



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 103 284 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
30.05.2001 Patentblatt 2001/22

(51) Int Cl.7: **A62C 3/02**

(21) Anmeldenummer: **00113659.7**

(22) Anmeldetag: **28.06.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

• **Müller, Markus, Dr.**
8050 Zürich (CH)
• **Mägerle, Rudolf**
8708 Männedorf (CH)

(30) Priorität: **24.11.1999 EP 99123398**

(71) Anmelder: **Siemens Building Technologies AG**
8034 Zürich (CH)

(74) Vertreter: **Dittrich, Horst, Dr.**
Siemens Building Technologies AG,
Cerberus Division,
Alte Landstrasse 411
8708 Männedorf (CH)

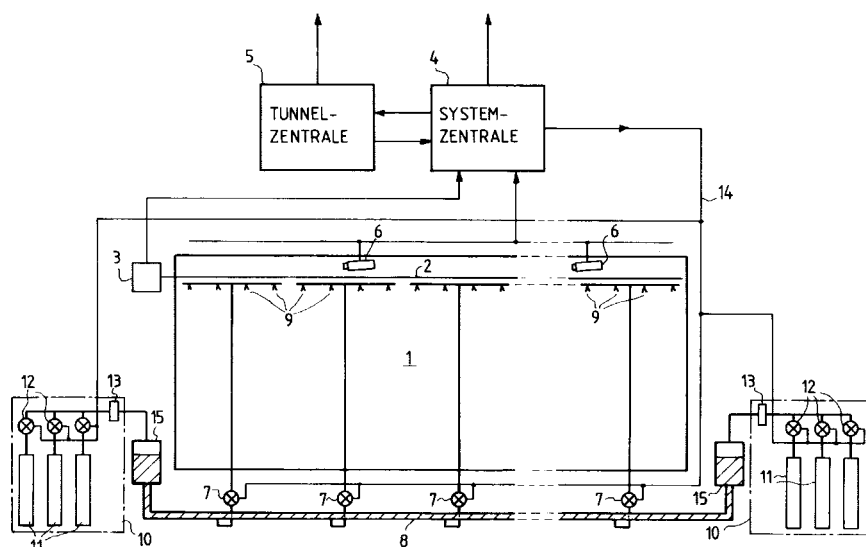
(72) Erfinder:
• **Covelli, Bruno, Dr.**
5034 Suhr (CH)

(54) **Brandbekämpfungssystem für Autotunnels**

(57) Das Brandbekämpfungssystem besteht aus einer stationären Löscheinrichtung, welche durch eine Sprühwasser-Löscheinrichtung (7 - 13) gebildet, und aus einer Detektionseinrichtung (2, 3; 6) für eine ortsgenaue Branddetektion. Die Detektionseinrichtung ist durch ein lineares Wärmemeldesystem (2, 3) mit einem an der Tunneldecke montierten Detektionskabel (2) oder durch ein Video-Rauchdetektionssystem (6) gebildet.

Der zu schützende Tunnel (1) ist in Löschsektoren

mit einer Mindestlänge von 25 bis 30 m unterteilt; bei Ansprechen der Detektionseinrichtung (2, 3; 6) erfolgt eine Aktivierung der Sprühwasser-Löscheinrichtung (7 - 13) in dem betreffenden und in den beiden unmittelbar benachbarten Löschsektoren. Die Sprühwasser-Löscheinrichtung (7 - 13) weist eine Hauptversorgungsleitung (8), an diese über Sektorventile (7) angeschlossene Düsen (9), eine Wasserbevorratung und einen Gasdruckspeicher (10) für ein Treibgas zur Förderung des Wassers zu den Düsen (9) auf.



EP 1 103 284 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Brandbekämpfungssystem für Tunnels mit einer stationären Löscheinrichtung.

[0002] Die zunehmende Anzahl von langen Tunnels, insbesondere Autotunnels erhöht auch das Risiko von Bränden in den Tunnels, die in vielen Fällen zu Katastrophen ausarten können. Die Erfahrung der letzten Jahre zeigt, dass ein Autobrand in einem Tunnel innerhalb weniger Minuten eine so grosse Hitze erzeugen kann, dass das Feuer auf benachbarte Autos überspringt und ein Grossfeuer entsteht. Die dabei erzeugte Hitze und die entstehenden Brandgase wirken auf Personen innerhalb der betroffenen Tunnels extrem gesundheitsgefährdend und oft sogar tödlich. Die Tunnel-Brandkatastrophen des Jahres 1999 haben nicht nur Öffentlichkeit und Behörden aufgeschreckt, sondern haben auch gezeigt, dass derzeit keine Konzepte oder gar Systeme für die Bekämpfung derartiger Katastrophen existieren. Aus diesem Grund werden die Tunnelbetreiber angehalten, bestehende Tunnelanlagen mit einem aktiven Brandschutz nachzurüsten und bei neuen Anlagen solche Systeme einzuplanen, wobei unter aktivem Brandschutz ein mit einer Brandmeldung gekoppeltes Löschsystem verstanden wird.

[0003] Die bisher in einigen wenigen Anwendungsfällen installierte Sprinklertechnik hat sich nicht bewährt. Automatische Sprinkler lösen bei Windgeschwindigkeiten über 2.5 m/s, wie sie schon durch die Tunnelventilation verursacht werden, zu spät und oft auch noch am falschen Ort aus. Bei zu spätem Öffnen der Sprinkler erfolgt aber keine Löschung und es kommt infolge der intensiven Verdampfung von Wasser zu einer Sichtverminderung und zu einer starken Erwärmung der Abluft, was zu Problemen bei der Evakuierung führt. Ausserdem verursachen die grossen Löschwassermengen Lachen von brennbarer Flüssigkeit, welche sich unkontrolliert ausbreiten. Es zeigt sich auch, dass die Sprinklerlöschung wenig Wirkung auf den Brandherd hat, da das Feuer durch die Autokarosserie geschützt ist und im Sprüschatten liegt. Zugleich facht der Wind das Feuer stark an und verweht die Wassertropfen.

[0004] Die neuesten Sicherheitsanalysen über Tunnelbrände fordern daher die folgenden Schutzziele:

- Reduktion der Feuerintensität am Brandort,
- Kühlung der Umgebung des Brandortes,
- Kühlung der Brandgase innerhalb der Löschzone auf unter 50°C,
- Verhinderung des Überspringens des Feuers auf benachbarte Fahrzeuge,
- Auswaschen der Aerosole im Rauch, um eine ausreichende Sichtweite zu garantieren.

[0005] Diese Schutzziele sollen ermöglichen, dass die betroffenen Personen im Brandbereich genügend Zeit und Übersicht haben, um sich in Sicherheit zu bringen,

und dass die Einsatzkräfte (Feuerwehr) ungefährdet zum Brandort vorrücken können.

[0006] Durch die Erfindung soll nun ein Brandbekämpfungssystem für Tunnels, insbesondere Autotunnels angegeben werden, welches die genannten Schutzziele möglichst weitgehend erfüllt.

[0007] Die gestellte Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass die stationäre Löscheinrichtung durch eine lokal aktivierbare Sprühwasser-Löscheinrichtung gebildet, und dass eine Detektionseinrichtung für eine ortsgenaue Branddetektion vorgesehen ist.

[0008] Die ortsgenaue Branddetektion ermöglicht nicht nur eine Detektion sondern auch eine Lokalisierung eines Brandes, wodurch die Sprühwasser-Löscheinrichtung lokal, d.h. am Ort des Brandes aktiviert werden kann. Eine lokal aktivierbare Löscheinrichtung ist die Voraussetzung dafür, dass der Löschmittelverbrauch und damit auch die Löschmittelbevorratung in Grenzen gehalten werden kann, und die Sprühwasser-Löscheinrichtung erzielt eine Löschleistung, die zur Löschung oder zumindest zur Niederhaltung eines Autobrandes ausreicht.

[0009] Das erfindungsgemässe Brandbekämpfungssystem ist so ausgelegt, dass die Detektion des Feuers schnell und ortsgenau erfolgt und das Feuer so lange niedergehalten werden kann, dass ein Eingreifen der Feuerwehr möglich ist. Denn die eingangs genannten Brandkatastrophen haben nicht zuletzt deswegen katastrophale Ausmasse angenommen, weil es für die Feuerwehr wegen der Hitze im Tunnel unmöglich war, auch nur in die Nähe des Brandherds vorzudringen.

[0010] Eine erste bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemässen Brandbekämpfungssystems ist dadurch gekennzeichnet, dass die Detektionseinrichtung durch ein lineares Wärmemeldesystem mit einem an der Tunneldecke montierten Detektionskabel oder durch ein Video-Rauchdetektionssystem gebildet ist.

[0011] Eine zweite bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemässen Brandbekämpfungssystems ist dadurch gekennzeichnet, dass der zu schützende Tunnel in Löschsektoren mit einer Mindestlänge von 25 bis 30 m unterteilt ist.

[0012] Eine dritte bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemässen Brandbekämpfungssystems ist dadurch gekennzeichnet, dass bei Ansprechen der Detektionseinrichtung eine Aktivierung der Sprühwasser-Löscheinrichtung in dem betreffenden und in den beiden unmittelbar benachbarten Löschsektoren erfolgt.

[0013] Eine vierte bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemässen Brandbekämpfungssystems ist dadurch gekennzeichnet, dass die Sprühwasser-Löscheinrichtung eine Hauptversorgungsleitung, an diese über Sektorventile angeschlossene Düsen, eine Wasserbevorratung und einen Gasdruckspeicher für ein Treibgas zur Förderung des Wassers zu den Düsen aufweist.

[0014] Eine fünfte bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemässen Brandbekämpfungssystems ist

dadurch gekennzeichnet, dass die Wasserbevorratung eine Wasseraufnahmekapazität für einen 30minütigen Löschvorgang in den genannten Löschsektoren aufweist.

[0015] Eine sechste bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemässen Brandbekämpfungssystems ist dadurch gekennzeichnet, dass die Wasserbevorratung durch die Hauptversorgungsleitung gebildet ist. Die Hauptversorgungsleitung kann in mehrere parallele Leitungen aufgeteilt sein zwischen denen an mindestens einer Stelle eine hydraulische Verbindung besteht.

[0016] Eine weitere bevorzugte Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, dass an beiden Enden der Hauptversorgungsleitung je ein Gasdruckspeicher vorgesehen ist, und dass die beiden Gasdruckspeicher wahlweise einsetzbar sind.

[0017] Im folgenden wird die Erfindung anhand eines in der einzigen Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert; die Zeichnung zeigt eine schematische Gesamtdarstellung eines Tunnels 1, der mit einem Brandbekämpfungssystem ausgerüstet ist, welches aus einer Branddetektionseinrichtung und einer Löscheinrichtung besteht. Die Branddetektionseinrichtung ist ein lineares Wärmemeldesystem des Typs FibroLaser (FibroLaser - eingetragenes Warenzeichen der Siemens Building Technologies AG, Cerberus Division, früher Cerberus AG), welches im wesentlichen aus einem an der Decke des Tunnels 1 montierten Glasfaserkabel 2 und einem eine Laser-Lichtquelle und einen opto-elektronischen Empfänger enthaltenden Messgerät 3 besteht.

[0018] Das vom Laser erzeugte Licht wird in das Glasfaserkabel 2 eingekoppelt und in dessen Längsrichtung geführt. Dichteschwankungen des Quarzglases bewirken eine kontinuierliche Streuung (Rayleigh-Streuung), die wiederum eine Dämpfung des Laserlichts bewirkt. Zusätzlich tritt durch thermische Gitterschwingungen des Glasmaterials eine weitere Lichtstreuung, die sogenannte Raman-Streuung, auf.

[0019] Ein Bruchteil des Streulichts fällt in den Aperturwinkel des Wellenleiters und breitet sich sowohl in Vorwärts- als auch in Rückwärtsrichtung aus. Das Streulicht lässt sich mit einem Fotodetektor nachweisen; durch die Auswertung der Intensität der Streuung kann die lokale Glasfasertemperatur bestimmt werden. Die örtliche Auflösung des Temperaturverlaufs entlang des Glasfaserkabels 2 erfolgt durch Dämpfungsmessung des Wellenleiterlichts. Die Grösse des Feuers ist eine Funktion der erwärmten Kabelstrecke: Eine kurze, erwärmte Strecke entspricht einem kleinen und eine lange, erwärmte Strecke entspricht einem grossen Feuer.

[0020] Im Messgerät 3 wird das Signal des optoelektronischen Empfängers verarbeitet und ausgewertet. Die Auswerteeinheit 3 ist an eine Systemzentrale 4 angeschlossen, in welcher die zentrale Steuerung des Brandbekämpfungssystems erfolgt. Die Systemzentra-

le 4, welche selbstverständlich nicht eine bauliche Einheit bilden muss, ist sowohl mit der Branddetektionseinrichtung als auch mit der Löscheinrichtung verbunden. Ausserdem besteht von der Systemzentrale 4 eine Verbindung zu einer Tunnelzentrale 5, in welcher sämtliche Steuerungen und Überwachungen des Tunnels 1 zusammenlaufen und die erforderlichen Anzeigen erfolgen sowie die notwendigen Aktionen ausgelöst werden. Derartige Aktionen sind beispielsweise Verkehrsregelung, Steuerung des Lüftungssystems, Steuerung der Notbeleuchtung, Steuerung eines Evakuationsystems und Information der Personen im Tunnel über akustische und/oder optische Mittel, wie beispielsweise Leuchttafeln beziehungsweise Lautsprecher. Die Tunnelzentrale 5 verfügt auch über eine Verbindung zu den Einsatzkräften, um diese im Einsatzfall alarmieren zu können. Von der Systemzentrale 4 besteht ebenfalls eine Verbindung zur Feuerwehr für eine automatische Alarmierung im Brandfall.

[0021] Alternativ kann die Branddetektionseinrichtung durch ein Video-Rauchdetektionssystem gebildet sein, welches eine Anzahl von Videokameras 6 aufweist, von denen in der Zeichnung nur eine dargestellt ist. Derartige Videokameras, wie sie in den meisten Tunnels zur Verkehrsüberwachung installiert sind, können mit einem geeigneten Prozessor und einer geeigneten Signalverarbeitung so modifiziert werden, dass eine automatische Rauchdetektion anhand des Videobildes möglich ist. Geeignete Systeme sind beispielsweise in der US-A-5 237 307 und in der WO 00/23858 beschrieben, auf deren Offenbarung hiermit ausdrücklich Bezug genommen wird. Die Videokameras 6 sind ebenfalls mit der Systemzentrale 4 verbunden. Das Video-Rauchdetektionssystem löst, ebenso wie das lineare Wärmemeldesystem 2, bei einem Brand einen Alarm aus. Dieser Alarm wird vom Operateur in der Tunnelzentrale 5 verifiziert, was anhand der Bilder der Videokameras 6 einfach möglich ist, und dann wird die Löschung ausgelöst. Es ist auch möglich, nach einer gewissen Verzögerung von beispielsweise 90 bis 120 Sekunden nach dem Ansprechen des Branddetektionssystems eine automatische Löschung auszulösen, wenn während dieser Verzögerung keine Reaktion in der Tunnelzentrale 5 erfolgt ist.

[0022] Die Löscheinrichtung ist eine sogenannte Sprühwasser- oder Water-Spray-Löscheinrichtung mit über als Sektorventile 7 bezeichnete Öffnungsarmaturen an eine Hauptversorgungsleitung 8 angeschlossenen Düsen 9 zum Versprühen eines Nebels aus feinen Wassertropfen. Die Sektorventile 7 sind über eine an die Systemzentrale 4 angeschlossene Steuerleitung 14 individuell betätigbar. Die Hauptversorgungsleitung 8 ist an eine Wasserbevorratung, beispielsweise einen Wassertank, angeschlossen. Als Treibmittel zur Förderung des Wassers zu den Düsen 9 dient ein Gasdruckspeicher 10, welcher aus einer Anzahl von Gas-Hochdruckflaschen 11 besteht, in denen beispielsweise Stickstoff oder Luft unter einem Druck von 200 bar gelagert ist. Es

können aber auch grosse Gastanks bei niedrigeren Drücken eingesetzt werden. Die Gas-Hochdruckflaschen 11 sind über Ventile 12 an eine zur Wasser-Bevorratungseinrichtung führende Druckleitung angeschlossen. Diese Druckleitung enthält eine Drossel 13, durch welche der Förderdruck in der Druckleitung und damit auch in der Hauptversorgungsleitung 8 auf einen optimalen Düsendruck gedrosselt wird. Eine derartige Water-Spray-Löscheinrichtung ist in der europäischen Patentanmeldung Nr. 00 97 647.7 beschrieben, auf deren Offenbarung hiermit ausdrücklich Bezug genommen wird. Die Sektorventile 7 und die Ventile 12 sind ebenfalls über die Steuerleitung 14 betätigbar.

[0023] Bei langen Tunnels können die geforderten Schutzziele nur dann realisiert werden, wenn jede Tunnelröhre in so genannte Löschzonen unterteilt wird, in denen eine lokale Löschung ausgelöst werden kann. Denn ohne solche Löschzonen müssten gleichzeitig lange Tunnelabschnitte mit Wasser versorgt werden, was den Wasserverbrauch zu stark in die Höhe treiben würde. Ausgedehnte Versuche haben gezeigt, dass die am besten geeignete Länge einer solchen Löschzone bei etwa 30 m liegt. Bei der Löschung werden immer drei Löschzonen mit Wasser versorgt, und zwar der Alarmbereich und die beiden vorne und hinten unmittelbar anschliessenden Löschzonen.

[0024] Bei Tunnels einer Länge von über 2 km wird der gesamte Wasservorrat in der Hauptversorgungsleitung 8 gespeichert, welche mit chemisch vorbehandeltem Wasser (Zugabe von benetzenden Wasseradditiven AFFF) gefüllt und als Speicher in Bereitschaft gehalten wird. Zwischen der Hauptversorgungsleitung 8 und der Drossel 13 ist ein Ausgleichsgefäß 15 mit einem Volumen von etwa 2 m³ angeordnet. Der Durchmesser der Hauptversorgungsleitung 8 beträgt vorzugsweise etwa 300 bis 400 mm, so dass pro Kilometer rund 100 m³ Wasser gespeichert werden können. Der Gasvorrat im Gasdruckspeicher 10 ist so ausgelegt, dass in den drei aktivierten Löschzonen die erforderliche Wassermenge während 30 Minuten zur Verfügung steht. Diese Anordnung hat den Vorteil, dass zu Beginn der Flutung ein höherer Düsendruck zur Verfügung steht als nach etwa 5 Minuten. Dadurch wird ein Feuer am Anfang mit mehr Wasser bekämpft als während der Haltephase bis zum Eintreffen der Einsatzkräfte. Der Düsendruck zu Beginn der Flutung beträgt beispielsweise 9 bar und der Haltedruck etwa 5 bar. In den drei aktivierten Löschzonen werden immer alle Düsen 9 gleichzeitig mit Wasser versorgt.

[0025] Damit während der Flutung das einströmende Gas das in der Hauptversorgungsleitung 8 im Bereich der geöffneten Ventile 7 vorhandene Wasser nicht verdrängt, sind die Anschlüsse der Ventile 7 am Boden der Hauptversorgungsleitung 8 angebracht. Diese Anordnung garantiert, dass immer Wasser und nicht etwa Gas zu den Düsen 9 gepresst wird. Als zusätzliche Sicherheit empfiehlt es sich, an beiden Enden der Hauptversorgungsleitung 8 je einen Gasdruckspeicher 10 aufzu-

bauen, welcher unabhängig von dem anderen die Flutung durchführen kann. Der zweite Gasdruckspeicher könnte im Fall von zu spätem Eingreifen der Einsatzkräfte eingesetzt werden. Bei einer Löschung ist es vorteilhaft, immer den von den aktivierten Löschzonen weiter entfernten Gasdruckspeicher 10 zu starten.

[0026] Die Hauptversorgungsleitung 8 kann auf mehrere parallele Rohre mit kleinerem Durchmesser aufgeteilt werden. Diese müssen im Verlauf des Tunnels an einer oder mehreren Stellen miteinander hydraulisch verbunden sein. Durch diese hydraulischen Verbindungen kann ein Trockenlaufen der Leitung im Bereich der aktivierten Löschzonen verhindert werden. Die Aufteilung der Hauptversorgungsleitung 8 in mehrere parallele Leitungen empfiehlt sich insbesondere bei Tunnels mit Gefälle.

[0027] Selbstverständlich kann anstatt einer Sprühwassereinrichtung auch eine Sprinklereinrichtung, eventuell mit zusätzlichen Feinsprühdüsen, verwendet werden. Sprühwassereinrichtungen besitzen aber gegenüber Sprinklereinrichtungen eine Reihe von Vorteilen, die sie besonders für die Verwendung in Autotunnels geeigneter erscheinen lassen. Diese Vorteile bestehen hauptsächlich in der hohen Löschleistung, in der Wirkung des Löschwassers auf den Brandherd, und darin, dass die Sprühwassereinrichtung am richtigen Ort auslöst, wobei die abströmenden Brandgase mindestens über die Länge einer Schutzzone intensiv ausgewaschen und gekühlt werden,

Patentansprüche

1. Brandbekämpfungssystem für Tunnels mit einer stationären Löscheinrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass die stationäre Löscheinrichtung durch eine lokal aktivierbare Sprühwasser-Löscheinrichtung (7 - 13) gebildet, und dass eine Detektionseinrichtung (2, 3; 6) für eine ortsgenaue Branddetektion vorgesehen ist.
2. Brandbekämpfungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Detektionseinrichtung durch ein lineares Wärmemeldesystem (2, 3) mit einem an der Tunneldecke montierten Detektionskabel (2) oder durch ein Video-Rauchdetektionssystem (6) gebildet ist.
3. Brandbekämpfungssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der zu schützende Tunnel (1) in Löschsektoren mit einer Mindestlänge von 25 bis 30 m unterteilt ist.
4. Brandbekämpfungssystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass bei Ansprechen der Detektionseinrichtung (2, 3; 6) eine Aktivierung der Sprühwasser-Löscheinrichtung (7 - 13) in dem betreffenden und in den beiden unmittelbar benach-

barten Löschsektoren erfolgt.

5. Brandbekämpfungssystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Sprühwasser-Löscheinrichtung (7 - 13) eine Hauptversorgungsleitung (8), an diese über Sektorventile (7) angeschlossene Düsen (9), eine Wasserbevorratung und einen Gasdruckspeicher (10) für ein Treibgas zur Förderung des Wassers zu den Düsen (9) aufweist. 5
10
6. Brandbekämpfungssystem nach den Ansprüchen 4 und 5, dadurch gekennzeichnet dass die Wasserbevorratung eine Wasseraufnahmekapazität für einen 30minütigen Löschvorgang in den genannten Löschsektoren aufweist. 15
7. Brandbekämpfungssystem nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Wasserbevorratung durch die Hauptversorgungsleitung (8) gebildet ist. 20
8. Brandbekämpfungssystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Hauptversorgungsleitung (8) in mehrerer parallele Leitungen aufgeteilt ist, zwischen denen an mindestens einer Stelle eine hydraulische Verbindung besteht. 25
9. Brandbekämpfungssystem nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Anschlüsse der Ventile (7) zu den Düsen (9) am Boden der Hauptversorgungsleitung (8) angebracht sind. 30
10. Brandbekämpfungssystem nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass an beiden Enden der Hauptversorgungsleitung (8) je ein Gasdruckspeicher (10) vorgesehen ist, und dass die beiden Gasdruckspeicher (10) wahlweise einsetzbar sind. 35
40
11. Brandbekämpfungssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Sprühwasser-Löscheinrichtung (7 - 13) so ausgelegt ist, dass zu Beginn eines Löschvorgangs ein höherer Düsendruck zur Verfügung steht als nach Ablauf einer Zeitspanne von etwa 5 bis 10 Minuten. 45
12. Brandbekämpfungssystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Düsendruck zu Beginn eines Löschvorgangs etwa doppelt so hoch ist nach Ablauf der genannten Zeitspanne. 50

55

