

# Richtlinien für den Brandschutz in Rauchgas-Entschwefelungs-Anlagen (REA)

Peter Hennig

Großbrände in Rauchgasentschwefelungsanlagen verursachten während der Montage- und Revisionsphase in den vergangenen sechs Jahren Schäden von bis zu 80 Mio. DM.

Die Brandserie begann am 7. 1. 1987 im Braunkohlekraftwerk Neurath bei Aachen. Ein Schweißer setzte die Innengummierung eines der drei Absorber während der Errichtungsphase in Brand. Die Schadenhöhe einschließlich der Bergungs-, Aufräumungs- und Abbruchkosten sowie der chemischen Sanierung und Wiederherstellung betrug ca. 70 Mio. DM.

Im Sommer des gleichen Jahres folgte der Totalschaden der gesamten Rauchgasreinigungsanlage im Müllheizkraftwerk in Wien-Spittelau mit einer Schadenssumme von ca. 80 Mio. DM. Als Ursache wird ein umgestürzter 1000-Watt-Baustellenstrahler vermutet, der durch Strahlungswärme Bauteile aus Polypropylen zündete (Bild 1 Titelbild).

1988 ereignete sich ein Brandschaden im Absorber des braunkohlebefeuereten Heizkraftwerkes Offleben bei Helmstedt, wiederum verursacht durch Schweißarbeiten. Die herunterfallenden Schweißperlen setzten hier Füllkörper aus Polypropylen in Brand. Die Schadenhöhe mit ca. 3 Mio. DM war vergleichsweise bescheiden (Bild 2).

Sachschäden von ca. 40 Mio. DM waren die Bilanz eines Großbrandes im Erweiterungsbau der Müllverbrennungsanlage Darmstadt im Juni 1989. Den Flammen und den Rauchgasen fielen die Waschtürme, die Installation für die Wasseraufbereitung und die Stahlskelettkonstruktion zum Opfer. Auch hier setzten Schweißperlen auf der Baustelle gelagerte Füllkörper aus Polypropylen und andere Kunststoffe in Brand (Bild 3).

Im Dezember 1990 wurde diese Brandserie in der REA im Müllheizkraftwerk München Nord fortgesetzt. Auch hier wurden Kunststoffbauteile und Füll- bzw. Rieselkörper aus Polypropylen während der Bauphase, vermutlich durch einen Halogen-Baustellenstrahler, gezündet. Die Schadenhöhe wird mit ca. 50 Mio. DM beziffert.

Der bisher letzte Großschaden traf das VKR Gelsenkirchen im August 1993. Er ereignete sich im Anschluß an

eine Revisionsphase innerhalb der REA. Die Schadenursache und -höhe waren bei Redaktionsschluß noch nicht bekannt, jedoch dürfte der Umfang des Schadens eine Größenordnung von weit über 50 Millionen DM annehmen (Bild 4).

Nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BimSchG) mit seiner Großfeuerungsanlagenverordnung (GFAVO) müssen seit dem 01. 07. 1988 Kraftwerke mit Rauchgasentschwefelungsanlagen betrieben werden. Bei der Rauchgasentschwefelung hat sich das Naß- bzw. Sprühabsorptionsverfahren mit Kalksteinwäsche durchgesetzt, so daß die überwiegende Anzahl der kohlebefeuer-



Bild 2

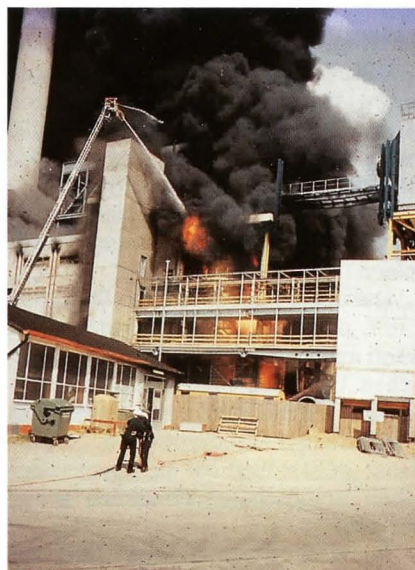


Bild 3

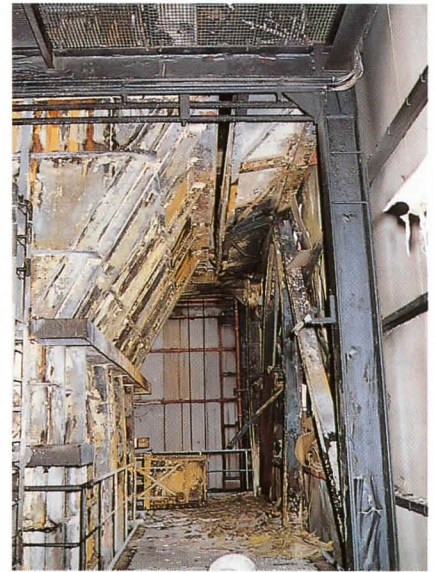


Bild 4

ten Kraftwerke und Müllverbrennungsanlagen mit dieser Verfahrenstechnik ausgerüstet sind.

Auf Grund dieses Naßverfahrens ist das Gefahrenpotential in der eigentlichen Rauchgaswäsche während des Betriebes gering. Dieses kann sich erst während der Montage- sowie während der Stillstands- bzw. Wartungs- und Revisionsphasen entfalten.

Das Gefahrenpotential während dieser Phasen ist gekennzeichnet:

- a) durch eine hohe verfahrens- und anlagenspezifische Brandbelastung, zum Beispiel
  - innengummierter Absorber
  - Absorber aus glasfaserverstärkten Kunststoffen (GFK)
  - innenbeschichteter Reingaskanäle, GFK-Liner
  - Kunststoffeinbauten in REA und Kühlturm
  - gummierte beziehungsweise aus Gummiwerkstoffen bestehende Kompensatoren und Rohrleitungen
  - Füllkörper, auch Rieselkörper genannt, aus Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP)
- b) durch eine erhöhte Brandlast während der Montage sowie späterer Wartungs- und Reparaturmaßnahmen durch zusätzliche Stoffe wie zum Beispiel
  - brennbare Gerüsteinbauten
  - Abdeckfolien
  - Verpackungsmaterialien



- lösemittelhaltige Kleber und Lamine
- Bevorratung von brennbaren Flüssigkeiten und für den Einbau bestimmten brennbaren Materialien in der Anlage

c) durch Zündquellen wie

- Schweiß, Brennschneid- und sonstige Feuerarbeiten
- Heizgeräte, zum Beispiel Heizstrahler
- Beleuchtungskörper
- elektrische Anlagen
- Rauchen.

Dieses Gefahrenpotential, zusammen mit einer kompakten und großvolumigen Bauweise und oft unkontrollierbaren Brandausbreitung sowie hoher Abbrandgeschwindigkeit und intensiver Rauchentwicklung, bietet alle Voraussetzungen für einen Großschaden.

Die Großbrände und die daraus resultierenden Erkenntnisse veranlaßten den Verband der Sachversicherer (VdS) eine „Richtlinie für den Brandschutz in REA“ zu erarbeiten.

Parallel zum VdS hat sich auch die Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber (VGB) dieses Themas angenommen und vor ca. 2 Jahren ein Merkblatt herausgebracht mit dem Titel „Brandschutzmaßnahmen in Rauchgasreinigungsanlagen“. Darüber hinaus wurde 1987 von der Berufsgenossenschaft für Feinmechanik und Elektrotechnik eine Arbeitsschutzrichtlinie mit dem Titel „Sicherheitsregeln für Rauchgasreinigungsanlagen“ veröffentlicht.

Die VdS-Richtlinie betrachtet ausschließlich die Entschwefelungsanlage, während die Richtlinie der VGB und BG sich auf Rauchgasreinigungsanlagen generell beziehen und Peripheranlagen mitberücksichtigen, z. B. die Ammoniaklagerung. Der Arbeitskreis des VdS hielt dieses nicht für erforderlich, da derartige Anlagen durch andere Gesetze und Regelwerke ausreichend abgedeckt werden; z. B. durch die TRD 450-452 „Anlagen zur Lagerung von druckverflüssigtem Ammoniak“.

Die VdS-Richtlinien sind in zwei Hauptabschnitte unterteilt:

Teil „A“ behandelt grundsätzliche Brandschutzanforderungen an REA;

Teil „B“ betrifft zusätzliche Maßnahmen bei der Errichtung und Instandhaltung von REA.

Teil A beinhaltet:

- Bauliche Brandschutzmaßnahmen
- Bauliche und räumliche Trennung zwischen REA und Nachbaranlagen
- Brandabschnittsbildung innerhalb der Anlagen
- Branderkennung und Brandmeldung
- Feuerlöscheinrichtungen für den manuellen Löscheinsatz
- Löschwasserversorgung

- Betriebsfeuerwehr
- Automatische Feuerlöschanlagen
- Löschwasser-Rückhaltesystem
- Rauch- und Wärmeabzugsanlagen
- Blitzschutzanlagen und
- Organisatorische Brandschutzmaßnahmen

Auf die einzelnen Punkte wird hier nicht näher eingegangen. Sie sind naturgemäß im wesentlichen inhaltsgleich mit anderen Richtlinien des VdS, da sie den klassischen Brandschutz betreffen.

Zum Beispiel: Verwendung von ausschließlich nichtbrennbaren Baustoffen für die Gebäudekonstruktion, F 90-Ausführung tragender Bauteile, Trennung der Betriebsräume, Kabelkanäle, Kabelkeller, Läger durch feuerbeständige Wände oder Brandwände. Automatische Brandmeldeanlagen in allen elektrischen Betriebsräumen, Kabelkanälen, Pumpenräumen und in Anlagen der Prozeßleittechnik.

Über das Thema „Bauliche und räumliche Trennung“, die hier ja keine tarifierungstechnische Bedeutung hat, mit Ausnahme für die PML-Schätzung (Properly Maximal Lost), hat der Arbeitskreis lange diskutiert. Folgender Kompromiß wurde erzielt:

Bei einer nachträglichen Installation von REA in vorhandene Kraftwerks- und Müllverbrennungsanlagen ist eine räumliche beziehungsweise bauliche Trennung oft nicht möglich. Dies führt in der Regel zu einem kompakten Anlagenverbund. Bei neu zu errichtenden Anlagen ist anzustreben, zwischen Kraftwerk und der REA eine räumliche oder bauliche Trennung zu schaffen.

Als räumliche Trennung ist in Abhängigkeit des Gefahrenpotentials und der Anlagenhöhe ein Mindestabstand von 20 m zwischen REA und benachbarten Bereichen erforderlich.

Bei Kompaktanlagen ist eine bauliche Trennung zwischen REA und benachbarten Bereichen durch eine Brandwand vorzusehen.

Die Anwendungsbereiche für Sprinkleranlagen sind Lagerräume, Werkstätten, Kompressorenräume, Kabelkanäle, Kabelkeller. Sprühwasserlöschanlagen bieten sich an für Schmierstoff- und Öllager, Bereiche mit Ölhydraulikanlagen, Öl-Transformatoren und Kabelkanäle. CO<sub>2</sub>-Löschanlagen werden für die klassischen Bereiche der elektrischen und elektronischen Einrichtungen empfohlen.

Der überwiegende Teil von Störfällen - und damit auch von Bränden - ist, wenn man in die Erforschung der eigentlichen Ursachen tiefer einsteigt, überwiegend auf menschliches Versagen und Fehlverhalten zurückzuführen. Es wird daher größter Wert auf die organisatorischen Brandschutzmaßnahmen gelegt wie z. B.

- brandschutztechnisch gerechte Lagerung von gefährlichen Stoffen
- Bewachung des Betriebes

- Durchführung von Kontrollgängen und Installation eines Stechuhrensyste
- Einführung von Arbeiterlaubnisscheinen, z. B. schriftliche Schweiß-Erlaubnis
- Kontrolle von Fremdfirmen bei der Ausführung von Reparaturarbeiten und deren Integration in die Sicherheitsorganisation
- Erstellen eines Feuerwehrplanes und eines betrieblichen Alarm- und Gefahrenabwehrplanes
- Einrichtung einer Betriebsfeuerwehr
- Zusammenarbeit mit der öffentlichen Feuerwehr und anderen Hilfsinstitutionen
- Kennzeichnung von Brandschutzeinrichtungen und störfallrelevanten Betriebseinrichtungen
- Regelmäßige Brandschutzschulung des Betriebspersonals.

Der Teil B „Zusätzliche Maßnahmen bei der Errichtung und Instandhaltung von REA“ konzentriert sich im wesentlichen auf den eigentlichen Absorber, da in diesem Zeitraum das größte Gefahrenpotential existiert.

Dieser Teil ist untergliedert in:

- Brandabschottungen
- Branderkennung und -meldung
- manuelle Brandbekämpfung
- Brandbekämpfung durch Nutzung der Anlagentechnik
- Organisatorische Brandschutzmaßnahmen während der Bau- und Revisionsphase

Neben den Brandschutzmaßnahmen für den REA-Betrieb ist es erforderlich, während der Montage und bei allen Stillstandzeiten im Zuge von Revisionen, Instandhaltungsarbeiten usw. weitere Maßnahmen zur Reduzierung der Brandgefahren und einer schnellen Brand- und ungehinderten Rauchausbreitung **innerhalb** der Anlage vorzusehen.

Unter Berücksichtigung der derzeit bestehenden Installationen, der technischen Auslegungen und der Schadenerfahrungen muß der „anlagenbezogene Brandschutz“ aus einer Summe von Einzelmaßnahmen, zum Beispiel Brandabschottungen, Branderkennung und Brandbekämpfungseinrichtungen, bestehen. Eine Voraussetzung hierfür ist die gute Re- und Demontage dieser Brandschutzvorkehrungen.

## Brandabschottungen

Vollwertige, stationär installierte Brandabschottungen im Sinne einer baulichen Brandabschnittsunterteilung (geprüfte und bauaufsichtlich zugelassene Systeme) sind auf Grund der Größe und der Konstruktion der Anlage sowie aus verfahrenstechnischen Gründen für die im Betrieb befindlichen REA in der Regel schwer nachrüstbar.



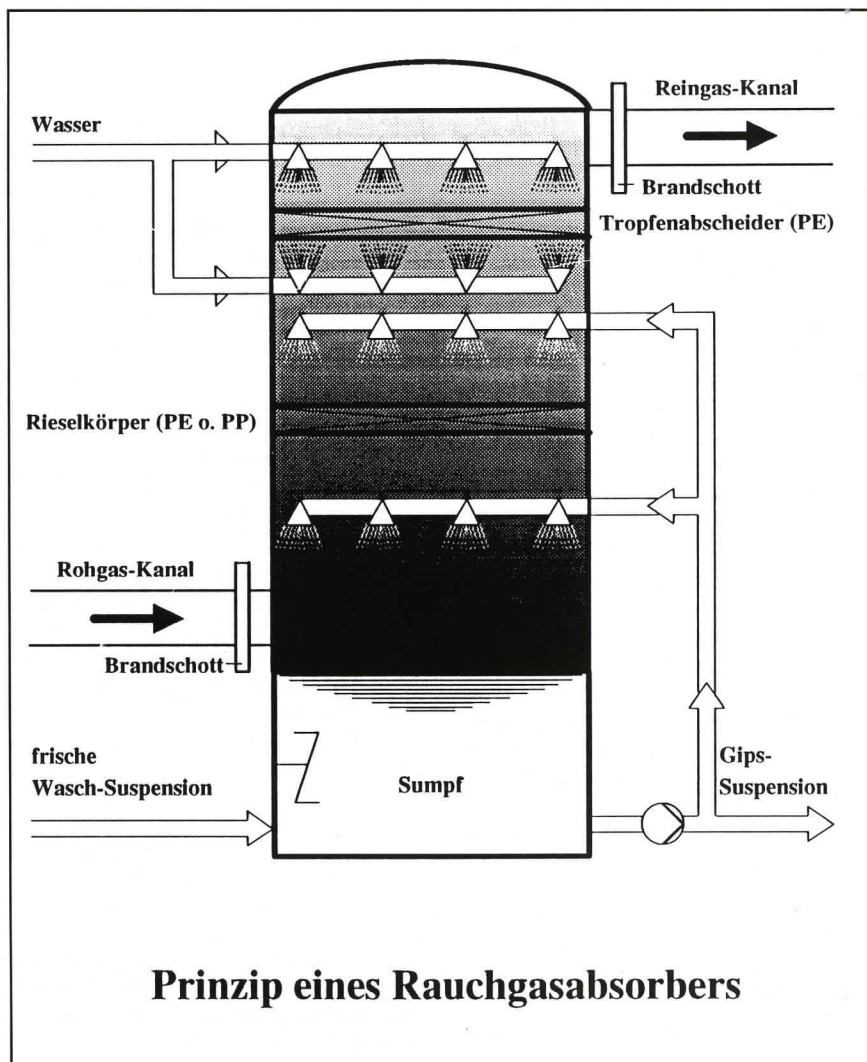
Zumindest für bestehende Anlagen wird es auch zukünftig erforderlich sein, für den Zeitraum der durchzuführenden Revisionen usw. Brandabschottungen zwischen einzelnen Anlagenbereichen einzurichten und vor der Wiederinbetriebnahme der REA zu demontieren. Als Brandschott mit Feuerwiderstandskarakter sind folgende Systeme zu empfehlen:

- Stahlrahmengerüst mit feuerbeständiger Beplankung.
- Stahlplatte mit Berieselungseinrichtung (Wasserbeaufschlagung 15 mm/min, automatische Auslösung mittels Anreger-Rohrnetz).

Für die Installation derartiger Brandschotts sind folgende Einbauorte zu empfehlen:

- Eingang Rohgaskanal/REA am letzten Kompensatorspalt
- Ausgang REA/Reingaskanal am ersten Kompensatorspalt
- Eingang/Übergang Reingaskanal/Naturzugkühlturm oder Kamin. Das Brandschott sollte am Kompensatorspalt Stahlkanal/GFK-Kanal installiert werden.

Neben diesen grundsätzlichen Einbauorten sind in Abhängigkeit der Anlagenkonfiguration, ggf. nachgeschalteter DENOX-Anlage, Filteranlage, Reingassvorwärmer usw. weitere Brandschottinstallation im Zuge von Revisionen vor und nach den jeweiligen Anlagen beziehungsweise Komponenten zu empfehlen.



**Prinzip eines Rauchgasabsorbers**

## Branderkennung

Die zweckmäßige Innenüberwachung von Absorber und Rauchgaskanälen ist von den räumlichen und betrieblichen Gegebenheiten abhängig zu machen (zum Beispiel Klimabereiche, eingezogene Zwischenbühne). Es haben sich Brandmeldeanlagen mit Ionisationsrauchmeldern bewährt. Innerhalb eines Absorbers sind Überwachungsebenen zu bilden, deren Abstandsbemessung sich weitgehend an den Voraussetzungen der Einbauten orientieren sollten. Der vertikale und horizontale Abstand der Melder sollte acht Meter und die maximale Überwachungsfläche 60 m<sup>2</sup> nicht überschreiten.

In gradlinig verlaufenden Kanälen können Melder nach dem Sender-/Empfängerprinzip (Lichtschrankenprinzip) während der Revision und während durchzuführender Reparaturarbeiten installiert werden. Im Gegensatz zum „Punktmelder“ ist das hier als geeignet anzusehende flächen-/raumabdeckende Melderprinzip durch seine für diesen Anwendungszweck einfache Installation und die weitgehende Fehlalarmicherheit zu bevorzugen.

## Brandbekämpfung

Im Sinne eines geeigneten anlagenbezogenen Brandschutzes ist über die Brandabschottung und Brandfrüherkennung hinaus die Installation von Brandbekämpfungseinrichtungen für die Beherrschung eines Entstehungsbrandes, insbesondere im Bereich der beschichteten Rauchgaskanäle und des Absorbers, unabdingbar. Die in der Mehrzahl der Fälle weitgehend beschränkten Brandbekämpfungsmöglichkeiten von außen sind deshalb durch geeignete de-/remontierbare mobile Löscheinrichtungen zu kompensieren, z. B. durch Hydroschilder. Alternativ sind anlagentechnisch bereits vorhandene Sprüh-/Berieselungseinrichtungen für die Brandbekämpfung zu nutzen.

## Manuelle Brandbekämpfung

Dem Baufortschritt entsprechend, müssen in den Treppenräumen Löschwassersteigleitungen mit Entnahmestellen auf jeder Nutzungsebene unmittelbar neben der Treppenraumtür einge-

baut und betriebsbereit gehalten werden.

Vor Beginn von Innengummierungsarbeiten beziehungsweise Beschichtungsarbeiten müssen alle Löscheinrichtungen wie Steigleitungen, Wandhydranten betriebsbereit sein, und Feuerlöcher sind in ausreichender Zahl vorzuhalten.

## Nutzung der Anlagentechnik; Schutz des Absorbers und der Reingaskanäle

Im Hinblick auf Löschmaßnahmen im Absorber ist in Abhängigkeit von der Verfahrenstechnik zu prüfen, welche stationären beziehungsweise halbstationären Löschanlagen einsetzbar sind. Dabei können berücksichtigt werden:

- vorhandene Notbedienungsebenen,
- Sprühabsorptionsebenen oder auch
- Sprüheinrichtungen der Tropfenabscheider.

Es wird empfohlen, im Rahmen von Stillstandzeiten u. a. auch zur Revision und Instandhaltung die Suspensionspumpenanlagen so in Betrieb zu halten, daß die oberste Sprühebene mit Wasser oder Suspension betrieben werden kann.



Des Weiteren ist anzustreben, die Notbedürfnissebenen oder Sprüheinrichtungen der Tropfenabscheider soweit wie möglich in Funktion zu erhalten. Alternativ kann über das Feuerlöschnetz direkt oder über entsprechend installierte C-Kupplungsanschlüsse von der Feuerwehr unmittelbar vor Ort Wasser eingespeist werden.

Die Möglichkeiten der Brandbekämpfung innerhalb der **Reingaskanäle** können sich auf Grund der geometrischen Form und Größe außerordentlich schwierig gestalten. Es sind daher verschiedene Brandbekämpfungsmöglichkeiten zu prüfen und eine geeignete auszuwählen:

- innerhalb der beschichteten Reingaskanäle werden mobile Sprühwasser-Löscheinrichtungen mit Auslösung über Anregerrohrnetz oder über eine Brandmeldeanlage installiert (Löschwasserbeaufschlagung mindestens 10 mm/min);
- alternativ kann bei der Brandbekämpfung Leicht- oder Mittelschaum eingesetzt werden, wozu Schaumlöschgeräte an den Mannlöchern beziehungsweise Revisionsöffnungen bereitzuhalten sind. Hierzu kommen Leichtschaumgeneratoren oder Mittelschaumrohre infrage.

Werden Einzelabschnitte in den Reingaskanälen durch Stahlplatten mit Berieselungseinrichtung untereinander getrennt, so sollte die Wasserbeaufschlagung mindestens 15 mm/min betragen und über eine automatische Auslösung mittels Anregerrohrnetz oder Brandmeldeanlage verfügen.

## Organisation

Eine der wesentlichsten Brandschutzmaßnahmen ist die Sicherheitsorganisation bzw. das Sicherheitsmanagement. Nicht nur in Rauchgasreinigungsanlagen, sondern in allen Industriebranchen bestehen erfahrungsgemäß erhebliche Brandrisiken während der Rohbau- und Instandhaltungsphase. Größere Mengen an brennbaren Verpackungsmaterialien und Bauteilen, Hilfskonstruktionen und Stellagen aus Holz, vermehrter Einsatz von Fremd- und Hilfspersonal ohne Risikokenntnisse, das Aufstellen von Leichtbauten aus Holz, die vermehrte Durchführung von Schweiß- und Trennschleifarbeiten, Hektik und Desorganisation, Termindruck und andere Faktoren erhöhen naturgemäß das Gefahrenpotential.

Rechtzeitig vor Beginn der Bauarbeiten ist daher gemeinsam durch Auftraggeber und Auftragnehmer eine Brandschutzordnung in Verbindung mit der Baustellenordnung aufzustellen, die den ausführenden Firmen auszuhändigen ist und als Vertragsgrundlage dienen sollte. Verstöße gegen die Brandschutz-

vorschriften sind disziplinarisch, z. B. durch Verweis von der Baustelle, zu ahnden.

## Einrichtung der Baustelle

Zu den Vorbereitungsarbeiten zählt bereits das Aufstellen und Einrichten von Bauunterkünften. Behelfsbauten; vor allem solche aus brennbaren Baustoffen, sind in ausreichenden Abständen zu bestehenden Kraftwerks-Bereichen (30 m) und untereinander (20 m) anzuordnen, um im Brandfall einer Brandausbreitung vorzubeugen und für die Feuerwehr genügend Bewegungsflächen sicherzustellen.

Bei Aneinanderreihung von Baracken ist mindestens alle 30 m eine über Dach und über die Seitenwand geführte Brandwand vorzusehen. Auf keinen Fall dürfen fliegende Bauten unterhalb von Rohr-, Bandbrücken und Kabelstraßen aufgestellt werden.

Läger für brennbare Flüssigkeiten und Gase sind ebenfalls in ausreichendem Abstand von bestehenden Kraftwerksbereichen sowie zu den Behelfsbauten einzurichten und als solche zu kennzeichnen. Das gleiche gilt sinngemäß für Bereiche zur Lagerung von brennbaren Einbauteilen.

Die REA-Baustelle ist gegen Zutritt von Unbefugten einzufrieden (zum Beispiel Sicherheitszaun). Der Zugang muß ständig bewacht werden.

Entsprechend einem genau einzuhaltenden Zeitplan ist sicherzustellen, daß vor Beginn von Auskleidungs- und Beschichtungsarbeiten alle Sicherheitsmaßnahmen, die mit Brennschneid-, Trennschleif-, Schweiß- und Lötarbeiten verbunden sind, getroffen wurden. Schweiß- und Brennschneidarbeiten im Bereich von „Nahtstellen“ bedürften besonderer Aufmerksamkeit und Genehmigung durch die Kraftwerksleitung. Grundsätzlich sollte ein schriftliches Freigabeverfahren eingeführt werden.

Die nicht zu den unmittelbaren Arbeitsverfahren zu rechnenden mobilen Brandlasten sind in den Arbeitsbereichen gering zu halten und ggf. zu entfernen. Hierzu zählen Arbeitshilfen wie Gerüste, Verkleidungen, Holz, Textilien und Kunststoffe, ebenso brennbare Hilfsstoffe zur Verklebung und Beschichtung wie Kleber und Lösemittel. Letztere sollten nur bis max. 1/2 Tagesbedarf in den Arbeitsbereichen vorrätig sein. Alle anderen „Vorräte“ sind in sicheren Abständen zur Baustelle (mindestens 20 m) zu lagern. Kleber und Lösemittelgebilde sind in Auffangwanne zu lagern.

Gerüste und Arbeitsbühnen sollten aus nichtbrennbaren Materialien bestehen (Stahl, Aluminium). Brennbarere Schal- und Gerüstbauteile sind nur in

Ausnahmefällen zu dulden. Wird aus Gründen des Witterungsschutzes ein Verkleiden von Arbeitsplätzen oder -bereichen erforderlich, sind hierzu nichtbrennbare Abdeckungen der Baustoffklasse A zu wählen (zum Beispiel Planen aus mineralischen Fasern).

Die einzelnen Gewerke (Fachfirmen) haben sich vor Aufnahme der Arbeiten gemeinsam mit der Bauleitung vom ordnungsgemäßen Zustand ihres Arbeitsbereiches zu überzeugen und die Abgrenzungen zum jeweiligen Nachbargewerk festzustellen. Brandschutztechnische Mängel sind vor Arbeitsaufnahme schriftlich festzuhalten. Die sofortige Mängelbeseitigung ist von der Bauleitung zu veranlassen und zu bestätigen. Ebenfalls schriftlich festzuhalten ist der Umfang der erforderlichen Löschhilfe. Unabhängig von der Eigenverantwortung der jeweiligen Fachfirmen ist von der Bauleitung, im Einvernehmen mit der Betriebs-/Werkfeuerwehr und der zuständigen Brandschutzbehörde, die Mitwirkung der öffentlichen Feuerwehren anzustreben und ein Alarm- und Einsatzplan zu erstellen.

## Gummierungs-, Beschichtungs- und Verklebarbeiten

Folgende Regelungen sind insbesondere bei Gummierungsarbeiten einzuhalten:

- Unter Berücksichtigung beziehungsweise der Voraussetzung eines weitgehend geschlossenen Absorbers während der Gummierungsarbeiten muß als unmittelbare Explosionschutzzone ein Umkreis von 2 Meter um den Behälter herum festgelegt werden.
- Auf allen Ebenen ist die Sicherheitszone auf einen Umkreis von 10 m auszuweiten.
- Die Schutzzone bei Schweißarbeiten sollte mit einem Umkreis von mindestens 30 m angesetzt werden.
- In Behältern und Rohrleitungen muß durch eine ausreichende Lüftung dafür gesorgt werden, daß ein zündfähiges Lösemittel-Luftgemisch nicht erreicht wird.
- Die Be-/Entlüftung muß so ausgelegt sein, daß 50 % der unteren Explosionsgrenze (UEG) nicht überschritten werden. Diese Maßnahme muß durch kontinuierliche Messung mit einem Explosimeter überwacht und von der aufsichtsführenden Person kontrolliert werden.
- Behälter, Apparate oder Gegenstände, die sich elektrostatisch aufladen können, müssen zur Vermeidung zündfähiger Entladungen geerdet werden. Dies ist insbesondere in