarmierung der CO-Differenzmessung ist der Adsorber (vgl. 2.4) innerhalb eines anlagenspezifisch festzulegenden Zeitraumes außer Betrieb zu nehmen. Dies kann durch drei Vorgehensweisen erfolgen:

- Kreislaufführung der Rauchgase ("Eigeninertisierung")

- Abschottung des Adsorbers ("Eigeninertisierung")

- Abschottung des Adsorbers nach Spülung mit einem Inertgas (Inertisierung)

4.1.10 Bei der Abschottung des Adsorbers muß die Möglichkeit des Druckausgleiches bei reaktionsbedingter oder thermisch bedingter Druckveränderung des eingeschlossenen Gases gewährleistet sein.

---

4) Auf betrieblichen Maßnahmen bei Voralarmierung der CO-Differenzmessung wird im vorliegenden Bericht nicht eingegangen, da sie - wie die vorbeugenden Maßnahmen gegen hot-spots - nicht den Betrachtungsschwerpunkt der Störfall-Verordnung darstellen.

Zur Absicherung gegen Unterdruck ist der Adsorber bei der Abschottung kontinuierlich mit einem leichten Inertgasüberdruck zu beaufschlagen.

Die Überdruckabsicherung ist durch ein Überströmventil an der reingasseitigen Rauchgasabsperrarmatur oder durch ein technisch gleichwertiges System zu gewährleisten. Das Überströmventil bzw. gleichwertige System kann alternativ rohgasseitig angeordnet werden, wenn die geordnete Abfuhr des ausgetretenen Gases gewährleistet ist.

Hinweis: Die Messung des CO-Gehaltes während der Abschottung des Adsorbers wird im vorliegenden Bericht nicht gefordert, da der CO-Gehalt des eingeschlossenen Gases allein schon aufgrund der ständig gegebenen CO-Produktion des ungestörten Adsorbens ansteigt. Eine CO-Messung würde folglich keine eindeutige Information über die Entwicklung des hot-spot erbringen. Auch deutet eine abklingende CO-Produktion nicht zwangsläufig auf eine Abkühlung des hot-spot hin, da die CO-Produktion auch durch Sauerstoffmangel gehemmt sein kann. Dem Problem, daß sich der Zustand des eingeschlossenen Adsorbens einer Überwachung weitgehend entzieht, wird durch die Maßnahmen gemäß 4.1.10 bis 4.1.12 Rechnung getragen.

Wiederinbetriebnahme des Adsorbers nach Auftreten eines hot-spot

4.1.11 Vor der Wiederinbetriebnahme des Adsorbers nach Auftreten eines hot-spot ist ein zeitlicher Sicherheitsabstand einzuhalten, der eine Abkühlung des hot-spot gewährleistet. Dieser Sicherheitsabstand ist im Einzelfall festzulegen.

4.1.12 Weist der Verlauf der CO-Differenz bei der Wiederinbetriebnahme des Adsorbers auf das erneute Vorliegen eines hot-spot hin, ist der Adsorber außer Betrieb zu nehmen. (4.1.9 -

4.1.10). Nach Abkühlung des Kokses (4.1.11) ist die Schüttung des betroffenen Bettes dann vollständig zu erneuern.

Hinweis: Das bei der Außerbetriebnahme aufgrund eines hot-spot eingeschlossene Material kann sich ggf. weiter erwärmen, indem adsorbierte Stickoxide zu einem weiteren Kohlenstoffumsatz beitragen. Relevante Mengen an Stickoxiden können an Aktivkohlen auf Steinkohlenbasis bei Temperaturen < 80 °C adsorbiert werden. Die erläuterte Temperaturerhöhung kann folglich insbesondere bei der Außerbetriebnahme aus dem Anfahrbetrieb auftreten. Der beschriebene Mechanismus führt nicht zu Brandgefahren, erfordert jedoch unter Umständen eine verlängerte Sicherheitsspanne (4.1.11) vor der Wiederinbetriebnahme nach Auftreten eines hot-spot im Anfahrbetrieb.

Bei Braunkohlenkoksen tritt der beschriebene Mechanismus nicht auf. Bei Adsorbenzien auf Steinkohlenbasis kann er durch eine Vorwärmung der Betten vor der Inbetriebnahme ausgeschlossen werden.

<u>Außerbetriebnahme des Adsorbers aus dem störungsfreien Betrieb</u>

4.1.13 Während eines Stillstandes ist der Adsorber abzuschotten.

4.1.14 Wird der Adsorber unter Betriebstemperatur außer Betrieb genommen (i. d. R. Kurzzeitstillstand), so ist die Maßnahme gemäß 4.1.10 aufrechtzuerhalten.

4.1.15 Wird der Adsorber vor der Außerbetriebnahme durch Frischluft- oder Kreislaufkühlung bis auf < 60°C abgekühlt (Langzeitstillstand), kann die Vermeidung eines Über- oder Unterdruckes abweichend von 4.1.10 gewährleistet werden. Schleichströmungen durch den Adsorber müssen jedoch auch dann ausgeschlossen werden.

Sonstiges

4.1.16 Eine ggf. vorhandene Begleitheizung des Adsorbers ist gegen Überhitzung zu sichern.

4.1.17 Der bei Auftreten von hot-spots abgeschottete Anlagenabschnitt ist gasdicht auszuführen (technische Dichtheit). Dieser Abschnitt umfaßt den Adsorber mit den zugehörigen Rauchgasführungen bis zu den Absperrarmaturen ggf. einschließlich des Kühlkreislaufes. Die Rauchgasabsperrarmaturen des Adsorbers sind als Doppelklappen mit inertem Sperrgas auszuführen. Nach einer Abkühlung des Adsorbers gemäß 4.1.15 können die Doppelklappen alternativ auch mit Luft als Sperrmedium beaufschlagt werden.

Hinweis: Für die Wahl der Gebläseanordnung, also der Entscheidung zwischen einer Über- oder Unterdruckfahrweise des Adsorbers (im Betrieb), sind folgende sicherheitstechnische Aspekte von Bedeutung:
Bei einer Unterdruckfahrweise können Undichtigkeiten des Adsorbers zu lokalen Lufteinträgen führen und so die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von hot-spots erhöhen.
Bei einer Überdruckfahrweise führen Leckagen zu Staubansammlungen und zu erhöhten Schadgaskonzentrationen in der Umgebung der Anlage. Beides kann zu einer Gesundheitsgefährdung des Bedienungspersonales führen. Staubansammlungen in der Umgebung der Anlage beinhalten darüber hinaus ggf. Staubexplosionsgefahren.
Beide Problemstellungen erfordern die Gasdichtigkeit des Adsorbers gemäß 4.1.17.
Bei Überdruckfahrweise ist die Dichtheit des Adsorbers zu überwachen. Bei eingehausten Adsorbern könnte dies z. B. durch eine Überwachung des Sauerstoff-, Kohlenmonoxid- oder Kohlendioxidgehaltes der Raumluft innerhalb der Einhausung erfolgen. Bei Unterdruckfahrweise wird die denkbare Auswirkung einer Leckage - die Ausbildung von hot-spots - durch die CO-Differenzüberwachung detektiert.

4.2 Explosionsschutz

4.2.1 Bei der Befüllung eines leeren Adsorbers sind, sofern die Entwicklung einer staubexplosionsfähigen Atmosphäre nicht auszuschließen ist, Explosionsschutzmaßnahmen zu treffen. Hierzu ist der Adsorber während des Befüllvorganges zu inertisieren. Alternativ kann die Vermeidung von Zündquellen vorgesehen werden.

4.2.2 Die Abzugtrichter unterhalb der Koksschüttung sind als explosionsgefährdeter Bereich der Zone 10 [22] auszuführen.

4.2.3 Es ist sicherzustellen, daß der Koksabzug bei Überschreitung des Grenzwertes für die CO-Voralarmierung gemäß 4.1.6 nur freigegeben wird, wenn der Sauerstoffgehalt im Abzugtrichter die höchstzulässige Sauerstoffkonzentration nach VDI 2263/2 (E) [16] unterschreitet. Der Koksabzug ist bei einer CO-Vor- bzw. -Hauptalarmierung dementsprechend mit einer Messung des Sauerstoffgehaltes in den Abzugtrichtern oder im Rauchgas zu verriegeln. Wird der Sauerstoffgehalt in den Abzugtrichtern durch eine Inertgasbeaufschlagung gesenkt, ist die Messung des Sauerstoffgehaltes in den Trichtern vorzunehmen.
Die genannten Sauerstoffmessungen erübrigen sich, wenn der Koksabzug bei Überschreitung des Grenzwertes für die CO-Voralarmierung grundsätzlich verriegelt wird.

4.2.4 Bei Abschottung des Adsorbers aufgrund einer erhöhten CO-Differenz (4.1.9 - 4.1.12) darf der Koksabzug, z. B. für einen Komplettaustausch der Schüttung gemäß 4.1.12, nur freigegeben werden, wenn der Sauerstoffgehalt in den Abzugtrichtern die höchstzulässige Sauerstoffkonzentration unterschreitet. Hierzu ist der Koksabzug mit einer Messung des Sauerstoffgehaltes im Adsorber oder in den Abzugtrichtern zu verriegeln. Von der vorstehend genannten Sauerstoffmessung kann Abstand genommen werden, wenn der Koksabzug erst nach

einer Inertgasspülung mit 4-fachem Volumenwechsel freigegeben wird.

4.3 Verhinderung von Staubfreisetzungen

Begrenzung der Druckdifferenz bzw. der Anströmgeschwindigkeit

a) Gegenstromadsorber

4.3.1 Die Druckdifferenz an Gegenstromadsorbern ist kontinuierlich zu überwachen. Bei einem aus mehreren Modulen bestehenden Gegenstromadsorber ist eine separate Überwachung der Druckdifferenz an jedem Einzelmodul erforderlich. Hiervon kann Abstand genommen werden, wenn die Module sowohl roh- als auch reingasseitig durch kurze Rauchgaskanäle miteinander verbunden sind - hiervon kann in der Regel ausgegangen werden - und somit mit nahezu identischer Druckdifferenz betrieben werden.

4.3.2 Die Druckdifferenzmessung ist redundant auszuführen. Hiervon kann abgesehen werden, wenn eine separate Messung der Druckdifferenz an parallelgeschalteten Modulen, die mit nahezu identischer Druckdifferenz betrieben werden und nur gemeinsam in Betrieb genommen werden können, vorgenommen wird.

4.3.3 Die Druckdifferenz an Gegenstromadsorbern ist auf

$$\Delta p_{zul} = S \cdot \varrho_{Sch} \cdot g \cdot H_{Sch}$$

mit Δp_{zul} = zulässige Druckdifferenz
S = Sicherheitsbeiwert
ϱ_{Sch} = Schüttdichte des unbeladenen Adsorbens
g = Erdbeschleunigung
H_{Sch} = Mindesthöhe der Adsorbensschüttung

zu begrenzen. Der Sicherheitsbeiwert S ist im Einzelfall unter Berücksichtigung der vorliegenden Randbedingungen festzulegen. Er sollte 0,8 nicht überschreiten. Betriebliche Maßnahmen zur Reduzierung der Druckdifferenz wie der Abzug von Koks zur Senkung der Staubbeladung oder Reduzierung des Rauchgasvolumenstromes sind bereits bei Annäherung an den zulässigen Differenzdruck vorzusehen. Kommt es trotz dieser betrieblichen Maßnahmen zu einer Grenzwertüberschreitung, so ist der Adsorber außer Betrieb zu nehmen (Schnellaußerbetriebnahme, vgl. 2.5).

4.3.4 Von den Maßnahmen gemäß 4.3.1 bis 4.3.3 kann abgesehen werden, wenn die Überschreitung des zulässigen Differenzdruckes aufgrund der zur Verfügung stehenden Gebläseleistung offensichtlich auszuschließen ist. Bei der Prüfung dieser Frage ist jedoch nicht allein das Druckverhältnis des Gebläses am Betriebspunkt, sondern die gesamte Kennlinie des Gebläses zu berücksichtigen, da sich das Druckverhältnis des Gebläses durch Reduzierung des Volumenstromes bei der Außerbetriebnahme oder Verstopfung ggf. parallelgeschalteter Betten erhöhen kann.

b) Kreuzstrom-/Kreuzgegenstromadsorber

4.3.5 Die Anströmgeschwindigkeit[5)] von Kreuzstrom-/Kreuzgegenstromadsorbern ist kontinuierlich zu überwachen (Messung des Rauchgasvolumenstromes). Besteht der Adsorber aus mehreren Modulen, so ist diese Messung an jedem Einzelmodul vorzusehen. Dies kann auch indirekt gewährleistet werden, indem der Gesamt-Rauchgasvolumenstrom des Adsorbers und die Verteilung des Gasstromes auf die Module erfaßt wird. Letzteres ist möglich durch Vergleich der Druckdifferenzen über gering mit Staub beladene Teilschichten der Koksschüttungen. Details hierzu sind im Einzelfall festzulegen.

---

5) alle Anströmgeschwindigkeiten als Leerrohrgeschwindigkeit (Quotient aus Betriebsvolumenstrom und Filteranströmfläche)

4.3.6 Die gemäß 4.3.5 vorzusehenden Meßgeräte sind redundant auszuführen. Wenn der Volumenstrom mit Hilfe einer Meßblende oder einer Venturidüse gemessen wird, erstreckt sich die Forderung der Redundanz jedoch nicht auf die Meßblende bzw. Düse selbst, sondern lediglich auf die zugehörige Druckdifferenzmessung.

4.3.7 Für jede Bauform von Kreuzstrom-/Kreuzgegenstromadsorbern ist durch Versuche zu ermitteln, bei welcher Anströmgeschwindigkeit ein massiver Koksaustrag auftreten kann (**Grenzanströmgeschwindigkeit**).

Die **zulässige Anströmgeschwindigkeit** des Adsorbers bzw. der Module liegt um einen Sicherheitsabstand unterhalb der Grenzanströmgeschwindigkeit. Dieser Sicherheitsabstand ist im Einzelfall unter Berücksichtigung der gegebenen Randbedingungen festzulegen. Zu berücksichtigen sind hier insbesondere das Maß der möglichen Ungleichverteilung des Rauchgasstromes innerhalb der Betten, der Temperatureinfluß auf die Viskosität der Rauchgase und der Einfluß der Staubbeladung auf die Strömungsverhältnisse in der Koksschüttung.

Bei Annäherung an die zulässige Anströmgeschwindigkeit können betriebliche Maßnahmen wie der Abzug von Koks zur Senkung der Ungleichverteilung des Rauchgasstromes zwischen parallelgschalteten Modulen oder die Reduzierung des Rauchgasvolumenstromes vorgesehen werden. Kommt es trotz dieser betrieblichen Maßnahmen zu einer Überschreitung der zulässigen Anströmgeschwindigkeit, so ist der Adsorber außer Betrieb zu nehmen (Schnellaußerbetriebnahme).

4.3.8 Von den Maßnahmen gemäß 4.3.5 und 4.3.6 kann Abstand genommen werden, wenn nachgewiesen werden kann, daß der Abstand zwischen der Nenn-Anströmgeschwindigkeit des Adsorbers und der Grenzanströmgeschwindigkeit so groß ist, daß eine Überschreitung der Grenzanströmgeschwindigkeit offensichtlich auszuschließen ist. Eine Überschreitung der zulässigen

Anströmgeschwindigkeit ist auch dann offensichtlich auszuschließen, wenn die aus dem Druckverlustbeiwert der Schüttung und der zur Verfügung stehenden Druckdifferenz resultierende, maximal erreichbare Anströmgeschwindigkeit unterhalb der zulässigen Anströmgeschwindigkeit liegt. Für die Ermittlung der zur Verfügung stehenden Druckdifferenz ist nicht allein das Druckverhältnis des Gebläses am Betriebspunkt, sondern die gesamte Gebläsekennlinie zu berücksichtigen (vgl. 4.3.4).

Überwachung der Einhaltung des Mindestfüllstandes

4.3.9 Die Einhaltung des Mindestfüllstandes des Adsorbers ist ständig zu überwachen. Diese Überwachungsfunktion ist mit einem Vor- und einem Hauptalarm auszustatten. Der Hauptalarm ist unter Berücksichtigung des Böschungswinkels des Kokses so festzulegen, daß es bei Kreuzstrom-/Kreuzgegenstromadsorbern nicht zu Strömungskurzschlüssen kommt, bzw. bei Gegenstromadsorbern der gemäß 4.3.3 zugrundegelegte Füllstand H_{Sch} eingehalten wird.

4.3.10 Bei Voralarmierung sind betriebliche Maßnahmen wie Koksnachförderung und Verriegelung des Koksabzuges zu ergreifen. Kommt es trotz dieser betrieblichen Maßnahmen zu einer Hauptalarmierung, so ist der Adsorber außer Betrieb zu nehmen (Schnellaußerbetriebnahme).

Verhinderung einer Brückenbildung

4.3.11 Abmessungen und Geometrie des Adsorbers müssen dem Stand der Technik entsprechen, um eine Brückenbildung des trockenen Kokses im Adsorber auszuschließen (s. a. [17, 18]).

4.3.12 Die Kondensation von Wasser ist durch ausreichende Temperatur der Rauchgase und ggf. durch eine Begleitheizung zu

verhindern. Eine zeitlich begrenzte Taupunktsunterschreitung während eines Anfahrvorganges ist zulässig, sofern die Wasseraufnahmekapazität des Kokses nicht überschritten wird, sich also kein freies Wasser niederschlägt, das zu einer Verbackung des Kokses führen kann.

Alternativen

4.3.13 Von den Maßnahmen gemäß 4.3.1 - 4.3.12 kann Abstand genommen werden, wenn Staubfreisetzungen auf andere Weise offensichtlich ausgeschlossen sind.

4.3.14 Die Voraussetzung gemäß 4.3.13 ist für Kreuzstrom-/Kreuzgegenstromadsorber u. a. gegeben, wenn der Abströmboden einen Siebcharakter aufweist und den Austrag von Koks sicher ausschließt. Aufgrund der staubabscheidenden Wirkung der Koksschüttung ist damit auch eine Staubfreisetzung ausgeschlossen. Die nachträgliche Abscheidung ausgetragenen Kokses ist hiermit nicht gleichzusetzen, sofern die Abscheidung von Feinstäuben nicht gewährleistet ist.

4.3.15 Die Voraussetzung gemäß 4.3.13 ist auch dann gegeben, wenn die Abscheidung ausgetragener Stäube in einer nachgeschalteten Rauchgasreinigungsstufe gewährleistet ist. Der in Kapitel 7 dargestellten Problematik (Brand- und Explosionsschutz in nachgeschalteten Rauchgaskanälen und Rauchgasreinigungseinrichtungen) ist hierbei jedoch Rechnung zu tragen.

5 Störfallverhindernde Maßnahmen an Flugstrom- und Wirbelschichtadsorbern

5.1 Brandschutz

5.1.1 Die Anforderungen gemäß 4.1 sind einzuhalten. Die in 4.1 auf Einzelmodule bezogenen Anforderungen gelten bei Flugstrom- und Wirbelschichtverfahren für die einzelnen Kammern des nachgeschalteten Gewebefilters.

Die Außerbetriebnahme bei Auftreten eines hot-spot gemäß 4.1.9 hat durch Abschottung des Adsorbers nach einer Inertgasspülung (vierfacher Volumenwechsel) zu erfolgen, da eine Selbstinertisierung aufgrund des hohen Gas/Feststoff-Verhältnisses nicht sichergestellt ist. Die Inertisierung ist bei Hauptalarmierung der CO-Differenzmessung unmittelbar einzuleiten. Die Beaufschlagungsrate des Inertgases ist anlagenspezifisch festzulegen. Sie soll eine zügige Inertisierung gewährleisten, ohne jedoch zu Aufwirbelungen des Adsorbens zu führen.
Die unmittelbare Inertisierung erfordert die Bereithaltung entsprechender Inertgasmengen vor Ort. Auf die Gewährleistung der Bereitstellung von Inertgas durch einen Inertgaslieferanten innerhalb eines festgelegten Zeitraumes kann nur dann zurückgegriffen werden, wenn es im zu betrachtenden Zeitraum nachweislich nicht zu einer Brandentwicklung kommen kann (vgl. 9.1).

5.1.2 Die Abzugtrichter des Gewebefilters sind mit Füllstandssonden auszurüsten. Diese Sonden sind so anzuordnen, daß Füllstandsanstiege auch bei einer Brückenbildung in den Trichtern erkannt werden können. Es ist sinnvoll, die Abzugtrichter jeweils unmittelbar bei Materialanfall zu entleeren. Wächst der Füllstand der Trichter bis in den Bereich der Filterschläuche, ist der Adsorber außer Betrieb zu nehmen.

5.1.3 Die Behandlung von hot-spots kann abweichend von 4.1.8 - 4.1.12 auch durch eine Entleerung des Adsorbers erfolgen. Die sichere externe Behandlung und Abkühlung des abgezogenen Materials muß hierbei jedoch gewährleistet werden. Die apparativen Voraussetzungen für eine Behandlung von hot-spots im Adsorber gemäß 4.1.9 - 4.1.12 (unter Berücksichtigung von 5.1.1) müssen in jedem Falle gegeben sein, da Störungen des Adsorbensaustrages nicht vernünftigerweise ausgeschlossen werden können.

5.1.4 Die Entleerung des Adsorbers vor der Außerbetriebnahme aus dem störungsfreien Betrieb ist einer Abkühlung gemäß 4.1.15 gleichzusetzen. Voraussetzung für den Verzicht auf Abkühlmaßnahmen ist die Möglichkeit der Überprüfung der Vollständigkeit der Entleerung. Die apparativen Voraussetzungen für ein Vorgehen gemäß 4.1.14 müssen gegeben sein.

5.2 Explosionsschutz

5.2.1 Bei Einsatz von Aktivkoksen oder von Gemischen, für die eine Staubexplosionsfähigkeit nicht gemäß der Erläuterungen unter 2.2 ausgeschlossen werden kann, sind Explosionsschutzmaßnahmen im Einzelfall zu erarbeiten.

5.3 Verhinderung von Staubfreisetzungen

5.3.1 Der Reingasstaubgehalt ist zur Detektierung beginnender Filterdefekte kontinuierlich zu überwachen. Diese Anforderung ist durch die Emissionsüberwachung bezüglich des Staubemissionsgrenzwertes der 17. BImSchV nicht von vornherein erfüllt. Insbesondere muß die Verfügbarkeit der Staubemissionsüberwachung im Rahmen der praktischen Vernunft jederzeit sichergestellt sein. Da dies über die Anforderungen an die Verfügbarkeit bei der Eignungsprüfung hinausgeht,

ist in der Regel eine redundante Ausführung des Staubemissionsmeßgerätes erforderlich. Auch darf die Kalibrierung der Meßgeräte nicht auf Feinstäube beschränkt werden. Es ist das Kornspektrum des eingesetzten Adsorbens zugrundezulegen.

Hinweis: Der Hinweis im Anschluß an 4.1.4 zur Repräsentativität der CO-Differenzmessung gilt für die Staubemissionsüberwachung sinngemäß. Bei reingasseitiger Gebläseanordnung ist es sinnvoll, die Staubemissionsmessung hinter dem Gebläse anzuordnen (vgl. auch VDI 2266/1/4/6 [19 - 21]).

5.3.2 Deutet ein Anstieg des Reingasstaubgehaltes auf beginnende Defekte an einem Filterschlauch hin, so ist die betroffene Kammer zu ermitteln. Dies ist u. a. möglich durch eine wechselweise Abschottung der Kammern oder durch eine Messung des Reingasstaubgehaltes hinter den Einzelkammern. Die betroffene Kammer ist außer Betrieb zu nehmen (Schnellaußerbetriebnahme, vgl. 2.5).

5.3.3 Im Zuge der Bauüberwachung sowie bei Wechsel von Filterschläuchen ist die Verwendung geeigneten Nahtmaterials und fachgerechte Ausführung der Nähte an Filterschläuchen zu kontrollieren. Diese Kontrollpflicht kann durch Herstellergarantien abgedeckt werden.

5.3.4 Von den Maßnahmen gemäß 5.3.1 - 5.3.3 kann Abstand genommen werden, wenn Staubfreisetzungen auf andere Weise offensichtlich ausgeschlossen sind (vgl. 4.3.13 u. 4.3.15).

6 Störfallverhindernde Maßnahmen im Bereich der Altadsorbensentsorgung

6.1 Brand- und Explosionsschutz

6.1.1 Altkoksführende Anlageteile sind unter Anwendung der VDI 2263/2 [16] zu inertisieren. Als Sauerstoffgrenzkonzentration ist jedoch nicht die Grenzkonzentration zur Verhinderung von Staubexplosionen, sondern die Sauerstoffkonzentration einzusetzen, die Staubexplosionen und die Entstehung von Glimmnestern gleichzeitig ausschließt. Ist diese Grenzkonzentration für das eingesetzte Adsorbens nicht bekannt, ist eine Sauerstoffgrenzkonzentration von 5 Vol.-% O_2 anzunehmen.

6.1.2 Die Inertisierung gemäß 6.1.1 ist geeignet, die Entstehung von Glimmnestern auszuschließen. Wird jedoch erhitztes Material bereits aus dem Adsorber in die Altadsorbensentsorgung eingetragen, so ist zur Behandlung des erhitzten Materials eine höchstzulässige Sauerstoffkonzentration von 1 Vol.-% O_2 einzuhalten. Der Koksabzug aus dem Adsorber darf bei Vorliegen einer erhöhten CO-Differenz folglich nur freigegeben werden, wenn der Sauerstoffgehalt im Bereich der Altadsorbensentsorgung 1 Vol.-% O_2 unterschreitet.

6.1.3 Eine Inertisierung durch Rauchgase ist nicht zulässig.

6.1.4 Es ist durch Verriegelung sicherzustellen, daß bei einer Überschreitung der höchstzulässigen Sauerstoffkonzentration oder Ausfall der Inertgasversorgung der Koksabzug aus dem Adsorber und die Förderung des Adsorbens unterbrochen wird.

6.1.5 Alternativ zu den vorgenannten Maßnahmen (6.1.1 - 6.1.4) kann der Brand- und Explosionsschutz in der Altadsorbensentsorgung durch gleichwertige, im Einzelfall auszule-

gende Maßnahmen gewährleistet werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn eine Staubexplosionsgefahr gemäß der Ausführungen in Kapitel 2.2 offensichtlich auszuschließen ist. Die dann vorzusehenden Brandschutzmaßnahmen bedürfen einer Einzelfallauslegung.

6.2 Verhinderung von Staubfreisetzungen

6.2.1 Altkoksführende Anlageteile sind staubdicht auszuführen.

Pneumatische Förderung

6.2.2 Bei einer pneumatischen Förderung des beladenen Adsorbens ist eine doppelwandige Ausführung der Rohrleitungen mit Drucküberwachung des Zwischenraumes vorzusehen. Das Hüllrohr kann - sofern die Betriebstemperaturen und der zur Überwachung aufgegebene Druck dies zulassen - aus Kunststoff bestehen, da es keiner Abrasionsbeanspruchung ausgesetzt ist. Bei einer Leckage des Hüllrohres oder des Innenrohres ist die betroffene pneumatische Förderung unverzüglich außer Betrieb zu setzen.

6.2.3 Alternativ zu 6.2.2 kann bei einer pneumatischen Förderung eine regelmäßige Wandstärkenkontrolle der Förderleitungen vorgenommen werden. Dies setzt eine vollständige Prüfbarkeit der genannten Wandungen voraus. Die vorzusehenden Prüfintervalle sind in Abhängigkeit typischer Abrasionsraten festzulegen. Solange derartige Abrasionsraten nicht bekannt sind, sind Prüfintervalle in der Größenordnung weniger Monate vorzusehen. Diese Prüfintervalle können nach Ermittlung typischer Abrasionsraten ggf. gestreckt werden, sollten jedoch auch dann ein Jahr nicht überschreiten.

Die Prüfung kann in der Regel auf Wandungen beschränkt werden, die der Abrasion in besonderem Maße ausgesetzt sind,

z. B. Krümmer und Hosenstücke (Teilprüfung). Sind diese Wandungen verschleißfester oder in einer höheren Wandstärke ausgeführt, als die übrige Rohrleitung, sind weitere repräsentative Prüforte in den zu erstellenden Prüfplan für die Teilprüfung aufzunehmen.
In Zeitintervallen von fünf Jahren ist eine vollständige Prüfung der Rohrleitungen vorzunehmen. Die vollständige Prüfung wird auch erforderlich, wenn sich bei einer Teilprüfung ergibt, daß erodierte Teilabschnitte ausgetauscht werden müssen.

6.2.4 Von den Maßnahmen gemäß 6.2.2 bzw. 6.2.3 kann bei einer pneumatischen Förderung im Unterdruck bzw. in Verfahrensabschnitten ohne Überdruck abgesehen werden.

Hinweis: Bei Einblasen des geförderten Gutes in Behälter, z. B. in Silos, oder in Rauchgaskanäle ist die Abrasionsbeanspruchung der Behälterwandungen bzw. Rauchgaskanäle zu minimieren. Dies kann z. B. durch ein Einblasen in Richtung auf bereits enthaltenes Gut erfolgen. Können derartige Maßnahmen nicht getroffen werden, sind die Wandungen, die durch das Einblasen von Adsorbens einer Abrasionsbeanspruchung ausgesetzt sind, gemäß der Anforderungen an Rohrleitungen (6.2.2 - 6.2.4) auszurüsten.

6.2.5 Staubemissionen durch die Abluft einer pneumatischen Förderung sind durch die Rückführung der Fördergase in die in Betrieb befindliche Feuerung oder Rauchgasreinigung oder durch eine geeignete Reinigung zu minimieren.

6.3 Störfallverhindernde Maßnahmen an Desorptionsstufen

In vielen Fällen wird bei der Nachrüstung einer weitergehenden Rauchgasreinigung auf der Basis von Aktivkoks eine anlageninterne Desorptions- bzw. thermische Behandlungsstufe für schadstoffbehaftetes Adsorbens vorgesehen. Derzeit werden verschiedene Bauformen derartiger Behandlungsstufen diskutiert. Die Formulierung eines einheitlichen Sicherheitskonzeptes für diese Einrichtungen ist aus diesem Grunde nicht möglich.

Die im Einzelfall zu erarbeitenden Sicherheitsmaßnahmen müssen neben dem Brand- und Explosionsschutz und der Verhinderung von Staubfreisetzungen insbesondere auch die Verhinderung der Freisetzung schadstoffbeladener Desorptionsgase gewährleisten.

7 Störfallverhindernde Maßnahmen in reingasseitig nachfolgenden Anlageteilen

Der Reingasstaubgehalt hinter Aktivkoksfiltern besteht überwiegend aus ausgetragenem Adsorbens. Bei Ablagerung dieser Stäube in nachfolgenden Rauchgaskanälen oder Rauchgasreinigungseinrichtungen (z. B. Katalysatoren) kann es zu Brand- und Explosionsgefahren kommen. Staubablagerungen in diesen Bereichen werden häufig beobachtet. Es handelt sich durch die Nachrüstung von Aktivkoksfiltern jedoch **erstmals um brennbare und ggf. staubexplosionsfähige Materialien.**

Es ist im Einzelfall zu prüfen, ob weitergehende Maßnahmen vorzusehen sind. Dies könnten Maßnahmen sein, die die Bildung von Staubansammlungen verhindern, z. B. Spülsysteme, oder Brand- und Explosionsschutzmaßnahmen.

8 Allgemeine störfallverhindernde Maßnahmen

8.1 Ausführung sicherheitsgerichteter MSR-Einrichtungen

8.1.1 Alle sicherheitstechnisch bedeutsamen Meßsignale sind in einer zentralen Meßwarte anzuzeigen und zu registrieren.

8.1.2 Für sicherheitstechnisch bedeutsame MSR-Funktionen ist eine unterlagerte, einzelfehlersichere Steuerungsebene erforderlich.

8.1.3 Sicherheitstechnisch bedeutsame Meßwertaufnehmer sind einzelfehlersicher auszuführen. Ersatzweise ist eine redundante bzw. diversitäre Ausführung der Meßwertaufnehmer vorzusehen. Eine in diesem Bericht im Einzelfall geforderte Redundanz bleibt hiervon unberührt.

8.1.4 Zur Meßwertübertragung und Leitungsüberwachung sicherheitstechnisch bedeutsamer MSR-Funktionen sind Life-zero-Signale und das Ruhestromprinzip einzusetzen.

8.1.5 Zur unterbrechungslosen Aufrechterhaltung sicherheitstechnisch bedeutsamer MSR-Funktionen ist eine Batteriepufferung vorzusehen.

8.1.6 Sicherheitstechnisch bedeutsame Stellglieder müssen bei Energieausfall in die Sicherheitsposition gelangen (fail-safe-Technik). Wo dies aus technischen Gründen nicht realisierbar ist (ggf. bei Großarmaturen), ist sicherzustellen, daß die Stellglieder bei Energieausfall durch Handeingriff in die sichere Position gebracht werden.

8.1.7 Sicherheitstechnisch bedeutsame Meß- und Eingabewerte sind einer Plausibilitätskontrolle zu unterwerfen.

8.1.8 Die Funktion von sicherheitstechnisch bedeutsamen Klappen und Schiebern ist durch Laufzeit- und Endlagenkontrolle zu überwachen.

8.1.9 Alle Abweichungen sicherheitstechnisch bedeutsamer Meßsignale vom Sollzustand müssen gemeldet werden (Voralarm).

8.1.10 Die Hauptalarmierung bei außerhalb des zulässigen Fehlbereichs liegenden sicherheitstechnisch bedeutsamen Meßsignalen hat in Form einer optischen und akustischen Alarmierung zu erfolgen. Es ist sicherzustellen, daß Hauptalarme ausschließlich durch autorisierte Personen quittiert werden können (z. B. Schlüsselschalter).

8.1.11 Die bei einer Alarmierung zu treffenden Maßnahmen sind in der Bedienungsanweisung zu fixieren und ggf. zu automatisieren.

8.2 Sonstiges

8.2.1 Rohrleitungen, deren Beschädigung zu einer ernsten Gefahr im Sinne der Störfall-Verordnung führen kann, sind gegen mechanische Einwirkungen von außen zu schützen. Hierzu sind insbesondere Rohrleitungen, bzw. deren Halterungen und Stützen, die durch Fahrzeuge beschädigt werden könnten, mit einem Anfahrschutz auszurüsten.

9 Begrenzung von Störfallauswirkungen

9.1 Zur Begrenzung der Auswirkungen von Bränden und Explosionen muß die Möglichkeit der Inertisierung aller adsorbensführenden Anlageteile, i. d. R. mit Stickstoff, bestehen. Die erforderlichen Beaufschlagungsraten sind an den vorzusehenden Inertgasanschlüssen kenntlich zu machen. Die verdrängten Gase sind dem Kamin zuzuführen oder in anderer Weise unter Minimierung der freigesetzten Schadstoffe abzuführen.

Die zur Inertisierung erforderlichen Stickstoffmengen sind in der Anlage zu bevorraten.
Bei Wanderbettadsorbern kann die zur Inertisierung des Adsorbers erforderliche Stickstoffmenge alternativ auch durch einen Stickstofflieferanten bereitgestellt werden, sofern eine maximale Bereitstellungsfrist von 3 Stunden jederzeit eingehalten werden kann.
Bei Flugstrom- und Wirbelschichtverfahren ist die Möglichkeit der Gewährleistung einer externen Bereitstellung des Stickstoffs für die Inertisierung des Adsorbers in der Regel nicht gegeben (vgl. 5.1.1).

Hinweis: Zusätzliche brennbare Materialien in adsorbensführenden Anlageteilen können die Ausbreitung von Bränden beschleunigen. Auf brennbare Korrosionsschutzauskleidungen ist deshalb möglichst zu verzichten. Die Filtermedien von Gewebefiltern sollten nach Möglichkeit nicht brennbar sein bzw. ein nicht brennbares Stützgewebe aufweisen.

9.2 Alternativ zu 9.1 kann für kleinere Anlageteile, deren Statik dies zuläßt, eine Wasserflutung vorgesehen werden. Hierbei muß zur Vermeidung weitergehender Explosionsgefahren durch eine Wasserstoffbildung die zügige und vollständige Flutung sichergestellt sein. Bzgl. der Abfuhr der verdrängten Gase und des ggf. entstehenden Wasserdampfes gilt 9.1 sinngemäß.

9.3 Das gemäß 9.1 bzw 9.2 einzusetzende Lösch- bzw. Inertisierungsmittel ist an den Aufgabestutzen zu kennzeichnen.

9.4 An der freien Atmosphäre vorliegende brennende bzw. glimmende Adsorbensanhäufungen sind mit Löschschaum oder Wasser im Sprühstrahl unter Minimierung von Aufwirbelungen zu löschen.

9.5 Es ist sicherzustellen, daß anfallendes Löschwasser aufgefangen wird.

9.6 Die Frischadsorbensversorgung, der Adsorber, die Altadsorbensentsorgung und eine ggf. vorhandene thermische Behandlungsstufe sind zur Begrenzung der Auswirkungen von Bränden und Explosionen durch Schleusen in der Adsorbensförderung gegenseitig zu entkoppeln. Hierzu sind Zellenradschleusen, zwei gegenseitig verriegelte Absperrarmaturen oder gleichwertige Einrichtungen vorzusehen.

10 Literatur

[1] 12. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfall-Verordnung - 12. BImSchV)
Bekanntmachung der Neufassung vom 20. September 1991
BGBl. I S. 1891

[2] 17. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe - 17. BImSchV)
November 1990, BGBl. I S. 2545

[3] Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen:
Emissionsminderungsplan für Dioxine an Abfallverbrennungsanlagen in NRW -EMDA-
Düsseldorf, 1990

[4] Vicinus, J. und R. Knoche:
Abscheidung von Dioxinen, Furanen und Schwermetallen in einer Gasreinigung
Müll und Abfall, 4/1991

[5] Kassebohm, B. und G. Wolfering:
Realisierung einer weitergehenden Rauchgasreinigung durch Einsatz von Koks
VGB Kraftwerkstechnik 70 (1990) Heft 8

[6] Eicken, M., W. Esser-Schmittmann, J. Lambertz und G. Ritter:
Braunkohlenkoks zur Rauchgasreinigung und Reststoffminimierung von Abfallverbrennungsanlagen
Brennstoff - Wärme - Kraft, 10/1990

[7] Heuter, Kreusing, Lambertz und Ritter:
Herdofenkoks auf Braunkohlenbasis
Müll und Abfall, 3/1991

[8] Regler, H.:
Quecksilber- und Dioxin/Furan-Abscheideverhalten mit einer trockenen Rauchgasreinigung unter Zugabe von Herdofenkoks
AbfallwirtschaftsJournal 2 (1990), Nr. 12

[9] VDI 2263
Staubbrände und Staubexplosionen;
Gefahren - Beurteilung - Schutzmaßnahmen
November 1986

[10] VDI 2263 Blatt 1
Staubbrände und Staubexplosionen;
Gefahren - Beurteilung - Schutzmaßnahmen;
Untersuchungsmethoden zur Ermittlung von sicherheitstechnischen Kenngrößen von Stäuben
Mai 1990

[11] Leuschke, G.:
Selbstentzündung von staubförmigen Materialien
VFDB, 5. Internationales Brandschutz-Seminar
Karlsuhe 1976, Bd. 1

[12] Scholl, E.-W.:
Brenn- und Explosionsverhalten von Kohlenstaub
VGB Kraftwerkstechnik 70 (1990), Heft 7

[13] Wiemann, W. und E.-W. Scholl:
Selbstentzündung von Braunkohlenstaub bei vermindertem Sauerstoffgehalt
Staub - Reinhaltung der Luft, 4/1985

[14] Empfehlungen zum Umgang mit Braunkohlenkoks
- Sicherheitsmaßnahmen, Förder- und Silotechnik -
Rheinbraun AG, Köln, 1991

[15] VDI 3950 Blatt 1 (Entwurf)
Kalibrierung automatischer Emissionsmeßeinrichtungen
Januar 1991

[16] VDI 2263 Blatt 2 (Entwurf)
Staubbrände und Staubexplosionen;
Gefahren - Beurteilung - Schutzmaßnahmen;
Inertisierung
November 1989

[17] Jenike. A.W.:
Storage and Flow of Solids
Bulletin No. 123, Utah Engng. Exp. Station, Univ. of Utah
Salt Lake City (USA), 1970

[18] Schwedes, J.:
Fließverhalten von Schüttgütern in Bunkern
Verlag Chemie, Weinheim, 1968

[19] VDI 2066 Blatt 1
Messen von Partikeln
Staubmessungen in strömenden Gasen
Gravimetrische Bestimmung der Staubbeladung
- Übersicht -
Oktober 1975

[20] VDI 2066 Blatt 4
Messen von Partikeln
Staubmessungen in strömenden Gasen
Bestimmung der Staubbeladung durch kontinuierliches Messen
der optischen Transmission
Januar 1989

[21] VDI 2066 Blatt 6
Messen von Partikeln
Staubmessungen in strömenden Gasen
Bestimmung der Staubbeladung durch kontinuierliches Messen des Streulichtes mit dem Photometer KTN
Januar 1989

[22] Berufsgenossenschaften der chemischen Industrie:
Richtlinien für die Vermeidung der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre mit Beispielsammlung
- Explosionsschutz-Richtlinien - (November 1989)

Weiterführende Literatur

[23] VDI 2263 Blatt 3
Staubbrände und Staubexplosionen;
Gefahren - Beurteilung - Schutzmaßnahmen;
Explosionsdruckstoßfeste Behälter und Apparate
Berechnung, Bau und Prüfung
Mai 1990

[24] VDI 2263 Blatt 4 (Entwurf)
Staubbrände und Staubexplosionen;
Gefahren - Beurteilung - Schutzmaßnahmen;
Unterdrückung von Staubexplosionen
November 1989

[25] VDI 3673
Druckentlastung von Staubexplosionen
Juni 1979

[26] VDI Berichte 494
Sichere Handhabung brennbarer Stäube
Düsseldorf, 1984

[27] Verhütung von Staubbränden und Staubexplosionen
Tagung der VDI-Fachgruppe Staubtechnik am 12. und 13.11.1990
in München
Berichtausgabe in: Staub - Reinhaltung der Luft 31 (1971)
Nrn. 3 u. 4

[28] Technische Regeln für Dampfkessel (TRD) 413
Kohlenstaubfeuerungen an Dampfkesseln
BArbBl. 7-8/85 S. 31

Danksagung

Die Inhalte des vorliegenden Berichts wurden in einem Arbeitskreis der LIS intensiv diskutiert. In diesem Arbeitskreis wirkten Vertreter von

- Firmen des Anlagenbaus und der Anlagenplanung
- Betreibern von Abfallverbrennungsanlagen
- Koksherstellern
- Technischen Überwachungsvereinen
- der Technischen Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber -VGB-
- der DMT - Bergbau-Versuchsstrecke
- Genehmigungsbehörden
- und des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen

mit.

Allen Beteiligten sei an dieser Stelle für die vielfältigen Anregungen und die konstruktive Kritik gedankt, die einen wesentlichen Beitrag zur Erstellung des vorliegenden Berichtes geleistet haben.

LIS-Berichte

der Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Essen

Die LIS-Berichte haben spezielle Themen aus dem Untersuchungs- und Forschungsprogramm der LIS zum Gegenstand. Die in der Regel umfangreichen Texte sind nur in begrenzter Auflage vorrätig. Sie werden - soweit nicht vergriffen - Interessenten auf Anfrage hin kostenlos zur Verfügung gestellt. Alle LIS-Berichte - auch die vergriffenen - stehen Interessenten in zahlreichen Universitäts- und Hochschulbibliotheken zur Einsichtnahme und Ausleihe zur Verfügung.

Bestellungen sind zu richten an die

Landesanstalt für Immissionsschutz
L I S Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Straße 6 D 4300 Essen 1 Tel. (0201)7995-0

Die Titel der LIS-Berichte Nr. 1 bis 50 sind in einem Prospekt nachgewiesen, der auf Anfrage gerne zugeschickt wird. Diese Berichte sind, bis auf teilweise noch verfügbare Überstücke, vergriffen.

Berichte-Nr. 51: (vergriffen)
Herpertz, E., J. Assmann, D. Krane, E. Hartmann, B. Steck, E. Brewig und J. Krochmann:
Messen und Beurteilen von Lichtimmissionen (1984).

Berichte-Nr. 52: (vergriffen)
Pfeffer, H.-U.:
Qualitätssicherung in automatischen Immissionsmeßnetzen.
Teil 3: Ringversuche der staatlichen Immissions-Meß-und Erhebungsstellen in der Bundesrepublik Deutschland (STIMES).
Ergebnisse für die Komponenten SO_2, NO_x, O_3 und CO (1984).

Berichte-Nr. 53:
Beier, R.:
Zur Planung und Auswertung von Immissionsmessungen gemäß TA-Luft 1983 (1985).

Berichte-Nr. 54:
Bröker, G. und H. Gliwa:
Polychlorierte Dibenzo-Dioxine und -Furane in den Filterstäuben und Schlacken der 12 Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen sowie einiger Sondermüllverbrennungsanlagen (1985).

Berichte-Nr. 55:
Külske, S., J. Giebel, H.-U. Pfeffer und R. Beier:
Analyse der Smoglage vom 16. bis 21. Januar 1985 im Rhein-Ruhr-Gebiet.
Teil 1: Text- und Bildband (1985)
Teil 2: Meßergebnisse (1985).

Berichte-Nr. 56:
Splittgerber, H., M. Klein und P. Neutz:
Untersuchungen zur Ermittlung der Wahrnehmungsschwelle bei Einwirkung von Erschütterungen auf den Menschen - Beschreibung der Versuchsanlage - (1985).

Berichte-Nr. 57: (vergriffen)
Prinz, B., J. Hradetzky, H.-U. Pfeffer, H.W. Zöttl und H.-K. Lichtenthaler:
Forschungsergebnisse zur Problematik der neuartigen Waldschäden (1985).

Berichte-Nr. 58:
Giebel, J. und W. Stramplat:
Untersuchung über die Eignung des Korrelationsspektrometers COSPEC V zur Bestimmung des Transportes von Schwefeldioxid bzw. Stickstoffdioxid (1986).

Berichte-Nr. 59: Prinz, B., D. Schwela, E. Koch, S. Ganser und T. Eikmann:
Untersuchungen zum Einfluß von Luftverunreinigungen auf die Häufigkeit von Pseudokrupperkrankungen im Stadtgebiet Essen (1986)..

Berichte-Nr. 60: Manns, H. und H. Gies:
Ergebnis der Erprobung des automatischen Ozon-Meßgerätes Dasibi, Typ 1008 AH (1986).

Berichte-Nr. 61: Splittgerber, H.:
Messung und Beurteilung von Erschütterungsimmissionen - Vergleich verschiedener Verfahren - (1986).

Berichte-Nr. 62: Buck, M. und P. Kirschmer:
Immissionsmessungen polychlorierter Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzofurane in Nordrhein-Westfalen (1986).

Berichte-Nr. 62: Buck, M. und P. Kirschmer:
Measurements of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans in Outdoor Air (1987).(Übersetzung des 1986 erschienenen LIS-Berichtes Nr. 62)

Berichte-Nr. 63: (vergriffen) Giebel, J.:
Untersuchung über die praktische Anwendung eines numerischen Ausbreitungsmodells (K-Modell) für die Praxis der Immissionssimulation (1986).

Berichte-Nr. 64: (vergriffen) Winkler, H.D.:
Thalliumemissionen bei der Zementherstellung - Ursachen und Minderungsmaßnahmen - (1986).

Berichte-Nr. 65: (vergriffen) Wietlake, K.H.:
Erschütterungseinwirkungen durch Exzenter-Schmiedepressen und ihre Minderung durch Direktabfederung (1986).

Berichte-Nr. 66: Viertes Symposium über die Technik der Kernreaktorfernüberwachungssysteme am 8. und 9. Oktober 1985 in der LIS, Essen (1986).

Berichte-Nr. 67: (vergriffen) Assmann, J.:
Hinweise zur Prognose von Geräuschimmissionen im Rahmen von Genehmigungsverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (1986).

Berichte-Nr. 68: (vergriffen) Manns, H. und H. Gies:
Erprobung des Schwebstaubmeßgerätes FH 62 I 3 m^3/h für die automatisierte Immissionsmessung (1986).

Berichte-Nr. 69: (vergriffen) Beine, H.:
Phosphorsäureester und verwandte Verbindungen -
Umweltrelevanz und luftanalytische Bestimmung (1987).

Berichte-Nr. 70: Buck, M. und H.-U. Pfeffer:
Air Quality Surveillance in the State North-Rhine-Westphalia (F.R.G.).
(Vollständig neu bearbeitete Fassung LIS-Berichtes Nr. 46) (1987).

Berichte-Nr. 71: Wefers, H. und H. Katzer:
Zusammenstellung von zusätzlichen sicherheitstechnischen Anforderungen an Anlagen zur Lagerung von druckverflüssigtem Ammoniak in Kraftwerken (1987).

Berichte-Nr. 72: (vergriffen) Beier, R., J. Kohlert und M. Buck:
Entwicklung der Immissionsbelastung in der Umgebung der Aluminiumhütte im Essener Norden in den Jahren 1984 bis 1986 (1987).

Berichte-Nr. 73: (vergriffen) Schade, H.:
Erstellung eines Emissionskatasters und einer Emissionsprognose für Feuerungsanlagen im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher des Belastungsgebietes Ruhrgebiet Ost.
(1987).

Berichte-Nr. 74: (vergriffen)
Beier, R. und M. Buck:
Möglichkeit und Grenzen der Nutzung von Luftqualitätsdaten aus diskontinuierlichen Messungen gemäß TA-Luft (1988).

Berichte-Nr. 75:
Koch, E. und P. Altenbeck:
Prinzipien des prophylaktischen Immissionsschutzes (1988).

Berichte-Nr. 76:
Giebel, J.:
Eine vereinfachte Methode zur Immissionssimulation (1988).

Berichte-Nr. 77: (vergriffen)
Külske, S., R. Beier und H.-U. Pfeffer:
Die Smoglage vom 14. bis 22. Januar 1987 in Nordrhein-Westfalen und ihre Ursachen. (1988).

Berichte-Nr. 78:
Geueke, K.-J. und H. Niesenhaus:
Bestimmung von Benzol in Abgasen (1988).

Berichte-Nr. 79: (vergriffen)
Wietlake, K.-H.:
Geräuschminderung durch Teilkapselung von Schmiedehämmern (1988).

Berichte-Nr. 80:
Krause, G.H.M. und B. Prinz:
Experimentelle Untersuchungen der LIS zur Aufklärung möglicher Ursachen der neuartigen Waldschäden (1989).

Berichte-Nr. 81: (vergriffen)
Goldberg, K.H.:
Untersuchungen zur Geräuschemission und -ausbreitung von Schußsignalen bei Kleinkaliberschießständen (1988).

Berichte-Nr. 82:
Buck, M. und K. Ellermann:
Die Immissionsbelastung durch Benzol in Nordrhein-Westfalen (1988).

Berichte-Nr. 83:
Wefers, H., S. Delling und T. Schulz:
Hinweise zur Erstellung und Prüfung von betrieblichen Alarm- und Gefahrenabwehrplänen nach der Störfall-Verordnung (1988).

Berichte-Nr.84:
Wefers, H., T. Schulz und R. John:
Hinweise und Suchstrategien zu den Stoffen der Störfall-Verordnung (1988).

Hinweis: Die Grundlage des LIS-Berichtes bildet eine PC-Stoffliste, die von der LIS mit Hilfe einer relationalen Datenbank für Personalcomputer erstellt wurde. Die PC-Stoffliste kann auf PC mit Festplatte und dem Betriebssystem MS-DOS 3.3 (IBM-kompatibel) betrieben werden. Die PC-Stoffliste wird im Auftrag der LIS von der Fa. Colman, Essen (Tel.: 0201/790095) für DM 100,-- vertrieben

Berichte-Nr. 85: (vergriffen)
Krause, G.H.M.:
Untersuchungen zum Vegetationszustand im Umgebungsbereich der nordrhein-westfälischen Aluminiumhütten mit Hilfe der Falschfarbenfotografie (1988).

Berichte-Nr. 86: (vergriffen)
Katzer, H. und R. John:
Einsatz von Ammoniakwasser in katalytischen DeNO_x-Anlagen - Ergebnisse an einer Versuchsanlage - (1989).

Berichte-Nr. 87:
Kirschmer, P. und A. Gerlach:
Immissionsmessungen von Chlorkohlenwasserstoffen - Probenahme, Analyse, Ergebnisse - (1989).

Berichte-Nr. 88:
Euteneuer, U., H. Katzer und H. Wefers:
Sicherheitstechnische Überprüfung einer verfahrenstechnischen Anlage nach einem modifizierten PAAG-Verfahren am Beispiel eines Flüssiggaslagers (1989).

Berichte-Nr. 89:
Beier, R. und A. Doppelfeld:
Analyse der räumlichen Repräsentativität automatischer Meßnetze der Luftqualität (1989).

Berichte-Nr. 90: Beier, R. und J. Kohlert:
Pilotstudie zur Überwachung von Tetrachlorethen in der Nachbarschaft von Chemisch-Reinigungsanlagen in Nordrhein-Westfalen (1989).

Berichte-Nr. 91: Buck, M. (Bearb.):
Asbest-Immissionsbelastung durch Abwitterung.
Fachkolloquium am 06. Juli 1989 in der LIS NRW, Essen,
Tagungsbericht. Gem. hrsg. von: Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg, Niedersächsisches Landesamt für Immissionsschutz, Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen (1989).

Berichte-Nr. 92: Kirschmer, P. und P. Eynck:
Meßverfahren mit automatisierter Probenahme zur Bestimmung von Aldehyden in der Luft (1989).

Berichte-Nr. 93: Ehl, W. und A. Ertl:
Kriterien-Katalog zur "Prüftiefe" bei Sicherheitsanalysen am Beispiel eines Flüssiggaslagers. (1990).

Berichte-Nr. 94: Manns, H., G. Nitz und B. Striefler:
Weiterentwicklung und Erprobung von Immissionsmeßverfahren für gesundheitsgefährdende organische Stoffe. (1990).

Berichte-Nr. 95: Splittgerber, H. und R. Hillen:
Wahrnehmungsschwelle für Ganzkörperschwingungen in sitzender Körperhaltung. (1991).

Berichte-Nr. 96: Mang, F. und F. Wolfmüller :
Großvolumige Behälter zur erdgedeckten Lagerung von druckverflüssigtem Propan, Butan und Ammoniak (bearb. von W. v. Borries und H. Katzer). (1991).