



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.02.2020 Patentblatt 2020/09

(51) Int Cl.:
F42B 12/16^(2006.01) F42B 12/18^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19193223.5**

(22) Anmeldetag: **23.08.2019**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Werner, Arnold**
85051 Ingolstadt (DE)
• **Benedikt, Mayr**
86529 Schrobenhausen (DE)

(30) Priorität: **24.08.2018 DE 102018006741**

(74) Vertreter: **Isarpatent**
Patent- und Rechtsanwälte Behnisch Barth
Charles
Hassa Peckmann & Partner mbB
Friedrichstrasse 31
80801 München (DE)

(71) Anmelder: **TDW Gesellschaft für verteidigungstechnische Wirksysteme mbH**
86529 Schrobenhausen (DE)

(54) **TANDEM-LADUNG FÜR EINEN FLUGKÖRPER**

(57) Die vorliegende Erfindung schafft eine Tandem-Ladung (1) für einen Flugkörper, mit: einer Vorladung (2), insbesondere Vorhohlladung, sowie einer Hauptladung (3), welche eine Hülle (4) und eine innerhalb der Hülle aufgenommene Sprengladung (11) auf-

weist, wobei die Hülle an einer Innenseite ein Einleitungselement (12, 13, 14) aufweist, welches zur Verstärkung der Einleitung von bei Detonation der Vorladung entstehenden in die Hülle eingekoppelten Schockwellen in die Sprengladung ausgebildet ist.

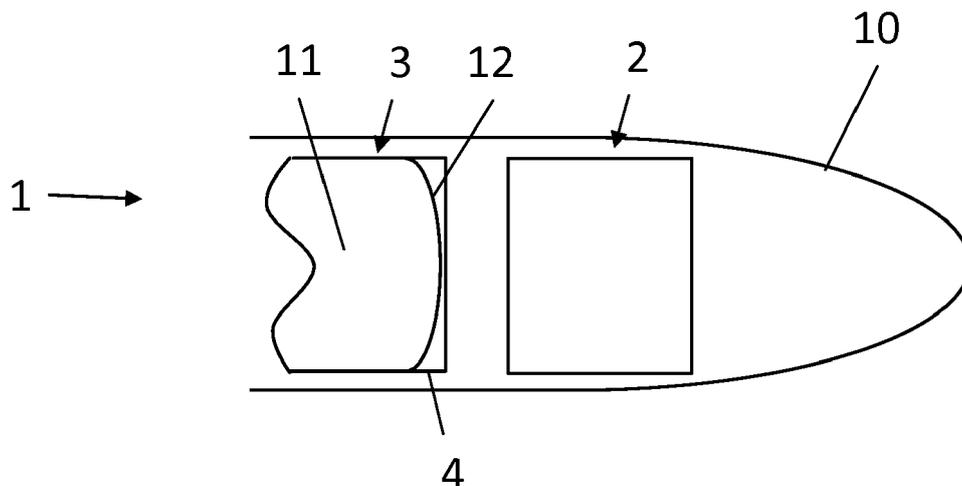


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Tandem-Ladung für einen Flugkörper.

[0002] Sogenannte Tandem-Ladungen enthalten eine Vorladung und eine Hauptladung, was der Bekämpfung von harten Zielstrukturen, wie Bunker oder dergleichen dient. Die Vorladung, welche meist als Vorhohlladung vorgesehen ist, erzeugt zunächst einen tiefen Krater im Zielmaterial, in welchen die Hauptladung vordringt. Durch diese "Vorbohrung" mittels der Vorhohlladung wird einerseits die Wirkleistung der Hauptladung deutlich erhöht und andererseits das Risiko einer Abgleitung vom Ziel bei schiefen Auftreffwinkeln ("Ricochet"-Effekt) reduziert. Entsprechend groß wird dafür eine derartige Vorhohlladung ausgelegt.

[0003] Die DE 36 03 610 C1 beschreibt eine Tandem-Hohlladung. Zwischen einer Vorhohlladung und einer Haupthohlladung wird hier eine feste Schutzhaube aus Stahl vorgeschlagen, welche die Haupthohlladung komplett umgibt und so einerseits einen freien Raum zur Stachelbildung und andererseits einen Schutz vor Schwaden und Fragmenten sowie der Stoßwelle bei Detonation der Vorhohlladung bereitstellt.

[0004] Vor diesem Hintergrund liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Tandem-Ladung bereitzustellen.

[0005] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine Tandem-Ladung für einen Flugkörper mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

[0006] Demgemäß ist eine Tandem-Ladung für einen Flugkörper vorgesehen. Die Tandem-Ladung umfasst eine Vorladung, insbesondere Vorhohlladung, sowie eine Hauptladung, welche eine Hülle und eine innerhalb der Hülle aufgenommene Sprengladung aufweist. Die Hülle weist an einer Innenseite ein Einleitungselement auf, welches zur Verstärkung der Einleitung von bei Detonation der Vorladung entstehenden in die Hülle eingekoppelten Schockwellen in die Sprengladung ausgebildet ist.

[0007] Die der Erfindung zugrunde liegende Erkenntnis besteht darin, dass moderne Sprengladungen sehr hohe Initierschwellen aufweisen, welche weit oberhalb der Schockwellenamplituden liegen.

[0008] Die der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Idee besteht nun darin, eine in die Hülle eingekoppelte Schockwelle gezielt in die Sprengladung ein- bzw. abzuleiten und so aus der Hülle zu entfernen. Erreicht wird dies mittels des Einleitungselements, welches eine hohe Transmission der Schockwelle in die Sprengladung gewährleistet. Somit wird erfindungsgemäß die Transmissions-Amplitude gesteigert.

[0009] Auf diese Weise wird eine Weiterleitung der Schockwelle innerhalb der Hülle wirksam vermindert. Somit wird eine Belastung auf mit der Hülle gekoppelte Bauelemente der Hauptladung, insbesondere eine meist an einer Rückseite angeordnete Sicherungseinrichtung und/oder ein Zündsystem sowie mechanische Komponenten wie Gewinde und dergleichen, stark reduziert.

[0010] Erfindungsgemäß koppelt also die Schockwelle verstärkt in die Sprengladung ein und breitet sich dort aus. Durch diese Schockwellen-Transmission in die Sprengladung teilt sich die Schockwelle auf und verliert dadurch nützlicher Weise an Energie. Ferner weist die Sprengladung eine gewisse Dämpfung auf, weshalb eine Rücktransmission in die Hülle vernachlässigbar ist. Die in der Hülle verbleibende Energie wird somit insgesamt deutlich abgeschwächt.

[0011] Die Hauptladung kann dabei unterschiedlichste Ausgestaltungen aufweisen. Insbesondere ist die vorliegende Erfindung für Penetrator-Hauptladungen mit einer Penetratorhülle anwendbar.

[0012] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen ergeben sich aus den weiteren Unteransprüchen sowie aus der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Figuren.

[0013] Gemäß einer Ausführungsform weist die Hülle eine zu der Vorladung ausgerichtete Spitze auf und das Einleitungselement ist im Bereich der Spitze angeordnet. Da an der Spitze der größte Anteil der Stoßwelle eingekoppelt wird, kann hier mittels des Einleitungselements der größte Effekt erzielt werden.

[0014] Gemäß einer Ausführungsform ist die Hülle ausgebildet, einen bündigen Kontakt zwischen der Hülle und der Sprengladung zur Transmission der Schockwellen von der Hülle in die Sprengladung zu gewährleisten. Alternativ oder zusätzlich ist die Sprengladung ausgebildet, einen bündigen Kontakt zwischen der Hülle und der Sprengladung zur Transmission der Schockwellen von der Hülle in die Sprengladung zu gewährleisten. Eine solche Ausbildung ist insbesondere im Bereich des Einleitungselements vorgesehen. Dies dient der Transmission, denn eine Transmission aus der Hülle in die Sprengladung ist nur dann effektiv möglich, wenn ein solcher bündiger Kontakt zwischen der Sprengladung und der Hülle vorhanden ist. Ohne einen solchen Kontakt, beispielsweise im Falle eines Luftspalts zwischen der Sprengladung und der Hülle, kann die Schockwelle nicht mehr in die Sprengladung eindringen und bleibt in der Hülle gefangen (sog. "Shock Wave Trapping"). Durch die erfindungsgemäße Ausbildung der Hülle und/oder Sprengladung wird das "Shock Wave Trapping" vermieden somit eine effektive Transmission der Schockwelle in die Sprengladung gewährleistet. Dies führt somit zu einer Steigerung der Schockwellen-Suszeptibilität der Sprengladung.

[0015] Gemäß einer Ausführungsform weist die Hülle eine lokale Ausgleichskavität auf, welche derart ausgebildet und angeordnet ist, dass etwaiges sich unerwünscht innerhalb der Hülle befindliches Gas, insbesondere Luft, durch ein Kompressionselement der Hauptladung in die Ausgleichskavität pressbar ist. Alternativ oder zusätzlich kann auch die Sprengladung eine derartige Ausgleichskavität aufweisen. Auf diese Weise kann effektiv die Entstehung eines Luftspalts

bzw. Luftpolsters, vermieden werden, insbesondere auch für den Fall, dass es dem Kompressionselement nicht mehr gelingt, die Luft aus der Hülle heraus zu pressen. Somit wird trotz vorhandener Gase bzw. Luft der unerwünschte Spalt und damit ein Kontaktverlust zwischen Hülle und Sprengladung vermieden.

[0016] Gemäß einer Ausführungsform ist die Ausgleichskavität als eine im Bereich der Spitze vorgesehene lokale Ausnehmung des Einleitungselements ausgebildet. Alternativ oder zusätzlich kann die Ausgleichskavität als eine im Bereich der Spitze vorgesehene lokale Ausnehmung der Sprengladung ausgebildet sein. Aufgrund der in der Regel zur Spitze hin zulaufenden Form der Sprengladung wird sich ein Gas durch den Druck des Kompressionselements zumeist im Bereich der Spitze ansammeln. Somit vermeidet die Anordnung der lokalen Ausnehmung im Bereich der Spitze die Gasansammlung effektiv.

[0017] Gemäß einer Weiterbildung ist die Ausnehmung als Sacklochbohrung oder als Nut ausgebildet. Insbesondere kann es sich um eine sich in das Material hinein aufweitende Sacklochbohrung oder Nut handeln, wobei eine Öffnung zur Kontaktfläche zwischen Sprengladung und Hülle kleiner als ein Durchmesser bzw. ein Bauch der Ausnehmung im Material des Einleitungselements oder der Sprengladung ist.

[0018] Gemäß einer Ausführungsform weist die Sprengladung eine von dem Einleitungselement abgehende Entlüftung auf. Alternativ oder zusätzlich kann die Hülle eine von dem Einleitungselement abgehende Entlüftung aufweisen. Bei der Entlüftung handelt es sich insbesondere um eine Entlüftungsnut oder einen Entlüftungskanal. Die Entlüftungsnut kann beispielsweise oberflächlich an der Grenzfläche zwischen Sprengladung und Hülle vorgesehen sein. Einen Lüftungskanal kann beispielsweise durch das Material der Sprengladung oder der Hülle hindurch geführt sein. Die Entlüftung ist derart ausgebildet und angeordnet, dass etwaiges sich unerwünscht innerhalb der Hülle befindliches Gas, insbesondere Luft, durch einen mit einem Kompressionselement der Hauptladung aufgebracht Druck aus der Hülle pressbar ist. Vorzugsweise reicht die Entlüftung dazu von dem Einleitungselement im Bereich der Spitze bis zum Heck der Hauptladung. Auf diese Weise kann effektiv die Entstehung eines Luftspalts bzw. Luftpolsters, vermieden werden.

[0019] Gemäß einer Weiterbildung weist die Hauptladung ein deflagratives Zündsystem auf, wobei die Entlüftung in das deflagrative Zündsystem integriert vorgesehen ist. Unter einer Deflagration ist ein schneller Verbrennungsvorgang zu verstehen bzw. eine stark abgeschwächte "Detonation", insbesondere um etwa eine Größenordnung abgeschwächt. Derartige Zündsysteme reichen insbesondere von einem Heck einer Hauptladung bis zu dem Bereich einer Spitze der Sprengladung. Insbesondere verlaufen derartige Zündsysteme symmetrisch zentral in der Sprengladung. Die Entlüftung, insbesondere ein Entlüftungskanal, kann somit von dem Bereich der Spitze der Sprengladung bzw. dem Bereich des Einleitungselements in dem Zündsystem bis in das Heck der Hauptladung und somit aus der Hülle geführt werden. Vorteilhaft können somit deflagrative Zündsysteme auf einfache Weise für eine zusätzliche Funktion zur Sicherstellung der Vermeidung von Shock-Wave-Trapping genutzt werden, indem ein Entlüftungskanal darin integriert wird.

Gemäß einer Ausführungsform weist das Einleitungselement eine der Sprengladung zugewandte Innenseite mit einer im Bereich der Spitze stumpfen Geometrie auf. Insbesondere handelt es sich um eine abgeflachte Geometrie. Der Winkel, unter dem eine Schockwelle von der Hülle auf die Sprengladung übertragen wird, hat großen Einfluss auf die Amplitude der eingekoppelten Schockwelle. Durch eine stumpfe bzw. abgeflachte Gestaltung der Sprengladung im Bereich der Spitze wird somit die transmittierte Amplitude bzw. Transmissions-Amplitude stark erhöht und damit die Schockwellen-Suszeptibilität der Sprengladung gezielt gesteigert. Auf diese Weise wird der Anteil der Schockwellenergie, der in der Hülle verbleibt, vermindert. Somit werden die weiteren Bauteile der Hauptladung, insbesondere im hinteren Bereich einer Penetrator-Hauptladung, vorteilhaft geschont.

[0020] Gemäß einer Ausführungsform ist das Einleitungselement integral mit der Hülle ausgebildet. Das Einleitungselement wird, insbesondere mit seiner an der Innenseite der Hülle im Bereich der Spitze abgeflachten Geometrie, direkt in dem Material der Hülle vorgesehen. Auf diese Weise sind vorteilhaft keine zusätzlichen Bauteile notwendig.

[0021] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das Einleitungselement als zwischen der Hülle und der Sprengladung angeordneter Einsatz ausgebildet. Der Einsatz ist vorzugsweise passgenau zu der inneren Form der Hülle ausgebildet, sodass er die Hülle nahtlos und spaltfrei ergänzt. Auf diese Weise lässt sich das Einleitungselement vorteilhaft auch noch für bestehende Hüllen nachrüsten. Ferner lassen sich somit die Eigenschaften des Einleitungselements, insbesondere ein Material des Einleitungselements, frei einstellen.

[0022] Gemäß einer Weiterbildung weist der Einsatz ein zu der Hülle unterschiedliches Material, insbesondere mit einer niedrigeren Dichte und einer niedrigeren Schockwellenimpedanz, auf. Unterschiedliche Materialien weisen in der Regel eine unterschiedliche Schockwellenimpedanz auf. Dies gilt insbesondere für Materialien mit unterschiedlicher Dichte, da die Schockwellenimpedanz unter anderem wesentlich von der Dichte eines Materials abhängt. An Materialübergängen, Nahtstellen oder dergleichen, an welchen sich im Falle unterschiedlicher Materialien ein Dichtesprung ergibt, ergeben sich somit auch Impedanzsprünge. Derartige Impedanzsprünge führen zu teilweiser Transmission und teilweiser Reflexion einer Schockwelle. Eine entsprechend geschickte Materialauswahl des Einsatzes mit einem möglichst geringen Impedanzunterschied im Vergleich zu der Hülle und der Sprengladung, insbesondere mit einer niedrigeren Dichte und Schockwellenimpedanz als die Hülle, und bevorzugt auch einer höheren Dichte und Schockwellenimpedanz als die Sprengladung, kann daher die Schockwellenübertragung in die Sprengladung zusätzlich fördern. Auch dies führt somit zu einer Steigerung der Schockwellen-Suszeptibilität der Sprengladung.

[0023] Gemäß einer Weiterbildung ist der Einsatz als Kunststoffelement, insbesondere als in die Hülle einsetzbare Kunststoffkappe, ausgebildet. Ein solcher Kunststoff weist vorteilhaft einen entsprechend niedrigen Dichte- und Impedanzunterschied zur Hülle auf und ist somit besonders geeignet.

[0024] Gemäß einer Ausführungsform weist die Sprengladung eine Initierschwelle auf, die zumindest eine Größenordnung über der Schockwellenamplitude der bei Detonation der Vorladung entstehenden in die Hülle eingekoppelten Schockwellen liegt. Vorzugsweise handelt es sich bei dem Unterschied um zumindest eine Zehnerpotenz. Insbesondere liegen typische Größenordnungen von Schockwellenamplituden im Bereich von 1 kbar, wobei Initiier-Schwellen von in Frage kommenden Sprengladungen im Bereich von deutlich mehr als 10 kbar liegen.

[0025] Gemäß einer Ausführungsform ist die Sprengladung als kunststoffgebundene Sprengladung ausgebildet. Derartige Sprengladungen weisen vorteilhaft sehr hohe Initiier-Schwellen auf, insbesondere im Bereich von 10 bis 100 kbar bzw. von mehreren zehn kbar.

[0026] Gemäß einer Ausführungsform ist eine auf die Spitze der Hülle aufgesetzte Kappe vorgesehen, welche zur Abweisung von bei Detonation der Vorladung entstehenden Schockwellen ausgebildet ist. Auf diese Weise können die Eigenschaften der Spitze frei modifiziert werden, ohne dass dabei Rücksicht auf für die Ausgestaltung der Spitze geltende Randbedingungen genommen werden braucht. Insbesondere ist somit eine Formgebung bzw. Geometrie und eine Materialauswahl der Kappe für eine Schockabweisung optimiert wählbar. Auf diese Weise wird eine Einkopplung der Schockwelle in die Hülle wirksam vermindert, sodass von vorne herein nur eine abgeschwächte Schockwelle in die Hülle einkoppelt. Vorteilhaft benötigt die Kappe nur einen geringen Raum und erfordert keinerlei Änderung der Hauptladung an sich. Vorteilhaft wird die Hauptladung somit auf der Leistungsseite und hinsichtlich der Funktionalität keinerlei Einschränkungen unterworfen.

[0027] Gemäß einer Weiterbildung ist die Hauptladung als Penetratorladung ausgebildet und die Hülle als Penetratorhülle mit einer entsprechend als Penetratorspitze geformten Spitze vorgesehen. Da eine Penetrationsleistung eines Penetrators wesentlich von der Form der Penetratorspitze abhängt, kann diese in der Regel keinen geometrischen Änderungen zur Schockabweisung unterworfen werden. Mit der Kappe kann dem entgegengewirkt werden, indem die Penetratorspitze unverändert bleibt und dennoch durch die Kappe eine optimierte Schockabweisung bei Detonation der Vorladung ermöglicht ist. Somit wird erreicht, dass die Schockwelle nur in stark reduziertem Maße in die Hülle gelangen kann.

[0028] Gemäß einer Ausführungsform weist die Kappe ein spitzes Ende mit einer im Vergleich zu einem Winkel der Spitze in einem spitzeren Winkel zulaufenden Form auf. Auf diese Weise wird aus einer einfallenden Schockwelle ein deutlich kleinerer Teil, insbesondere entsprechend dem Produkt der einfallenden Schockwelle mit dem Sinus des Auftreffwinkels, in die Hülle transmittiert als bei einem stumpferen Winkel, dessen Sinus deutlich größer wäre. Der nicht in die Hülle transmittierte Rest der Schockwelle gleitet sodann entlang der Kappe bzw. der Hülle ohne Transmission ab.

[0029] Gemäß einer Ausführungsform weist die Kappe ein zu der Hülle unterschiedliches Material auf. Unterschiedliche Materialien weisen in der Regel eine unterschiedliche Schockwellenimpedanz auf. Dies gilt insbesondere für Materialien mit unterschiedlicher Dichte, da die Schockwellenimpedanz unter anderem wesentlich von der Dichte eines Materials abhängt. An Materialübergängen, Nahtstellen oder dergleichen, an welchen sich im Falle unterschiedlicher Materialien ein Dichtesprung ergibt, ergeben sich somit auch Impedanzsprünge. Derartige Impedanzsprünge führen zu teilweiser Transmission und teilweiser Reflexion der Schockwelle. Eine entsprechend geschickte Materialauswahl der Kappe mit einem möglichst großen Impedanzunterschied der Kappe im Vergleich zu der Hülle, insbesondere mit einer höheren Dichte und Schockwellenimpedanz als die Spitze, kann daher die Schockwellenübertragung in die Hülle zusätzlich reduzieren.

[0030] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform enthält die Kappe ein Schwermetall. Insbesondere kann es sich um ein Wolframschwermetall handeln. Auf diese Weise wird eine hohe Dichte und somit eine im Vergleich zur in der Regel metallischen Hülle hohe Schockwellenimpedanz bereitgestellt, welche vorteilhaft einen Impedanzsprung am Materialübergang schafft und so zur Reduktion der Übertragung einer Schockwelle in die Hülle beiträgt.

[0031] Gemäß einer Ausführungsform ist die Kappe derart ausgelegt, dass sie bei Abweisung einer bei Detonation der Vorladung entstehenden Schockwelle zerbricht, sodass die Spitze der Hülle freigelegt wird. Dies kann beispielsweise durch Verwendung eines spröden Materials und/oder eine oder mehrere Sollbruchstellen des Materials realisiert werden. Somit wird nach Abweisung der Schockwelle die Spitze der Hülle freigegeben. Insbesondere im Falle einer Penetratorhülle ist dies besonders vorteilhaft, da die mittels der Vorladung an sich stark erhöhte Penetrationsleistung somit nicht durch die Kappe beeinträchtigt wird.

[0032] Gemäß einer Weiterbildung enthält die Kappe ein Sintermaterial, insbesondere gesintertes Schwermetall. Bevorzugt handelt es sich dabei um Wolframschwermetall, welches derart spröde ausgelegt ist, dass es bei einer bei Abweisung der Schockwelle auftretenden Belastung zerlegt wird. Diesbezüglich lassen sich die Materialeigenschaften im Sinterprozess einstellen. Beispielsweise kann bei Wolframschwermetall durch Einstellung der Sintermatrix-Anteile und Sinterdauern das Material gezielt spröde ausgestaltet werden. Dazu können beispielsweise die Anteile des Materials von Wolfram bei mehr als 90 %, insbesondere in einem Bereich von 90 % bis 98 %, liegen und lediglich der Rest als Matrix, beispielsweise enthaltend Nickel und/oder Eisen, vorgesehen sein. Beispielsweise können geeignete Sinterdauern

ern in einem Bereich von 4 bis 8 Stunden liegen. Selbstverständlich sind dabei je nach Prozessbedingungen, wie unter anderem Druck und Temperatur, Abweichungen möglich.

[0033] Die obigen Ausgestaltungen und Weiterbildungen lassen sich, sofern sinnvoll, beliebig miteinander kombinieren. Weitere mögliche Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Implementierungen der Erfindung umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich der Ausführungsbeispiele beschriebenen Merkmale der Erfindung. Insbesondere wird dabei der Fachmann auch Einzelaspekte als Verbesserungen oder Ergänzungen zu der jeweiligen Grundform der vorliegenden Erfindung hinzufügen.

[0034] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand der in den schematischen Figuren angegebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen dabei:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Tandemladung;

Fig. 2 eine beispielhafte Penetrator-Tandem-Ladung;

Fig. 3 eine schematische Darstellung der Transmission von Schockwellen in die Hülle bei Detonation der Vorhohlladung;

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Hauptladung gemäß einer Ausführungsform;

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer Hauptladung gemäß einer weiteren Ausführungsform;

Fig. 6 eine schematische Darstellung einer Hauptladung gemäß einer noch weiteren Ausführungsform;

Fig. 7 eine schematische Darstellung einer Hauptladung gemäß einer weiteren Ausführungsform;

Fig. 8 eine schematische Darstellung einer Hauptladung gemäß einer weiteren Ausführungsform;

Fig. 9 eine schematische Darstellung einer Hauptladung mit Kappe;

Fig. 10 eine Detaildarstellung von durch die Kappe gemäß Fig. 9 erzielten geometrischen Maßnahmen zur Schockabweisung;

Fig. 11 eine schematische Darstellung einer Hauptladung mit Kappe gemäß einer weiteren Ausführungsform; und

Fig. 12 ein Diagramm des Schockwellendruckverlaufs über der Partikelgeschwindigkeit für unterschiedliche Werkstoffe.

[0035] Die beiliegenden Figuren sollen ein weiteres Verständnis der Ausführungsformen der Erfindung vermitteln. Sie veranschaulichen Ausführungsformen und dienen im Zusammenhang mit der Beschreibung der Erklärung von Prinzipien und Konzepten der Erfindung. Andere Ausführungsformen und viele der genannten Vorteile ergeben sich im Hinblick auf die Zeichnungen. Die Elemente der Zeichnungen sind nicht notwendigerweise maßstabsgetreu zueinander gezeigt.

[0036] In den Figuren der Zeichnung sind gleiche, funktionsgleiche und gleich wirkende Elemente, Merkmale und Komponenten - sofern nichts anderes ausgeführt ist - jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0037] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Tandemladung 1.

[0038] Es handelt sich um eine Tandem-Ladung 1 für einen Flugkörper 10. Ein Flugkörper 10 ist hier lediglich abschnittsweise symbolisiert dargestellt und auf vielfältige Weise ausführbar. Beispielsweise kann es sich um einen Lenkflugkörper unterschiedlichsten Typs handeln.

[0039] Die Tandem-Ladung 1 weist eine Vorladung 2 und eine Hauptladung 3 auf. Bei der lediglich schematisch dargestellten Vorladung 2 handelt es sich insbesondere um eine Vorhohlladung, wobei aber auch andere Arten einer Vorladung denkbar sind. Bei der lediglich abschnittsweise und schematisch dargestellten Hauptladung 3 kann es sich beispielsweise um eine Penetrator-Hauptladung handeln, wobei aber auch andere Arten einer Hauptladung, beispielsweise eine Haupthohlladung, denkbar sind.

[0040] Die Hauptladung 3 weist eine Hülle 4 und eine innerhalb der Hülle aufgenommene Sprengladung 11 auf. Die Hülle 4 weist an einer Innenseite ein Einleitungselement 12 auf, welches zur Verstärkung der Einleitung von bei Detonation der Vorladung 2 entstehenden in die Hülle 4 eingekoppelten Schockwellen in die Sprengladung 11 ausgebildet ist.

[0041] Eine Initiatorschwelle der Sprengladung 11 ist sehr viel höher vorgesehen, als eine mögliche Amplitude einer durch die Vorladung ausgelösten Schockwelle. Die Sprengladung 11 weist vorzugsweise eine Initiatorschwelle auf, die zumindest eine Größenordnung über der Schockwellenamplitude der bei Detonation der Vorladung 2 entstehenden in

die Hülle 4 eingekoppelten Schockwellen liegt. Insbesondere liegt die Initierschwelle mehr als eine Zehnerpotenz oberhalb der Schockwellenamplitude.

[0042] Beispielsweise liegen typische Schockwellenamplituden in der Größenordnung von 1 kbar. Typische Initierschwellen moderner kunststoffgebundener Sprengladungen liegen hingegen bei mehreren 10 kbar. Eine verstärkte Einleitung einer Schockwelle mittels des Einleitungselements 12 in die Sprengladung 11 ist somit unkritisch für die Sprengladung 11 und entlastet vorteilhaft die Hülle 4 und die daran schließenden weiteren Komponenten der Hauptladung.

[0043] Fig. 2 zeigt eine beispielhafte Penetrator-Tandem-Ladung 100.

[0044] Rein beispielhaft wird anhand dieser Tandem-Penetrator-Ladung 100 der Wirkmechanismus von Schockwellen bei Detonation einer Vorladung 2 erläutert. Die Hauptladung 103 ist hier als Penetratorladung und die Vorladung 102 als Hohlladung ausgebildet.

[0045] Eine Penetratorspitze 105 ist der Vorladung 102 zugewandt. Sie ist vergleichsweise stumpf ausgebildet, da dies für eine optimale Penetrationsleistung erforderlich ist. Eine Penetratorhülle 104 erstreckt sich von der Spitze bis zu einem hinteren Verschlussgewinde 106, in welchem ein Verschluss 109 mit einer Sicherungseinrichtung SE und ein Zündsystem ZS installiert sind. Zwischen dem Verschluss 109 und der Sprengladung 111 der Penetratorladung 103 ist zudem ein Kompressionselement 101 zur Kompression der Sprengladung 111 vorgesehen.

[0046] Die Vorladung 102 bei diesem Beispiel ist in konventioneller Weise als Vorhohlladung mit einem Hohlladungskegel 110 und dahinter angeordnetem Sprengstoff 112 sowie Zündsystem 108 ausgebildet, wie sie dem Fachmann an sich bekannt ist und keiner näheren Erläuterung bedarf.

[0047] Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung der Transmission von Schockwellen 107 in die Hülle 104 bei Detonation der Vorladung 102.

[0048] Durch die Detonation der Vorladung 102 werden als Nebeneffekt Schockwellen 107 über die Luft in die Penetratorhülle 104 eingekoppelt. Die Nasenform der Hülle 4, welche die Spitze 5 beinhaltet, beeinflusst stark die Schockwellentransmission in das Hüllenmaterial. Je spitzer die Nasenform ausgebildet ist, d. h. je spitzer der Winkel der Spitze 5 zuläuft, desto geringere Schockwellenamplituden gelangen in das Hüllenmaterial. Allerdings beeinflusst die Nasenform auch signifikant das Penetrationsvermögen einer Penetrator-Hauptladung 103, sodass die Form der Spitze 5 zumindest für Penetrator-Hauptladungen kaum veränderbar ist.

[0049] Durch die vergleichsweise stumpfe Form der Spitze ergibt sich somit eine erhöhte Einkopplung von Schockwellen 107 in die Hülle 104. Diese Schockwellen 107 laufen in der Penetratorhülle 104 weiter nach hinten, werden dort reflektiert und treffen dabei mehrfach auf das Gewinde 106 und den Verschluss 109 bzw. die Sicherungseinrichtung SE und das Zündsystem ZS.

[0050] Ein gewisser Anteil der Schockwellen 107 wird von der Hülle weiter in die Sprengladung 111 transmittiert. Die Höhe dieses Anteils hängt von mehreren Faktoren ab, insbesondere davon ob ein durchgehend bündiger Kontakt zwischen der Sprengladung 111 und der Hülle 104 vorliegt und auch maßgeblich von der Geometrie an der Grenzfläche zwischen der Hülle 104 und der Sprengladung 111, insbesondere im Bereich der Spitze 105. Des Weiteren hängt der Transmissionsgrad auch von dem an der Grenzfläche vorliegenden Impedanzunterschied ab, d.h. von dem Unterschied der Schockwellenimpedanz der Materialien der Hülle 104 und der Sprengladung 111.

[0051] Die in die Sprengladung 111 transportierten Schockwellen 107 verteilen sich über das vergleichsweise große Volumen der Sprengladung 111 und werden darin auch gedämpft. Somit ergibt sich in der Sprengladung 111 eine verlangsamte Ausbreitung der Schockwellen 107.

[0052] Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung einer Hauptladung 3 gemäß einer Ausführungsform.

[0053] Es handelt sich dabei um eine Penetrator-Hauptladung, welche im Wesentlichen wie in Bezug auf Fig. 2 beschrieben ausgebildet ist. Die Hauptladung 3 weist dementsprechend eine Hülle 4 mit einer zu der Vorladung 2 ausgerichteten Spitze 5 auf. Ferner ist bei dieser Ausführungsform ein Einleitungselement 13 vorgesehen.

[0054] Das Einleitungselement 13 ist hier integral, das heißt einteilig, mit der Hülle 4 ausgebildet. Es ist im Bereich der Spitze 5 an einer der Sprengladung 11 zugewandten Innenseite der Hülle 4 angeordnet und weist eine im Bereich der Spitze stumpf abgeflachte Geometrie auf. Die abgeflachte Form der Geometrie ist anhand der mit gestrichelten Linien eingezeichneten herkömmlichen Geometrie erkennbar.

[0055] Herkömmlicherweise ist die Hülle 4 im Bereich der Spitze 5 an ihrer Innenseite in dem hier dargestellten Längsschnitt parabelförmig ausgebildet und weist dementsprechend in einem zentralen Bereich eine hohe Krümmung auf. Bei der abgeflachten Form des Einleitungselements 13 ist hingegen dieser Zentralbereich abgeflacht und weist somit keine oder nur eine minimale Krümmung auf. Auf diese Weise wird erreicht, dass ein Eintreffwinkel der über die Hülle 4 im Bereich der Spitze übertragenen Schockwellen für eine Einleitung in die Sprengladung 11 sehr viel günstiger ist. Auf diese Weise wird der in die Sprengladung 11 transmittierte Anteil der Schockwellen vorteilhaft erhöht.

[0056] Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung einer Hauptladung 3 gemäß einer weiteren Ausführungsform.

[0057] Diese Ausführungsform unterscheidet sich von Fig. 4 dadurch, dass hier ein zusätzliches Einleitungselement 14 vorgesehen ist, welches als zwischen der eigentlichen Hülle 4 und der Sprengladung 11 angeordneter Einsatz ausgebildet ist. Insbesondere handelt es sich um eine in die Hülle eingesetzte Kappe.

[0058] Wie in der Fig. 5 erkennbar ist der Einsatz 14 vollständig an die innere Form der Hülle 4 angepasst und verändert die ursprüngliche Geometrie an der Innenseite der Hülle 4 in einer Weise, welche zu einer stumpferen Form führt. Auf diese Weise wird eine Krümmung im Zentrum hier stark verringert.

5 **[0059]** Bei der dargestellten Ausführungsform wird im Bereich des Einsatzes die Krümmung der Innenseite um das Zentrum herum im Wesentlichen konstant gehalten. Bei weiteren Ausführungsformen wären aber auch andersartige stumpfe Geometrien möglich. Insbesondere könnte der Einsatz 14 auch in der Weise eines Einsatzelements 13 gemäß Fig. 4 abgeflacht ausgebildet sein.

10 **[0060]** Vorzugsweise weist der Einsatz 14 ein zu der Hülle 4 unterschiedliches Material auf. Jedes Material hat eine intrinsische Schockwellen-Impedanz, welche wie folgt abgeleitet wird:

$$I = \rho * U_s \quad (1)$$

15
$$U_s = c + u_p \quad (2)$$

ρ = Materialdichte, U_s = Schockwellengeschwindigkeit, c = Schallgeschwindigkeit,
 u_p = Partikelgeschwindigkeit

20 **[0061]** Damit ergibt sich ein Schockwellendruck p zu:

$$p = I * u_p \quad (3)$$

25 **[0062]** An Materialübergängen bzw.-Nahtstellen unterschiedlicher Materialien ergeben sich Dichtesprünge und somit auch Impedanzsprünge, was zu teilweisen Schockwellen-Transmissionen und -Reflexionen führt. Durch eine Materialauswahl des Einsatzes mit niedrigem Impedanzunterschied zur Hülle 4 kann die Schockwellenübertragung in die Sprengladung 11 somit optional oder zusätzlich zu geometrischen Maßnahmen weiter erhöht werden.

30 **[0063]** Vorzugsweise weist der Einsatz 14 daher ein Material mit einer im Vergleich zu der Hülle 4 niedrigeren Dichte und einer niedrigeren Schockwellenimpedanz auf. Auf diese Weise lässt sich der in die Sprengladung 11 eingekoppelte Anteil einer Schockwelle weiter erhöhen.

[0064] Die Hülle 4 einer Hauptladung, insbesondere einer Penetrator-Hauptladung, ist in der Regel aus einem Metall gebildet. Beispielsweise kann der Einsatz 14 daher als Kunststoffelement, insbesondere als Kunststoffkappe, ausgebildet sein.

35 **[0065]** Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung einer Hauptladung 3 gemäß einer noch weiteren Ausführungsform.

[0066] Gemäß dieser Ausführungsform ist die Hülle 4 in spezieller Weise ausgebildet, einen bündigen Kontakt zwischen der Hülle 4 und der Sprengladung 11 zur Transmission der Schockwellen von der Hülle 4 in die Sprengladung 11 zu gewährleisten.

40 **[0067]** Die Hülle 4 wirkt dazu mit ihrer speziellen Ausbildung mit einem Kompressionselement 17 zusammen. Das Kompressionselement 17 ist über ein Gewinde 18 und einen Verschluss 19 der Hülle 4 vorgespannt, sodass die Sprengladung 11 zur Vermeidung eines Spalts zwischen der Sprengladung 11 und der Hülle 4 in die Hülle 4 hineingepresst wird. Die Vorspannung dient insbesondere dazu, etwaige alterungsbedingte Schrumpfungen der Sprengladung 11 zu kompensieren.

45 **[0068]** Für den Fall, dass in die Hülle 4 ein Gas, beispielsweise Luft, eintritt, weist das Einleitungselement 16 der Hülle 4 gemäß dieser Ausführungsform eine lokale Ausgleichskavität 15 zur Aufnahme eines solchen Gases auf. Die Ausgleichskavität 15 ist derart ausgebildet und angeordnet, dass etwaiges sich unerwünscht innerhalb der Hülle 4 befindliches Gas durch das Kompressionselement 17 der Hauptladung 3 in die Ausgleichskavität 15 gepresst wird.

50 **[0069]** Durch die mit dem Kompressionselement 17 auf die Sprengladung 11 aufgebrachte Vorspannung wird sich ein etwaiges Gas in der Regel im Bereich der Spitze 5 innerhalb der Hülle ansammeln. Die Ausgleichskavität 15 ist daher als eine im Bereich der Spitze 5 vorgesehene lokale Ausnehmung des Einleitungselements 16, hier beispielhaft in Form einer in die Hülle 4 eingebrachten Sacklochbohrung, ausgebildet.

55 **[0070]** Bei weiteren Ausführungsformen wäre es auch denkbar, andere Arten von lokalen Ausnehmungen als Ausgleichskavität 15, insbesondere Nuten oder dergleichen, vorzusehen. Ferner wäre es denkbar, eine lokale Ausnehmung mit einem geringeren Öffnungsdurchmesser und einem größeren sich im Material der Hülle 4 befindenden Bauch vorzusehen, um einen Einfluss auf die Sprengladung 11 bzw. eine Grenzfläche zwischen Hülle 4 und Sprengladung 11 möglichst gering zu halten.

[0071] Fig. 7 zeigt eine schematische Darstellung einer Hauptladung 3 gemäß einer weiteren Ausführungsform.

- [0072]** Gemäß dieser Ausführungsform ist die Sprengladung 11 ausgebildet, einen bündigen Kontakt zwischen der Hülle 4 und der Sprengladung 11 zur Transmission der Schockwellen von der Hülle 4 in die Sprengladung 11 zu gewährleisten. Entsprechend ist hier in der Sprengladung 11 eine Ausgleichskavität 15 vorgesehen. Diese ist hier in Form mehrerer lokaler Ausnehmungen der Sprengladung 11 vorgesehen, welche in der dargestellten Ausführungsform beispielhaft als an der Oberfläche der Sprengladung 11 eingebrachte Nuten ausgebildet sind.
- [0073]** Selbstverständlich sind auch hier bei weiteren Ausführungsformen andere Ausbildungen von Ausgleichskavitäten 15 denkbar, insbesondere in Form von Kanälen, Schlitzen oder Ausnehmungen mit einem geringeren Öffnungsdurchmesser und einem größeren sich im Material der Sprengladung 11 befindenden Bauch, Sacklöchern oder dergleichen in der Sprengladung 11.
- [0074]** Fig. 8 zeigt eine schematische Darstellung einer Hauptladung gemäß einer weiteren Ausführungsform.
- [0075]** Diese Ausführungsform unterscheidet sich von Fig. 6 und 7 dadurch, dass hier statt der Ausgleichskavität eine Entlüftung 20 vorgesehen ist. Die Entlüftung 20 verläuft hier beispielhaft als Entlüftungskanal innerhalb der Sprengladung 11 von dem Einleitungselement 16 abgehend bis in das Heck der Hauptladung 3 und sorgt dafür, dass etwaiges sich unerwünscht innerhalb der Hülle 4 befindliches Gas, insbesondere Luft, durch einen mit dem Kompressionselement 17 der Hauptladung 3 aufgebracht Druck aus der Hülle 4 pressbar ist.
- [0076]** Bei der dargestellten Ausführungsform ist der Entlüftungskanal in ein sogenanntes deflagratives Zündsystem integriert, welches zur Zündung der Hauptladung 3 vorgesehen ist. Deflagrative Zündsysteme sind dem Fachmann an sich bekannt und bieten die Möglichkeit einer Umschaltung zwischen einer klassischen Zündung mit einer Detonation oder einer Deflagration.
- [0077]** Das deflagrative Zündsystem 21 verläuft hier von einem sich hinter dem Kompressionselement befindlichen Heck der Hauptladung bis zu einer Spitze der Sprengladung 11 und somit bis an das Einleitungselement 16 der Hülle 4. In diesem Verlauf ist nun die Entlüftung 20 als integrierter Kanal bzw. als eine Art Luftröhre ausgebildet.
- [0078]** Fig. 9 zeigt eine schematische Darstellung einer Hauptladung 3 mit Kappe 6.
- [0079]** Diese Ausführungsform einer Hauptladung basiert auf der Ausführungsform nach Fig. 4. Darüber hinaus ist auf die Spitze 5 der Hülle 4 eine Kappe 6 aufgesetzt, welche zur Abweisung von bei Detonation der Vorladung 2 entstehenden Schockwellen ausgebildet ist.
- [0080]** Mit der Kappe 6 lässt sich der Zielkonflikt der Nasenform der Hauptladung 3 im Falle einer Penetrator Hauptladung auflösen. Die Kappe 6 ermöglicht zusätzliche Maßnahmen zur Schockwellen-Dämpfung welche sowohl geometrische Maßnahmen als auch Maßnahmen bei der Materialkombination umfassen können.
- [0081]** Die Kappe weist dazu ein spitzes Ende 7 und eine korrespondierend zu der Spitze 5 geformte Vertiefung 8 auf. Sie enthält vorzugsweise ein Material mit hoher Dichte, insbesondere deutlich höherer Dichte als die Hülle, beispielsweise ein Schwermetall.
- [0082]** Fig. 10 zeigt eine Detaildarstellung von durch die Kappe gemäß Fig. 9 erzielten geometrischen Maßnahmen zur Schockabweisung.
- [0083]** Die Kappe 6 weist an dem spitzen Ende 7 eine im Vergleich zu einem Winkel α der Spitze 5 der Hülle 4 in einem spitzeren Winkel β zulaufenden Form auf. Aufgrund der auf die Spitze 5 schräg auftreffenden Schockwellen S_0 wird nur ein Teil der einfallenden Schockwelle S_0 in die Hülle 4 transmittiert. Der transmittierte Anteil entspricht dabei dem Sinus des Auftreffwinkels. Während bei der ursprünglichen stumpfen Spitze 5 ein vergleichsweise hoher Anteil $S_\alpha = S_0 \cdot \sin \alpha$ die Hülle 4 transmittiert wird, wird dieser Anteil aufgrund des spitzeren Winkels β (und kleinerem $\sin \beta$) mit der Kappe 6 deutlich reduziert auf $S_\beta = S_0 \cdot \sin \beta$. Der Rest SR ($SR = S_0 - S_\beta$), welcher den Hauptanteil der ursprünglichen Stoßwelle S_0 ausmacht, gleitet nun an der spitzeren Geometrie ab. Der kleinere/spitzere äußere Kappenwinkel β ist also förderlich für das Abweisen von Schockwellen.
- [0084]** An der anderen Seite der Kappe 6 weist diese eine Vertiefung 8 auf, welche entsprechend der Form der Spitze 5 konisch zulaufend ausgebildet ist. Das spitz zulaufende Ende 7 der Kappe 6 läuft dabei mit einem im Vergleich zu der Vertiefung 8 spitzeren Winkel β zu.
- [0085]** Beispielhaft ist in Fig. 9 und 10 eine bi-konische Spitze 5 der Hülle 4 skizziert, wobei die Kappe 6 nur den ersten vorderen Kegel 9A abdeckt und der zweite hintere Kegel 9B frei bleibt. Bei weiteren Ausführungsformen sind aber auch andere Formen der Spitze 5 sowie der Kappe 6 denkbar, wobei mittels der Kappe 6 stets ein spitzerer Winkel hergestellt wird.
- [0086]** Optional oder zusätzlich zu der Form der Kappe 6 kann eine Schockwellenabweisung auch durch eine geschickte Materialauswahl der Kappe 6 erreicht werden. Durch eine Materialauswahl mit hohen Impedanzsprüngen kann die Schockwellenübertragung in die Hülle 4 somit optional oder zusätzlich zu geometrischen Maßnahmen weiter reduziert werden. Vorzugsweise weist die Kappe 6 daher ein zu der Hülle 4 unterschiedliches Material auf. Insbesondere kann die Kappe ein Material mit einer deutlich höheren Dichte und einer höheren Schockwellenimpedanz aufweisen. Beispielsweise kann die Kappe 6 dazu Kupfer oder ein Schwermetall enthalten.
- [0087]** Kupfer hat schon eine relative hohe Impedanz (Dichte, Schockwellen-Impedanz $I = \rho U_s$) und wurde deshalb hier beispielhaft angeführt. Noch vorteilhafter aber erweist sich aber beispielsweise Wolframschwermetall (WSM). Zum einen haben Wolframschwermetalle gegenüber Kupfer (Dichte von 8.9 g/cm^3) weitaus höhere Dichten von bis zu ca.

18 g/cm³. Zum anderen weisen sie einen weiteren Vorteil auf der darin besteht, dass Wolframschwermetall durch Sinterung hergestellt wird. Durch den Sinterprozess lassen sich Materialeigenschaften einstellen, die sich an geforderte Gegebenheiten in hohem Umfange anpassen lassen.

5 **[0088]** Vorteilhaft kann die Kappe 6 daher derart ausgelegt werden, dass sie bei Abweisung einer bei Detonation der Vorladung 2 entstehenden Schockwelle zerbricht, sodass die Spitze 5 der Hülle 4 freigelegt wird. Auf diese Weise wird eine Beeinträchtigung der Penetrationsleistung einer Penetrator-Ladung vermieden. Dies lässt sich beispielsweise einstellen, wenn die Kappe 6 ein Sintermaterial, insbesondere gesintertes Schwermetall, bevorzugt Wolframschwermetall, enthält, welches derart spröde ausgelegt ist, dass es bei einer bei Abweisung der Schockwelle auftretenden Belastung zerlegt wird. Bei Wolframschwermetall kann beispielsweise durch Einstellung der Sintermatrix-Anteile, insbesondere von 90 - 98 % Wolfram in einer Matrix enthaltend Nickel, Eisen, etc. und der Sinterdauern, insbesondere von 4 - 8 Stunden, das Material gezielt spröde ausgestaltet werden. Somit wird einerseits nach Detonation der Vorladung 2 ein Großteil der dadurch verursachten Schockwelle an der spitzen Kappe 6 abgewiesen und reflektiert und anschließend die Kappe 6 in kleine Partikel zerlegt. Insbesondere im Falle einer Penetrator-Hauptladung 103 wird somit die Penetration in ein Ziel nicht beeinflusst.

15 **[0089]** Darüber hinaus sind auch zusammengesetzte oder alternierende Materialzusammenstellungen der Kappe 6 möglich.

[0090] Fig. 11 zeigt eine schematische Darstellung einer Hauptladung 3 mit Kappe 6 gemäß einer weiteren Ausführungsform.

20 **[0091]** Diese Ausführungsform basiert auf einer Hauptladung 3 gemäß Fig. 6. Im Übrigen ist sie in gleicher Weise wie in Bezug auf Fig. 9 und 10 beschrieben mit einer Kappe 6 versehen. Die hier dargestellte Ausführungsform unterscheidet sich somit von Fig. 9 durch den zwischen die Sprengladung 11 und die eigentliche Hülle 4 eingebrachten Einsatz 14.

[0092] Neben den bereits in Bezug auf Fig. 6 beschriebenen Vorteilen hinsichtlich der Geometrie kann zusätzlich auch die Materialauswahl des Einsatzes 14 zu einer erhöhten Transmission von Schockwellen in die Sprengladung 11 beitragen. Vorzugsweise liegt dazu die Schockwellenimpedanz des Einsatzes 14 zwischen derjenigen der Hülle 4 und der Sprengladung 11, wie in Bezug auf Fig. 12 näher erläutert.

25 **[0093]** Fig. 12 zeigt ein Diagramm des Schockwellendruckverlaufs über der Partikelgeschwindigkeit für unterschiedliche Werkstoffkombinationen.

[0094] Die Hülle 4 wird dabei als Metall M angenommen, wozu eine auf der Impedanz von Metall basierende Metallkurve M eingezeichnet ist. Die Kappe 6 wird als Schwermetall SM angenommen, wozu ebenfalls eine auf der Impedanz basierende Schwermetallkurve SM eingezeichnet ist. Ferner ist eine Materialkurve für Kunststoff K für den Einsatz 14 und eine Materialkurve PBX für einen kunststoffgebundenen Sprengstoff der Sprengladung 11 eingezeichnet.

30 **[0095]** Eine auf das Material treffende Luftschockwelle L weist im Auftreffpunkt stets den gleichen Schockwellendruck und die gleiche Partikelgeschwindigkeit wie das Material auf, sodass mit jeder Materialkurve ein hypothetischer oder tatsächlicher Schnittpunkt mit der reflektierten Luftschockwelle L' existiert. Der tatsächliche Schnittpunkt a bzw. A mit dem Schwermetall SM bildet den Ausgangspunkt der in dem Diagramm aufgetragenen Betrachtung.

35 **[0096]** Bei Materialkombinationen sind zusätzlich die Übergänge zu beachten, welche jeweils durch eine mit einem Apostroph (') gekennzeichnete Spiegelung derjenigen Materialkurve, in welche die Schockwelle einkoppelt, abgetragen werden und zwar bis zu einem Schnittpunkt mit der Materialkurve des an einem Übergang folgenden Materials. Wie im Folgenden erläutert ergeben sich hier durch den Kunststoff-Einsatz deutliche Unterschiede für die Transmission.

40 **[0097]** Beispielhaft sind in der Abbildung zwei Materialkombinationen aufgetragen:

- 1) Eine Kappe aus Schwermetall SM auf einer Spitze einer Hülle aus Metall M, die in direktem Kontakt mit einer kunststoffgebundenen Sprengladung PBX steht; und
- 2) Eine Kappe aus Schwermetall (SM) auf einer Spitze einer Hülle aus Metall (M) mit einem zwischen Hülle und Sprengladung angeordneten Einsatz aus Kunststoff (K), der in Kontakt mit einer kunststoffgebundenen Sprengladung (PBX) steht.

45 **[0098]** Das Beispiel 1) lässt sich über die Impedanz-Sprünge mit den Schnittpunkten a -> b -> c (SM' -> M' -> PBX) nachverfolgen. Es ergibt sich daraus an Punkt c ein niedriger in die Sprengladung PBX eingekoppelter Druck p(1).

50 **[0099]** Das zweite Beispiel 2) mit dem zusätzlichen Einsatz aus Kunststoff K ergibt sich analog zu A -> B -> C -> D (SM' -> M' -> K' -> PBX) mit einem an der Sprengladung PBX anliegenden Druck p(2), der im Vergleich mit p(1) höher ausfällt. Ausgenutzt wurden dabei die im Vergleich zu b->c kleineren Impedanz-Sprünge bei den Material-Übergängen B -> C und C -> D. Auf diese Weise wird somit die Einkopplung einer Schockwelle von der Hülle 4 in die Sprengladung 11 erhöht, indem das Material bzw. der Kunststoff des Einsatzes derart ausgewählt wird, dass die Schockwellenimpedanz zwischen derjenigen der Hülle 4 bzw. deren Metall M und der Sprengladung 11 bzw. deren Sprengstoff PBX liegt.

55 **[0100]** Eine Materialauswahl der anderen Komponenten kann ferner ebenfalls in dieser Hinsicht abgestimmt werden. Beispielsweise ist es auch denkbar, die Sprengladung 11 entsprechend auszulegen, um einen Impedanzunterschied zur Hülle 4 oder zu einem etwaigen Einsatz 14 möglichst gering zu halten. Insbesondere könnte durch die Auswahl und

Beschaffenheit eines Kunststoffbinders eines kunststoffgebundenen Sprengstoffs PBX der Sprengladung 11 die Schockwellenimpedanz in dieser Hinsicht beeinflusst, insbesondere erhöht, werden.

[0101] Obwohl die vorliegende Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele vorstehend vollständig beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Art und Weise modifizierbar.

5 **[0102]** Insbesondere sind die in den einzelnen Ausführungsbeispielen dargestellten Maßnahmen auch miteinander kombinierbar. Beispielsweise könnten die gemäß Fig. 6 und 7 vorgesehenen Ausnehmungen miteinander kombiniert werden. Ferner könnten die Ausnehmungen anstatt in der Hülle 4 oder in der Sprengladung 11 auch in dem Einsatz 14 der Ausführungsform nach Fig. 5 vorgesehen sein.

10 **[0103]** Zudem ist auch jede der Ausführungsformen nach Figur 1 bis 8 mit der Kappe 6 kombinierbar, insbesondere auch die Ausführungsformen nach Fig. 6 und 7.

[0104] Ferner ist die Form der Spitze 5 der Hülle 4 und dementsprechend auch die Form der Vertiefung 8 der Kappe 6 nicht auf die dargestellten Ausführungsformen festgelegt. Beispielsweise kann die Erfindung statt einer Konusform oder Bi-Konusform der Spitze 5 auch eine gerundet zulaufende Spitze 4 und entsprechend geformte Vertiefung 8 vorsehen.

15

Bezugszeichenliste

[0105]

20	1	Tandem-Ladung
	2	Vorladung
	3	Hauptladung
	4	Hülle
	5	Spitze
25	6	Kappe
	7	spitzes Ende
	8	Vertiefung
	9	Konus
	10	Flugkörper
30	11	Sprengladung
	12	Einleitungselement
	13	Einleitungselement
	14	Einleitungselement
	15	Ausgleichskavität
35	16	Einleitungselement
	17	Kompressionselement
	18	Gewinde
	19	Verschluss
	20	Entlüftung
40	21	deflagratives Zündsystem
	100	Penetrator-Tandem-Ladung
	101	Kompressionselement
	102	Vorladung
45	103	Hauptladung
	104	Penetratorhülle
	105	Penetratorspitze
	106	Verschlussgewinde
	107	Schockwellen
50	107'	transmittierte Schockwellen
	108	Zündsystem
	109	Verschluss
	110	Hohlladungskegel
	111	Sprengladung
55	112	Sprengstoff
	α, β	Winkel

	K	Kunststoffkurve
	K'	Reflektierte Kunststoffkurve
	L'	Reflektierte Luftschockwelle
	M	Metallkurve
5	M'	Reflektierte Metallkurve
	p	Schockwellendruck
	PBX	Sprengladungskurve
	SM	Schwermetallkurve
	SM'	Reflektierte Schwermetallkurve
10	u	Partikelgeschwindigkeit

Patentansprüche

- 15 1. Tandem-Ladung (1) für einen Flugkörper, mit:
- einer Vorladung (2), insbesondere Vorhohlladung; und
einer Hauptladung (3), welche eine Hülle (4) und eine innerhalb der Hülle aufgenommene Sprengladung (11)
aufweist;
- 20 wobei die Hülle (4) an einer Innenseite ein Einleitungselement (12; 13; 14; 16) aufweist, welches zur Verstärkung
der Einleitung von bei Detonation der Vorladung (2) entstehenden in die Hülle (4) eingekoppelten Schockwellen
in die Sprengladung (11) ausgebildet ist.
- 25 2. Tandem-Ladung nach Anspruch 1, wobei die Hülle eine zu der Vorladung (2) ausgerichtete Spitze (5) aufweist und
das Einleitungselement (12; 13; 14; 16) im Bereich der Spitze (5) angeordnet ist.
- 30 3. Tandem-Ladung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Hülle (4) und/oder die Sprengladung (11), insbesondere im
Bereich des Einleitungselements (12; 13; 14; 16), ausgebildet ist, einen bündigen Kontakt zwischen der Hülle (4)
und der Sprengladung (11) zur Transmission der Schockwellen von der Hülle (4) in die Sprengladung (11) zu
gewährleisten.
- 35 4. Tandem-Ladung nach Anspruch 3, wobei die Hülle (4) und/oder die Sprengladung (11) eine lokale Ausgleichskavität
(15) aufweist, welche derart ausgebildet und angeordnet ist, dass etwaiges sich unerwünscht innerhalb der Hülle
(4) befindliches Gas, insbesondere Luft, durch ein Kompressionselement (17) der Hauptladung (3) in die Ausgleichs-
kavität (15) pressbar ist.
- 40 5. Tandem-Ladung nach Anspruch 4, wobei die Ausgleichskavität (15) als eine im Bereich der Spitze (5) vorgesehene
lokale Ausnehmung des Einleitungselements (16) und/oder der Sprengladung (11) ausgebildet ist.
- 45 6. Tandem-Ladung nach Anspruch 5, wobei die Ausnehmung als Sacklochbohrung oder als Nut ausgebildet ist.
7. Tandem-Ladung nach Anspruch 3, wobei die Hülle (4) und/oder die Sprengladung (11) eine von dem Einleitungs-
element abgehende Entlüftung (20), insbesondere eine Entlüftungsnut oder einen Entlüftungskanal, aufweist, welche
derart ausgebildet und angeordnet ist, dass etwaiges sich unerwünscht innerhalb der Hülle (4) befindliches Gas,
insbesondere Luft, durch einen mit einem Kompressionselement (17) der Hauptladung (3) aufgebrachtten Druck
aus der Hülle (4) pressbar ist.
- 50 8. Tandem-Ladung nach Anspruch 7, wobei die Hauptladung (3) ein deflagratives Zündsystem (21) aufweist und die
Entlüftung (20) in das deflagrative Zündsystem (21) integriert vorgesehen ist.
9. Tandem-Ladung nach Anspruch 2 oder 3, wobei das Einleitungselement eine der Sprengladung zugewandte In-
nenseite mit einer im Bereich der Spitze stumpfen, insbesondere abgeflachten, Geometrie aufweist.
- 55 10. Tandem-Ladung nach Anspruch 9, wobei das Einleitungselement integral mit der Hülle ausgebildet ist.
11. Tandem-Ladung nach Anspruch 9 wobei das Einleitungselement als zwischen der Hülle (4) und der Sprengladung
(11) angeordneter Einsatz ausgebildet ist.

EP 3 614 095 A1

12. Tandem-Ladung nach Anspruch 11, wobei der Einsatz ein zu der Hülle (4) unterschiedliches Material, insbesondere mit einer niedrigeren Dichte und einer niedrigeren Schockwellenimpedanz, aufweist.

5 13. Tandem-Ladung nach Anspruch 12, wobei der Einsatz als Kunststoffelement, insbesondere als in die Hülle einsetzbare Kunststoffkappe, ausgebildet ist.

10 14. Tandem-Ladung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Sprengladung (11) eine Initiatorschwelle aufweist, die zumindest eine Größenordnung, vorzugsweise zumindest eine Zehnerpotenz, über der Schockwellenamplitude der bei Detonation der Vorladung (2) entstehenden in die Hülle (4) eingekoppelten Schockwellen liegt, wobei die Sprengladung (11) insbesondere als kunststoffgebundene Sprengladung ausgebildet ist.

15 15. Tandem-Ladung nach einem der Ansprüche 2 bis 14, wobei eine auf die Spitze (5) aufgesetzte Kappe (6) vorgesehen ist, welche zur Abweisung von bei Detonation der Vorladung (2) entstehenden Schockwellen ausgebildet ist.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

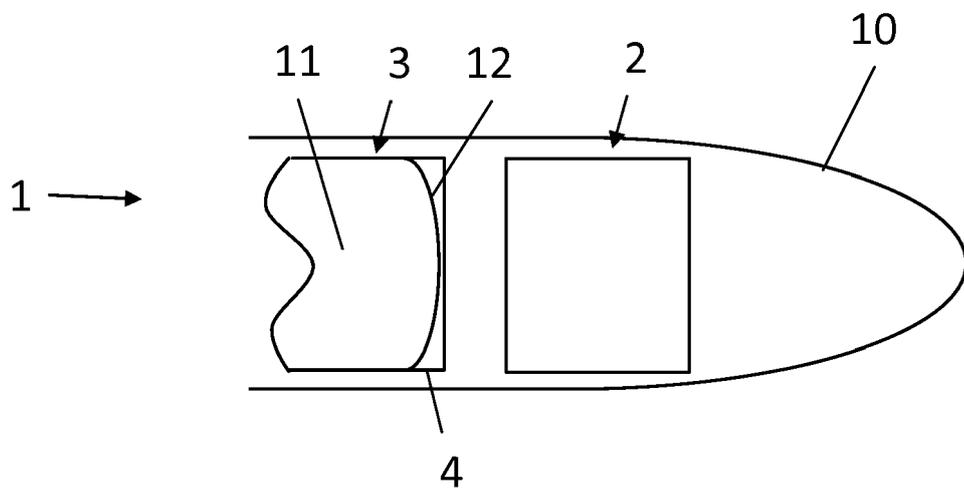


Fig. 1

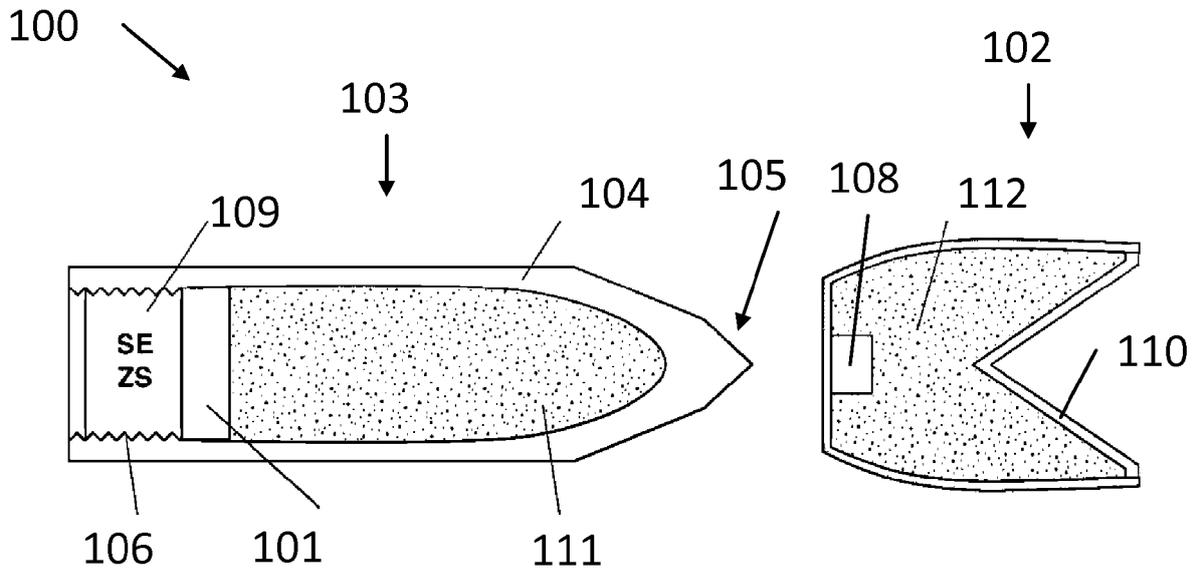


Fig. 2

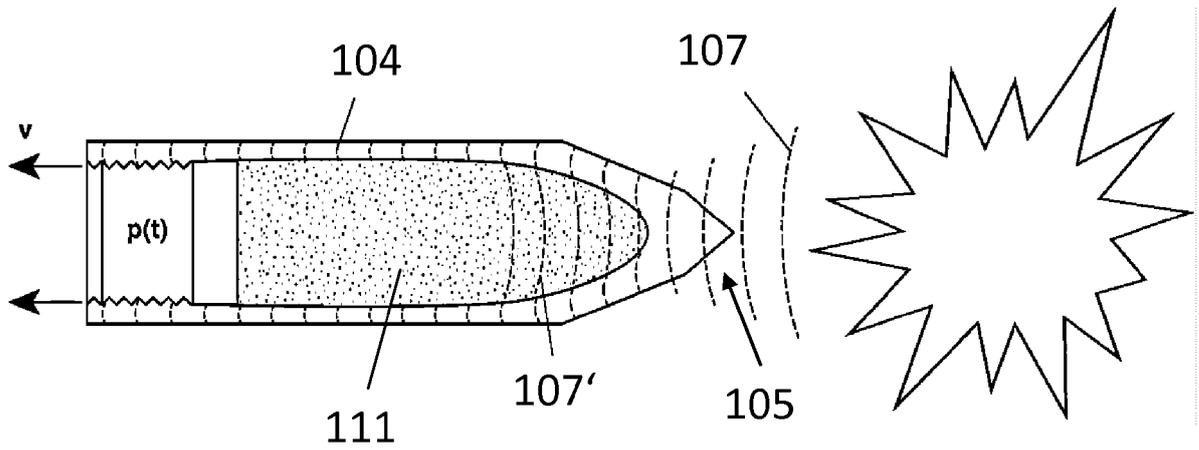


Fig. 3

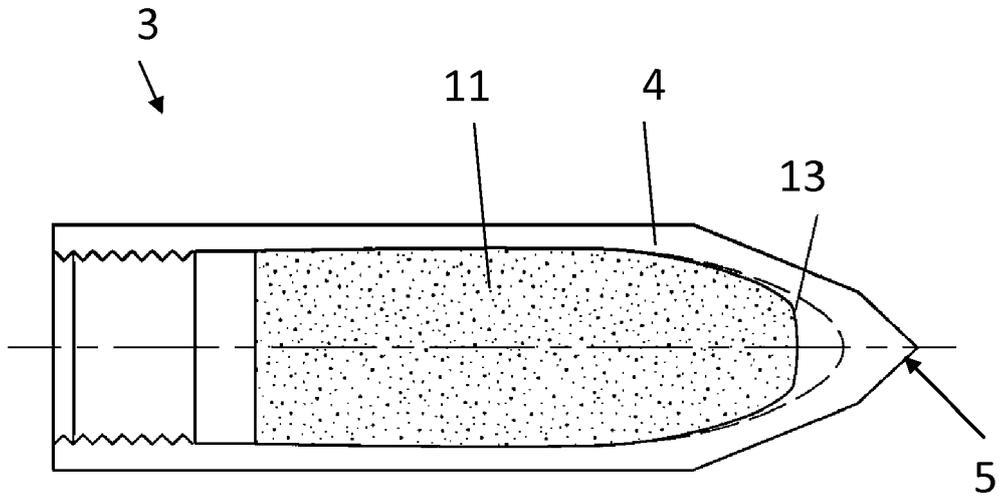


Fig. 4

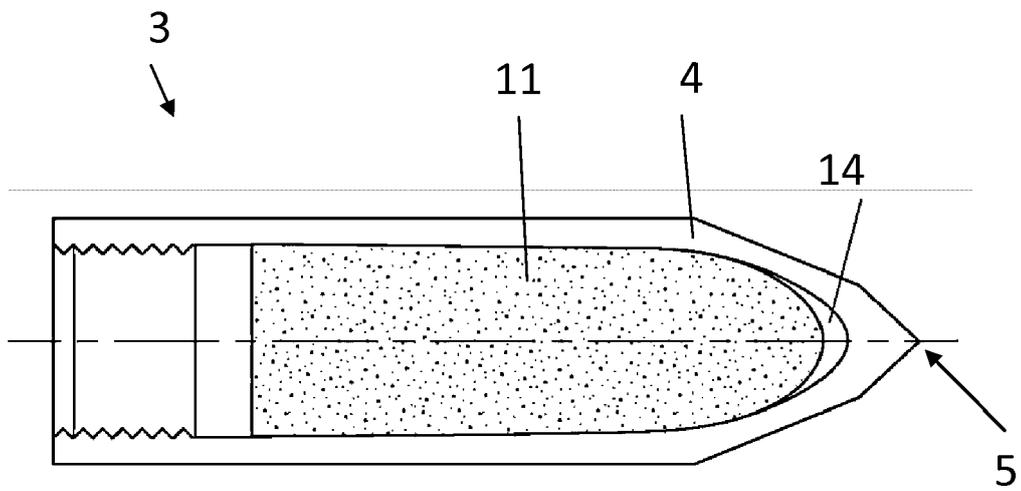


Fig. 5

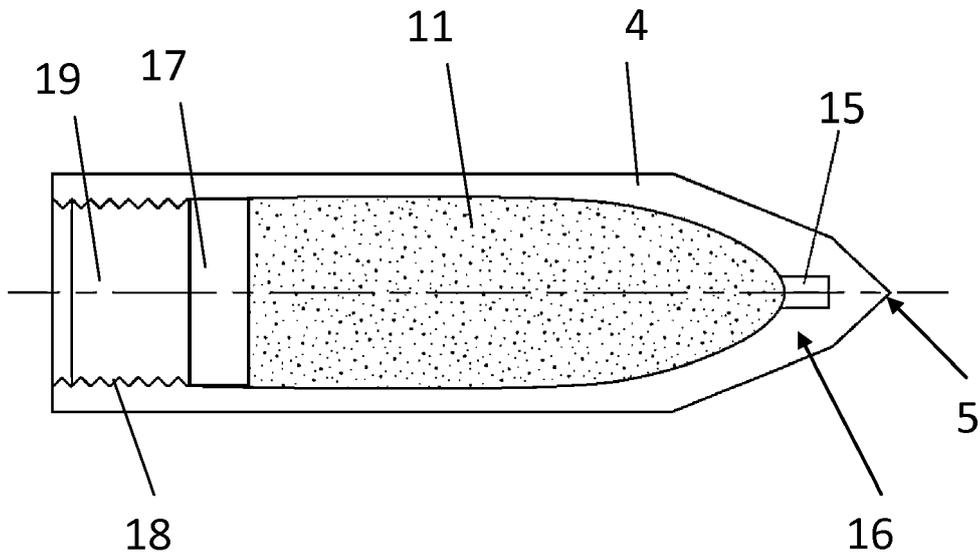


Fig. 6

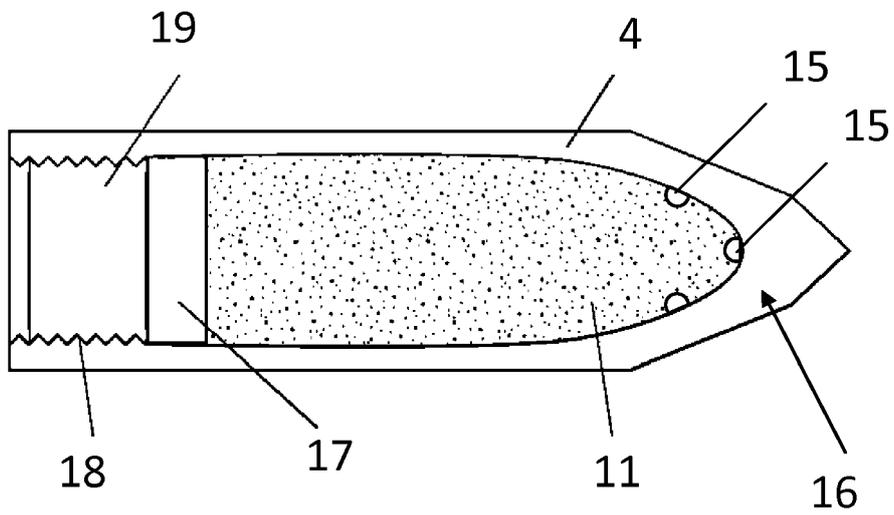


Fig. 7

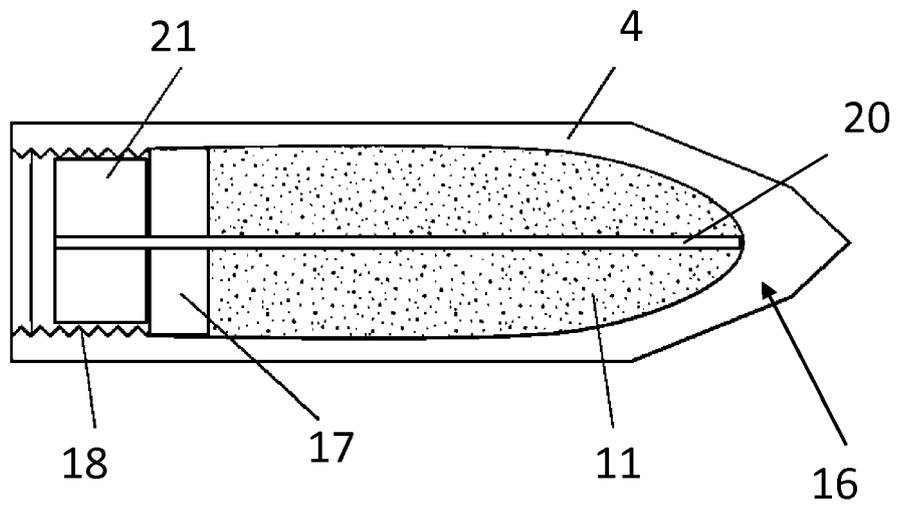


Fig. 8

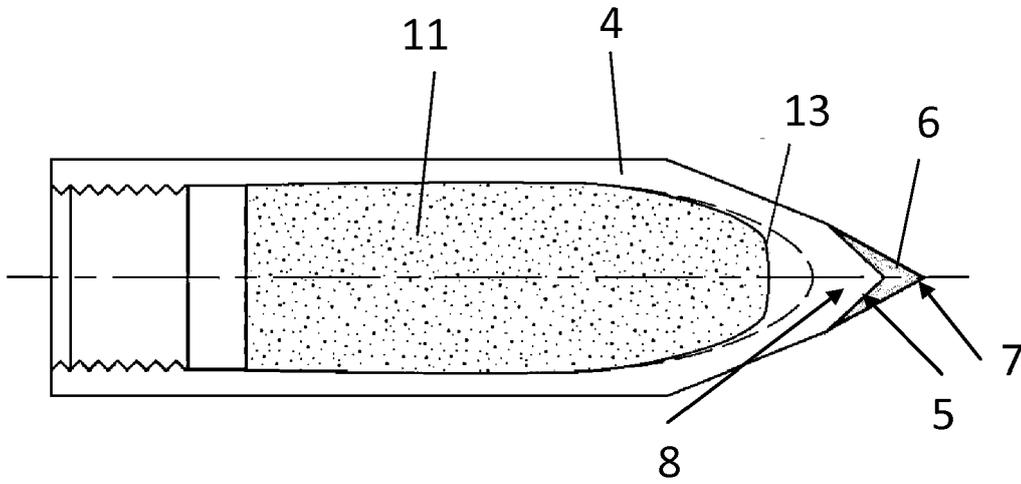


Fig. 9

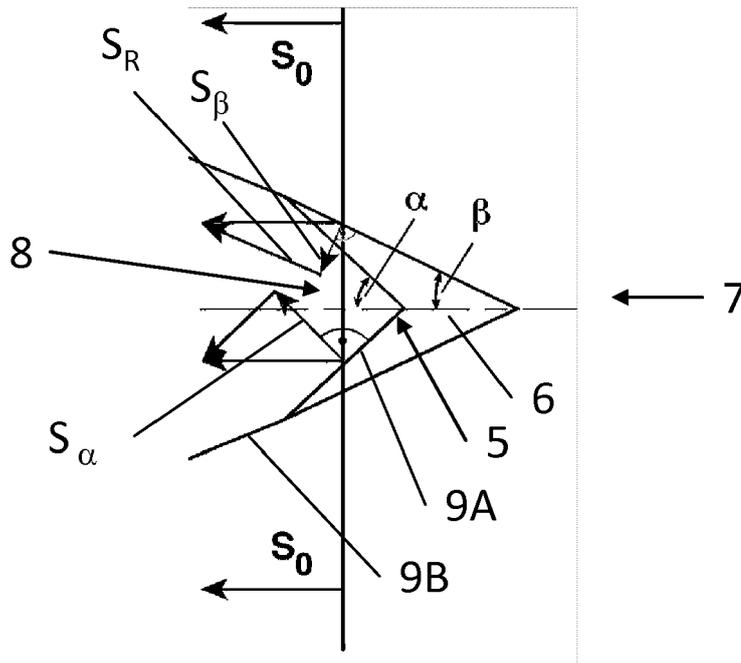


Fig. 10

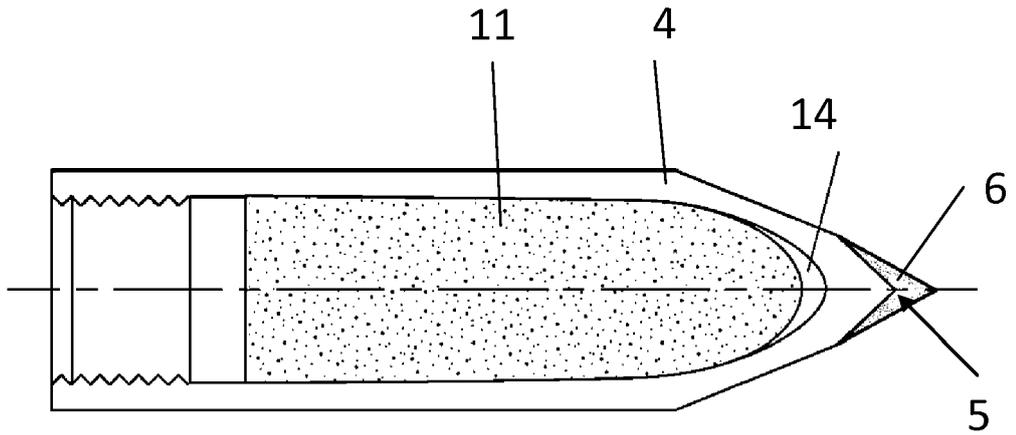


Fig. 11

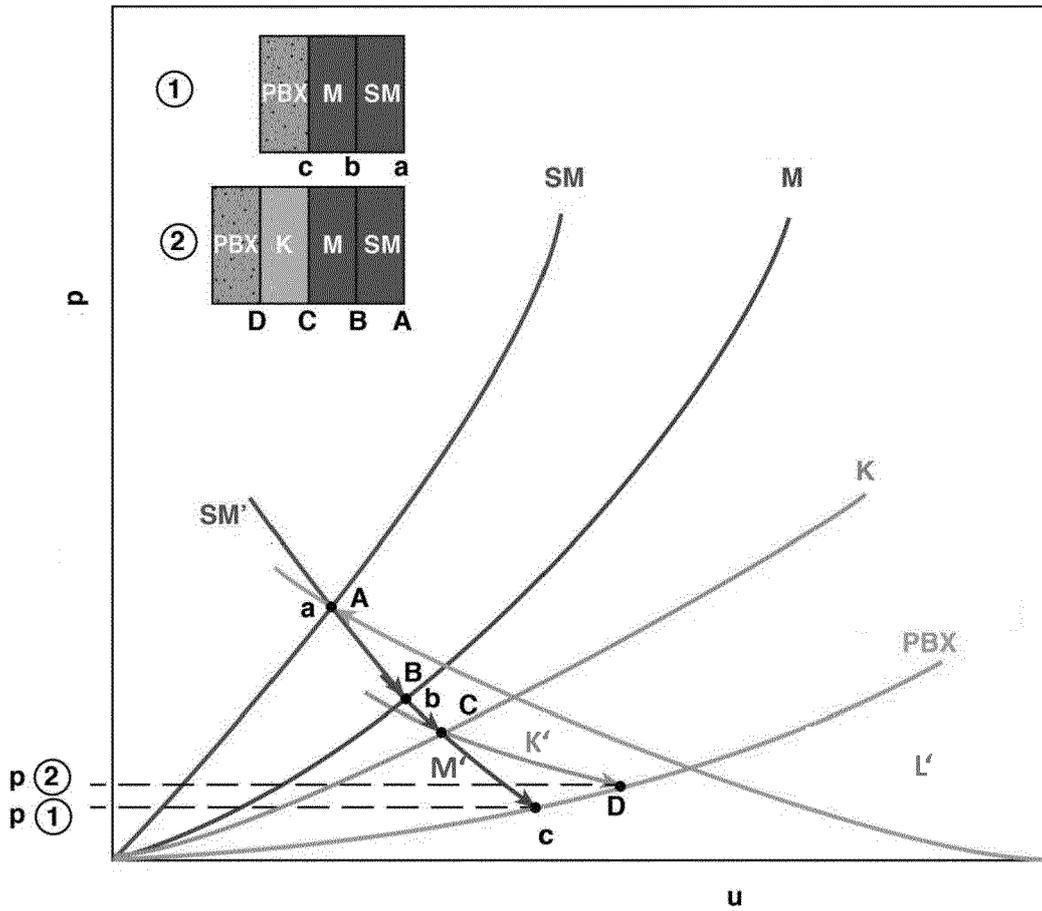


Fig. 12



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 19 19 3223

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 327 952 A1 (NEXTER MUNITIONS [FR]) 1. Juni 2011 (2011-06-01)	1-3,7,8, 11-15	INV. F42B12/16
Y	* Zusammenfassung * * Absatz [0016] * * Absatz [0029] * * Absatz [0033] * * Absatz [0048] * * Abbildungen * * Entlüftung mittels (5). *	4,5,9,10	F42B12/18
X	EP 1 531 316 A1 (RUAG MUNITION [CH]) 18. Mai 2005 (2005-05-18)	1-3,7,8, 11-15	
Y	* Zusammenfassung * * Absatz [0025] * * Absätze [0029], [0030] * * Abbildungen *	4,5,9,10	
Y	FR 2 672 380 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]; FRANCE ETAT ARMEMENT [FR]) 7. August 1992 (1992-08-07)	4-6	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
	* Zusammenfassung * * Seite 4, Zeile 27 - Seite 5, Zeile 15 * * Abbildungen * * hohlraum *		F42B
Y	EP 0 950 870 A2 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 20. Oktober 1999 (1999-10-20)	4-6	
	* Zusammenfassung * * Absatz [0018] * * Abbildungen * * Aufhöhung und Öffnung. *		
X	US 4 063 512 A (DAVIS DALE M) 20. Dezember 1977 (1977-12-20)	1	
Y	* Zusammenfassung * * Spalte 2, Zeile 8 - Zeile 51 * * DPMA Dokument *	9,10	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 17. Dezember 2019	Prüfer Vermander, Wim
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 19 19 3223

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

17-12-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	EP 2327952	A1	01-06-2011	EP 2327952 A1		01-06-2011
				FR 2953009 A1		27-05-2011

15	EP 1531316	A1	18-05-2005	EP 1531316 A1		18-05-2005
				EP 1682848 A1		26-07-2006
				WO 2005045357 A1		19-05-2005

20	FR 2672380	A1	07-08-1992	CA 1334492 C		21-02-1995
				DE 3430581 A1		25-02-1993
				FR 2672380 A1		07-08-1992
				GB 2280012 A		18-01-1995
				IT 1236500 B		11-03-1993
				US 5322020 A		21-06-1994

25	EP 0950870	A2	20-10-1999	DE 19917144 A1		09-12-1999
				EP 0950870 A2		20-10-1999

30	US 4063512	A	20-12-1977	KEINE		

35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- DE 3603610 C1 [0003]