

Neuartige bordfeste Löschanlage auf dieselgetriebenen Fahrzeugen im untertägigen deutschen Steinkohlenbergbau

**Dieter Fetting, Wettersteiger und Wettermessgerätesteiger Bergwerk Ost, Hamm,
Udo Cerny, anerkannter Sachverständiger für Brand- und Explosionsschutz der Hauptstelle
für das Grubenrettungswesen der RAG Deutsche Steinkohle AG, Herne, und Matthias Alze,
Wetteringenieur Bergwerk Ost, Hamm**

Die Brandschutzkompaktlösung für Untertagebau- und Tunnelfahrzeuge

- Benötigt **keine Fremdenergie**
- **Einfache** und **schnelle** Montage
- Nahezu **wartungsfrei**
- Auch **zugelassen** für **Explosionsschutz**zonen

**Rapsacker 7
23556 Lübeck
Germany
Tel: +49 451-399 61 0
Fax: +49 451-399 61 20**



Neuartige bordfeste Löschanlage auf dieselgetriebenen Fahrzeugen im untertägigen deutschen Steinkohlenbergbau

Dieter Fetting, Wettersteiger und Wettermessgerätesteiger Bergwerk Ost, Hamm, Udo Cerny, anerkannter Sachverständiger für Brand- und Explosionsschutz der Hauptstelle für das Grubenrettungswesen der RAG Deutsche Steinkohle AG, Herne, und Matthias Alze, Wetteringenieur Bergwerk Ost, Hamm

Im deutschen Steinkohlenbergbau werden auf dieselbetriebenen Fahrzeugen seit den 1970er-Jahren aus brandschutztechnischen Gründen automatisch auslösende, bordfeste Pulverlöschanlagen eingebaut.

Diese Löschanlagen sollen einen Entstehungsbrand mithilfe von Sensoren erkennen und den Brand durch einen automatischen Ausstoß eines Löschmittels mit hoher Rate (HRD = High Rate Discharge) in den möglichst geschlossenen Motorraum beziehungsweise im Bereich der Hydraulik ablöschen. Gleichzeitig wird mit dem Auslösen der Löschanlage der Motor des Fahrzeugs automatisch stillgesetzt.

Aufgrund der bordfesten Löschanlagen werden Dieselfahrzeuge bei Risikobetrachtungen nicht als Brandlast eingestuft.

Nach dem Entwurf der Bestimmungen des Landesoberbergamts NRW aus dem Jahr 1979 über die Zulassung, den Bau und die Prüfung von Feuerlösch-einrichtungen zur Verwendung im Bergbau unter Tage aus dem Jahr 1979 (18.43.3-4-1), gelten folgende Regeln für bordfeste Feuerlösch-einrichtungen mit selbsttätiger Auslösung.

→ Löschwirksamkeit

Die Löschanlagen müssen in der Lage sein, Flüssigkeitsbrände an Hydraulikteilen zu löschen, wenn keine schwerentflammbaren Hydraulikflüssigkeiten in diesem System verwendet werden.

Von der protecfire Brandschutztechnik GmbH wurde eine neuartige Löschanlage entwickelt und nun für den Bergbau unter Tage zugelassen. Interessant ist diese Löschanlage durch ihre Zuverlässigkeit (keine Fehlauflösungen zum Beispiel durch fehlerhafte elektrische Bauteile möglich) und ihre überzeugende Löschwirksamkeit (wesentlich längere Löszeit gegenüber einer Pulverlöschanlage). Für den Betrieb der Löschanlage ist keinerlei Fremdenergie notwendig. Die Stillsetzung des Motors wird durch den Anschluss des Motorstillsetzventils in der Anregerleitung schneller eingeleitet. Auch wirtschaftliche Gesichtspunkte – einfachere Wartung und geringere Kosten gegenüber vergleichbaren Systemen – machen dieses System interessant.

Brennbare Feststoffe und glutbildende Stoffe innerhalb der durch die Löschanlage geschützten Fahrzeigräume müssen ebenfalls erfasst werden.

→ Konzeptionierung

Für jedes Fahrzeug muss die Löschanlage individuell konzipiert werden, das heißt die Anzahl und der Einbauort der Temperatursensoren oder der Löschdüsen müssen im Einzelfall durch einen Sachverständigen festgelegt werden.

→ Schlagwetterschutz

Im Steinkohlenbergbau muss der Schlagwetterschutz gewährleistet sein. Im Nichtsteinkohlenbergbau ist dies in der Regel nicht erforderlich.

→ Bauart

Es sollen möglichst Löscheinrichtungen mit einer hohen Ausstoßrate verwendet werden.

→ Löschmittel

In der Löscheinrichtung muss ein Löschmittel der Brandklassen A und B in einer Menge vorhanden sein, die in der Löschwirkung einer Pulvermenge von mindestens 1,2 kg Löschpulver je m³ freier Raum entspricht (unter freiem Raum wird das Volumen des löschtechnisch erfassten Fahrzeugraums ohne Berücksichtigung der vorhandenen Einbauten verstanden).

Unter Zugrundelegung der projizierten Schattenfläche des zu schützenden Raums muss die Löschmittelmenge mindestens 4 kg/m² betragen.

Die Ausströmzeit des Löschmittels ist in Abhängigkeit von der Bauart und der Löschwirkung festzulegen.

Das Löschmittel darf bei ordnungsgemäßer Verwendung und vorschriftsmäßiger Handhabung der Feuerlösch-einrichtung nicht gesundheitsschädlich sein. Hierüber ist das Zeugnis eines anerkannten Instituts, zum Beispiel des Hygieneinstituts in Gelsenkirchen, nachzuweisen.

Das Löschmittel muss so beschaffen sein, dass weder ein Versagen der Löscheinrichtung bei den betriebsmäßig auftretenden Temperaturen, mindestens aber bei Temperaturen bis 55 °C, noch eine Verminderung der Löscheinleistung infolge chemischer oder physikalischer Veränderung des Löschmittels eintritt.



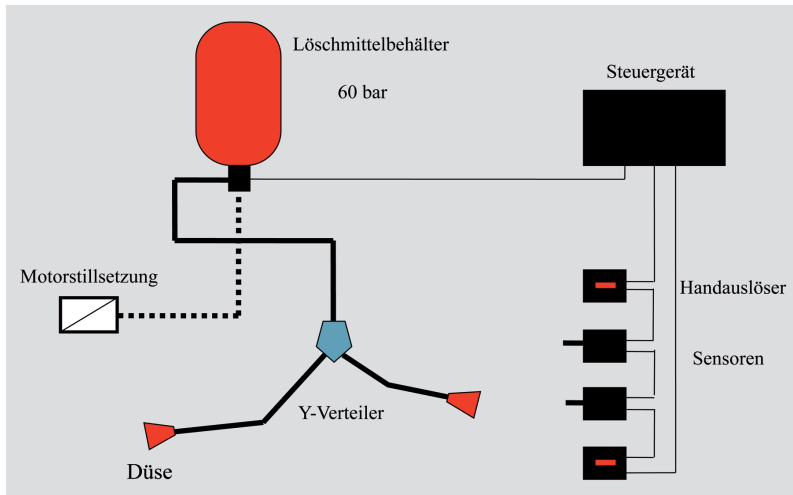


Bild 1. Schematischer Aufbau der HRD-Löschanlage.

- ➔ **Löschanlage**
Über Löschleitungen und Löschdüsen muss das Löschmittel zu folgenden Stellen geführt werden:
 - ➔ An beide Seiten des Motors.
 - ➔ An beide Seiten des Getriebes einschließlich Einfüllstutzen.
 - ➔ In den Bereich der Behälter für Kraftstoff und Hydraulikflüssigkeit.
Es muss gewährleistet sein, dass das Löschmittel gleichmäßig aus sämtlichen Düsen austritt. Die gleichmäßige Verteilung des Löschmittels muss auch ohne Abdeckungsrichtungen des zu schützenden Fahrzeugs gewährleistet sein. Die Löschmitteldüsen müssen aus korrosionsbeständigem Material bestehen. Ihre Austrittsöffnungen müssen gegen Verstauben, Verkleben und Eindringen von Feuchtigkeit geschützt sein.
- ➔ **Auslösesystem**
Die bordfesten Feuerlöscheinrichtungen müssen im Brandfall selbsttätig ausgelöst werden. Zusätzliche von Hand zu betätigende Auslöser müssen vorhanden sein. Werden für die selbsttätige und/oder handbetätigte Auslösung elektrische Anlagen vorgesehen, so dürfen hierzu nur schlagwettergeschützte Betriebsmittel oder eigensichere Anlagen verwendet werden.
Die Funktionsfähigkeit der Auslösesysteme bei bordfesten Feuerlöscheinrichtungen muss auch bei einem Stillstand des Fahrzeugs oder des Antriebsmotors gewährleistet sein. Bei elektrischen, pneumatischen oder hydraulischen Auslösesyste-

men muss die selbsttätige Auslösung nach dem Stillstand des Antriebsmotors bis zum Abkühlen aller Aggregate auf Umgebungstemperatur, mindestens aber bis 12 h nach Stillstand, möglich sein.

Die Ansprechtemperatur der selbsttätigen Auslöser sollte deutlich unterhalb der im Steinkohlenbergbau zulässigen maximalen Oberflächentemperatur von 150 °C liegen.

Anordnung und Anzahl der Auslöseelemente müssen sich nach den baulichen Gegebenheiten des Fahrzeugs richten.

Selbsttätige Auslöseelemente sollen sich im Motorraum, im Bereich von Getriebe und Wandlern sowie im Bereich von Brennstoff- und Hydraulikflüssigkeitstanks befinden.

Bei Auslösung der Feuerlöscheinrichtung muss der Motor selbsttätig stillgesetzt werden.

Ausgangssituation

Bei der bisher ausschließlich eingesetzten HRD-Pulverlöschanlage handelt es sich um eine Anlage mit einer elektrischen Steuerung und Auslösung. Das Bild 1 gibt den schematischen Aufbau wieder.

Die Auslösung dieser Löschanlage erfolgt entweder automatisch über elektrische Temperatursensoren im Motorraum oder manuell über elektrische Betätigungsschalter, die an verschiedenen Positionen am und im Fahrzeug eingebaut sind. Der Motor wird über ein bistabiles Motorstillsetzventil, welches pneumatisch durch den Druck des austretenden Löschmittels betätigt wird, stillgesetzt. Nach einem Auslösen der Löschanlage kann dieses Ventil, und damit der Antriebsmotor, nicht vom Fahrer reaktiviert werden.

Das elektrische Steuergerät enthält einen gepufferten Akkumulator, damit die Löschanlage auch bei abgeschaltetem Motor auslösen kann. Das Löschpulver wird in Druckbehältern mit 60 bar Dauerdruck auf dem Fahrzeug mitgeführt. Die wirksame Löschanlage beträgt etwa 2 s.

Die Wartung der Anlage umfasst unter anderem die regelmäßige Druckbehälterprüfung und das Erneuern des Akkumulators.

Entwicklung der neuartigen Feinsprühlöschanlage

Die protecfire Brandschutztechnik GmbH, Lübeck, hat vor einigen Jahren eine Feinsprühlöschanlage mit flüssigem Löschmittel (nachfolgend nur als „Feinsprühlöschanlage“ bezeichnet) für den Einsatz in geschlossenen Räumen entwickelt. Hierzu gehören unter anderem die Motorenräume verschiedenster hochwertiger Fahrzeuge wie Reisebusse, Autokrane, Schlackentransporter und Yachten sowie Generatorenräume von Windkraftanlagen. Besonders bei Letzteren führen Brände in der Regel zum Totalverlust der Windkraftanlage, da die Feuerwehren die Generatorenräume in großer Höhe nicht erreichen können. Hier bleibt, ohne eine stationäre Löschanlage, dann nur das „kontrollierte Abbrennen“.

Infolge dieser Einsatzmöglichkeiten reifte – auch durch Nachfrage der Kundschaft – bei protecfire die Idee, diese Löschanlage eventuell auch auf dieselbetriebenen Fahrzeugen im Bergbau unter Tage einzusetzen.

Bild 2 . Löschmittelbehälter für 20-l-Löschmittel mit integrierter Druckpatrone.



Aufbau und Wirkungsweise der Feinsprühlöschanlage

Die Feinsprühlöschanlage besteht aus folgenden Komponenten, die alle aus Edelstahl gefertigt werden:

- ➔ Löschmittelbehälter, individuelle Größe nach Anforderung (Bild 2).
- ➔ Nicht rücksetzbares Anzeigeelement für die Löschanlage (Bild 3).
- ➔ Thermo-Pneumatische Auslöseeinheit (nachfolgend Anreger genannt); (Bild 4).
- ➔ Pneumatische Handauslöser (Bild 5).
- ➔ Druckverstärker (Booster) (Bild 6).
- ➔ Löschdüsen (Bild 7).
- ➔ Rohrleitungen für die Auslöseelemente (wahlweise DN4 oder DN6).
- ➔ Rohrleitungen für das Löschmittel (wahlweise DN12 oder DN18).
- ➔ Prüfeinrichtung zur Überprüfung der Dichtigkeit des Anregerrohrsystems.

Branderkennung und Wirkungsweise des Feinsprühlöschsystems

Die Detektion einer Temperaturerhöhung findet durch ein thermisches Auslöseelement (Glasfässchen, ähnlich Sprinkler) mit sehr kurzer Ansprechzeit statt (Bild 8). Durch das zerplatzende Glasfässchen wird im Anreger mittels eines Dorns ein Druckbehälter (21 ml Argon bei 18 MPa) geöffnet. Dies führt zu einem Druckanstieg in der Anregerrohrleitung. Dieser Druckanstieg bewirkt ebenfalls mittels eines Dorns die Auslösung eines Druckbehälters (0,11 kg N₂ bei etwa 200 MPa) innerhalb des Löschmittelbehälters. Für den Einsatz an dieselgetriebenen Fahrzeugen unter Tage wurde eine Auslösetemperatur von 110 °C festgelegt.

Sind in einem Fahrzeug mehrere Anregerleitungen installiert, werden diese mit Rückschlagventilen gegeneinander verriegelt, damit es zu keiner größeren Zeitverzögerung durch einen langsameren Druckanstieg am Anregeranschluss des Löschmittelbehälters kommt.

Muss in einem Fahrzeug eine längere Anregerleitung installiert werden, wird in die Leitung ein Booster, der als Druckverstärker arbeitet, mit eingebaut.

Nach einem Druckanstieg von über 5 MPa im Löschmittelbehälter wird die eingebaute Berstscheibe zerstört und das Löschmittel freigegeben. Dieses strömt nun durch die zweite Rohrleitung (Löschmittelleitung) zu den Löschdüsen und wird freigesetzt.

Als Löschmittel wird ein gebrauchsfertig erhältliches flüssiges Feuerlöschmittel auf Basis organischer oberflächen- und grenzflächenaktiver Tenside und Salze eingesetzt. Hierbei handelt es sich um Mousseal-C, beziehungsweise in seiner frostbeständigen Version Mousseal-CF der Dr.Richard Sthamer GmbH & Co.KG, Hamburg.

Prinzip der Löschwirkung

Das Löschmittel wird als feiner Schaum-Wassernebel versprüht. Die Oberflächen von Feststoffen werden benetzt und imprägniert. Auf den Oberflächen von brennbaren flüssigen Kohlenwasserstoffen bildet sich ein AFFF-Film. Hierdurch wird ein Brand erstickt und die Flächen nachhaltig abgedeckt. Durch den feinen Schaum-Wassernebel wird dem Feuer eine große Ener-

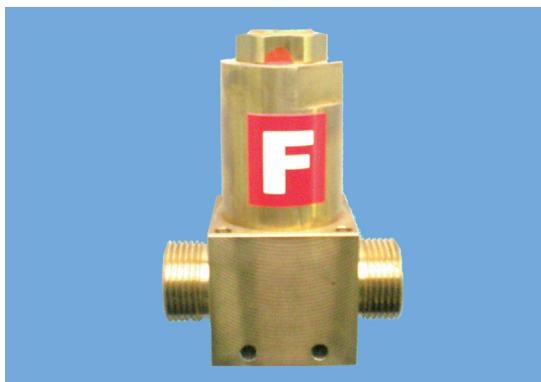


Bild 3. Anzeigeelement.



Bild 4. Anreger.

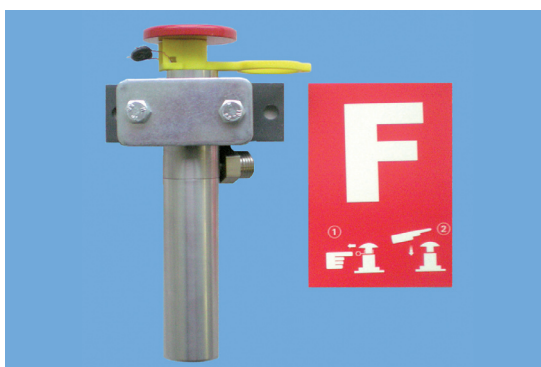


Bild 5. Handauslöser.

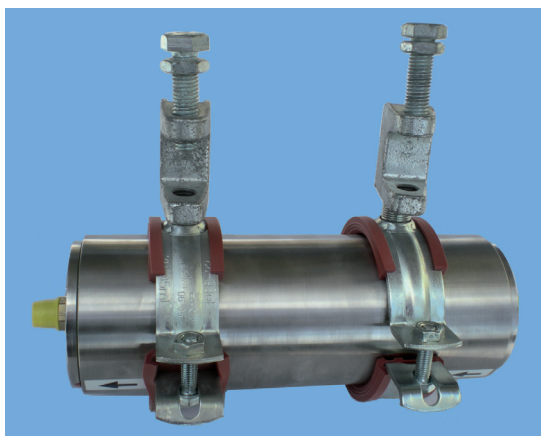


Bild 6. Booster.

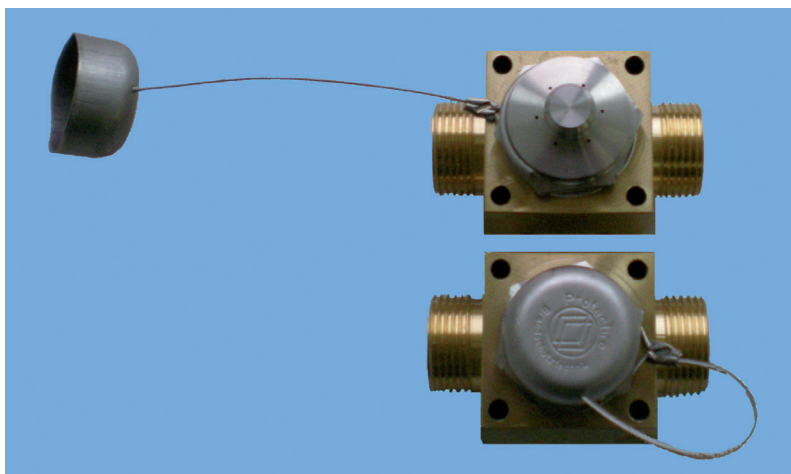


Bild 7. Löschdüse (im Bild oben mit abgenommener Staubschutzkappe).

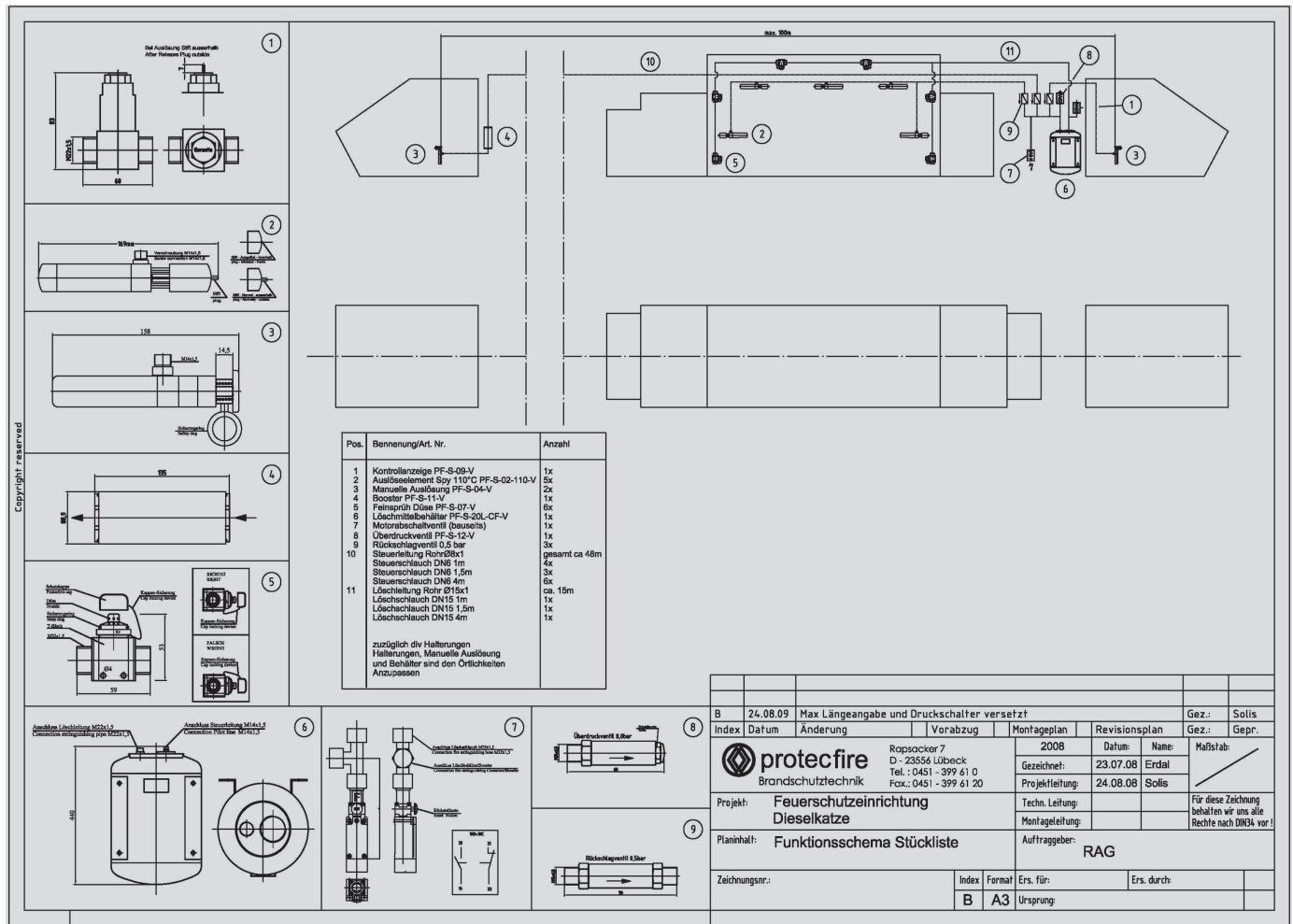


Bild 8. Schematischer Aufbau der Feinsprühlöschanlage.

giemenge entzogen und somit das Temperaturniveau schlagartig gesenkt.

Anforderungen an die Feinsprühlöschanlage bei einem Einsatz im Bergbau unter Tage

Geeignetes Branderkennungs- und Auslösesystem

Als Branderkennungs- und Auslösesystem steht eine Palette von serienmäßig erhältlichen Anregern mit folgenden Ansprechtemperaturen zur Verfügung:

- ➔ 57 °C.
- ➔ 68 °C.

- ➔ 79 °C.
- ➔ 93 °C.
- ➔ 110 °C.
- ➔ 141 °C.
- ➔ 260 °C.

Die Auslösetemperatur sollte, je nach Objekt, etwa 30 °C über der maximal zu erwartenden Betriebstemperatur liegen. Das System hat sich für die Branderkennung bewährt. Es wird hier lediglich gefordert, dass die Löschanlage sicher ausgelöst wird, da hier im Gegensatz zum Sprinkler die Auslösung indirekt erfolgt. Dies war durch entsprechende praktische Versuche nachzuweisen.

Schlagwetterschutz

Die Auslöse- und Löscheinheit der Feinsprühlöschanlage funktioniert bei dieser Löschanlage ohne elektrische Energie.

Die Motorstillsetzeinrichtung wird als auf den Dieselfahrzeugen bereits vorhandenes Betriebsmittel unverändert übernommen und in die Anregerrohrleitung integriert.

Ausstoß des Löschmittels mit hoher Rate

Der Ausstoß des Löschmittels mit hoher Rate ist aufgrund des hohen Drucks der CO₂-Patrone, die sich im Löschmittelbehälter befindet, gewährleistet.

Gesundheitliche Unbedenklichkeit

Das Hygieneinstitut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen, konnte eine gesundheitliche Unbedenklichkeit des Löschmittels bestätigen.

Bild 9. Brand in der Motorraumattrappe.



Räumliche Anordnung

Die Löschdüsen müssen räumlich so angeordnet werden können, dass Motor, Getriebe und Hydraulikwandler durch das Löschmittel erreicht werden. In der Regel kann jedoch davon ausgegangen werden, dass im Motorraum eines dieselgetriebenen Fahrzeugs noch genügend Raum vorhanden ist, um die Anreger und die Löschdüsen mit ihrer Verrohrung in geeigneter Art und Position einzubauen.

Löschwirksamkeit bei der Ablöschung von Flüssigkeits- und Feststoffbränden

Bei den Untersuchungen zur Wirksamkeit bei der Ablöschung von Flüssigkeitsbränden (Diesel und/oder Hydrauliköl) und von Feststoffbränden (Schläuche, Kabel, Kohlenstaubglimmbrände) sind die speziellen untertägigen Bedingungen im Bergbau zu beachten. Dabei geht es im Wesentlichen um den Einfluss der Wetterführung auf die Verteilung des Löschmittels in den teilweise dicht verbauten Motorenräumen und um die besonderen mechanischen Beanspruchungen in der Grube. Eine mögliche Belastung von Personen bei der Auslösung der Löschanlage ist außerdem zu berücksichtigen.

Ablauf des Zulassungsverfahrens

Da Brandversuche mit offener Flamme aus Kostengründen nicht an Originalfahrzeugen durchgeführt werden konnten, mussten die Untersuchungen an einer geeigneten Motorraumattrappe durchgeführt werden.

Die DMT-Fachstelle für Brandschutz, Versuchsgrube Tremonia in Dortmund, wurde deshalb vom Löschanlagenhersteller im Jahr 2006 beauftragt, im Rahmen einer Versuchsreihe die Löschwirksamkeit nachzuweisen (1). Die dazu erforderlichen Brandlöschversuche wurden unter Begleitung des anerkannten Sachverständigen der Hauptstelle für das Grubenrettungswesen (HGRW) in einem Brandstollen mit sehr guten Ergebnissen durchgeführt (Bild 9).

Mit diesem positiven Ergebnis konnte die Feinsprühlöschanlage für den Nichtsteinkohlenbergbau zugelassen und unter der Nummer 144 am 14. Februar 2008 in die Sammelliste für Feuerlöschgeräte und -einrichtungen (BuT) eingetragen werden (2).

Für den Einsatz im Steinkohlenbergbau war allerdings noch die technische Verwendbarkeit unter Tage nachzuweisen. Hierbei musste die Anlage ihre Praxistauglichkeit, mechanische Stabilität und Zuverlässigkeit unter Beweis stellen und Erfahrungen zur Wartung erbringen.

Hierzu wurde auf dem Bergwerk Ost, Hamm, im Jahr 2008 eine entsprechende Löschanlage angeschafft und nach eingehenden Überlegungen auf einer Dieselkatze des Typs R 95 installiert. Dieser Typ wurde ausgesucht, da sie unter schwierigsten Bedingungen zum Einsatz kommt. Die Verwendung auf einem Gleisfahrzeug oder einer Diesellokomotive hingegen, die ebenfalls auf dem Bergwerk Ost im Einsatz sind, findet im Allgemeinen unter weniger rauen Bedingungen statt. Aus diesem Grund hat man sich gegen einen dortigen Einsatz ausgesprochen.

Beim Testeinsatz auf der Dieselkatze konnte erstmalig der neu entwickelte Booster zum Einsatz gebracht werden, der das Drucksignal des Handaus-

lösers der Fernkabine über 70 m Anregerschlauch sicher verstärken sollte. Die ausgewählte Dieselkatze mit der Bergwerksnummer 13 wird fast ausschließlich in den Abbaubegleitstrecken im Baufeld Monopol unter schwierigen Umgebungsbedingungen, oft ununterbrochen über mehrere Wochen, eingesetzt. Die Praxiserprobung fand, über einen Sonderbetriebsplan bei der Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung 6, Bergbau und Energie in NRW beantragt und genehmigt, über sechs Monate unter Begleitung des anerkannten Sachverständigen der HGRW bis Ende Januar 2009 statt. Als zugelassene Löschanlage verblieb die HRD-Pulverlöschanlage auf der Dieselkatze und auch die Motorstillsetzung wäre im Ereignisfall während der Erprobung durch sie aktiviert worden.

Das halbe Testjahr verlief ohne jede Auffälligkeit, zu einem Einsatz der Anlage kam es – zum Glück – nicht. Es konnten dennoch zahlreiche Betriebserfahrungen gesammelt und einige Wartungen durchgeführt werden.

Nach einer abschließenden Endabnahme wurde unter Anwesenheit von Vertretern der Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung 6, Bergbau und Energie in NRW, des Herstellers und der HGRW eine scharfe Auslösung durchgeführt. Die Motorstillsetzeinrichtung war zuvor an die Anregerleitung der Feinsprühlöschanlage angeschlossen worden. Die Handauslösung über die Fernkabine, verstärkt durch den Booster, funktionierte tadellos. Die Motorabschaltung setzte in wenigen Sekunden den Motor still und die Verteilung des Löschmittels bei demontierten Verkleidungsblechen (bei niedriger Wettergeschwindigkeit im Dieselkatzenwartungsraum) war perfekt. Die Löszeit betrug über 60 s.

Nach der Rücksetzung des Motorstillsetzventils durch einen Dieselkatzenschlosser konnte der Motor sofort wieder gestartet werden. Somit konnte der Praxistest unter schwersten Bedingungen unter Tage als voller Erfolg angesehen werden (Bild 10).

Mit der positiven Stellungnahme des anerkannten Sachverständigen der HGRW (3) ist die Eintragung in die Sammelliste für Feuerlöschgeräte und -einrichtungen (BuT) unter der Nummer 145 erfolgt (2). Somit kann der Einsatz der Feinsprühanlage im Steinkohlenbergbau erfolgen.

Bild 10. Löschanlage in Betrieb.



Wartungs- und Unterhaltungsaufwand für die Feinsprühlöschanlage

Alle Details, dazu gehören auch die regelmäßigen unter Tage durchzuführenden Wartungsarbeiten wie zum Beispiel die Überprüfung der Dichtigkeit des Anregerrohrsystems, werden nach einem Wartungshandbuch des Herstellers durch den Betreiber nach den individuellen Erfordernissen festgelegt (4).

Hierzu zählt eine regelmäßige Sichtkontrolle der kompletten Löschanlage nach betrieblicher Notwendigkeit, ein monatlicher Abstand beim Einsatz in der Steinkohle unter Tage ist hier sinnvoll.

Am Wichtigsten ist die Sicherstellung der Dichtigkeit des Anregerrohrsystems. Eine Undichtigkeit kann nur durch eine Dichtigkeitsprüfung mittels einer Prüfapparatur während einer Wartung festgestellt werden. Auch hierfür empfiehlt sich ein monatlicher Abstand beim Einsatz in der Steinkohle unter Tage.

In einem Abstand von fünf Jahren werden alle sicherheitsrelevanten Bauteile wie Handanreger, Boos-

ter und Auslöseelemente sicherheitshalber erneuert. Auch der Löschmittelbehälter wird aus wirtschaftlichen Gründen einfach erneuert. Hier besteht die Gefahr der Überalterung des Löschmittels. Zudem wäre der Behälter gemäß der Druckbehälterverordnung einer wiederkehrenden Prüfung zu unterziehen, da unter Tage die BetrSichV nicht gilt.

Quellennachweis

1. Untersuchungsbericht Petersmann/Fetting: Prüfung der Löschwirksamkeit einer bordfesten Feinsprühlöschanlage auf Fahrzeugen im deutschen Steinkohlenbergbau. DMT-Fachstelle für Brandschutz, vom 31. August 2006 GS-BS.
2. Sammelblatt der Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung 6, www.esb.bezreg-arnsberg.nrw.de Sammelliste für Feuerlöschgeräte und -einrichtungen (BuT).
3. Stellungnahme des anerkannten Sachverständigen Cerny der Hauptstelle für das Grubenrettungswesen vom 6. April 2009.
4. Wartungshandbuch der Firma protecfire Brandschutztechnik GmbH vom 16. Januar 2009