



(11) **EP 1 846 723 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
30.06.2010 Patentblatt 2010/26

(51) Int Cl.:
F41H 5/007^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05700782.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2005/000142

(22) Anmeldetag: **10.01.2005**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2006/074685 (20.07.2006 Gazette 2006/29)

(54) **REAKTIVE SCHUTZVORRICHTUNG**

REACTIVE PROTECTIVE DEVICE

DISPOSITIF DE PROTECTION REACTIF

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
HR LV

- **RÖMER, Hans-Jürgen**
34474 Diemelstadt (DE)
- **WEIHRAUCH, Günter**
79588 Efringen-Kirchen (DE)
- **KELLNER, Gerd**
78713 Schramberg (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.10.2007 Patentblatt 2007/43

(74) Vertreter: **Söltenfuss, Dirk Christian et al**
Wallinger Ricker Schlotter Foerstl
Patent- und Rechtsanwälte
Zweibrückenstrasse 5-7
80331 München (DE)

(73) Patentinhaber: **GEKE Technologie GmbH**
79098 Freiburg (DE)

(72) Erfinder:

- **FUCKE, Wolfgang**
65812 Bad Soden (DE)
- **HAMPEL, Jan**
33184 Altenbeken (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 689 028 DE-B3- 3 636 945
DE-C1- 2 811 732 FR-A- 2 803 379
US-A1- 2004 050 239

EP 1 846 723 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

5 1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen pyrotechnischen Schutz, und insbesondere eine splitterfreie reaktive Schutzvorrichtung gegen Hohlladungsbedrohungen.

10 2. Technischer Hintergrund

[0002] Aufgrund ihrer sehr hohen Durchschlagsleistung stellen die mit einem Hohlladungsgefechtsskopf ausgestatteten Panzerabwehrhandwaffen (PzAbwHWa) eine hohe Bedrohung insbesondere für leicht bis mittelschwer gepanzerte Fahrzeuge dar. Zunehmend erweist sich dabei die russische PG 7 bei Out of Area - Einsätzen als grundsätzlich zu berücksichtigende Gefechtsfeldbedrohung, da dieses Waffensystem weltweit stark verbreitet ist.

[0003] Der Schutz leichter und auch mittelschwer gepanzelter Fahrzeuge gegen derartige Panzerabwehrhandwaffen ist mit herkömmlichen reaktiven und insbesondere passiven Schutzsystemen nur sehr eingeschränkt oder nicht mehr möglich, weil die Zuladung der Fahrzeuge begrenzt und das zum Schutz notwendige Flächengewicht der Panzerung zu hoch ist. Die leichteren Fahrzeuge weisen nur dünne Wandstärken auf, da der Fahrzeuggrundsatz üblicherweise nur gegen kleinkalibrige panzerbrechende Munition im Kaliber bis 14,5 mm ausgelegt ist. Daher sind verschiedene reaktive, d.h. mit Sprengstoff wirkende Schutzsysteme entwickelt worden, um das für den Schutz erforderliche Flächengewicht zu reduzieren.

[0004] Beispielweise erfordert der HL-Schutz mittlerer gepanzelter Fahrzeuge mit einem Grundsatz von ca. 30-50 mm Panzerstahläquivalent mit passiven Schutzsystemen ein zusätzliches Flächengewicht in der Größenordnung von 500 kg/m² und mit bisher bekannten, bereits leistungsfähigen reaktiven Schutzsystemen immer noch ein zusätzliches Flächengewicht in der Größenordnung von 300 kg/m² gegen die Bedrohungen der PzAbwHWa.

[0005] So sind seit Anfang der 70er Jahre sowohl gegen Hohlladungen (HL-Bedrohung) als auch gegen Wuchtgeschosse (KE-Bedrohung) Anordnungen bekannt, bei denen durch pyrotechnisch beschleunigte Elemente eine laterale Störung der auftreffenden bzw. ein- oder durchdringenden Bedrohung und dadurch eine Verminderung der Durchschlagsleistung erfolgt. Bei Initiierung durch die auftreffende Bedrohung werden derartige Anordnungen als reaktiver Schutz bezeichnet, bei gesteuerter Zündung als aktive Panzerung. Ganz überwiegend handelt es sich bei reaktiven Anordnungen um eine ein- oder mehrschichtige, ein- oder beidseitige Belegung des Sprengstoffes mit meist metallischen Platten. Derartige Anordnungen sind bei entsprechender Dimensionierung sowohl gegen Hohlladungen als auch gegen KE-Geschosse wirksam und als Schutzmodule weltweit bei vielen gepanzerten Fahrzeugen im Einsatz.

[0006] Platten beschleunigende reaktive Systeme haben den entscheidenden Nachteil, dass mehr oder weniger große Massen auf Geschwindigkeiten von mehreren 100 m/s beschleunigt werden müssen, die sowohl das Umfeld als auch die sie tragende Struktur belasten. Daher werden reaktive Panzerungen vornehmlich als Module (Flächenelemente) in Kastenbauweise ausgeführt. Bei leichteren zu schützenden Objekten oder dünneren Strukturen ist der Einsatz reaktiver Komponenten gerade wegen der Belastung durch das System selbst stark eingeschränkt bzw. nicht möglich. Dies gilt insbesondere bei Anordnungen gegen KE-Bedrohungen, da zu deren Leistungsminderung relativ große Massen zu beschleunigen sind. Bei reaktiven Anordnungen gegen Hohlladungen sind die erforderlichen Störmassen zwar erheblich geringer, dafür werden aber sehr viel höhere Geschwindigkeiten benötigt, um die mit bis zu 10 km/s auftreffenden Hohlladungsstrahlen noch mit lateral wirkenden Störmassen zu erreichen.

[0007] Es sind auch Anordnungen bekannt, die Hohlladungsstrahlen während des Durchdringens direkt mittels Sprengstoffschichten oder durch elektrische Felder stören, auslenken und so eine Leistungsminderung bewirken. Derartige Einrichtungen sind im Falle der Verwendung von Sprengstoff mit dem Einsatz erheblicher Sprengstoffdicken verbunden, um über einen längeren Zeitraum (bedingt durch die zu störende Strahllänge) strahlstörende Bedingungen aufrecht zu erhalten. Sprengstoffschichten zünden beim Eindringen von Hohlladungsstrahlen zwar sehr schnell, bewirken aber dennoch bei herkömmlichen Sandwichanordnungen auch bei größerer Neigung gegen den durchdringenden Strahl keine gerichtete laterale Strahlstörung insbesondere im vorderen Bereich. Diese wird nur erreicht, wenn eine geneigte, quasi freie Sprengstoffoberfläche vorliegt, die gegebenenfalls mit einer stützenden (verdämmenden) Wand kombiniert wird. Reine, verhältnismäßig dicke Pulver- oder Sprengstoffschichten oder auf eine Platte oder Wand aufgebrachte Sprengstofffolien finden sich bei einer Reihe bekannter Anwendungen. Es handelt sich dabei grundsätzlich um reaktive Anordnungen herkömmlicher Bauweise mit einseitiger Sprengstoffbelegung.

[0008] Obwohl bei Hohlladungen die Detonation des Sprengstoffes sehr rasch erfolgt, wird dennoch eine bestimmte Zeitspanne für den Aufbau eines Druckfeldes benötigt, da von den eindringenden Partikeln die getroffene Zielmaterie zunächst mechanisch etwa halbkugelförmig von der durchdringenden Strahlspitze weg beschleunigt wird. Dadurch entsteht zunächst ein Hohlraum, durch den ein mehr oder weniger großer Teil des besonders wirksamen, weil sehr

schnellen Spitzenbereichs des Strahls ungestört hindurchtreten kann. Dieser Bereich ist aber entscheidend für die Restwirkung der HL-Bedrohung und bestimmt so den Wirkungsgrad der Abwehr bzw. den für eine Leistungsminderung erforderlichen Aufwand.

[0009] Entsprechende Überlegungen gelten für die Belegung der Sprengstoffschicht mit zu beschleunigenden Platten. Diese müssen nicht nur durch Stoßwellen und Gaskräfte beschleunigt werden, sondern sie müssen auch den von der Strahlspitze gebildeten Krater überbrücken, um den durchtretenden Strahl seitlich erreichen zu können. Der Aufbau der Anordnung und insbesondere deren Winkel gegenüber der durchdringenden Bedrohung sind hier die bestimmenden Parameter. Durch mehrschichtige und zum Teil stark geneigte reaktive Schutzaufbauten wird bei einer Reihe bekannter Ausführungsformen versucht, die oben beschriebenen nachteiligen Auswirkungen der Kraterbildung zu minimieren. In der Regel führt dies jedoch zu Aufbauten mit viel Sprengstoff oder zu Modulen mit kleiner effektiver Schutzfläche und im Verhältnis zur abgedeckten Fläche großer Bautiefe. Weiterhin ergeben sich dadurch negative Randeinflüsse und unzureichende Überlappungen. Außerdem erhöht sich der Anteil der konstruktiv bedingten Totmassen. Derartige, der Schutzleistung nicht direkt dienende Massen stellen bei allen bisher bekannten reaktiven Schutzeinrichtungen einen erheblichen Anteil der erforderlichen Flächenmasse dar und vermindern entsprechend die Schutzeffizienz.

[0010] Es sind auch reaktive Schutzeinrichtungen bekannt, die der zu schützenden Struktur vorgeschaltet werden und die zum Ziel haben, durch geeignete Sprengstoffbelegungen die negativen mechanischen oder endballistischen Begleiterscheinungen auf das Umfeld zu vermindern. Derartige, meist mehrschichtige und meist auch komplexe Aufbauten besitzen einen schwer überschaubaren Wirkungsablauf der einzelnen Komponenten und deren Zusammenwirken. Sie haben sich gegen Hohlladungen zwar als durchaus wirksam erwiesen, unterliegen jedoch grundsätzlich den oben dargelegten Wirkungseinschränkungen und Bewertungskriterien.

[0011] Bisher bekannte leistungsfähige reaktive Schutzsysteme können auch durch den Einsatz erheblicher Flächenmassen die HL-Bedrohung nicht vollständig abwehren, da nur ein bestimmter Anteil des Hohlladungsstrahls durch die Störmaßnahmen beeinflusst werden kann. Daher müssen üblicherweise etwa 20 bis 30 Prozent der Leistung der Hohlladungsmunition als Restleistung von der Grundpanzerung des Fahrzeugs kompensiert werden.

[0012] Den Gewichtsvorteilen reaktiver Anordnungen gegenüber passiven Schutzanordnungen steht eine Reihe von Nachteilen gegenüber. So wirken konventionelle reaktive Schutzsysteme überwiegend durch das Prinzip der fliegenden Platten, die einmal das Umfeld des gepanzerten Fahrzeuges stark gefährden und zum anderen mit der zur Fahrzeugwand hin fliegenden Platte die Struktur beaufschlagen. Dies ist insbesondere bei leichter gepanzerten Fahrzeugen von größter Bedeutung.

[0013] Es sind eine Reihe derartiger Panzerungen bekannt. Die beschleunigten Platten bestehen dabei bevorzugt aus Stahl, wie zum Beispiel in der EP 0 379 080 A2 beschrieben. Gemäß dieser Offenlegung wird der reaktive Schutz mit einem zusätzlichen passiven Schutz kombiniert, um den Teil des Hohlladungsstrahls, welcher vom Reaktivschutz nicht genügend abgebaut wird, zu kompensieren.

[0014] In der US-A-5,824,951 wird eine Reaktivpanzerung beschrieben, bei der die den Sprengstoff umgebenden inerten Platten aus unterschiedlichen Materialien bestehen. Die gegen den Hohlladungsstrahl beschleunigte Platte ist aus Glas, die mit dem Strahl auf das zu schützende Fahrzeug zufliegende Platte aus Stahl. Hinter der mit dem Strahl fliegenden Platte ist ein Hohlraum vorhanden, um deren Bewegung für den Zeitraum der Interaktion mit dem Hohlladungsstrahl nicht zu stören.

[0015] In der US-A-4,741,244 wird eine reaktive Panzerung beschrieben, bei der hinter der gegen das Fahrzeug fliegenden Platte ein Hohlraum vorgesehen ist. In dieser Offenlegung wird dargelegt, dass die Schutzwirkung der hinteren Platte größer ist als die der auf den Strahl zufliegenden Platte. Diese rückwärts fliegende Platte aus Stahl bewegt sich mit sehr hoher Geschwindigkeit, sodass ein entsprechend schwerer Grundsatz auf dem Fahrzeug angebracht sein muss, damit die Fahrzeugwand nicht von Teilen des reaktiven Schutzes durchschlagen wird.

[0016] In der DE 37 29 211 C1 wird ein reaktiver Schutz beschrieben, bei dem schräg angeordnete Sandwich-Strukturen in Fahrzeugrichtung mit einem schichtweisen Aufbau aus Sprengstoff und spröden Materialien wie z.B. Glas kombiniert werden. Der Aufbau soll gegen den vorderen Teil des Hohlladungsstrahls wirken, der aufgrund der Trägheit der inerten Bleche den vorgelagerten reaktiven Schutz nahezu ungehindert durchdringt. In der beschriebenen Anordnung erfolgt ebenfalls eine hohe Belastung durch die auf das Fahrzeug auftreffenden Teile.

[0017] In der DE 199 56 297 C2 wird ein reaktiver Schutz gegen Hohlladungen beschrieben, bei dem in schräg zur Beschussrichtung angeordneten Schichten Sprengstoff beschussseitig flächig mit Störschichten aus Faserverbundmaterial zur Vermeidung harter Splitter belegt ist. Wenigstens eine Störschicht ist aus einem hochfesten Faserverbundwerkstoff in Form eines textilen Flächengebildes aus künstlichen oder nachwachsenden Rohstoffen oder deren Kombination gebildet.

[0018] Die DE 199 56 197 A beschreibt eine klassische Reaktivpanzerung, bei der lediglich die übliche metallische Komponente zur Vermeidung von Struktur- und Umfeldschäden durch eine nichtmetallische Platte (vorzugsweise aus Faserverbundwerkstoff) ersetzt ist. Die Schutzwirkung gegen HL- und KE-Bedrohungen wird durch die Beschleunigung einer oder mehrerer derartiger Platten erreicht, wobei die reaktive Anordnung in einer nichtmetallischen Behausung angeordnet ist. Die geschilderte Funktion einer zusätzlichen, als Beulblech bezeichneten Platte, ist nicht nachvollziehbar.

[0019] In der US-A-5,637,824 handelt es sich um eine klassische reaktive Komposit-Panzerung mit einer Sprengstoffschicht und einer in Richtung der Bedrohung beschleunigten metallischen Platte. Durch die Detonation wird in einer der Sprengstoffschicht folgenden, relativ dicken, dynamisch wirkenden und nach hinten mittels einer metallischen Platte verdämmten Schicht der HL-Strahl durch Strahlstörung in seiner Leistung vermindert. Der dynamische Effekt der Zwischenschicht kann durch eine in die Wirkzone eingebrachte Schicht und durch eine weitere Sprengstoffschicht vor der hinteren metallischen Platte verstärkt werden. Die Anordnung basiert auf dem in der Literatur beschriebenen Effekt des so genannten "Kraterzusammenbruchs" (Dynamic Collapse Effect). Als Materialien für die Erzeugung dieses Effekts werden praktisch alle liquiden, metallischen oder nichtmetallischen Materialien genannt - von denen die meisten allerdings keinen derartigen physikalischen Effekt bewirken. Es wird auch der Fall beschrieben, dass die vordere Verdämmung lediglich durch eine nichtmetallische Schutzschicht gebildet wird, wobei dann eine erhöhte Sprengstoffdicke zur Erzeugung des für einen dynamischen Effekt erforderlichen Innendrucks benötigt wird. Nach Detonation der ersten Folie stellt der Aufbau wieder eine herkömmliche reaktive Panzerung mit einer auf beiden Seiten belegten Sprengstoffschicht dar. Außerdem werden sowohl das Umfeld als auch insbesondere die Struktur belastet.

[0020] Bei der DE 37 29 211 C handelt es sich um eine klassische reaktive Sandwichanordnung (metallische Platte mit einer Sprengstoff-Zwischenschicht), die in einer besonderen Weise in Hartschaum eingebettet wird. Dieser ersten Wirkschicht folgt eine Sprengstoffschicht mit nachfolgender Sprödkörperstruktur (Glaskörper) mit Trennschichten aus Sprengstoff. Die gesamte komplexe Anordnung befindet sich in einem metallischen Gehäuse. Grundsätzlich stellt die beschriebene Anordnung also eine relativ dicke Vorpanzerung mit geneigt eingebrachten reaktiven Sandwiches aus sprengstoffbeschleunigten Stahlplatten dar, wobei die Zwischenräume mit Hartschaum gefüllt sind. Die bekanntermaßen durch derartige Anordnungen praktisch ungestört hindurchtretende, leistungsstarke Strahlspitze soll in der Folgeschicht aus einer dynamisch verdämmten Glaskörperstruktur abgefangen werden.

[0021] Auch bei der WO-A-94/20811 handelt es sich um eine herkömmliche reaktive Anordnung mit zwei gegeneinander geneigten, beidseitig belegten Sprengstoffschichten in einem massiven metallischen Gehäuse. Gegenstand der Erfindung war nicht die als bekannt vorausgesetzte klassische reaktive Sandwichanordnung mit metallisch beschleunigten Platten, sondern die Art ihrer Anordnung in einem massiven Gehäuse. Durch diesen Aufbau wurde sowohl ein Schutz gegen HL- als auch gegen KE-Bedrohungen erreicht. Derartige Aufbauten kommen in einer Reihe gepanzerter Fahrzeuge sowjetischen Ursprungs zum Einsatz.

[0022] Ein grundsätzliches Problem bei den reaktiven Sandwichschutzanordnungen insbesondere gegen KE-Bedrohungen besteht in der Initiierbarkeit der verwendeten Sprengstoffe bei relativ dünnen Belegungsdicken, die aus Gründen der erforderlichen niedrigen Energiedichte wegen der Schockbelastungen auf die Schutz- bzw. Gehäusestrukturen erforderlich sind. Die in der DE 33 13 208 C beschriebene Anordnung hat daher zum Ziel, mittels einer in eine herkömmliche reaktive Panzerung eingesetzten porösen bzw. aufgeschäumten Schicht mit eingelagerter Sprengstoffkomponente eine Strahlstörung vergleichbar mit der des so genannten Kraterzusammenbruchs zu bewirken. Diese Schicht ist insbesondere zum Schutz gegen KE-Bedrohungen beidseitig mit metallischen Platten belegt und stellt so wieder ein reaktives Sandwich herkömmlicher Bauart dar.

[0023] DE 102 50 132 A betrifft Schutzanordnungen gegen Blast erzeugende und projektilbildende Minen, nicht jedoch gegen Hohlladungen. Die Schutzwirkung erfolgt dabei über Behälter mit einem Füllmittel aus einem Liquid oder einem fließfähigen Medium. Grundsätzlich handelt es sich dabei um eine zwar dynamisch wirkende Schutzstruktur, nicht jedoch um eine reaktive Anordnung zur Abwehr von HL-Bedrohungen.

[0024] Aus den skizzierten Ausführungen zum Stand der Technik für reaktive Schutzsysteme lässt sich ableiten, dass die bisher bekannten reaktiven Systeme noch relativ schwer sind und einen verhältnismäßig hohen Grundsatz zur Kompensation der Restleistung erfordern. Bei PzAbwHwA entspricht dies noch einem erforderlichen Grundsatz in der Größenordnung von 60 bis 80 mm Panzerstahläquivalent.

[0025] Ferner offenbart die EP 0 689 028 A1 eine Schutzvorrichtung, auf welcher der Oberbegriff des Anspruchs 1 basiert.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0026] Die der Erfindung zugrunde liegende Problemstellung ist, auch mittelschwer- und selbst nur leicht gepanzerte Fahrzeuge mit entsprechend geringem Grundsatz gegen Hohlladungen, insbesondere gegen mittelkalibrige Hohlladungsgeschosse wie zum Beispiel PG-7 zu schützen ohne dass dabei zusätzliche, ballistisch wirksame Splitter entstehen. Ein derartiger HL-Schutz für leichte gepanzerte Fahrzeuge erfordert:

- eine sehr hohe Effektivität der Schutzanordnung, ein geringes Flächengewicht bei gleichzeitig minimaler Restleistung;
- die Fahrzeugwand darf weder durch die Bedrohung noch von Teilen des Schutzsystems unzulässig stark beaufschlagt oder durchschlagen werden;
- es darf keine Splitterbelastung der Fahrzeugumgebung durch das Schutzsystem erfolgen;

- die Beweglichkeit des Fahrzeugs darf nicht eingeschränkt werden, gegebenenfalls müssen Teile des Schutzsystems während der Mission an- oder abgebaut werden können;
- die jeweilige Straßenverkehrs-Zulassungsordnung (z.B. in Deutschland: StVZO) muss erfüllt sein;
- es darf keine über das Schutzsystem hinausgehende Gefährdung durch den Sprengstoff am Fahrzeug geben, d.h. in Deutschland z.B. Klassifizierung 1.4 nach Gefahrgutverordnung (GGVS);
- bei montiertem Schutz muss ein schneller Zugang zu Klappen und Stauräumen möglich sein.

[0027] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass wenigstens zwei Schichten eines pyrotechnischen Materials gleicher oder auch unterschiedlicher Mengenverhältnisse und/oder Dicken in einem Abstand voneinander frei oder in einem Gehäuse aus einem nichtmetallischem Werkstoff wie zum Beispiel Gummi in einem Winkel zur Beschussrichtung angeordnet sind. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0028] Erfindungsgemäß besteht dieser pyrotechnische Schutzaufbau aus einem im Auftreff- bzw. Wirkungsbereich der Bedrohung geneigten Träger beliebiger Formgebung, auf den beidseitig pyrotechnische Schichten aufgebracht sind. Durch die Zündung beider Schichten werden Stoßwellen und Reaktionsgase gebildet und sowohl gegen als auch in Richtung der durchdringenden Bedrohung beschleunigt. Dadurch werden bei Hohlladungen sowohl die vorderen, leistungsstarken Strahlelemente als auch ein entscheidender Teil der gesamten Strahllänge gestört und verlieren damit ihre Durchschlagsleistung. Der pyrotechnische Aufbau befindet sich dabei über die gesamte Wirkzeit zumindest näherungsweise in einem dynamischen Gleichgewicht und übt keine endballistisch relevanten bzw. zerstörenden Einflüsse auf sein Umfeld, d.h. weder auf den Außenbereich noch auf die zu schützende Struktur selbst aus. Die Größe des benötigten angestellten Bereichs ergibt sich dabei aus einfachen kinematischen Überlegungen des Durchdringungsvorgangs.

[0029] Es handelt sich um eine denkbar einfache und prinzipielle Anordnung, die grundsätzlich keinen Eingrenzungen oder einschränkenden technischen Vorgaben unterworfen ist. Daraus leitet sich eine Innovationshöhe ab, die von keiner bisher bekannten reaktiven Einrichtung erreicht wird. Außerdem ist die vorgestellte pyrotechnische Schutzfläche geeignet, bei einer Reihe bekannter Panzerungen sowohl durch eine Vorschaltung als auch durch Integrierung eine starke Erhöhung des Schutzniveaus zu bewirken.

[0030] Grundsätzlich können pyrotechnische Schutzflächen auf einfache Weise mit Anordnungen gegen KE-Bedrohungen kombiniert werden. In jedem Falle werden bei Schutzoptimierungen gegen mehrere Bedrohungsarten keine oder nur sehr geringe Totmassen benötigt.

[0031] Selbstverständlich muss trotz des grundsätzlich nicht eingeschränkten Gestaltungsspielraums ein vernünftiges Verhältnis der wenigen beteiligten Parameter eingehalten werden. Bei herkömmlichen reaktiven Panzerungen ist die Wirksamkeit entscheidend von Dimensionierungsvorgaben abhängig. Bei der vorliegenden Erfindung sind dagegen grundsätzlich nur wenige Voraussetzungen zu beachten, die zudem noch für alle reaktiven Anordnungen gelten. Hierzu gehören etwa die Mindestsprengstoffdicke für die Sicherstellung einer Initiierung oder einer durchlaufenden Detonation. Eine Ausnahme bildet die gewünschte Deflagration, soweit diese nicht über die Zusammensetzung der pyrotechnischen Schicht erreicht werden soll. Weitere Voraussetzungen ergeben sich aus den geometrischen Verhältnissen und aus der Relation zwischen Bedrohung und Schutzflächendimensionierung. Hierbei sind die eingesetzten Materialien wie z.B. die Art des Sprengstoffs oder entsprechende Beimischungen bis hin zur Anzahl der Schutzflächen zu berücksichtigen.

[0032] Aufgrund der hohen Wirksamkeit kann bei einer pyrotechnischen Schutzfläche entsprechend der Erfindung die aufzuwendende Sprengstoffmasse pro Flächeneinheit gegenüber bisher bekannten reaktiven Panzerungen erheblich geringer sein, bei Beachtung der oben genannten Einschränkungen bis zu 50%. Als Anhaltswert für die Auslegung kann gelten, dass die Dicke der Sprengstoffbelegungen bei einem Winkel zwischen Abwehrbereich und Bedrohung von über 30° etwa 50 % des mittleren Strahldurchmessers betragen kann.

[0033] Grundsätzliche Überlegungen zu den erreichbaren Geschwindigkeiten v freier und belegter Sprengstoffoberflächen können über die Gurney-Gleichung für ebene pyrotechnische Flächen angestellt werden:

$$v_1 = (2 \cdot E)^{0.5} \cdot \left((1 - A + A^2)/3 + b \cdot A^2 + a \right)^{-0.5}$$

mit

$a = M_1/C$ und $b = M_2/C$ sowie $A = (1 + 2 \cdot a)/(1 + 2 \cdot b)$;
 M/C : Verhältnis der Masse von Wand und Sprengstoff;
 Index 1 : vordere Fläche, Index 2: hintere Fläche;
 $(2 \cdot E)^{0.5}$: Gurney-Faktor (hier mit 2.800 m/s angenommen);
 $v_2 = A \cdot v_1$.

EP 1 846 723 B1

[0034] Bei quasi einseitiger Belegung wird a oder b gleich Null.

[0035] In der folgenden Tabelle sind einige Dimensionierungen berechnet, welche die grundsätzlichen Überlegungen unterstreichen. Dabei kommt es nicht auf den absoluten Betrag an, sondern auf die sich klar abzeichnenden Bestätigungen der Überlegung im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung (D: Dicke, M: Masse, S: Sandwich).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

5	10	15	20	25	30	35	40	45	50						
	v1	A	b	a	MSLos	MS	M2	rho2	D2	MC	rhoC	DC	M1	rho1	D1
	m/s	1	1	1	kg/m2	kg/m2	kg/m2	g/cm3	cm	kg/m2	g/cm3	cm	kg/m2	g/cm3	cm
0,01	3883	1,00	0,09	0,09	1,6	0,8	0,3	2,8	0,01	3,0	1,5	0,2	0,3	2,8	0,01
0,1	1888	1,00	0,93	0,93	16,0	8,4	2,8	2,8	0,1	3,0	1,5	0,2	2,8	2,8	0,1
0,1	3331	1,00	0,19	0,19	16,0	8,4	2,8	2,8	0,1	15,0	1,5	1	2,8	2,8	0,1
0,1	3883	1,00	0,09	0,09	16,0	8,4	2,8	2,8	0,1	30,0	1,5	2	2,8	2,8	0,1
0,1	4138	1,00	0,06	0,06	16,0	8,4	2,8	2,8	0,1	45,0	1,5	3	2,8	2,8	0,1
0,1	1958	0,70	0,75	0,37	21,3	11,2	5,6	2,8	0,2	7,5	1,5	0,5	2,8	2,8	0,1
0,1	641	0,21	3,73	0,37	64,0	33,6	28,0	2,8	1	7,5	1,5	0,5	2,8	2,8	0,1
0,1	351	0,11	7,47	0,37	117,3	61,6	56,0	2,8	2	7,5	1,5	0,5	2,8	2,8	0,1
0,1	242	0,07	11,20	0,37	170,6	89,6	84,0	2,8	3	7,5	1,5	0,5	2,8	2,8	0,1
0,1	51	0,02	56,00	0,37	810,2	425,6	420,0	2,8	15	7,5	1,5	0,5	2,8	2,8	0,1
0,01	342	0,07	6,54	0,02	150,5	79,1	78,5	7,85	1	12,0	1,2	1	0,3	2,8	0,01
0,01	348	0,08	6,54	0,07	152,4	80,1	78,5	7,85	1	12,0	1,2	1	0,8	7,85	0,01
0,10	434	0,16	6,54	0,65	179,3	94,2	78,5	7,85	1	12,0	1,2	1	7,9	7,85	0,10
0,01	4522	1,00	0,03	0,03	0,9	0,5	0,2	1,5	0,01	6,0	1,2	0,5	0,2	1,5	0,01
0,10	3067	1,00	0,25	0,25	8,6	4,5	1,5	1,5	0,1	6,0	1,2	0,5	1,5	1,5	0,10
0,10	2068	1,00	0,75	0,75	25,7	13,5	4,5	4,5	0,1	6,0	1,2	0,5	4,5	4,5	0,10

[0036] Bei größerer Explosivstoffdicke (DC) und relativ dünner Trägerschicht ergeben sich theoretisch Geschwindigkeiten in der Größenordnung der Schwadengeschwindigkeit bis über 4 km/s. Die freie Oberfläche bzw. eine geringe Belegung der Sprengstoffoberfläche entscheidet über eine Näherung an die theoretisch erreichbaren Geschwindigkeiten.

[0037] Bei sehr dünnen Belegungen (Schutz der Folienoberfläche) in der Größenordnung von 0,1 mm werden auch bei sehr geringen Sprengstoff-Foliendicken (z.B. 2 mm - die minimale Dicke wird durch die Zündeigenschaften bestimmt) sehr hohe Oberflächengeschwindigkeiten (über 3 km/s) erreicht. Bereits bei immer noch sehr geringen Belegungen (z.B. 1 mm Al) geht die Oberflächengeschwindigkeit auf unter 2 km/s zurück. Sie liegt aber im Vergleich zu herkömmlichen Sandwichs immer noch sehr hoch.

[0038] Bei einseitiger oder quasi einseitiger Belegung, mittlerer Sprengstoffdicke und relativ massiver Wand (z.B. zum KE-Schutz oder aus Systemgründen) ergeben sich bei realistischen Dimensionierungen und sehr hoher einseitiger Geschwindigkeit Wandgeschwindigkeiten in der Größenordnung von lediglich 50 m/s. Derart geringe Geschwindigkeiten sind noch mit mechanischen Mitteln zu beherrschen. Damit ergeben sich für diesen Grenzbereich von Auslegungen entsprechend der Erfindung besonders interessante Kombinationen, bei denen eine hohe Schutzeffizienz bei geringster Bautiefe und ohne Belastung von Umfeld und Struktur vereint sind.

[0039] Folgende grundsätzlichen Anordnungen werden im Zusammenhang mit Auslegungen des Trägers entsprechend der vorliegenden Erfindung beispielhaft betrachtet (vgl. Fig. 4 und Fig. 5):

Fig. 4A: Symmetrische Belegung mittels reiner Sprengstofffolien. Dies schließt selbstverständlich auch Folien mit Oberflächenbehandlung oder Oberflächenschutz ein. Dadurch erfolgt eine in erster Näherung gleichzeitige Detonation. Die "dynamische Verdämmung" durch die Detonationsgase erhöht die wirksame verdämmende Masse und es ergibt sich eine maximale Oberflächengeschwindigkeit in der Größenordnung der Schwadengeschwindigkeit. Die Wand selbst erfährt definitionsgemäß keine Beschleunigung. Die Geschwindigkeit der Reaktionsgase kann durch die Folienauslegung und den gewählten Sprengstoff erheblich beeinflusst werden, ebenso durch in die Sprengstoffmatrix eingebrachte Stoffe. Bei einer Belegung der Explosivstoffschicht mit einer massiven Schicht, wie dies ganz überwiegend bei klassischen Sandwichaufbauten der Fall ist, ist diese Einflussmöglichkeit stark eingeschränkt.

Fig. 4B und 4C: Unterschiedliche Explosivstoffbelegung. Dadurch ergibt sich eine resultierende Geschwindigkeit der Trennwand bzw. des Trägers. Bei entsprechender Ausgestaltung und einer geeigneten Materialwahl bedeutet dies grundsätzlich keine Einschränkung der Einsatzbandbreite. Eine nahezu vollständige Symmetrie der gesamten reaktiven Anordnung ist dann durch eine symmetrische Anordnung zweier Flächen zu erreichen. Als Ansatz für eine grobe Abschätzung der resultierenden Beschleunigung der tragenden Schicht bzw. der Verbindungsschicht entweder in Richtung der Bedrohung oder gegen die Bedrohung gerichtet, kann in erster Näherung die Differenzdicke zwischen beiden Sprengstofffolien gelten.

Fig. 5A: Zwischen den reinen Sprengstofffolien befindet sich eine ausgedehntere Wand (z.B. sehr geringer Dichte in der Größenordnung von 0,1 g/cm³). Diese Wand kann auch bei hoher Kompressibilität dynamisch relativ hart ausgelegt sein.

Fig. 5B und 5C: Die Sprengstofffolien in dem Fig. 5A entsprechenden Aufbau sind entweder auf der Wandseite (Trägerseite) oder auf der Außenseite (Bedrohungs- und Objektseite) mit einer sehr dünnen Schicht belegt. Dadurch wird nach den obigen Gurney-Betrachtungen eine Einstellung der gewünschten Schwadenausbreitungsgeschwindigkeit auf dieser Seite ermöglicht. Damit ist zum Beispiel auch im Bereich geringer Oberflächenbelegungen eine Verlängerung der Eingriffsdauer gegenüber der Bedrohung zu erreichen.

[0040] Selbstverständlich können die Sprengstofffolien oder auch die Belegungen veränderliche Dicken aufweisen. Dadurch kann z.B. die Effektivität einer Teilfläche, etwa zur Kompensation unterschiedlicher Schutztiefen oder Anstellungen, beeinflusst werden.

[0041] In Verbindung mit dem Abfangen der schnellen Strahlteile durch ausreichend hohe Geschwindigkeiten freier Folienoberflächen können sich über die geeigneten Oberflächenbelegungen sehr breit wirkende Anordnungen mit hohem Gesamtwirkungsgrad ergeben. Als Grenzfall kann dann eine einseitige Belegung der Sprengstoffolie mit einem beschleunigten Blech klassischer Dimensionierung angesehen werden. Dies gilt jedoch nur für diese Teilkomponente eines reaktiven Aufbaus, nicht jedoch für eine reaktive Anordnung im Sinne und mit dem Anspruch der vorliegenden Erfindung.

[0042] Eine dickere tragende Schicht oder eine Trennschicht zwischen den Sprengstofffolien mit zusätzlichen physikalischen Eigenschaften, zum Beispiel bezüglich des dynamischen Verhaltens oder spezifischer Eigenschaften gegenüber Stoßwellen, kann von Vorteil sein, weil die Eingriffstiefe erhöht wird, d.h. mehrere Strahlpartikel bzw. eine größere Strahllänge dort im Eingriff bleibt. Bekannte, mittels Sprengstoff dynamisch verdichtete Glaskörper funktionieren auf dieser Basis. Diese sind jedoch nicht zuletzt aufgrund der erforderlichen Dicken in der Massebilanz einer Panzerung

relativ schwer.

[0043] Bei reaktiven Panzerungen ist der Einfluss der Elementgröße auf die Verdämmung und damit auf die von den beschleunigten Komponenten erreichbaren Geschwindigkeiten von großer Bedeutung. Dabei ist leicht einzusehen, dass kleine Elementgrößen und größere Sprengstoffdicken sowie höhere Elementmassen geschwindigkeitsvermindernd wirken. Denn die Geschwindigkeit eines kleinflächigen Elementes wird umso mehr reduziert, je dicker (massereicher) die Belegung und je dicker die Sprengstoffschicht ist. Diese Geschwindigkeitsminderung kann in der Größenordnung von 50% liegen, sodass dieser Einfluss andere zielspezifische Parameter weit übersteuern kann. Bei sehr geringen Belegungsmassen oder bei reinen Sprengstoffschichten wird dieser Einfluss der Elementgröße entsprechend geringer. Auf die Geschwindigkeit der Gasschwaden bleibt er in erster Näherung ohne Einfluss. Daraus ergibt sich ein weiterer Vorteil bei Anordnungen entsprechend der vorliegenden Erfindung. Insbesondere werden die sehr wichtigen Auslegungskriterien wie Modulgröße und Wirkung in Randzonen positiv beeinflusst.

[0044] Durch einen mehrschichtigen Aufbau des Trägers kann dieser auch als Steuerungselement für den Energie- und Signaltransfer zwischen den Sprengstofffolien dienen. Ein Auslegungskriterium hierfür ist die akustische Impedanz der eingesetzten Materialien.

[0045] Die bei pyrotechnischen Schutzflächen entsprechend der Erfindung benötigten Sprengstoffschichten stellen nur geringe Ansprüche hinsichtlich Fertigungstoleranzen und Oberflächengüte und damit der Fertigungsverfahren. Dies vergrößert erheblich den Spielraum bei der Gestaltung der Oberfläche eines Schutzelements.

[0046] Eine weitere Verbesserung ergibt sich durch das grundsätzlich bekannte Verfahren, die Flächen der pyrotechnischen Schichten mit Materialien unterschiedlicher Dichte zu belegen. Vorteilhaft werden für die Belegungen Materialien geringer oder höherer Dichte, spröde, sich zerlegende oder delaminierende Werkstoffe wie Glas, Verbundmaterialien, Keramiken oder schockharte, aber bei relativ geringen Verformungsgeschwindigkeiten weiche Materialien wie etwa Gummi verwendet, die mit ihrer hohen Trägheit nach einer verhältnismäßig langen Ansprechzeit über eine längere Zeitdauer den mittleren und hinteren Teil des Hohlladungsstrahls zerstreuen bzw. erodieren. Als Materialien niedriger Dichte eignen sich z.B. metallische oder nichtmetallische Schäume. Bei freien Sprengstoffoberflächen erzielt Luft als umgebendes Medium wegen seiner geringen Trägheit eine kurze Ansprechzeit und sehr hohe Beschleunigung zur Zerstreuung der schnellen Teile aus dem vorderen Bereich des Hohlladungsstrahls.

[0047] Durch die Anwendung der in der Ballistik eingeführten Modellregeln, insbesondere des Crazz'schen Modellgesetzes, das ursprünglich für die Detonation von Sprengstoffen formuliert und später auf die gesamte Endballistik erweitert wurde, können in weiten Grenzen geometrische Änderungen vorgenommen werden. Damit kann ein in der Praxis erprobter Aufbau mittels physikalischer und geometrischer Abbildungsvorschriften in sehr weiten Grenzen auf vergleichbare Anwendungen übertragen werden. Weitere Hilfsmittel zur Dimensionierung bieten numerische Simulationen.

[0048] Die hohe Wirksamkeit einer Anordnung entsprechend der Erfindung ist grundsätzlich nicht an ein Gehäuse gebunden. Behälter, Gehäuse oder Abdeckungen dienen in erster Linie dem Fixieren oder dem Schutz der Wirkschichten, auch in Verbindung mit zu kombinierenden Schutzkomponenten und gegen äußere Einflüsse.

[0049] In der Praxis ist es vorteilhaft, die Wirkungsweise der Schutzanordnung entsprechend der Erfindung mit konstruktiven Vorgaben des zu schützenden Objekts zu verknüpfen. Dies kann von einem einfachen Aneinanderlegen bis hin zu sich ergänzenden Schutzstrukturen reichen. Die inerten Materialien der Vorder- und/oder Rückseite des Gehäuses aus einem oder mehreren Schichten können auch hinsichtlich der Wirksamkeit gegen KE-Geschosse optimiert werden.

[0050] In einer bevorzugten Ausführung werden die Schichten aus Sprengstoff und inerten Materialien in vorgefertigte Taschen des Schutzmoduls eingebracht, wodurch eine einfache und fertigungsgerechte Anpassung vom Reaktivschutz an das zu schützende Fahrzeug vorgenommen werden kann.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0051] Die die Erfindung kennzeichnenden Figuren und Erläuterungen der Vorgänge bei auftreffenden und durchdringenden Bedrohungen sind in der folgenden Liste zusammengestellt:

- Fig.1 Grundsätzlicher Aufbau einer pyrotechnischen Schutzfläche entsprechend der Erfindung.
- Fig.2 Wirkungsweise der pyrotechnischen Schutzfläche nach Fig. 1 zu einem relativ frühen Zeitpunkt des Ein- und Durchdringprozesses.
- Fig.3 Wirkungsweise der pyrotechnischen Schutzfläche nach Fig. 1 zu einem späteren Zeitpunkt des Ein- und Durchdringprozesses.
- Fig.4 Beispiele für pyrotechnische Schutzflächen nach Fig. 1 mit dünnen Trägern.
- Fig.5 Beispiele für pyrotechnische Schutzflächen nach Fig. 1 mit ausgedehnten Trägern.
- Fig.6 Beispiel für eine pyrotechnische Anordnung mit zwei freien Sprengstoffschichten.
- Fig.7 Beispiel für eine pyrotechnische Anordnung mit innerer Verdämmung.
- Fig.8 Weiteres Beispiel für eine pyrotechnische Anordnung mit Beulsandwich.

Fig. 9 Beispiel für eine pyrotechnische Anordnung mit Behälter/Gehäuse.

Fig. 10 Weiteres Beispiel für eine pyrotechnische Anordnung mit Behälter/Gehäuse.

Fig. 11 Weiteres Beispiel für eine pyrotechnische Anordnung mit Behälter/Gehäuse.

5 DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER DERZEIT BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0052] Obige sowie weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter, nicht einschränkender Beispiele unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen besser verständlich. So zeigt Fig. 1 den grundsätzlichen Aufbau einer pyrotechnischen Schutzfläche entsprechend der Erfindung mit dem auftretenden Hohlladungsstrahl bzw. der auftretenden Bedrohung 1, den pyrotechnischen Belegungen 2 und 3 und dem dazwischen liegenden Träger 4.

[0053] Fig. 2 zeigt den Zustand bzw. die Wirkungsweise der pyrotechnischen Schutzfläche nach Fig. 1 zu einem relativ frühen Zeitpunkt des Ein- und Durchdringprozesses. Die Initiierung der vorderen (der Bedrohung zugewandten) pyrotechnischen Belegung 2 erfolgt im Auftreffpunkt von 1 auf 2 (kleiner Kreis 5). Die Detonationsfront breitet sich in 2 mit einer Geschwindigkeit aus, die in der Größenordnung der mittleren Strahl-Durchdringungsgeschwindigkeit im abzuwehrenden Teil des Hohlladungsstrahls liegt (symbolisiert durch die Pfeile 6). Im Falle eines relativ dünnen Trägers erfolgt in der hinteren pyrotechnischen Belegung 3 eine Initiierung sowohl durch die sich von 5 aus halbkugelförmig ausbreitenden Stoßwellen als auch durch die durchdringende Strahlspitze im Auftreffpunkt von 1 auf 3 (kleiner Kreis 5A). Für die Ausbreitung der Detonationsfront in 3 gelten die gleichen Bedingungen wie bei 2 (Pfeile 6A). Aufgrund der geometrischen Verhältnisse und insbesondere auch der Ausgestaltung von 4 kann sich eine Asymmetrie in dem für den betrachteten Zeitpunkt geltenden Kontrollraum (großer Kreis 7) für das Kräftespiel und damit die Gesamtdynamik ergeben. Dies hat jedoch keinen Einfluss auf die grundsätzlichen Eigenschaften der beschriebenen Anordnung. Die sich gegen die Bedrohung ausbreitende Detonationsfronten aus beschleunigten Reaktionsgasen (und gegebenenfalls beschleunigten Oberflächenschichten) werden durch das sich ausdehnende Druckfeld 9 symbolisiert.

[0054] Bei freien oder nur geringfügig belegten Oberflächen von 2 und 3 ergeben sich hohe Ausbreitungsgeschwindigkeiten der Detonationsfront und der Reaktionsgase in Richtung des ein- bzw. durchdringenden Strahls (Pfeilfeld 8). Die Geschwindigkeit wird auch ganz entscheidend durch die verdämmende Eigenschaft der Flächen 4 und 3 (vor Zündung statisch aufgrund der trägen Masse, nach Zündung von 3 aufgrund des sich bildenden Druckfeldes) gegenüber der Sprengstoffschicht 2 erhöht. Dadurch werden Strahlteile im Spitzenbereich seitlich belastet und damit abgelenkt bzw. zerstört. Bei den insbesondere im Spitzenbereich gegen Störungen sehr sensiblen Hohlladungspartikeln sind Beaufschlagungen mit geringer Energie für eine große Leistungsverringerung (Zerstörung) dieser Teile ausreichend.

[0055] Die vordersten Strahlteile treten aufgrund des oben beschriebenen Eindringmechanismus jedoch noch durch die vordere pyrotechnische Schicht 2. Sie werden in der hinteren pyrotechnischen Belegung 3 abgefangen. Wegen der dort geltenden aktuellen physikalischen Bedingungen, der geometrischen Verhältnisse und der auftretenden Geschwindigkeiten in Verbindung mit den kurzen Reaktionszeiten wird in der hinteren Zone auch die vorderste Strahlspitze erreicht, sodass insgesamt eine vollständige Belastung, Ablenkung und damit Zerstörung eines großen Teils des Hohlladungsstrahls einschließlich der vordersten Partikel erfolgt.

[0056] Diese Verhältnisse sind in Fig. 3 dargestellt. Ein Teil der pyrotechnischen Belegung 2 wurde bereits in ein sich weiter ausbreitendes Druckfeld 9A umgesetzt. Der durch den großen Kreis 8A symbolisierte Kontrollraum für die Gesamtdynamik mit den entsprechenden Pfeilfeldern 8 und 10 der Reaktionsflächen von 2 und 3 zeigt sowohl ein in guter Näherung ausgeglichenes Gesamtbild der Kräfte als auch die Belastung der vordersten Strahlspitze in dem durch einen kleineren Kreis 11 gekennzeichneten Bereich des von 3 gebildeten Störfeldes 12.

[0057] Fig. 4 zeigt Beispiele für symmetrische oder asymmetrische pyrotechnische Schutzflächen mit dazwischen positionierten Trägern. Diese können sowohl schutzrelevant (z.B. als KE-Schutz oder Schutz gegen Flachkegelladungen) oder extrem leicht ausgeführt sein. Entsprechende reaktive Anordnungen können aus einem einzigen (ebenen oder gekrümmten bzw. beliebig geformten) Element gebildet werden oder durch die Kombination von zwei oder mehr Elementen zu einer Fläche zusammengesetzt sein. Damit ist es möglich, den reaktiven Schutz entsprechend der Erfindung der Bedrohung anzupassen.

[0058] In Fig. 5 sind einige Beispiele für (hier symmetrisch angeordnete) pyrotechnische Schutzflächen mit ausgedehnten Trägern bzw. Innenflächen (4A, 4B, 4C) dargestellt. Diese können, wie beschrieben, aus extrem leichten Materialien bestehen oder auch gleichzeitig als Innenvolumen (z.B. als Behälter) für andere Aufgaben dienen. Selbstverständlich sind der Ausgestaltung dieser inneren Bereiche keinerlei Grenzen gesetzt, soweit die Wirkungsweise der reaktiven Komponenten nicht unzulässig eingeschränkt wird.

[0059] Wie an Auslegungsbeispielen (vgl. Fig. 6 bis 11) und durchgeführten Experimenten gezeigt wird, sind ein- und/oder beidseitige Belegungen der Sprengstoffoberflächen im Innen- und/oder Außenbereich (13, 13A, 14, 14A) insbesondere für den Gesamtwirkungsgrad einer Panzerung von großer Bedeutung und ebenso für die Verteilung des noch erforderlichen Schutzes gegen die Resteindringtiefe der Bedrohung.

[0060] Für eine optimale Schutzwirkung reaktiver Anordnungen entsprechend der Erfindung kann die ein- oder beid-

seitige Verdämmung einer der Sprengstoffschichten für die Gesamtbilanz der Schutzwirkung oder in Verbindung mit auslegungstechnischen Vorgaben vorteilhaft sein. Eine derartige Verdämmung des Sprengstoffs zur Erhöhung der Gesamtschutzwirkung erfolgt vorteilhaft mit zerlegenden Massen wie z.B. Oberflächen aus metallischen oder nichtmetallischen Folien, GFK, Keramik oder Glas oder auch Flüssigkeiten und Gele.

[0061] Entsprechend der obigen Erläuterungen sind die Materialien der Verdämmungen in Menge und Dichte vorteilhaft so zu wählen, dass in Kombination mit den pyrotechnischen Schichten eine oder mehrere der Verdämmungsschichten möglichst frühzeitig in Bewegung versetzt werden, um die vorderen schnellen Teile des Hohlladungsstrahls zu stören und dass eine oder mehrere Verdämmungsmaterialien langsamer in Bewegung versetzt werden, damit diese die langsameren mittleren und hinteren Bereiche des Hohlladungsstrahls stören können.

[0062] Die Sprengstoffschichten können in einem oder mehreren metallischen oder nichtmetallischen Materialien niedriger Dichte (15-30 kg/m³) und hoher Kompressibilität als Matrix eingebettet sein (vgl. Fig. 6).

[0063] Die Ausgestaltung des Trägers 4 ist vollkommen frei. Er ist daher in Fig. 1 als gekrümmte Fläche dargestellt. Erforderlich ist nur eine ausreichende Neigung gegenüber der Bedrohung im Wirkungsbereich. Aufgrund der hohen Effizienz der pyrotechnischen Belegung sind bei der hier vorgeschlagenen Anordnung die Mindestwinkel im Vergleich zu bekannten reaktiven Aufbauten um 10° bis 15° geringer. Da bei Sandwichs herkömmlicher Bauweise von einem Mindestneigungswinkel von 45° ausgegangen wird, ist bei der vorliegenden Anordnung ein mittlerer Winkel zwischen Bedrohung und Abwehr von 30° bis 40° ausreichend. Der Winkel zwischen Abwehrfläche und Bedrohung kann über die Anstellung der gesamten Fläche oder über geometrische Modifikationen durch technische oder konstruktive Maßnahmen gebildet werden. So kann z.B. auch bei gegenüber einer Bedrohung für eine ausreichende Wirkung zu gering geneigten Fläche die erforderliche Neigung z.B. durch Wellung, Abwinkelung oder Lamellierung erreicht werden. Die unterschiedlichen Ausführungsformen der pyrotechnischen Schutzfläche können dabei eine zusammenhängende Fläche bilden oder aus einzelnen Modulen mit Zwischenräumen oder sonstigen Trennungen aufgebaut sein (z.B. Flächensegmente, Jalousie, getrennte oder ineinander greifende Module).

[0064] Die technische Ausgestaltung des Trägers ist grundsätzlich keinen Einschränkungen unterworfen (z.B. metallisch, nichtmetallisch, strukturiert, ein- oder mehrschichtig). Der Träger kann starr oder verformbar/beweglich sein und seine Dicke kann von Folienstärke bis zu einer massiven Platte oder dickeren Struktur reichen. Weiterhin kann er aus einem inerten Material oder aus einem chemisch/pyrotechnisch reaktionsfähigen Stoff bestehen. Damit kann in diesem Träger durch die Detonation der pyrotechnischen Belegungen auch ein inneres Hochdruckfeld aufgebaut werden.

[0065] Die Leistungsfähigkeit einer Schutzanordnung wird allgemein als Verhältnis der Referenzmasse (Leistung der Munition in Panzerstahläquivalent) zur Masse der Schutzanordnung selbst mittels zweier Faktoren beurteilt:

1. Em-Faktor, gebildet aus: $Em = m_{ref} / (mS + mRL)$, mit m_{ref} als Leistung der Bedrohung in stahläquivalenter Masse, mS als eingesetzter Schutzmasse und mRL als Restleistung in stahläquivalenter Masse; sowie

2. Fm-Faktor, gebildet aus $Fm = (m_{ref} - mRL) / mS$.

[0066] Der Em-Faktor dient als Beurteilungsmaßstab für die Güte eines Gesamtschutzes. Bei einer Teilschutzmaßnahme, d.h. bei einer noch vorhandenen Restleistung, erfolgt die Beurteilung der einzelnen Schutzanordnungen sinnvollerweise über den Fm-Faktor, um deren Güte vergleichend bewertend zu können.

[0067] Die nach dem derzeitigen Stand der Technik erzielbaren Fm-Werte liegen für passive Schutzanordnungen im Bereich von 5, für reaktive Anordnungen im Bereich von 8 bis 10.

[0068] Eine Anordnung entsprechend der Erfindung setzt grundsätzlich den Einsatz von pyrotechnischen Stoffen mit einer dem Anwendungsfall entsprechenden Dynamik, also Reaktionsfähigkeit voraus. Die Handhabung der hier benötigten pyrotechnischen Elemente und die damit verbundenen Sicherheitsvorkehrungen und andere operationelle Vorgaben werden dadurch entscheidend verbessert, dass die notwendigen technischen Voraussetzungen für die Trägerstruktur bzw. das Fahrzeug aufgrund der beschriebenen Vorteile denkbar tief angesetzt werden können. Weiterhin kann durch entsprechende Vorkehrungen die Einsatzdauer einer effektiven pyrotechnischen Belegung minimiert werden.

[0069] Fig. 6 zeigt einen prinzipiellen Aufbau entsprechend Fig. 5A. Die Hohlladung ist im Abstand 15 vor der reaktiven Schutzanordnung positioniert. Diese besteht in der einfachsten Form aus den zur Strahlachse 1 geneigten Sprengstoffschichten 16 und 17. Der reinen Fixierung der Sprengstoffschichten 16 und 17 dienen die Schichten 18, 19 und 20. Diese Schichten 18, 19 und 20 können auch als sehr leichte Verdämmung dienen. Dabei darf die erforderliche Ausbreitungsgeschwindigkeit der Oberfläche aber nicht wesentlich eingeschränkt werden.

[0070] Die Schutzanordnung entsprechend Fig. 6 wurde unter 45° experimentell mit einer Experimentierladung vom Typ PG 7 im Abstand (15) von etwa 2,5 Kalibern getestet. Der Schutzaufbau bestand aus Schaumstoff / Sprengstoff / Schaumstoff / Sprengstoff / Schaumstoff, das Flächengewicht betrug bei einer Dichte des Schaumstoffs von etwa 15 kg/m³ weniger als 30 kg/m² in LoS (Line of Sight). Die experimentell ermittelte Restleistung betrug etwa 30 % der Leistung der Hohlladung in Panzerstahl. Daraus errechnet sich ein außerordentlich hoher Fm-Wert von über 70. Weiterhin werden, wie bei den folgenden Beispielen, weder in Richtung der Bedrohung noch in Richtung des zu schützenden

Objekts endballistisch relevante Teile erzeugt.

[0071] Damit wurde bestätigt, dass eine solche extrem leichte Anordnung entsprechend der Erfindung als genereller Schutz in Verbindung mit allgemein zu schützenden Objekten, als Zusatzpanzerung und insbesondere als Schutz für nahezu alle Fahrzeuge geeignet ist. Für Fahrzeuge mit einem hohen Grundschatz, beispielsweise Kampfpanzer, ist eine solche Anordnung auch bestens geeignet, um die Seite und das Heck gegen die Bedrohung durch PzAbwHwa zu schützen.

[0072] In einem weiteren Experiment wurde die vordere Sprengstoffschicht 16 mit einer relativ dünnen Schicht aus einem Material mittlerer Dichte verdämmt. Bei einem Flächengewicht der reaktiven Schutzanordnung von ca. 100 kg/m² betrug die Restleistung nur noch etwa 10%. Dies ergibt einen Fm-Wert von über 25.

[0073] Vergleicht man diese experimentell ermittelten Leistungen mit Werten bekannter reaktiver Schutzanordnungen, so wird der Unterschied zu der erfindungsgemäßen Schutzanordnung sowohl hinsichtlich Restleistung (10% gegenüber etwa 30%) als auch Flächengewicht (~ 100 kg/m² gegenüber 300 kg/m²) deutlich.

[0074] In einem weiteren Versuch wurde sowohl die vordere Sprengstoffschicht 16 als auch die hintere Sprengstoffschicht 17 auf der Seite des Trägers mit einem spröden Material mittlerer Dichte (20, 20A) verdämmt (Fig. 7). Aufgrund der relativ dünnen inneren Schicht aus Schaumstoff 19 handelt es sich hierbei um einen besonders flachen Schutzaufbau nach Figur 5B. Bei einem Flächengewicht der reaktiven Schutzanordnung von unter 90 kg/m² betrug die Restleistung weniger als 10%. Dies ergibt einen Fm-Wert von über 30.

[0075] Die Restleistung der Hohlladung muss durch ballistisch wirksame Werkstoffe kompensiert werden. Da selbst Werkstoffe wie Panzerstahl, hochfestes Duraluminium oder Titan nur Effektivitäten bis 1,5 erreichen, wird die besondere Leistungsfähigkeit dieser erfindungsgemäßen Schutzanordnung insbesondere im Hinblick auf die Verwendung bei leichten Systemen deutlich. Die erreichten außerordentlich geringen Restleistungen bestätigen, dass die Verwendung einer solchen erfindungsgemäßen reaktiven Schutzanordnung für mittlere und sogar leichte gepanzerte Fahrzeuge ermöglicht wird.

[0076] Durch ein Experiment mit einer in Fig. 8 dargestellten, reaktiven Schutzanordnung wurde dies bestätigt. In dieser Kombination der in den Fig. 5 und 6 gezeigten Anordnungen (vordere Belegung: dünne Schicht mittlerer Dichte 21) war auf der Zielseite nach einer in Schaumstoff 19, 20 eingebetteten Sprengstoffschicht 17 eine Beulvorrichtung 22 angeordnet. Bei einem Flächengewicht der gesamten Schutzanordnung von ca. 170 kg/m² betrug die Restleistung nur noch etwa 1% bis 2%.

[0077] Ein Vergleich der absoluten Werte dieser erfindungsgemäßen reaktiven Schutzanordnung mit reaktiven Schutzsystemen nach dem Stand der Technik verdeutlicht diese bedeutende Innovationshöhe. Herkömmliche reaktive Schutzsysteme mit einem Flächengewicht von 300 kg/m² erzielen im günstigsten Fall Restleistungswerte von 20% der Referenzleistung der Bedrohung, d.h. bei der Bedrohung durch PzAbwHwa mit einer Leistungsfähigkeit von 300 mm bis 400 mm Panzerstahläquivalent, eine Restleistung von 60 mm bis 80 mm Panzerstahl. Dies entspricht einem Flächengewicht von 480 kg/m² bis 640 kg/m². In günstigsten Fall ergibt sich somit ein gesamtes Flächengewicht für den benötigten Panzerschutz von 780 kg/m². Beträgt die zu schützende Fläche eines Objektes beispielsweise 6 m² (z.B. Seitenschutz), so benötigt man ein gesamtes Schutzgewicht von 4680 kg. Demgegenüber liegt die Restleistung der erfindungsgemäßen reaktiven Schutzanordnung nur noch bei maximal 10 mm Panzerstahläquivalent, entsprechend einem Flächengewicht von 80 kg/m². In der Addition mit dem Flächengewicht dieser erfindungsgemäßen Schutzanordnung ergibt sich somit ein gesamtes Flächengewicht für den benötigten Panzerschutz von 250 kg/m². Dies bedeutet für das zu schützende Objekt mit einer Schutzfläche von 6 m² ein gesamtes Schutzgewicht von nur noch 1.500 kg, d.h. die Gewichtsersparnis gegenüber reaktiven Schutzsystemen nach dem Stand der Technik würde 3.180 kg betragen. Mit einer reaktiven Schutzanordnung nach der Erfindung benötigt man somit nur noch etwa 32% der Schutzmasse von konventionellen reaktiven Schutzanordnungen.

[0078] Die pyrotechnische Belegung der Schutzfläche kann sowohl aus einer Beschichtung, einer befestigten oder aufgelegten Sprengstoffolie, einem aufgetragenen reaktiven Gemisch (z.B. metallische Beimengungen zur Erhöhung der Störeffizienz) oder auch aus einem ein pyrotechnisches Wirkmittel beinhaltenden starren oder verformbaren Behältnis (Beutel) bestehen. Dessen Wände müssen jedoch derart ausgeführt sein, dass die beschriebene Wirkungsweise der pyrotechnischen Schutzfläche nicht beeinträchtigt wird. Bei Belegungsdicken der schnellen Komponenten in der Größenordnung von zehntel Millimetern ist dies jedoch gewährleistet. Die metallische oder nichtmetallische Hülle eines derartigen Behältnisses oder die Oberfläche der Sprengstoffolie kann sich auch aus dem Fertigungsverfahren ergeben. Außerdem können derartige Hüllen oder Oberflächen auch für den Schutz gegen Handhabungs- und Einsatzbelastungen sowie Umwelteinflüsse benötigt werden.

[0079] Pyrotechnische Schutzflächen lassen sich einfach kombinieren, um den erforderlichen Abwehreffekt etwa gegen verhältnismäßig schwere Bedrohungen zu erreichen. So wird z.B. durch das Zusammenschalten zweier relativ dünner pyrotechnischer Schutzflächen eine neue, hochwirksame Schutzfläche gebildet, deren Gesamtsprengstoffdicke immer noch geringer ist als die der bekannten reaktiven Panzerungen. So werden auch beim Einsatz zweier pyrotechnischer Schutzflächen aufgrund der weiter reduzierten Restleistung noch diese hohen Effizienzwerte erreicht bzw. noch größere Hohlladungen äußerst wirkungsvoll abgefangen. Dies gilt insbesondere auch für Tandem-Anordnungen.

[0080] Aus bekannten reaktiven Schutzeinrichtungen sind alle die Zündung der pyrotechnischen Fläche betreffenden Möglichkeiten abzuleiten oder zu übertragen. Hierzu gehört die Auslösung durch eine direkte Beaufschlagung oder über Zündhilfen bis hin zu einer gesteuerten Fremdzündung. Ebenso sind alle die Umkleidung oder Ummantelung der pyrotechnischen Fläche betreffenden Möglichkeiten abzuleiten oder zu übertragen. Hierzu gehört das Einbringen (oder Verpacken) in eine reine Schutzfolie (z.B. gegen Witterungseinflüsse, zur Stoß- oder Abriebsicherung beim Transport oder zur farblichen Gestaltung der Oberfläche).

[0081] Weitere Vorteile und Möglichkeiten der Ausgestaltung, die aus bekannten reaktiven Schutzeinrichtungen ohne besondere Kenntnisse abzuleiten oder zu übertragen sind, betreffen die Ausführung eines Gehäuses und Befestigungen einschließlich die Demontierbarkeit und damit Austauschbarkeit und Beweglichkeit (Einschub, Drehen, Kippen). Dies gilt auch für die Positionierung in einem Abstand vor dem zu schützenden Objekt durch Befestigungselemente oder Zwischenschichten. Diese dürfen selbstverständlich die Funktion nicht beeinträchtigen. Bei Zwischenschichten oder Abstandshaltern kann es sich beispielsweise um dünne Strukturen, Stoffe sehr geringer Dichte oder um Luftkammern handeln. Weitere Punkte betreffen z.B. modulare Aufbauten, mehrschichtige Anordnungen, Änderungen der Dicke von Träger und pyrotechnischen Belegungen und die Variation der beteiligten Wirkkomponenten. Selbstverständlich können auch beliebige Schichten oder Strukturen (beispielsweise gekrümmte, gewellte oder abgewinkelte Flächen) auf einer oder auf beiden Seiten mit einer pyrotechnischen Schutzfläche belegt sein.

[0082] Die höchst effizienten reaktiven Schutzvorrichtungen bzw. Schutzflächen entsprechend der Erfindung erübrigen auch weitgehend den Einsatz hoch komplexer und sehr störanfälliger aktiver Schutztechniken. Derartige Systeme sollen eine weitere Steigerung der Schutzleistung gegenüber klassischen reaktiven Schutzsystemen insbesondere dort erbringen, wo die Bedrohung durch das Objekt selbst auch mit leistungsfähigen bekannten reaktiven Einrichtungen nicht mehr abzuwehren ist oder das zu schützende Objekt durch die reaktive Panzerung selbst zu stark belastet oder gar zerstört würde.

[0083] Aber selbst dort, wo aktive Schutzsysteme vorgesehen sind, können die erfindungsgemäßen reaktiven Flächen einen entscheidenden Vorteil dadurch erbringen, dass derartige Module mit geringsten Flächenmassen und auch noch bei beliebig geformter oder sehr kleiner Elementgröße hohe Schutzleistungen erbringen. Dies kommt besonders bei aktiv beschleunigten Schutzelementen zum Tragen, da diese entsprechend der sehr geringen Massen für ihre Beschleunigung nur relativ geringe Energien benötigen.

[0084] Im Folgenden sind grundsätzliche Vorteile pyrotechnischer Schutzflächen bzw. Schutzvorrichtungen aufgelistet:

- Die pyrotechnische Schutzvorrichtung bzw. Schutzfläche besitzt ein minimales Flächengewicht.
- Die pyrotechnische Schutzvorrichtung bzw. Schutzfläche benötigt eine minimale Bautiefe.
- Die pyrotechnische Schutzfläche ist grundsätzlich ein freies Element und damit an keine weiteren technischen Einrichtungen gebunden.
- Die pyrotechnische Schutzvorrichtung besitzt einen optimalen Gesamtwirkungsgrad bezüglich Masse und Schutztiefe.
- Es besteht keine Einschränkung bei einem flächenhaften Aufbau sowohl hinsichtlich der Formgebung als auch der Schutztiefe. Damit sind auch extrem flache Bauweisen (Größenordnung: 20% bis 30% der HL-Referenzdurchschlagsleistung in Panzerstahl) möglich.
- Es können sehr kleine Elementgrößen realisiert werden, da der Randeinfluss (z.B. auf die Verdämmung) gegenüber herkömmlichen reaktiver Panzerungen sehr viel geringer ist.
- Die Anordnung ist dem Neigungswinkel der zu schützenden Fläche beliebig anzupassen.
- Die pyrotechnische Fläche kann als Modul beliebig positioniert werden, so z.B. als ein- oder mehrschichtige Vorpanzerung, als Wirkflächen in Verbindung mit Schürzen oder auch direkt als Schürze.
- Es erfolgt eine Belastung des HL-Strahls in zwei unterschiedlichen Richtungen mit minimaler Reaktionszeit und gleichzeitig hoher zeitlicher Streckung.
- Außer einem meist unproblematischen Blastdruck treten keine Strukturbelastungen auf. Damit können Verformungen der Tragstruktur vermieden werden.
- Es erfolgen keine Belastungen des gesamten Umfelds durch endballistisch relevante Massen.
- Die pyrotechnische Schutzfläche kann beliebig geformt sein und kann jeder Oberfläche oder inneren Struktur angepasst werden.
- Die pyrotechnische Schutzfläche kann starr oder verformbar/beweglich sein.
- Die pyrotechnische Schutzfläche kann an bestehende Oberflächen auf beliebige Art und Weise fest oder lösbar befestigt werden.
- Die pyrotechnische Schutzfläche kann als starrer oder beweglicher Vorhang in einem Rahmen oder lose vor einem zu schützenden Objekt aufgehängt oder aufgespannt werden.
- Pyrotechnische Schutzflächen können beliebige Schichten oder Strukturen auf einer oder auf beiden Seiten belegen.
- Es ist ein beliebiger Aufbau technisch eigenständiger Schutzflächen und deren Kombination möglich. So können

z.B. auch parallele oder gegeneinander geneigte pyrotechnische Schutzflächen kombiniert werden.

- Die pyrotechnische Fläche kann als eigenständige Einrichtung verwendet oder mit anderen Panzerungen (z.B. gegen KE- und FK-Bedrohungen) kombiniert werden.
- Die pyrotechnische Schutzvorrichtung kann mit Beulblechanordnungen wirkungsvoll kombiniert werden, da sie die hohen Strahlggeschwindigkeiten abbaut und damit die Wirksamkeit von Beulblechanordnungen (Beulsandwichs) erhöht.
- Pyrotechnische Flächen können als höchst effizientes mehrschichtiges flächenhaftes Modul z.B. gegen Bedrohungen relativ großkalibrier Mono-Hohlladungen oder HL-Tandembedrohungen eingesetzt werden.
- Die pyrotechnische Schutzfläche setzt keinen gehobenen technischen Anspruch (z.B. hinsichtlich Fertigungsverfahren, Fertigungstoleranzen und Homogenität des Sprengstoffs) voraus.
- Im Verhältnis zur erzielten Schutzleistung sind die Fertigungskosten der Schutzfläche gering.
- Mit pyrotechnischen Schutzflächen ergeben sich vielfältige Nachrüstmöglichkeiten bei vorhandenen Strukturen, Fahrzeugen oder sonstigen zu schützenden Oberflächen (auch als Zusatzpanzerung bei bereits vorhandenen inerten oder reaktiven Panzerungen).
- Beim Einsatz oder durch den Austausch reaktiver Komponenten ergibt sich bei einer Vielzahl von bekannten Beispielen reaktiver Schutzeinrichtungen eine technische Verbesserung der Gesamtstruktur.
- Pyrotechnische Schutzflächen können ohne größeren Aufwand dem Stand der Technik angepasst werden.
- Auch bei unterschiedlichen Belegungsdicken oder Elementmassen kann durch entsprechende Gestaltung oder Dimensionierung der übrigen Komponenten eine dynamische Ausgewogenheit hergestellt werden.
- Der Träger einer pyrotechnischen Schutzvorrichtung kann aus einem inerten Material oder aus einer hohlen oder gefüllten Struktur bestehen.
- Der Träger der pyrotechnischen Schutzfläche kann als reine Befestigungs- bzw. Montagefläche minimiert werden oder je nach Ausgestaltung (z.B. mehrschichtig oder als technische Struktur) in weiten Grenzen ballistische oder technische Zusatzforderungen erfüllen. Und dies ohne Minderung bzw. Störung der Grundleistung der Anordnung.
- Für das Gehäuse bzw. die Befestigungen der pyrotechnischen Fläche gelten alle bekannten Vorteile derartiger Einrichtungen.
- Bei Bedarf können auch die Seiten-, Dach- und Bodenflächen eines Gehäuses oder Behälters mit pyrotechnischen Schutzflächen belegt sein.
- Mittels pyrotechnischer Schutzflächen entsprechend der Erfindung ist auch erstmals ein hochwirksamer Schutz gegen HL-Bedrohungen bei leichten Fahrzeugen bzw. ungepanzerter Einrichtungen möglich.
- Mittels pyrotechnischer Schutzvorrichtungen entsprechend der Erfindung ist auch erstmals ein hochwirksamer Schutz gegen großkalibrige HL-Bedrohungen bei mittelschwer gepanzerten Fahrzeugen (z.B. SPz) möglich.
- Pyrotechnische Schutzflächen können als Ergänzung und/oder als Wirkkomponente bei aktiven Panzerungen eingesetzt werden.
- Pyrotechnische Schutzflächen können bei aktiven Panzerungen sowohl der Signalübertragung (Detonationsübertragung) als auch als Wirkflächen dienen.

[0085] Bei der reaktiven Schutzvorrichtung können die jeweiligen Sprengstoffschichten wahlweise durch einen oder mehrere, mit Füllstoffen oder Luft versehene Kammern umschlossen sein. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung insbesondere im Hinblick auf deren Verwendung und Einsatzfähigkeit bei leichten Fahrzeugen oder Transportmitteln sollen nachfolgend kurz aufgeführt werden.

[0086] Besonders vorteilhaft ist ein flexibles Gehäuse, von dem die nicht oder bereichsweise verdämmte Sprengstoffschichten vom Gehäuse umschlossen sind. Das Gehäuse (vgl. Fig. 9 bis 11) kann aus einem elastischen, metallfreien, keine Splitter bildenden Material bestehen wie zum Beispiel Elastomeren, Thermoplasten oder Duroplasten. Weiterhin aus nachgiebigen Werkstoffen wie Schäume oder Sinterwerkstoffen, aus Faserverbundwerkstoffen, einem Material von nachwachsenden Rohstoffen, Holz oder Kunstholz, einem organischen Material (Papier, Leder), einem textilen Material oder aus einer Kombination dieser Materialien. Bei einer vollständigen Integration einer oder beider Sprengstoffschichten in die Gehäusewandungen erfolgt eine dynamische Verdämmung des detonierenden Sprengstoffs. Dies kann zu einer weiteren Erhöhung der Schutzwirkung führen. Weiterhin kann die dem Gefechtsfeld zugewandte Sprengstoffschicht zusätzlich mit einer Verbundpanzerung insbesondere gegen kleinkalibrige Munition geschützt sein.

[0087] Der Veranschaulichung der nahezu unbegrenzten Gestaltungsmöglichkeiten von Behältern bzw. Gehäusen dienen die drei folgenden Anordnungen. So zeigt Fig. 9 ein Beispiel für eine pyrotechnische Anordnung 23, bei der das Gehäuse 28 eine senkrechte Rückwand besitzt. Hinter der dünnen vorderen Abdeckung 24 liegt die vordere pyrotechnische Schicht 25, gefolgt von einer Zwischenschicht 27, die aus Luft oder einem Medium sehr geringer Dichte besteht. Zwischen 27 und dem hinteren (gefüllten oder freien) Volumen 29 befindet sich eine weitere pyrotechnische Schicht 26.

[0088] Der reaktive Schutz kann mit oder ohne Gehäuse direkt oder im Abstand auf einer fahrzeugseitigen Beulvorrichtung aufgebracht sein. Die Beulstruktur besteht aus einer vorderen metallischen oder nichtmetallischen Schicht, einer dynamisch wirkenden Funktionsschicht, beispielsweise Gummi, und einer hinteren metallischen oder nichtmetallischen Schicht.

lischen Schicht, die beispielsweise eine äußere Wand des Fahrzugs (z.B. Staukasten etc.) darstellen kann.

[0089] Fig. 10 zeigt ein derartiges Beispiel für eine pyrotechnische Anordnung mit nachgeschaltetem Beulsandwich 30. Hier sind die pyrotechnischen Schichten 31, 33 unterschiedlich angestellt. Die vordere Sprengstoffolie 31 ist in die Front des Gehäuses eingebettet. Die geneigte Rückwand 36 des Gehäuses ist unterschiedlich stark. Der Raum 32 ist hier leer, um der mit der dünnen Schicht 27 belegten Folie 33 eine möglichst hohe Oberflächengeschwindigkeit zu ermöglichen. Hinter dem Medium geringer oder sehr geringer Dichte 34 befindet sich ein Beulplattensandwich 35. Der dahinter befindliche Raum 37 ist entweder leer oder mit einem Medium sehr geringer Dichte gefüllt.

[0090] Fig. 11 zeigt ein Beispiel für eine pyrotechnische Anordnung 38 mit einem auf der Rückseite offenen Gehäuse 39, welches hier auf die Wand 40 des zu schützenden Objekts direkt aufgesetzt ist. Die Anordnung 38 besitzt eine durchgehende vordere pyrotechnische Fläche 41, während die innere pyrotechnische Fläche in zwei Komponenten 45, 46 aufgeteilt ist, die z.B. durch eine Zwischenwand 44 getrennt sein können. Die Kammern 42 und 43 sowie 47 und 48 können mit Luft gefüllt sein oder mit Medien gleicher oder unterschiedlicher, sehr geringer Dichte.

[0091] In einer bevorzugten Ausführung werden die Schichten aus Sprengstoff und inerten Materialien in vorgefertigte Taschen des Behälters oder Gehäuses eingebracht, wodurch eine einfache und fertigungsgerechte Anpassung des Reaktivschutzes an das zu schützende Fahrzeug vorgenommen werden kann. Auch ein Austausch von Komponenten, z.B. ein Ersatz pyrotechnischer durch inerte Module, ist auf einfache Weise möglich. Ebenso können mehrere reaktive Teilflächen zu einer Schutzfläche kombiniert sein.

[0092] Je nach Werkstoff kann das Gehäuse mittels Vulkanisation, Gießen, Kleben, Pressen oder Zerspanung hergestellt sein. Denkbar sind auch alle Kombinationen der genannten Herstellungsverfahren. Weiterhin kann das Gehäuse eine Vorpanzerung beinhalten oder selbst darstellen. Das Gehäuse kann einen oder mehrere Hohlräume gleicher oder verschiedener Größe enthalten, in welche die inerten und explosiven Materialien des pyrotechnischen Schutzaufbaus eingelegt, eingeschoben, eingegossen oder eingepresst werden. Die Wandstärke kann einheitlich sein oder eine unterschiedliche Dicke aufweisen. Letzteres ist vorteilhaft, wenn das Gehäuse Teil einer der schutzwirksamen Schicht ist oder selbst eine inerte schutzwirksame Verdämmung darstellt. Die Gehäuse können so gestaltet sein, dass sie sich zu einer festen oder flexiblen Kontur zusammensetzen lassen. Diese Anordnung der Struktur verhindert das Herausreißen von Schutzmodulen bei Kollisionen des Fahrzeugs mit Hindernissen oder/und beim Beschuss. Einzelne Segmente dieser Wand können verschoben, weg gebogen oder aufgerollt werden, um dahinter liegende Fahrzeugbereiche zugänglich zu machen. Die Segmente der Wand können mit wenigen Handgriffen entfernt oder hinzugefügt werden.

[0093] In einer geeigneten Ausführung ist das Gehäuse so gestaltet, dass es an den Randbereichen mit benachbarten Gehäusen überlappt. Dadurch ist sichergestellt, dass auch bei Treffern im Randbereich oder direkt an der Gehäusekante genug Verdämmungsmaterial vorhanden ist. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Gehäusewandung im Bereich benachbarter Gehäuse eine Wandstärke aufweist, die zuverlässig sympathetische Detonationen der Sprengstoffschichten benachbarter Module verhindert, wenn ein Treffer außerhalb des überlappenden Bereichs auf das Modul erfolgt.

[0094] Die Befestigungselemente können an das Gehäuse vulkanisiert, gegossen, angeklebt oder eingehängt werden. Vorzugsweise sind die Befestigungselemente aus einem keine Splitter bildenden Werkstoff, der eine hohe Zähigkeit aufweist, damit bei einer Detonation benachbarter Module die nicht detonierten Module am Fahrzeug verbleiben. Die Befestigungen können durch hochfeste Fasern oder/und hochfeste Inlays aus Polymer oder Stahl verstärkt werden.

[0095] Die Gehäusewände sind für länger anhaltende thermische Belastungen (Feuer, Strahlungswärme) nachgiebig zu gestalten. Der maximale Innendruck bei längeren Belastungsdauern kann durch konstruktive Maßnahmen am Gehäuse begrenzt werden, so dass ein insensitiver Sprengstoff verbrennen kann, ohne sich dabei detonativ umzusetzen.

[0096] In dem Gehäuse können eine oder mehrere voneinander getrennte Kammern angeordnet sein, die durch die Sprengstoffschichten, den jeweiligen Matrixwerkstoff und das Gehäusematerial jeweils allein oder in Kombination begrenzt sind. Diese Kammern können mit sich zerlegenden, keine wirksamen Splitter bildenden Stoffen wie zum Beispiel Gase, Feststoffe, Flüssigkeiten, Gele, Kristalle, Fasern oder Schüttgut gefüllt sein. Die Hohlräume in der Wand oder im Gehäuse können als Behälter für Betriebsstoffe, Flüssigkeiten oder auch als Stauraum, zum Beispiel für Ausrüstungsgegenstände, genutzt werden. Diese Hohlräume des Gehäuses können auch mit Gasen oder Flüssigkeiten druckbeaufschlagt werden, um den reaktiven HL-Schutz entsprechend der Erfindung von der raumsparenden Transportstellung in die Abwehrstellung zu bewegen.

[0097] Die Gehäuse können so angeordnet werden, dass sie zusammenhängende Spalten bilden, die einzeln oder zu mehreren für Wartungsarbeiten am Fahrzeug aufgerollt oder zusammengeklappt werden. Das Gehäuse oder Teile des Gehäuses können auch gleichzeitig als Verpackung des Sprengstoffs für Lagerung, Handhabung, Führen am Fahrzeug und Transport im Sinne der GGVS ausgestaltet sein. Zur Vermeidung eines für die Umsetzung des Sprengstoffs kritischen Innendrucks können auch definierte Membranen oder Überdruckventile zur Begrenzung des Innendrucks im Gehäuse enthalten sein. Der Gehäusewerkstoff und die Gehäuseform müssen für eine Dekontaminierung optimiert sein.

[0098] Aus den Beschreibungen und Erläuterungen sowie den oben dargelegten grundsätzliche Vorteilen der erfindungsgemäßen pyrotechnischen Schutzvorrichtung bzw.

[0099] Schutzfläche folgt, dass diese nicht nur bisher auch nicht annähernd erreichte technische Leistungswerte aufweist, sondern auch in sehr weiten Grenzen ausgelegt werden kann. Es ergibt sich somit eine nahezu unbegrenzte

Anwendungsbandbreite und Modularität. Diese erstreckt sich bei gepanzerten Fahrzeugen vom Rundumschutz einschließlich beweglicher oder fest montierter Schürzen bis hin zum Dachschutz. Ebenso ist ein Schutz von Bodenflächen gegen entsprechende Bedrohungen denkbar. Darüber hinaus stellen pyrotechnische Schutzflächen auch einen höchst wirkungsvollen Schutz von Behältern oder Bauwerken dar.

[0100] Während die vorliegende Erfindung oben anhand verschiedener Ausgestaltungsmöglichkeiten umfassend beschrieben worden ist, bleibt es für den Fachmann selbstverständlich, dass auch zahlreiche Änderungen und Modifikationen daran vorgenommen werden können, ohne den durch die Patentansprüche definierten Schutzbereich zu verlassen.

Patentansprüche

1. Reaktive Schutzvorrichtung ohne endballistisch relevante Splitterbildung in beiden Funktionsrichtungen für ein zu schützendes Objekt, mit zwei im Wirkungsbereich der Bedrohung gegenüber der Bedrohung geneigten pyrotechnischen Schichten (2, 3) beidseitig einer starren oder flexiblen, ein- oder mehrschichtigen Zwischenschicht (4) beliebiger Formgebung,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Zwischenschicht (4) als Träger für die beiden pyrotechnischen Schichten (2, 3) dient, sodass nach Zündung der beiden pyrotechnischen Schichten (2, 3) Stoßwellen und Reaktionsgase gebildet werden, die unter einem Winkel sowohl gegen als auch in Richtung der durchdringenden Bedrohung (1) derart beschleunigt werden, dass sich die aus den beiden pyrotechnischen Schichten und der Zwischenschicht gebildete pyrotechnische Schutzfläche nahezu über die gesamte Wirkzeit in einem dynamischen Gleichgewicht befindet;
dass die Zwischenschicht (4) in Folienstärke ausgebildet ist und die aus den beiden pyrotechnischen Schichten (2, 3) und der Zwischenschicht (4) gebildete pyrotechnische Schutzfläche ein Flächengewicht von unter 90 kg/m² aufweist.
2. Reaktive Schutzvorrichtung nach Anspruch 1, bei welcher mindestens eine der pyrotechnischen Schichten (2, 3) eine freie Oberfläche besitzt oder ein- oder beidseitig verdämmt (13, 13A, 14, 14A) ist.
3. Reaktive Schutzvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei welcher zwei oder mehr pyrotechnische Schichten (2, 3) parallel oder in einem Winkel zueinander am zu schützenden Objekt angeordnet sind.
4. Reaktive Schutzvorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, bei welcher die aus zwei oder mehr pyrotechnischen Schichten (2, 3) und der Zwischenschicht (4) gebildete pyrotechnische Schutzfläche in einem Gehäuse (28) angeordnet ist.
5. Reaktive Schutzvorrichtung nach Anspruch 4, bei welcher in dem Gehäuse ein oder mehrere voneinander getrennte, leere oder mit Füllstoffen wie Gasen, Feststoffen, Flüssigkeiten, Gelen, Kristallen, Fasern oder Schüttgut gefüllte Kammern (42, 43, 47, 48) angeordnet sind.
6. Reaktive Schutzvorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, bei welcher die objektseitige pyrotechnische Schicht (3) mit einer Beulvorrichtung (22; 35) direkt oder mit Abstand hinterlegt ist.
7. Reaktive Schutzvorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, bei welcher wenigstens eine der pyrotechnischen Schichten (17) zwischen zwei diese tragenden Schichten (19, 20) angeordnet ist.
8. Reaktive Schutzvorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, bei welcher die Zwischenschicht (4) aus einem chemisch/pyrotechnisch reaktionsfähigen Stoff besteht.
9. Aktive Panzerung für ein zu schützendes Objekt, in welche eine aus zwei oder mehr pyrotechnischen Schichten (2, 3) und der Zwischenschicht (4) gebildete pyrotechnische Schutzfläche einer reaktiven Schutzvorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche integriert ist.

Claims

1. A reactive protection device for an object to be protected, in both functional directions without fragment formation which is relevant in terms of terminal ballistics, comprising two pyrotechnic layers (2, 3) which are inclined relative

to the threat in the region of action of the threat and which are arranged on both sides on a rigid or flexible, single-layer or multi-layer intermediate carrier (4) of any configuration,

characterized in that

the intermediate carrier (4) serves as a carrier for the two pyrotechnical layers (2, 3) such that after firing of the two pyrotechnic layers (2, 3) shock waves and reaction gases are formed which are accelerated at an angle both in opposite relationship to and also in the direction of the penetrating threat (1) in such a way that the pyrotechnic protection surface formed by the two pyrotechnic layers and the intermediate layer is disposed almost over the entire period of action in a condition of dynamic equilibrium;

the intermediate layer (4) is formed in foil thickness and the pyrotechnic protection surface formed by the two pyrotechnic layers (2, 3) and the intermediate (4) layer has a weight in relation to surface area of less than 90 kg/m².

2. A reactive protection device according to claim 1, wherein at least one of the pyrotechnic layers (2, 3) has a free surface or is tamped at one or both sides (13, 13A, 14, 14A).
3. A reactive protection device according to claim 1 or 2, wherein two or more pyrotechnic layers (2, 3) are arranged in parallel relationship or at an angle relative to each other on the object to be protected.
4. A reactive protection device according to any one of preceding claims, wherein the pyrotechnic protection surface formed by two or more pyrotechnic layers (2, 3) and the intermediate layer (4) is arranged in a housing (28).
5. A reactive protection device according to claim 4, wherein one or more chambers (42, 43, 47, 48) are arranged in the housing which are separated from each other and which are empty or filled with filling substances such as gases, solids, liquids, gels, crystals, fibers or loose material.
6. A reactive protection device according to any one of preceding claims, wherein the pyrotechnic layer (3) at the object side is backed by a buckling arrangement (22; 35) directly or at a spacing.
7. A reactive protection device according to any one of preceding claims, wherein at least one of the pyrotechnic layers (17) is arranged between two layers (19, 20) carrying it.
8. A reactive protection device according to any one of preceding claims, wherein the intermediate layer (4) is made from a chemically / pyrotechnically reactive substance.
9. Active armouring arrangement for an object to be protected, into which a pyrotechnic protection surface formed by two or more pyrotechnic layers (2, 3) and the intermediate layer (4) of a reactive protection device according to one of preceding claims is integrated.

Revendications

1. Dispositif de protection réactif pour un objet à protéger, sans formation notable d'éclats dans les deux directions lors de l'effet balistique final, comprenant, au niveau de la zone d'action de la menace, deux couches pyrotechniques (2, 3) inclinées par rapport à la menace, situées des deux côtés d'une couche intermédiaire (4) de forme libre, rigide ou flexible, pouvant être elle-même mono- ou multi-couches,

caractérisée en ce

que la couche intermédiaire (4) constitue le support des deux couches pyrotechniques (2, 3), de manière à ce qu'après l'allumage des deux couches pyrotechniques (2, 3), des ondes de choc et des gaz de réaction se forment et sont accélérés sous un certain angle aussi bien dans la direction de la menace perforante (1) que dans le sens opposé de telle manière que l'écran de protection constitué des deux couches pyrotechniques et de la couche intermédiaire est en équilibre dynamique pendant pratiquement toute la durée de l'effet,

que la couche intermédiaire (4) a l'épaisseur d'un film et que l'écran de protection pyrotechnique constitué des deux couches pyrotechniques (2, 3) et de la couche intermédiaire (4) a un poids surfacique inférieur à 90 kg/m².

2. Dispositif de protection réactif suivant la revendication 1,
où au moins une des couches pyrotechniques (2, 3) possède une surface libre ou est confinée sur un ou les deux
côtés (13, 13A, 14, 14A).
- 5 3. Dispositif de protection réactif suivant la revendication 1 ou 2,
où deux ou plus couches pyrotechniques (2, 3) sont disposées sur l'objet à protéger, soit en parallèle, soit en formant
un angle entre elles.
- 10 4. Dispositif de protection réactif suivant une des revendications précédentes,
où l'écran pyrotechnique constitué par les couches pyrotechniques (2, 3) et la couche intermédiaire (4) est installé
dans un boîtier (28).
- 15 5. Dispositif de protection réactif suivant la revendication 4,
où le boîtier comporte une ou plusieurs chambres (42, 43, 47, 48) vides ou remplies de charges telles que gaz,
solides, liquides, gels, cristaux, fibres ou matières en vrac.
- 20 6. Dispositif de protection réactif suivant une des revendications précédentes,
où la couche pyrotechnique (3) située face à l'objet est doublée d'un dispositif antilambement (22, 35), installé soit
directement sur celle-ci, soit avec un espacement.
- 25 7. Dispositif de protection réactif suivant une des revendications précédentes,
où au moins une des couches pyrotechniques (17) est disposée entre deux des couches portantes (19, 20).
8. Dispositif de protection réactif suivant une des revendications précédentes,
où la couche intermédiaire (4) est faite d'une matière capable de réaction chimique ou pyrotechnique.
- 30 9. Dispositif de blindage actif pour un objet à protéger qui intègre un écran pyrotechnique constitué de deux ou plusieurs
couches pyrotechniques (2, 3) et la couche intermédiaire (4) d'un dispositif de protection réactif suivant une des
revendications précédentes.

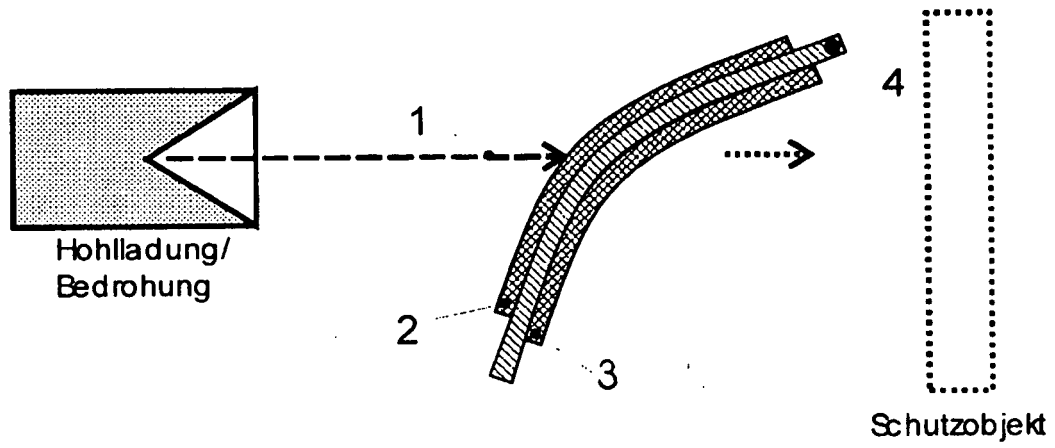


Fig. 1

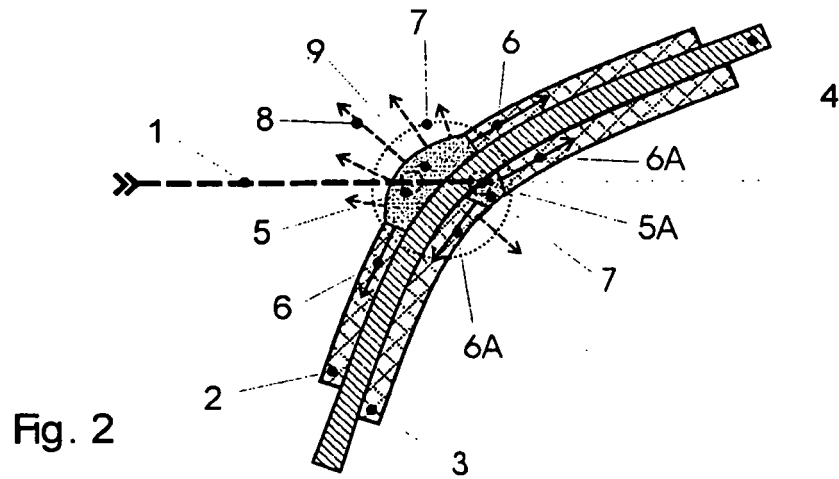


Fig. 2

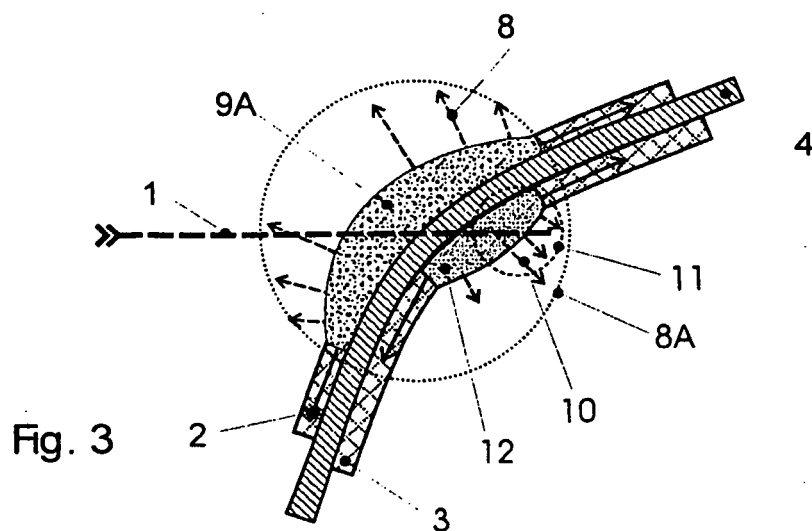


Fig. 3

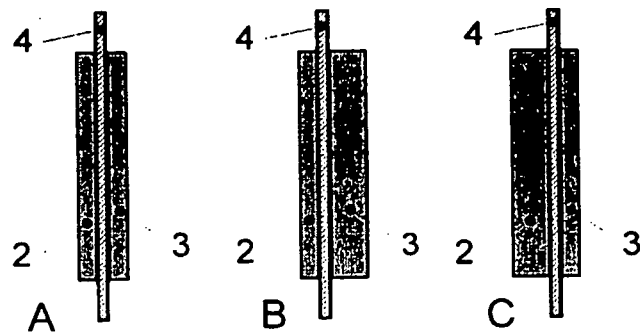


Fig. 4

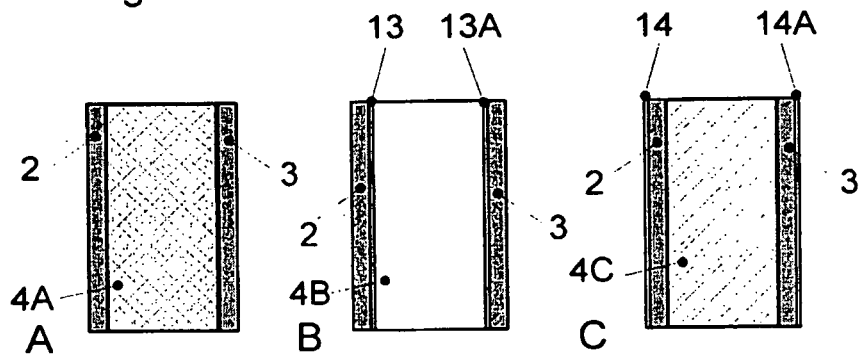


Fig. 5

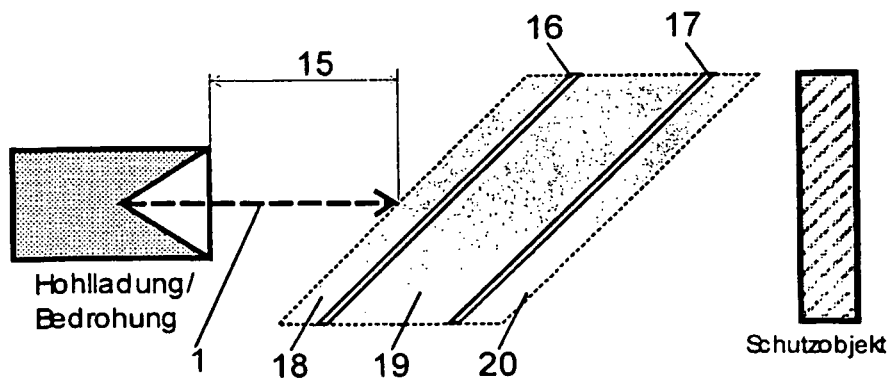
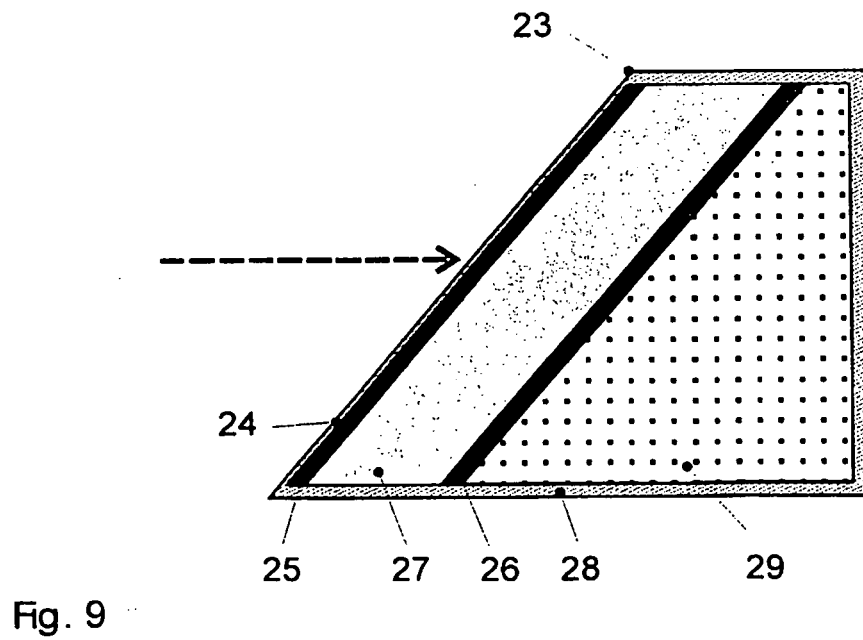
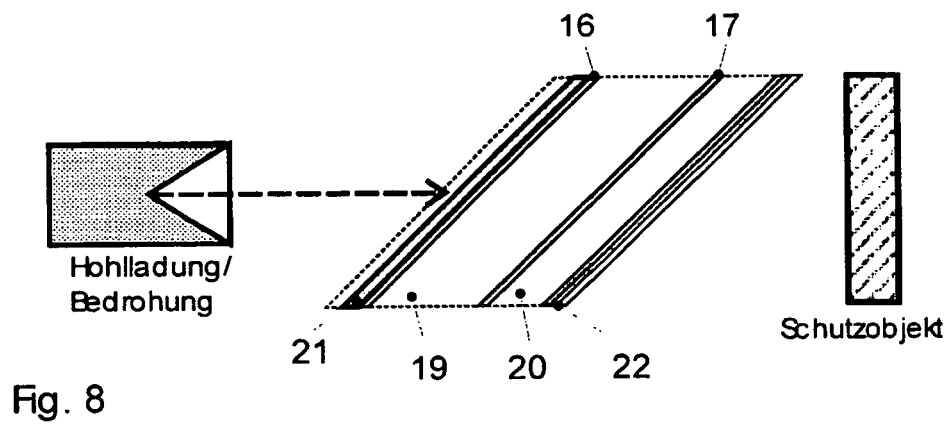
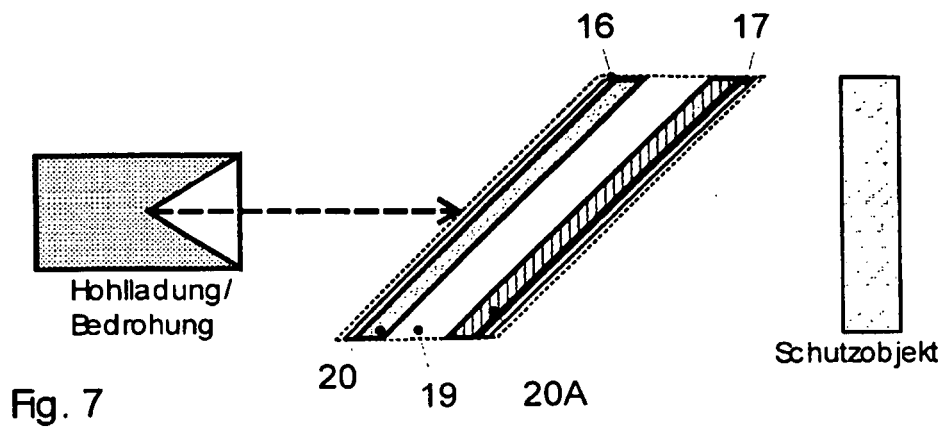


Fig. 6



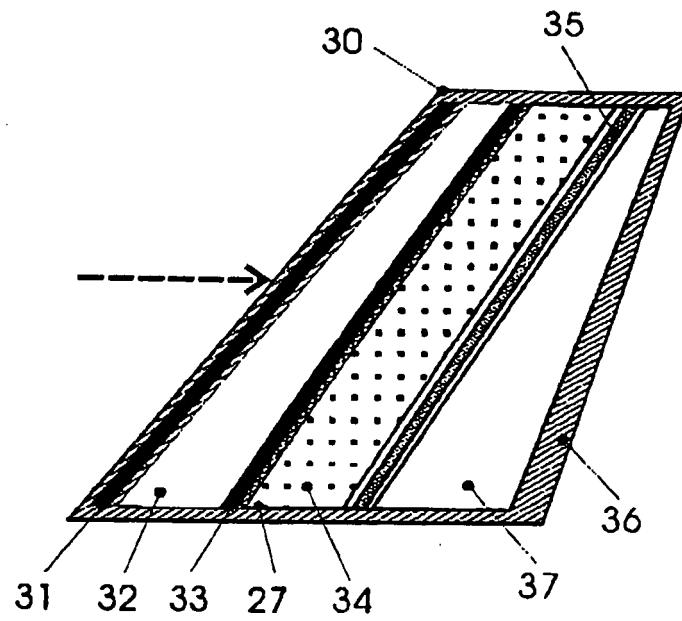


Fig. 10

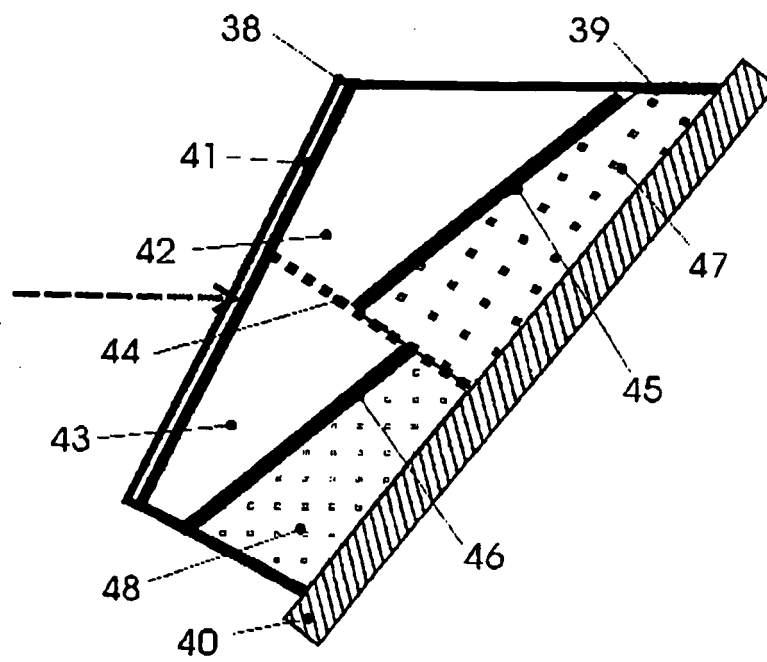


Fig. 11

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0379080 A2 [0013]
- US 5824951 A [0014]
- US 4741244 A [0015]
- DE 3729211 C1 [0016]
- DE 19956297 C2 [0017]
- DE 19956197 A [0018]
- US 5637824 A [0019]
- DE 3729211 C [0020]
- WO 9420811 A [0021]
- DE 3313208 C [0022]
- DE 10250132 A [0023]
- EP 0689028 A1 [0025]