



(10) **DE 10 2009 057 441 A1** 2011.06.16

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 057 441.7**

(22) Anmeldetag: **09.12.2009**

(43) Offenlegungstag: **16.06.2011**

(51) Int Cl.: **A62D 1/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Sachverständigen-gesellschaft Dr. Portz mbH,  
70736 Fellbach, DE**

(74) Vertreter:

**Mammel & Maser, 71065 Sindelfingen**

(72) Erfinder:

**Portz, Henry, Dr., 70736 Fellbach, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

<b>DE</b>	<b>11 90 796</b>	<b>B</b>
<b>DD</b>	<b>2 95 554</b>	<b>A5</b>
<b>GB</b>	<b>5 18 717</b>	<b>A</b>
<b>US</b>	<b>23 46 627</b>	<b>A</b>
<b>JP</b>	<b>10-3 14 335</b>	<b>A</b>

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Mittel zum Löschen und Inertisieren von anorganischen Brandstoffen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft Mittel zum Löschen und Inertisieren von anorganischen Brandstoffen BS, das ein Löschmittel LM und einen Zusatz Z aus der Gruppe der Kohlenwasserstoffe und der sauerstoffhaltigen Kohlenwasserstoffverbindungen umfasst, wobei der Sauerstoffindex des Zusatzes  $OI_Z$  größer als der Sauerstoffindex des anorganischen Brandstoffes  $OI_{BS}$  ist und das Verhältnis  $\alpha$  aus Konzentration des Löschmittels  $c_{LM}$  zur Konzentration des Zusatzes  $c_Z$  größer als die totale Inertisierung  $I_{tot}$  ist.

### Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft Mittel zum Löschen und Inertisieren von anorganischen Brandstoffen.

**[0002]** Die Herstellung, Verarbeitung und Lagerung anorganischer Brandstoffe sowie anderweitiger Umgang, wie z. B. der Transport dieser Stoffe ist mit teilweise hoher Gefährdung verbunden. Eine Reihe von Verbindungen sind zumindest, wenn sie in größerer Ausdehnung brennen, nicht oder nur sehr schwer löschar. Aus diesem Grunde wurde versucht, neue Löschmittel zur Löschung von anorganischen Brandstoffen bereitzustellen.

**[0003]** In der SU 10 97 348 ist ein Feuerlöschmittel insbesondere für Chlorsilane beschrieben, bei dem Wasser 6 bis 15% Ethyl- oder Methylsilikonatnatrium zugesetzt wurde. Dieses Löschmittel ist jedoch nicht zum Löschen aller Chlorsilane geeignet, da es beispielsweise bei Wasserstoff enthaltenden Chlorsilanen keine ausreichende Löschwirkung zeigt.

**[0004]** Weiterhin ist aus der SU 149 982 bekannt, dem Löschmittel zur Erhöhung der Feuerlöschaktivität bei der Löschung von Hydrogenchlorsilanen 40 bis 60% polymeres Phenylsilanolisiloxan zuzusetzen.

**[0005]** Dieses Löschmittel wirkt vorrangig durch die Bildung einer Deckschicht. Bekanntlich besitzen nur geschlossene Deckschichten eine ausreichende Löschwirkung. Sobald das Feuer an einer Stelle die Deckschicht durchbricht, ist auch die Schutzwirkung der übrigen Deckschicht aufgehoben. Für gasförmige Brandstoffe sind Deckschichten außerdem nicht geeignet.

**[0006]** Generell besteht ein weiteres Problem darin, dass Chlorsilane als schwer löschar Substanzen für die herkömmlichen Löschmittel eine sehr hohe Löschkonzentration und eine große Löschmittelmenge erfordern. Die aus der Literatur bekannten Löschkonzentrationen sind mit diesen Löschmitteln außerhalb geschlossener Behälter nicht erreichbar. Dies bedeutet, dass diese Löschmittel außerhalb geschlossener Behälter unwirksam sind.

**[0007]** Zur Löschung von chlorhaltigen Siliziumorganoverbindungen wurde ein Löschmittelgemisch entwickelt, das aus 97% Siliziumtetrachlorid und 0,1 bis 3% Hexachlordisilan besteht und in der SU 12 04 218 beschrieben ist. Auch für diese Mittel gilt das bereits bei den vorherigen Löschmitteln genannte Problem, dass hohe Löschmittelmengen im Verhältnis zur Menge des brennbaren Stoffes erforderlich sind. In diesem Fall wurde zudem trotz des verwendeten verhältnismäßig kleinen Gefäßes mit einem Durchmesser von 200 mm immer noch eine Löscharzeit von 7 s benötigt.

**[0008]** Nachteilig ist an allen vorgenannten Mitteln die enorm große erforderliche Menge an Löschmittel, die den Löscharprozess letztendlich so unökonomisch macht, dass er technisch nicht mehr realisierbar ist.

**[0009]** Ferner wurde versucht, die Löschar-effektivität von Kohlendioxid durch Zugabe von Halonen zu erhöhen. So wird in der DD 205 336 A1 ein Feuerlöschmittel verwendet, das aus Kohlendioxid und einem Halon besteht. Dieses Mittel ist aufgrund der Verwendung von Halonen verhältnismäßig teuer. Es kommt vor allem beim Löschen von normal löschar Substanzen und an räumlich begrenzten Brandherden zum Einsatz. Zum Löschen der schwer löscharen, nicht selbstentzündlichen Chlorsilane ist eine hohe Löschkonzentration erforderlich, so dass der Einsatz dieses Mittels unökonomisch wäre. Hinzu kommt, dass die zum Löschen dieser Stoffe erforderliche Löschkonzentration außerhalb geschlossener Behälter mit diesem Löschmittel nicht erreicht werden kann. Das bedeutet, dass dieses Mittel zum Löschen beispielsweise von nicht selbstentzündlichen Chlorsilanen außerhalb geschlossener Behälter ungeeignet ist.

**[0010]** Aus der DE 40 14 645 A1 ist ein Löschar- und Inertisierungsmittel zum Löschen von nicht selbstentzündlichen Chlorsilanen bekannt, das neben einem Inertgas als zweite Komponente niedere Alkane umfasst. Diese Mittel bewirken einen zusätzlichen Löschar-effekt bei der Löschung von Trichlorsilan. Der zusätzliche Löschar-effekt wird auf die unterschiedlichen Siedetemperaturen der Bestandteile des Löschmittels und des Trichlorsilans zurückgeführt. So soll der Siedepunkt des Zusatzstoffes zwischen dem Siedepunkt des Brandstoffes und dem Siedepunkt des Löschmittels liegen.

**[0011]** Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein kostengünstiges Mittel zum Löschen und Inertisieren von anorganischen Brandstoffen bereitzustellen, das auch bei sparsamem Einsatz wirkungsvoll ist und auch außerhalb geschlossener Behälter eingesetzt werden kann.

**[0012]** Diese Aufgabe wird durch ein Mittel gelöst, das ein Löschmittel und einen Zusatz aus der Gruppe der Kohlenwasserstoffe und der sauerstoffhaltigen Kohlenwasserstoffverbindungen umfasst, wobei der Sauerstoffindex des Zusatzes  $OI_Z$  größer als der Sauerstoffindex des anorganischen Brandstoffes  $OI_{BS}$  ist und das Verhältnis  $\alpha$  aus Konzentration des Löschmittels  $c_{LM}$  zur Konzentration des Zusatzes  $c_Z$  größer als die totale Inertisierung  $I_{tot}$  ist.

**[0013]** Überraschenderweise zeigte sich, dass die genannten Zusätze, die ja selbst organische Brandstoffe darstellen, die Löscheffektivität beim Löschen von anorganischen Brandstoffen unter bestimmten Bedingungen wesentlich erhöhen. Es wird vermutet, dass die Verbesserung der Löscheffektivität von der Veränderung des Verbrennungsmechanismus durch die Zusätze herrührt.

**[0014]** Das erfindungsgemäße Mittel wirkt zunächst in bekannter Weise, indem es die Konzentration der reagierenden Stoffe, also der brennbaren Stoffe und des Sauerstoffs, in der Flamme senkt.

**[0015]** Durch den Zusatz von Kohlenwasserstoffen bzw. sauerstoffhaltigen Kohlenwasserstoffverbindungen wird nun der Sauerstoffindex  $OI$  erstaunlicherweise so weit erhöht, dass bereits mit verhältnismäßig geringen Mengen an Löschmitteln anorganische Brandstoffe in kurzer Zeit gelöscht werden können. Dadurch ist ein sparsamer Einsatz des erfindungsgemäßen Mittels möglich.

**[0016]** Als Löschmittel können Inertgase, Wasser, insbesondere in Form von Nebel oder Dampf, Löschpulver, Halone, Halogenketone oder ein Gemisch der vorgenannten Löschmittel eingesetzt werden.

**[0017]** Als Inertgas haben sich insbesondere Stickstoff, Kohlendioxid, Argon, Helium und  $SF_6$  bewährt. Als Halone kann beispielsweise der umweltfreundliche nicht ozonschädigende Halogenkohlenwasserstoff Heptafluorpropan und als Halogenketon kann beispielsweise  $CF_3-CF_2-C(O)-CF(CF_3)_2$  eingesetzt werden.

**[0018]** Als Löschpulver eignen sich zum einen die so genannten ABC-Pulver (z. B. Pulver auf Ammoniumphosphat- oder Ammoniumsulfatbasis) und BC-Pulver (z. B. Pulver auf Natriumbicarbonatbasis), andererseits kann als Löschpulver auch Metallbrandpulver (z. B. Pulver auf  $NaCl$ -Basis) eingesetzt werden.

**[0019]** Unter der Bezeichnung „Löschmittel“ werden im Rahmen der vorliegenden Erfindung die herkömmlichen Löschmittel verstanden, die üblicherweise zum Löschen eingesetzt werden.

**[0020]** Mit „Mittel“ oder „Mittel zum Löschen und Inertisieren“ wird nachfolgend das gesamte zum Löschen (und Inertisieren) eingesetzte Mittel verstanden, das aus dem „herkömmlichen“ Löschmittel und dem erfindungsgemäßen Zusatz besteht.

**[0021]** Als Zusätze sind Kohlenwasserstoffe wie Alkane, Alkene, Alkine, aromatische Kohlenwasserstoffverbindungen oder sauerstoffhaltige Kohlenwasserstoffe wie Alkanole, Ether, Ketone, Aldehyde, Ester, Carbonsäuren oder deren Gemische geeignet.

**[0022]** Insbesondere werden als Zusätze Methan, Ethan, Propan, Cyclopropan, n-Butan, iso-Butan, Cyclobutan, n-Pentan, iso-Pentan, n-Hexan, iso-Hexan, Benzin, Diesel, Bitumen, Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol, kondensierte Aromaten, Polyethylen, Polypropylen, Ethen, Propen, Buten, Butadien, Penten, Methanol, Ethanol, Propanol, iso-Propanol, Butanol, tert.-Butanol, Pentanol, Hexanol, Heptanol oder höhere Alkanole, Phenol, Methyl-tert. Butylether, Aceton, Butanon, Pentanon oder Hexanon, Benzophenon, verwendet.

**[0023]** Ebenfalls können Alkancarbonsäuren, insbesondere Alkancarbonsäuren mit mehr als 3 Kohlenstoffatomen und Fettsäuren, sowie aromatische Carbonsäuren, weiterhin Carbonsäureester wie beispielsweise Propionsäure-, Buttersäure oder längerkettige Alkancarbonsäureester wie Fettsäureester als Zusätze eingesetzt werden, wobei der Alkoholrest des Esters aus einem linearen oder verzweigten Alkanol, beispielsweise einem der vorgenannten Alkohole, gebildet sein kann.

**[0024]** Die erfindungsgemäßen Zusätze können dem Löschmittel auch in Form von Emulsionen oder gelöst zugegeben werden.

**[0025]** Der Anteil des Zusatzes in dem Mittel hängt von der Art und dem Aggregatzustand des Zusatzes, dem Löschmittel und dem Brandstoff ab und liegt im Allgemeinen über 0,1%. Für gasförmige oder flüssige Mittel beträgt der Anteil des Zusatzes in dem Mittel vorzugsweise zwischen 0,5 und 15 Vol.-% in der Gasphase und

besonders bevorzugt zwischen 3 und 7 Vol.-%. Für feste Mittel beträgt der Anteil des Zusatzes in dem Mittel vorzugsweise zwischen 0,1% und 50% und bevorzugt zwischen 1% und 6%.

**[0026]** Um zu gewährleisten, dass das erfindungsgemäße Mittel bei Raumtemperatur an Luft nicht brennbar ist, muss zudem das Verhältnis  $\alpha$  der Konzentration des Löschmittels  $c_{LM}$  zu der Konzentration des Zusatzes  $c_Z$  größer als die totale Inertisierung  $I_{tot}$  sein.

**[0027]** Die totale Inertisierung  $I_{tot}$  ist das minimal mögliche Konzentrationsverhältnis von Inertgas zu Zusatz, bei dem das Gemisch bei beliebiger Verdünnung mit Luft unbrennbar bleibt.

**[0028]** Vorzugsweise sollten Löschmittel und Zusatz so ausgewählt werden, dass sie im gleichen Aggregatzustand vorliegen, besonders bevorzugt liegen die Siedetemperaturen für gasförmige Löschmittel und Zusätze im verflüssigten Zustand nicht weit auseinander.

**[0029]** Das erfindungsgemäße Mittel eignet sich zum Löschen und Inertisieren von anorganischen Brandstoffen, insbesondere zum Löschen von Metallen, Wasserstoff,  $CS_2$ , Kohlenstoff, insbesondere heißem Kohlenstoff, Schwefel, von anorganischen Schwefelverbindungen, Phosphor, anorganischen Phosphorverbindungen, Hydriden, Siliziumverbindungen mit Si-H- oder Si-Si-Bindungen, von Halogensilanen und von Germaniumverbindungen, sofern deren Sauerstoffindex  $OI_{BS}$  kleiner als der des Zusatzes  $OI_Z$  ist.

**[0030]** Auf dem Gebiet der Löschung oder der Inertisierung von Metallen wird das erfindungsgemäße Mittel vorzugsweise für Metalle der 1. und 2. Hauptgruppe, insbesondere von Li, Na, K, Rb, Cs, Be, Mg, Ca sowie von Aluminium und Eisen eingesetzt. Dennoch ist der Einsatz des erfindungsgemäßen Mittels auch bei anderen Metallen möglich. Weiterhin kann das erfindungsgemäße Mittel zum Löschen oder Inertisieren von Metallhydriden und Metallsulfiden verwendet werden.

**[0031]** Der Sauerstoffindex des Brandstoffs  $OI_{BS}$  ist temperaturabhängig. Die Ausführungen gelten für Raumtemperatur. Liegt der Sauerstoffindex des anorganischen Brandstoffs  $OI_{BS}$  oberhalb dem des Zusatzes  $OI_Z$ , so wird der Löscheffekt nicht bewirkt. Wenn jedoch der Brandstoff selbst eine deutlich höhere Temperatur als der Zusatz besitzt und dadurch der Sauerstoffindex des Brandstoffes  $OI_{BS}$  unter den des Zusatzes  $OI_Z$  sinkt, kann infolge der höheren Temperatur des Brandstoffes ein wirksamer Löscheffekt erzielt werden.

**[0032]** Eine erste bevorzugte Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Mittel zur Löschung der Brandstoffe aus der Klasse Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor, der Phosphorverbindungen, der Metalle, Metallhydrid und Metallsulfide mit Löschpulver oder Inertgas, insbesondere Argon oder  $N_2$ , oder Halogenketonen als Löschmittel und dem erfindungsgemäßen Zusatz aus der Gruppe der Kohlenwasserstoffe oder der sauerstoffhaltigen Kohlenwasserstoffverbindungen.

**[0033]** Eine weitere bevorzugte Ausführungsform betrifft ein Mittel zur Löschung und Inertisieren von anorganischen Brandstoffen mit Wasser in Form von Nebel oder Dampf und dem erfindungsgemäßen Zusatz aus der Klasse der Kohlenwasserstoffe oder der sauerstoffhaltigen Kohlenwasserstoffverbindungen. Dieses Mittel auf der Basis von Wasser eignet sich insbesondere zum Löschen und Inertisieren von Kohlenstoff, Schwefel, Schwefelverbindungen, Phosphor, Phosphorverbindungen, Metallsulfiden, Wasserstoff und  $CS_2$ . Zum Löschen von Metallen und Metallhydriden ist dieses Mittel nicht geeignet.

**[0034]** Eine dritte bevorzugte Ausführungsform betrifft ein Mittel zur Löschung der anorganischen Brandstoffe aus der Gruppe der Metalle, Metallhydride und Metallsulfide mit Löschmitteln aus der Gruppe der Inertgase, der Halogenketone, Löschpulver oder deren Gemisch, denen als Zusatz Kohlenwasserstoffe oder sauerstoffhaltige Kohlenwasserstoffverbindungen zugesetzt sind. Für diese Ausführungsform sind als Kohlenwasserstoffe oder sauerstoffhaltige Kohlenwasserstoffverbindungen insbesondere Methan, Ethan, Propan, Alkanole, Ether, Ketone, Aldehyde, Ester, Carbonsäuren oder deren Gemische geeignet.

**[0035]** Eine besonders bevorzugte Variante dieser Ausführungsform betrifft ein Mittel zum Inertisieren und Löschen von Metallen und Metallhydriden, insbesondere Leichtmetallen, entweder mit Metallbrandpulver und Polyethylenpulver oder mit einem oder mehreren der Löschmittel Argon oder Stickstoff und einem gasförmigen Kohlenwasserstoff, insbesondere Methan, Ethan, Propan oder Butan als Zusatz.

**[0036]** Ein das Löschmittel  $CO_2$  und einen gasförmigen Kohlenwasserstoff als Zusatz enthaltendes Mittel kann zudem auch zum Löschen bzw. Inertisieren von Schwefel oder Phosphor oder deren Verbindungen eingesetzt werden.

**[0037]** Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann als erfindungsgemäßes Mittel zum Löschen und Inertisieren auch ein mit Inertgas gefüllter Löschschaum, insbesondere ein Mittel- oder Leichtschaum, eingesetzt werden, dem dann als Zusatz ein gasförmiger Kohlenwasserstoff, wie beispielsweise Methan, Ethan, Propan oder Butan zugesetzt ist. Somit werden Inertgas und gasförmige Kohlenwasserstoffverbindung gemeinsam in den Leichtschaumblasen fixiert, und es wird hierdurch ein neues Lösch- und Inertisierungsmittel bereitgestellt.

**[0038]** Das erfindungsgemäße Löschmittel kann auch erfolgreich zum vorbeugenden Schutz vor Bränden und Explosionen als Inertisierungsmittel verwendet werden.

**[0039]** In Bezug auf die Löschung bzw. Inertisierung von Kohlenstoff ist zu berücksichtigen, dass der Sauerstoffindex von Kohlenstoff erst bei höheren Temperaturen des Kohlenstoffs so gering ist, dass er unter dem Sauerstoffindex  $OI_z$  des Zusatzes liegt; d. h. dass die erfindungsgemäßen Mittel teilweise nur zum Löschen von heißem Kohlenstoff eingesetzt werden können.

**[0040]** Die erfindungsgemäßen Bedingungen beziehen sich auf einen Brand in Luft oder einem Gasgemisch mit einem Sauerstoffgehalt insbesondere bis zu 23 Vol.-%.

**[0041]** Die Erfindung betrifft auch die Verwendung der vorgenannten Mittel zum Löschen von Bränden anorganischer Stoffe und zum Inertisieren.

**[0042]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher beschrieben.

**[0043]** In den nachfolgenden Ausführungsbeispielen werden als Löschmittel Stickstoff, Kohlendioxid und Metallbrandpulver verwendet, denen als Zusatz Methan, Propan, Ethen und Polyethylen zugegeben wurde.

#### I. Totale Inertisierung verschiedener Kombinationen von Zusätzen und Löschmitteln

**[0044]** Das minimal mögliche Verhältnis von Löschmittel (bzw. Inertgas) zu Zusatz, bei dem das Gemisch bei beliebiger Verdünnung mit Luft unbrennbar bleibt, nennt man Totale Inertisierung  $I_{tot}$ . Es kann dadurch ermittelt werden, dass man prüft, ob das Gemisch an Luft brennbar ist oder es kann aus Inertisierungsdiagrammen abgelesen werden. In der Literatur sind viele Inertisierungsdiagramme veröffentlicht, beispielsweise in Lewis, v. Elbe: „Combustion, Flames and Explosions of Gases“, Academy Press Inc. New York, London 1961, 2; V. T. Monachov: „Methoden zur Untersuchung der Brandgefährlichkeit von Stoffen“, Staatsverlag der DDR, Berlin 1984, S. 118; W. A. Bondar, W. I. Gorschkow, B. G. Popow, W. N. Werjowkin: „Statische Elektrizität und Brandschutz“, Staatsverlag der DDR, Berlin 1977, S. 106, 161.

**[0045]** Eine Explosion findet nicht statt bzw. das Mittel ist unbrennbar, wenn die Konzentrationen nicht im Explosionsbereich liegen und diesen auch bei Verdünnung mit Luft nicht schneiden. Der Grenzfall der totalen Inertisierung liegt vor, wenn die Linie des Verdünnungsprozesses die Linie des Explosionsbereichs gerade berührt. Beim Berührungspunkt lassen sich im Inertisierungsdiagramm die Zusatzkonzentration und die Löschmittel- bzw. Inertgaskonzentration ablesen und ins Verhältnis setzen.

**[0046]** Teilweise sind die Konzentrationen der totalen Inertisierung auch als solche veröffentlicht. Allerdings unterscheiden sich diese Angaben von der exakten Bestimmung über das Inertisierungsdiagramm, da – je nach Autor – unterschiedlich hohe Sicherheitsfaktoren eingerechnet werden.

**[0047]** Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist die „totale Inertisierung  $I_{tot}$ “ exakt aus den Inertisierungsdiagramm zu bestimmen.

**[0048]** In Tabelle 1 sind für einige Stoffe die bei totaler Inertisierung sicher zu überschreitenden Grenzwerte für die Inertisierung brennbarer Gase und Dämpfe bei 1 bar Gesamtdruck (Literaturwerte) angegeben. (Quelle: Technische Regeln für Betriebssicherheit TRBS 2152 Teil 2, Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 722, „Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre (Ausgabe 08/2006)“. In diesen Werten ist bereits ein Sicherheitsfaktor berücksichtigt.

		Totale Inertisierung $I_{tot}$
Brennbarer Stoff	Temperatur in °C	Mindestwert des Verhältnisses der Molanteile von Inertgas ( $N_2$ oder $CO_2$ ) und Zusatz (Z) zur Inertisierung bei beliebiger Zugabe von Luft

		N <sub>2</sub> /Z	CO <sub>2</sub> /Z
Butan	20	27	-
Butan	20	28	13
Ethan	20	21	11
Ethylen	20	24	13
Methan	20	11	5
Pentan	20	~42	-
Propan	20	26	13
Propylen	20	23	12
Vergaserkraftstoff	20	~42	-
Wasserstoff	20	17	12
Methylethylketon	20	26	-
Ethanol	20	17	-
Methanol	20	7	-
Propanol-1	20	19	-
Propanol-2	20	25	-

Tabelle 1

~ = Schätzwert

**[0049]** Damit ergibt sich aus den Literaturwerten, die einen Sicherheitsfaktor beinhalten, als Maximalkonzentration des Zusatzes, in dem das betreffende Inertgas CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub> enthaltenden Mittel:

$$\frac{c_{N_2}}{c_{C_3H_8}} = 26 \rightarrow \frac{c_{C_3H_8}}{c_{N_2}} = 0,03846$$

$$\frac{c_{CO_2}}{c_{C_3H_8}} = 13 \rightarrow \frac{c_{C_3H_8}}{c_{CO_2}} = 0,07692$$

$$\frac{c_{N_2}}{c_{C_2H_4}} = 24 \rightarrow \frac{c_{C_2H_4}}{c_{N_2}} = 0,04166$$

$$\frac{c_{CO_2}}{c_{C_2H_4}} = 13 \rightarrow \frac{c_{C_2H_4}}{c_{CO_2}} = 0,07692$$

$$\frac{c_{N_2}}{c_{CH_4}} = 11 \rightarrow \frac{c_{CH_4}}{c_{N_2}} = 0,09091$$

$$\frac{c_{CO_2}}{c_{CH_4}} = 5 \rightarrow \frac{c_{CH_4}}{c_{CO_2}} = 0,20$$

## II. Bestimmung des Sauerstoffindex (OI) verschiedener Brandstoffe

**[0050]** Die Prüfung der gasförmigen Löschmittel erfolgte in einem senkrechten Glasrohr, durch das ein Löschmittel-Luft-Gemisch strömt. Die Prüfung erfolgte in Anlehnung an DIN EN ISO 4589 und ASTM D 2863-06a (Bestimmung des Sauerstoffindex).

**[0051]** Als brennbare Stoffe dienten anorganische und organische gasförmige, flüssige und feste Brandstoffe. Die Flüssigkeiten waren in einem kleinen Becher mit einem Durchmesser von 10 mm in der Mitte des Rohres untergebracht. Durch einen Docht gelangten die Stoffe in Kontakt mit dem Umgebungsgas.

**[0052]** Ist die Konzentration des Gases zeitlich konstant, erfolgt die Zündung der Dämpfe am Docht mittels eines elektrischen Zünders oder einer Wasserstoffflamme.

**[0053]** Die zu prüfenden Gase werden durch ein gebogenes Glasrohr in das senkrechte Glasrohr eingeführt.

**[0054]** Die Feststoffe wurden in Form einer Schüttung (beim roten Phosphor) oder in Form einer Kerze (beim Schwefel) in der Mitte des Rohres positioniert.

**[0055]** In Abhängigkeit von der eingestellten Löschmittelkonzentration verlöscht die Flamme am Docht nach einiger Zeit wieder. Die Löschmittelkonzentrationen, die bestimmte gleiche Brandzeiten bewirken, werden als Löschkonzentrationen definiert. Die daraus umgerechnete Sauerstoffkonzentration ist der Sauerstoffindex.

### Durchführung

**[0056]** Nachfolgend wird die Durchführung am Beispiel Kohlendioxid mit Zusatz Propan näher beschrieben.

**[0057]** Die Durchführung erfolgte in der Sauerstoff-Index-Apparatur (Gesamtvolumenstrom = 0,1473 l/s) unter Zusatz von Kohlendioxid

$$\left(\alpha = \frac{\dot{V}_{CO_2}}{\dot{V}_{C_3H_8}} = \infty\right)$$

oder  
unter Zusatz von Kohlendioxid und Propan

$$\left(\alpha = \frac{\dot{V}_{CO_2}}{\dot{V}_{C_3H_8}} = 20\right).$$

**[0058]** Die Gasflüsse wurden mit Hilfe von Rotametern eingestellt.

**[0059]** Für die Flüssigkeiten wurde die Dochtmethode angewandt. Die Entzündung erfolgte mittels Wasserstoff-Flamme.

**[0060]** Die Gase wurden mit Hilfe einer gebogenen Düse aus Glasrohr (innerer Durchmesser 4 mm) so in die Apparatur eingeleitet, dass die Flammengröße 2–3 cm betrug. Propan wurde mittels Wasserstoffflamme gezündet. Die Zündung des Wasserstoffs erfolgte bei erhöhtem Gasfluss mit einem Gasanzünder oberhalb der Messröhre (Raumlufte). Nach der Zündung wurde die Flamme dann sofort auf 2–3 cm heruntergeregelt.

**[0061]** Die Feststoffe wurden in einem Metallbecher auf einem Podest aus Edelstahl in die Apparatur hineingestellt. Aus dem Schwefelpulver wurde hierzu zunächst eine Schwefelkerze mit Docht gegossen. Der rote Phosphor wurde direkt als Pulverschüttung in den Metallbecher gefüllt und die Oxidschicht zwischendurch mit einem Draht aufgelockert.

**[0062]** Die Zündung erfolgte mittels Wasserstoff-Flamme.

#### Berechnungsgrundlagen

$$\begin{aligned}\dot{V} & \quad - \text{Volumenstrom [ls}^{-1}\text{]} \\ \dot{V}_Z & \quad - \text{Volumenstrom des Zusatzes [ls}^{-1}\text{]} \\ \dot{V}_{\text{ges.}} & \quad - \text{Gesamtvolumenstrom [ls}^{-1}\text{]}\end{aligned}$$

$$\dot{V}_{\text{ges.}} = 0,1473 \text{ ls}^{-1} \text{ (Glasröhre)}$$

$$\dot{V}_{\text{ges.}} = \dot{V}_{N_2} + \dot{V}_{O_2} + \dot{V}_{CO_2} + \dot{V}_Z \quad \text{OI} = \frac{\dot{V}_{O_2}}{\dot{V}_{\text{ges.}}} \quad \alpha = \frac{\dot{V}_{LM}}{\dot{V}_Z}$$

$$\dot{V}_{O_2} = \text{OI} \cdot \dot{V}_{\text{ges.}}$$

**[0063]** Für Kohlenstoffdioxid als Löschmittel gilt dann außerdem

$$\dot{V}_{N_2} = 3,815 \cdot \dot{V}_{O_2}$$

$$\dot{V}_{CO_2} = \frac{\dot{V}_{\text{ges.}}}{1 + \frac{1}{\alpha}} \cdot (1 - 4,815 \cdot \text{OI})$$

$$\dot{V}_Z = \frac{1}{\alpha} \cdot \dot{V}_{CO_2}$$

**[0064]** Der Sauerstoffindex (OI) ist der Volumenanteil Sauerstoff am Gesamtvolumenstrom, bei dem die Flamme möglichst genau 3 Minuten brennt.

**[0065]** Für Stickstoff als Löschmittel gilt dann außerdem

$$\dot{V}_Z = \left[\frac{1}{\alpha} \cdot \dot{V}_{\text{ges.}} (1 - 4,815 \cdot \text{OI})\right] : \left[1 + \frac{1}{\alpha}\right] \quad \dot{V}_{CO_2} = 0$$



$$\dot{V}_{N_2} = \dot{V}_{ges.} - \dot{V}_{O_2} - \dot{V}_Z$$

**[0066]** Bei den Metallbrandversuchen wird nicht die Sauerstoffindex-Apparatur verwendet, sondern das Löschpulver mit dem Zusatz direkt auf das vorgeheizte brennende Natrium gegeben.

### III. Ausführungsbeispiele

a) Vergleich des Löscheffekts verschiedener Brandstoffe bei Löschung mit Kohlendioxid oder Kohlendioxid mit Zusatz von Propan (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)

Brandstoff	Löschmittel	Zusatz zum Löschmittel	$\alpha = \frac{\dot{V}_{LM}}{\dot{V}_Z}$	Sauerstoffindex in Vol.-Anteile	Löscheffekt
Schwefelkohlenstoff, CS <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	- Propan	20	0,115 0,171	positiv
Wasserstoff H <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	- Propan	20	0,090 0,137	positiv
Schwefel, S	CO <sub>2</sub>	- Propan	20	0,159 0,181	positiv
Phosphor (rot), P	CO <sub>2</sub>	- Propan	20	0,089 0,103	positiv

Aceton	CO <sub>2</sub>	- Propan	20	0,176 0,169	negativ
Diesel	CO <sub>2</sub>	- Propan	20	0,175 0,168	negativ
Spiritus	CO <sub>2</sub>	- Propan	20	0,167 0,160	negativ
n-Heptan	CO <sub>2</sub>	- Propan	20	0,171 0,163	negativ
Methylacetat	CO <sub>2</sub>	- Propan	20	0,174 0,166	negativ
Methanol	CO <sub>2</sub>	- Propan	0 20	0,158 0,152	negativ
Methylethylketon	CO <sub>2</sub>	- Propan	20	0,166 0,159	negativ
Methylformiat	CO <sub>2</sub>	- Propan	21,6	0,166 0,159	negativ
n-Oktan	CO <sub>2</sub>	- Propan	0 20	0,172 0,164	negativ
Grillanzünder	CO <sub>2</sub>	- Propan	0 20	0,171 0,165	negativ
Ethylacetat	CO <sub>2</sub>	- Propan	0 20	0,174 0,167	negativ
Nitromethan	CO <sub>2</sub>	- Propan	0 20	0,172 0,163	negativ
Diethylether	CO <sub>2</sub>	- Propan	0 21,6	0,169 0,162	negativ

b) Vergleich des Löscheffekts verschiedener Brandstoffe bei Löschung mit Stickstoff oder Stickstoff mit Zusatz von Propan (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) oder Ethen.

Brandstoff	Löschmittel	Zusatz zum Löschmittel	$\alpha = \frac{\dot{V}_{LM}}{\dot{V}_Z}$	Sauerstoffindex in Vol.-Anteile	Löscheffekt
Natrium	Stickstoff	- Propan	22,2	0,022 0,050	positiv
Schwefel	Stickstoff	- Propan	22,2	0,140 0,176	positiv
Schwefelkohlenstoff, CS <sub>2</sub>	Stickstoff	- Propan	22,2	0,091 0,162	positiv
Wasserstoff	Stickstoff	- Propan	23,3	0,057 0,114	positiv

Wasserstoff-Argon-Gemisch mit 10,9 Vol.-% Wasserstoff	Stickstoff	- Propan	26,3	0,090 0,124	positiv
Nitromethan	Stickstoff	- Propan	21,3	0,162 0,137	negativ
Methylformitat	Stickstoff	- Propan	23,3	0,146 0,131	negativ
Kohlestaub	Stickstoff	- Propan	0 126,6	0,141 0,158	positiv im kleinen Bereich
n-Okтан	Stickstoff	- Propan	21,7	0,156 0,142	negativ
Schwefelkohlenstoff, CS <sub>2</sub>	Stickstoff	Ethen, C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	20	0,085 0,144	positiv
Schwefel	Stickstoff	Ethen, C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0 33,3	0,137 0,155	positiv
Wasserstoff Wasserstoff-Methan-Gemisch mit $\frac{\dot{V}_{CH_4}}{\dot{V}_{H_2}} = 0,16$ Methan	Stickstoff	-		0,056  0,100 0,159	positiv

**[0067]** Die Messungen zeigen eine deutliche Zunahme des Sauerstoffindexes OI beim Zusatz von Kohlenwasserstoffen für die Brandstoffe Natrium, Schwefelkohlenstoff, Schwefel, Phosphor (rot) und Wasserstoff.

#### IV. Löschversuche von Natriumglutbränden mit Gemischen von Metallbrandpulver (MBP) und Polyethylenpulver (PE) als Löschmittel

##### Versuchsbeschreibung:

**[0068]** Als Brandstoff wird Natrium (Na) in einem Porzellantiegel im Ofen 10 min. bei 250°C vorgeheizt. An einer Kupferdrahtschleife wird zunächst eine kleine Na-Menge mit Hilfe einer Wasserstoff-Flamme entzündet und damit das Na im Tiegel.

**[0069]** Als Löschmittel wird Metallbrandpulver (MBP) mit Zusätzen von Polyethylenpulver (PE) als Zusatz sowie reines PE verwendet.

**[0070]** Das Mittel wird mittels eines kleinen Trichters auf das brennende Natrium aufgegeben, bis das Natrium verlöscht. Anschließend wird die benötigte Masse des Löschmittels mit Zusatz ( $m_{Lm}$ ) ausgewogen.

**[0071]** Zunächst werden die Versuche mit der Brandstoffmasse ( $m_{Na}$ ) 1 g Natrium durchgeführt und anschließend zum Teil mit 2 g Natrium überprüft.

**[0072]** Die Auswertung und Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt:

Ergebnis:

**[0073]** Das optimale Konzentrationsverhältnis von Zusatz (Polyethylen) zu Löschmittel liegt bei 3%.

**[0074]** Bei zu großer Konzentration des Zusatzes Polyethylen verbrennt das Polyethylen selbst. Konzentrationen oberhalb von 6% Polyethylen sollten nicht verwendet werden, da dann Explosionsgefahr besteht.

Tabelle 1:

Versuch	$m_{Na}$ in g	Gehalt an Polyethylen im Metallbrandpulver-Polyethylen-Gemisch in %	$m_{LM}$ in g	Verhältnis der Löschmittelmasse (+ Zusatz) zur Masse des Natriums	Bemerkung	Kritisches Verhältnis der Löschmittelmasse (+ Zusatz) zur Masse des Natriums	Verhalten der Pulverwolke in einer Wasserstofflampe
1.1			1,00	1,00	brennt heftig weiter		Keine Besonderheiten
1.2			2,00	2,00	brennt weiter		
1.3			2,40	2,40	brennt weiter		
1.4	1,0	0,00	2,50	2,50	brennt weiter	2,5	
1.5			2,50	2,50	brennt weiter		
1.6			2,50	2,50	gerade gelöscht, kurz aufgeflackert, wieder gelöscht		
1.7			2,50	2,50	gelöscht		
1.8			2,60	2,60	gelöscht		
1.9			2,60	2,60	gelöscht		
1.10			2,80	2,80	gelöscht		
1.11			3,00	3,00	gelöscht		
2.1	2,0	0,00	5,00	2,50	kurz gelöscht, gefunkt, wieder aufgeflammt	2,5...2,6	Keine Besonderheiten
2.2			5,20	2,60	gelöscht		
3.1	1,0	0,01	1,10	1,10	brennt weiter	1,7	Funken nur in der Flamme
3.2			1,40	1,40	brennt weiter		
3.3			1,60	1,60	brennt weiter		
3.4			1,60	1,60	brennt weiter		
3.5			1,70	1,70	fast gelöscht, flammt wieder auf und brennt weiter		
3.6			1,70	1,70	gelöscht		
3.7			1,80	1,80	gelöscht		

Versuch	$m_{Na}$ in g	Gehalt an Polyethylen im Metallbrandpulver-Polyethylen-Gemisch in %	$m_{LM}$ in g	Verhältnis der Löschmittelmasse (+ Zusatz) zur Masse des Natriums	Bemerkung	Kritisches Verhältnis der Löschmittelmasse (+ Zusatz) zur Masse des Natriums	Verhalten der Pulverwolke in einer Wasserstofflampe
4.1	1,0	0,02	0,70	0,70	brennt weiter	0,7...0,8	Funken nur in der Flamme
4.2			0,80	0,80	gelöscht		
4.3			0,90	0,90	gelöscht		
5.1	1,0	0,03	0,60	0,60	brennt weiter	0,6...0,7	Funken auch außerhalb der Flamme
5.2			0,70	0,70	gelöscht		
5.3			0,80	0,80	gelöscht		
6.1	2,0	0,03	1,20	0,60	brennt weiter	0,6...0,7	Funken auch außerhalb der Flamme
6.2			1,40	0,70	gelöscht		
7.1	1,0	0,04	0,70	0,70	brennt weiter	0,7...0,8	Funken auch außerhalb der Flamme
7.2			0,80	0,80	gelöscht		
7.3			0,90	0,90	gelöscht		
8.1	1,0	0,05	0,70	0,70	brennt weiter	0,8...0,9	Funken auch außerhalb der Flamme
8.2			0,80	0,80	brennt weiter		
8.3			0,90	0,90	gelöscht		
8.4			1,00	1,00	gelöscht		
8.5			1,10	1,10	gelöscht		
8.6			1,10	1,10	gelöscht		
8.7			1,30	1,30	gelöscht		
8.8			1,50	1,50	gelöscht		
9.1	1,0	0,06	1,00	1,00	brennt weiter	1,10	Funken auch außerhalb der Flamme
9.2			1,10	1,10	brennt weiter		
9.3			1,10	1,10	gelöscht		
9.4			1,20	1,20	gelöscht		
9.5			1,30	1,30	gelöscht		

Versuch	$m_{Na}$ in g	Gehalt an Polyethylen im Metallbrandpulver-Polyethylen-Gemisch in %	$m_{LM}$ in g	Verhältnis der Löschmittelmasse (+ Zusatz) zur Masse des Natriums	Bemerkung	Kritisches Verhältnis der Löschmittelmasse (+ Zusatz) zur Masse des Natriums	Verhalten der Pulverwolke in einer Wasserstofflampe		
10.1			1,00	1,00	brennt weiter		Funken auch außerhalb der Flamme, Flammenvergrößerung (2fach)		
10.2			1,20	1,20	fast gelöscht, flammt wieder auf und brennt weiter				
10.3	1,0	0,07	1,30	1,30	brennt weiter	1,30			
10.4			1,30	1,30	gelöscht				
10.5			1,40	1,40	gelöscht				
10.6			1,50	1,50	gelöscht				
10.7			2,00	2,00	gelöscht				
11.1					0,60		0,60	brennt weiter	
11.2					0,70		0,70	fast gelöscht, flammt wieder auf und brennt weiter	
11.3	1,0	0,08	0,80	0,80	gelöscht, noch Mal aufgeflammt, wieder gelöscht	0,7...0,8	Funken auch außerhalb der Flamme, Flammenvergrößerung (2fach)		
11.4			0,80	0,80	gelöscht				
11.5			1,00	1,00	gelöscht				

Versuch	mNa in g	Gehalt an Polyethylen im Metallbrandpulver-Polyethylen-Gemisch in %	mLM in g	Verhältnis der Löschmittelmasse (+ Zusatz) zur Masse des Natriums	Bemerkung	Kritisches Verhältnis der Löschmittelmasse (+ Zusatz) zur Masse des Natriums	Verhalten der Pulverwolke in einer Wasserstofflampe
12.1			0,40	0,40	brennt weiter		kleine Stichflamme
12.2			0,40	0,40	brennt weiter		
12.3	1,0	0,10	0,50	0,50	kurz gelöscht, flammt sofort wieder auf und brennt weiter	0,50	
12.4			0,50	0,50	gelöscht		
12.5			0,60	0,60	gelöscht		
12.6			0,60	0,60	gelöscht		
12.7			0,70	0,70	gelöscht		
12.8			0,80	0,80	gelöscht		
12.9			1,00	1,00	gelöscht		
12.10			1,20	1,20	gelöscht		
13.1			0,40	0,40	brennt weiter		kleine Stichflamme
13.2			0,50	0,50	brennt weiter		
13.3			0,50	0,50	gelöscht		
13.4			0,60	0,60	gelöscht		
13.5	1,0	0,15	0,70	0,70	gelöscht	0,50	
13.6			0,90	0,90	gelöscht		
13.7			1,00	1,00	gelöscht		
13.8			1,30	1,30	gelöscht		

Versuch	$m_{Na}$ in g	Gehalt an Polyethylen im Metallbrandpulverpolyethylen-Gemisch in %	$m_{L,M}$ in g	Verhältnis der Löschmittelmasse (+ Zusatz) zur Masse des Natriums	Bemerkung	Kritisches Verhältnis der Löschmittelmasse (+ Zusatz) zur Masse des Natriums	Verhalten der Pulverwolke in einer Wasserstofflampe
14.1			0,30	0,30	brennt weiter, hohe Flamme, Pulverstaub entzündet sich		große Stichflamme
14.2	1,0	0,50	0,40	0,40	hohe Flamme, Pulverstaub entzündet sich, dann gelöscht, noch mal kurz aufgeflammt und wieder gelöscht	0,30...0,40	
14.3			0,42	0,42	gelöscht		
15.1			0,30	0,30	brennt weiter		
15.2			0,30	0,30	fast gelöscht, brennt dann wieder stark auf		
15.3	1,0	1,00	0,35	0,35	brennt weiter	0,37...0,38	
15.4			0,37	0,37	kurz gelöscht, flammt wieder auf und brennt weiter		
15.5			0,38	0,38	gelöscht		
15.6			0,40	0,40	gelöscht (eine Stelle hat noch kurz weitergeglüht)		
15.7			0,40	0,40	gelöscht		
15.8			0,40	0,40	gelöscht		
15.9			0,45	0,45	gelöscht		
15.10			1,00	1,00	gelöscht		
15.11			1,21	1,21	gelöscht		



## ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

### Zitierte Patentliteratur

- SU 1097348 [0003]
- SU 149982 [0004]
- SU 1204218 [0007]
- DD 205336 A1 [0009]
- DE 4014645 A1 [0010]

### Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Lewis, v. Elbe: „Combustion, Flames and Explosions of Gases”, Academy Press Inc. New York, London 1961, 2 [0044]
- V. T. Monachov: „Methoden zur Untersuchung der Brandgefährlichkeit von Stoffen”, Staatsverlag der DDR, Berlin 1984, S. 118 [0044]
- W. A. Bondar, W. I. Gorschkow, B. G. Popow, W. N. Werjowkin: „Statische Elektrizität und Brandschutz”, Staatsverlag der DDR, Berlin 1977, S. 106, 161 [0044]
- Technische Regeln für Betriebssicherheit TRBS 2152 Teil 2, Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 722, „Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre (Ausgabe 08/2006) [0048]
- DIN EN ISO 4589 [0050]
- ASTM D 2863-06a [0050]

### Patentansprüche

1. Mittel zum Löschen und Inertisieren von anorganischen Brandstoffen BS, das ein Löschmittel LM und einen Zusatz Z aus der Gruppe der Kohlenwasserstoffe und der sauerstoffhaltigen Kohlenwasserstoffverbindungen umfasst, wobei der Sauerstoffindex des Zusatzes  $OI_Z$  größer als der Sauerstoffindex des anorganischen Brandstoffes  $OI_{BS}$  ist und das Verhältnis  $\alpha$  aus Konzentration des Löschmittels  $c_{LM}$  zur Konzentration des Zusatzes  $c_Z$  größer als die totale Inertisierung  $I_{tot}$  ist.
2. Mittel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Löschmittel ein Inertgas, Wasser, insbesondere in Form von Nebel oder Dampf, Löschpulver, ein Halon, ein Halogenketon oder ein Gemisch der vorgenannten Löschmitteln ist.
3. Mittel nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Inertgas Stickstoff, Kohlendioxid, Argon, Helium oder  $SF_6$  ist und die Löschpulver aus der Gruppe der ABC-Pulver, BC-Pulver oder Metallbrandpulver ausgewählt werden.
4. Mittel nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusätze aus der Gruppe der Kohlenwasserstoffe Alkane, Alkene, Alkine, aromatische Kohlenwasserstoffverbindungen und die sauerstoffhaltigen Kohlenwasserstoffverbindungen aus der Gruppe der Alkanole, Ether, Ketone, Aldehyde, Ester, Carbonsäuren oder deren Gemische sind.
5. Mittel nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusätze ausgewählt werden aus der Gruppe Methan, Ethan, Propan, Cyclopropan, n-Butan, iso-Butan, Cyclobutan, n-Pentan, iso-Pentan, n-Hexan, iso-Hexan, Benzin, Diesel, Bitumen, Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol, kondensierte Aromaten, Polyethylen, Polypropylen, Ethen, Propen, Buten, Butadien, Penten, Methanol, Ethanol, Propanol, iso-Propanol, Butanol, tert.-Butanol, Pentanol, Hexanol, Heptanol oder der höheren Alkanole, Phenol, Methyl-tert. Butylether, Aceton, Butanon, Pentanon oder Hexanon, Benzophenon, der Alkancarbonsäuren, insbesondere Alkancarbonsäuren mit mehr als 3 Kohlenstoffatomen und Fettsäuren, der aromatischen Carbonsäuren und der Carbonsäureester.
6. Mittel nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die anorganischen Brandstoffe Metalle, Wasserstoff,  $CS_2$ , Kohlenstoff, insbesondere heißer Kohlenstoff, Schwefel, anorganische Schwefelverbindungen, Phosphor, anorganischen Phosphorverbindungen, Hydride, Siliziumverbindungen mit Si-H oder Si-Si-Bindungen oder Halogensilane sind.
7. Mittel nach einem der vorangegangenen Ansprüche zum Löschen der Brandstoffe aus der Klasse Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor, der Phosphorverbindungen, der Metalle, Metallhydrid und Metallsulfide mit Löschmitteln aus der Gruppe Löschpulver, Inertgas, insbesondere  $CO_2$ , Argon oder  $N_2$  und Halogenketon, denen ein Kohlenwasserstoff oder eine sauerstoffhaltige Kohlenwasserstoffverbindung als Zusatz zugesetzt ist.
8. Mittel nach einem der Ansprüche 1 bis 6 zum Löschen und Inertisieren von anorganischen Brandstoffen unter Ausschluss von Metallen und Metallhydriden mit Wasser in Form von Nebel oder Dampf und einem Zusatz aus der Gruppe der Kohlenwasserstoffe und der sauerstoffhaltigen Kohlenwasserstoffverbindungen, insbesondere zur Löschung und Inertisieren von Kohlenstoff, Schwefel, der Schwefelverbindungen, Phosphor, der Phosphorverbindungen, der Metallsulfide, Wasserstoff,  $CS_2$ , der Si-Si-enthaltenden und Si-H-enthaltenden Verbindungen.
9. Mittel nach einem der Ansprüche 1 bis 6 zum Löschen der anorganischen Brandstoffe aus der Gruppe der Metalle, Metallhydrid und Metallsulfide mit Löschmitteln aus der Gruppe der Inertgase, der Halogenketone, Löschpulver oder deren Gemisch, denen als Zusatz Kohlenwasserstoffe oder sauerstoffhaltige Kohlenwasserstoffverbindungen zugesetzt sind.
10. Mittel nach einem der Ansprüche 1 bis 6 oder 9 zum Löschen und Inertisieren von Metallen und Metallhydriden mit dem Löschmittel Metallbrandpulver und Polyethylenpulver als Zusatz oder mit einem oder mehreren der Löschmittel Argon, Stickstoff und einem gasförmigen Kohlenwasserstoff, insbesondere Methan, Ethan, Propan oder Butan, als Zusatz.

11. Mittel nach 1 bis 6 zum Löschen und Inertisieren von Schwefel, Phosphor oder deren Verbindungen, dadurch gekennzeichnet, dass das Löschmittel  $\text{CO}_2$  ist, dem ein gasförmiger Kohlenwasserstoff als Zusatz zugesetzt ist.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen