(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 053 341 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
29.04.2009 Patentblatt 2009/18

(51) Int Cl.:
F42B 1/028 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **08017755.3**

(22) Anmeldetag: **09.10.2008**

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

(30) Priorität: **26.10.2007 DE 102007051345**

(71) Anmelder: **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**
80686 München (DE)

(72) Erfinder:
- **Heine, Andreas Dr.**
  79115 Freiburg (DE)
- **Wickert, Matthias Dr.**
  79102 Freiburg (DE)
- **Thoma, Klaus Prof. Dr.**
  79379 Müllheim (DE)

(74) Vertreter: **Rösler, Uwe**
Rösler Patentanwaltskanzlei
Landsberger Strasse 480a
81241 München (DE)

(54) **Hohlladung**

(57) Beschrieben wird auf eine Explosivstoffladung, die eine aus explosivem Material bestehende Raumform aufweist und im Wege der Explosion eine räumliche anisotrope Druckwirkung in mindestens eine Hauptwirkungsrichtung entfaltet, in die die Druckwirkung größer ist als in andere Wirkrichtungen.

Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die aus explosivem Material bestehende Raumform einen der Hauptwirkungsrichtung zugewandten und sich in die Hauptwirkungsrichtung erstreckenden Oberflächenbereich aufweist, dass auf dem Oberflächenbereich Partikel aufgebracht sind und/oder eine bei der Explosion in Partikel zerfallende Materialschicht aufgebracht ist, dass die Partikel aus einem nicht explosiven Material bestehen, und dass eine der Partikeln zuordenbare Gesamtmasse kleiner ist als eine dem explosiven Material zuordenbare Masse.

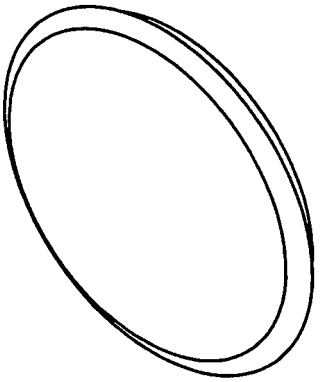

Fig. 4a

EP 2 053 341 A2

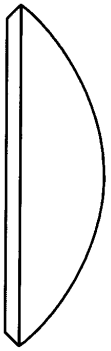

Fig. 4b

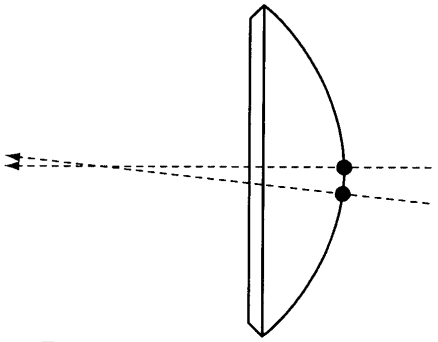

Fig. 4c

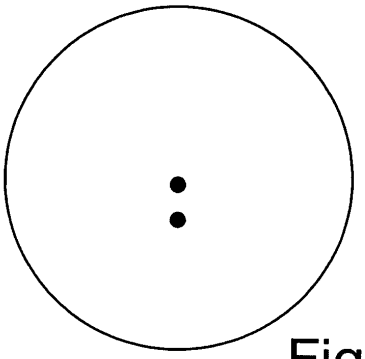

Fig. 4d

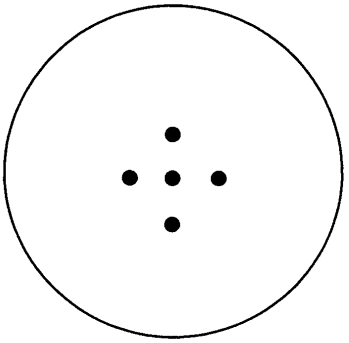

Fig. 4e

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Explosivstoffladung, die eine aus explosivem Material bestehende Raumform aufweist und die im Wege der Explosion eine räumlich anisotrope Druckwirkung in mindestens eine Hauptwirkungsrichtung entfaltet, in die die Druckwirkung größer ist als in andere Richtungen.

Stand der Technik

[0002] Eine Detonation von Explosivstoff erzeugt in Abhängigkeit von Menge, Anordnung und Zusammensetzung des Explosivstoffes eine starke Druckwirkung in der Umgebung des Orts, an dem die Detonation erfolgt. Die Druckwirkung basiert dabei in aller Regel auf einer chemischen Umsetzung des Explosivstoffes zu gasförmigen Reaktionsprodukten, den so genannten Schwaden, die sich mit hohen Temperaturen und Dichten aufgrund des großen Druckunterschieds zur Umgebung mit hohen Geschwindigkeiten ausbreiten. Durch die expandierenden Schwaden wird auch eine sich ausbreitende Stoßwelle in der umgebenden Luft erzeugt, die den Reaktionsprodukten typischerweise vorauseilt.

[0003] Das Zustandekommen der Druckwirkung kann am Beispiel der Detonation eines kugelförmigen Explosivstoffes, einer so genannten Kugelladung, illustriert werden. In Folge einer Zündung der Kugelladung aus dem Zentrum heraus und anschließender Detonation breiten sich eine Luftstoßwelle sowie die Schwaden vom Zentrum der Detonation ausgehend gleichmäßig in alle Raumrichtungen, d.h. isotrop, aus, wobei die Temperatur der Reaktionsprodukte, d.h. der Schwaden, mit zunehmendem Abstand vom Zentrum abnimmt. Hierbei nimmt gleichfalls auch die Druckwirkung der Schwaden mit zunehmendem Abstand vom Ort der Detonation stark ab.

[0004] Die Figuren 2 a und b zeigen in Diagrammdarstellung zwei Momentaufnahmen bezüglich der Druckausbreitung bei der Explosion einer Kugelladung. Die Diagramme zeigen jeweils das räumliche Druck-Profil zum Zeitpunkt der Momentaufnahme. Längs der Ordinate der Diagramme sind hierzu Druckwerte und längs der Abszisse Abstandswerte zum Ort der Explosion, skaliert in Ladungsradien der Kugelladung, angetragen. Figur 2a zeigt die Druckwirkung im so genannten Nahfeld, d.h. in einem Abstandsbereich vom Explosionsort von nur wenigen Ladungsradien zu einem frühen Zeitpunkt, wo ein großer Beitrag der Schwadenströmung zur Druckwirkung gegeben ist. Man beachte die Druckwerteskalierung in Einheiten von kbar. Die Gesamtdruckwirkung in den in Fig. 2a diskutierten Abständen von 1-2 Ladungsradien wird sehr überwiegend vom hohen Strömungsdruck der Explosionsschwaden zu Beginn der Schwadenexpansion hervorgerufen.

[0005] Zu einem späteren Zeitpunkt und damit in größerem Abstand vom Ausgangspunkt der Schwadenexpansion ergibt sich ein anderes Bild: Bei kugelartigen Explosivstoffladungen geht man typischerweise davon aus, dass ab einem Abstand von etwa 15 Ladungsradien an so genannte fernfeldartige Bedingungen vorliegen. Der Abfall des Maximaldrucks vom Nah- zum Fernfeld kann vier Größenordnungen, d.h. ein Faktor 10000 oder mehr, betragen. In Figur 2b ist hierzu die Druckwirkung im so genannten Fernfeld dargestellt, in dem die vergleichsweise geringe Wirkung der Luftstoßwelle, man beachte die Skalierung der Druckwerte in bar, dominiert und die Schwadenströmung kaum noch zur Druckwirkung beiträgt. Die in Fig.2b bei 9 Ladungsradien Abstand erkennbare steile Flanke charakterisiert die Front der Luftstoßwelle, die den Schwaden vorauseilt. Die Luftstoßwelle zeichnet sich insbesondere durch diese Unstetigkeit im Luftdruck aus.

[0006] Die Druckwirkung nimmt somit bei ungeformten Ladungen mit der Entfernung sehr schnell ab. Ist man bestrebt eine Reichweitensteigerung der Druckwirkung vorzunehmen, so ist eine Vergrößerung der Sprengstoffmenge keine geeignete Maßnahme. Um bspw. in 10-fachem Abstand denselben Maximaldruck zur erzielen, ist nach den Skalierungsgesetzen eine Steigerung der Sprengstoffmasse um den Faktor 1000 notwendig.

[0007] Zur Erhöhung der Wirkung in einem vorgegebenen Abstand von Explosionsort oder zur Vergrößerung der Wirkreichweite ohne Erhöhung der Explosivstoffmenge ist eine Reihe von Realisierungsmöglichkeiten bekannt, bei denen in Abkehr von einer isotropen Wirkungsausbreitung, wie bei der vorstehend beschriebenen Kugelladung, die Wirkung anisotrop ist. Einige derartige Realisierungen sind nachstehend kurz skizziert:

[0008] So genannte Hohlladungen sehen eine einseitige Ummantelung einer rotationssymmetrischen Metalleinlage mit einem Explosivstoff vor, der bei Detonation die Metalleinlage, die zumeist in Form einer kegel- oder halbkugelförmig ausgebildeten, dünnwandigen Metallschicht ausgebildet ist, längs zur Ladungsachse, die der Symmetrieachse der Metalleinlage entspricht, zu kollabieren vermag. Die Metalleinlage wird nachfolgend strahlartig längs der Ladungsachse aus der Hohlladung herausgeschleudert. Der Strahl dehnt sich entlang der Achse aus, bis schließlich Partikulierung eintritt. Die optimale Wirkung von Hohlladungen, die z.B. in Waffen zur Bekämpfung gepanzerter Fahrzeuge eingesetzt werden, ist deshalb auf kurzen Abständen von einige Ladungsdurchmessern Abstand gegeben, so dass eine Hohlladung im Allgemeinen als Gefechtskopf auf einem Flugkörper zum Ziel gebracht und kurz vor dem Ziel ausgelöst wird. Eine derartige Hohlladung ist beispielsweise in der DE 31 17 091 C2, DE 33 36 516 A1 oder der DE 29 13 103 C2 erläutert.

[0009] In einer Abwandlung einer vorstehend erläuterten Hohlladung ist es durch Extrusion des Querschnittprofils der Hohlladung in die laterale Dimension sowie durch geeignete Materialwahl der Metalleinlage möglich, eine so genannte Linearladung zu erzeugen, die einen

ebenen Partikelstrahl erzeugt, siehe z.B. DE 37 39 683 C2. Auch solche als Schneidladungen bezeichnete Explosivstoffladungen sind in der Regel dafür ausgelegt, Objekte, wie Stahlträger oder Panzerungen in kurzem Abstand zu zertrennen.

[0010] In diesem Zusammenhang sei beispielsweise auf die DE 11 2005 000 960 T5 verwiesen in der eine einphasige Wolframlegierung für eine Hohlladungseinlage beschrieben ist, die über verbesserte Strahlausbildungseigenschaften verfügt.

[0011] Ferner sind Spezialformen ausgekleideter Hohlladungen bekannt, die bei explosiv geformten Projektilen (siehe z.B. DE 39 41 245 A1) zur Bildung eines zusammenhängenden Penetrators genutzt werden, der über große Distanzen ballistisch fliegen kann und über eine hohe Penetrationsleistung verfügt. Grundsätzlich ist jedoch die Wirkung bei allen bekannten Varianten von Hohlladungen aufgrund der hohlladungstypischen Metalleinlage strahl- oder projektilartig.

[0012] Es sind auch die Explosivstoffmenge zumindest teilweise ummantelnde Kapselungen, z.B. aus Metall, bekannt, die durch die Detonation in beliebige oder vordefinierte Fragmente aufgebrochen werden. Die im Nahfeld, d.h. in der unmittelbaren Umgebung des Explosivstoffes, freigesetzte Energie wird dabei zum Teil zur Beschleunigung dieser Fragmente, bspw. in Form von Splittern, genutzt, die sich nachfolgend, begrenzt durch die Verzögerung aufgrund aerodynamischer Kräfte, über relativ große Entfernungen hin ausbreiten und somit eine zerstörende Wirkung in größerem Abstand bewirken können. Im Allgemeinen sind die Reichweite der Splitter und der durch diese abgedeckte Raumwinkelbereich größer als erwünscht.

[0013] Anhand so genannter Zylinderladungen, bei denen der Explosivstoff die Raumform eines Vollzylinders annimmt, konnte nachgewiesen werden, insbesondere in Kombination mit einer geeigneten Wahl der die Zündung an der Explosivstoffladung auslösenden Initiierungspunkten, dass die Druckwirkung in bestimmten Raumrichtungen erhöht bzw. verringert werden konnte. Wie von Schraml et al., "Effects of initiator position on near-field blast from cylindrical charges", Konferenzbeitrag zu Military Aspects of Blast and Shock (MABS) 17, Las Vegas, Nevada, USA (2002), gezeigt, kann beispielsweise durch die simultane Zündung an den Mittelpunkten der Endflächen einer zylindrischen Ladung erreicht werden, dass es in der Mittelpunktsebene senkrecht zur Zylinderachse zu einer verstärkten Druckwirkung kommt. Bestenfalls wird die Ausbreitungsrichtung der Druckwirkung im Nahfeld dabei in idealisierender Näherung auf eine zweidimensionale Scheibe begrenzt. Aber auch bei Zylinderladungen ist davon auszugehen, dass ab einem relativ geringen Abstand nur noch fernfeldartige Bedingungen vorliegen, in dem die Druckwirkung durch die Schwaden bzw. der Reaktionsprodukte gering ist und allein durch die Luftstoßwelle dominiert wird. Insbesondere nimmt auch die Anisotropie der Druckwirkung mit wachsender Entfernung von der Ladung schnell ab, siehe hierzu beispielsweise: M. Held "Impulse Method for the Blast Contour of Cylindrical High Explosive Charges", Propellants, Explosives, Pyrotechnics 24, 17-26 (1999).

[0014] Eine weitere Möglichkeit zur gerichteten Drucksteigerung ist der Einsatz von massiven Verdämmungen, die die Ausbreitung der Explosionsschwaden in bestimmte Richtungen unterbinden. Dies ist in einem technischen Gerät allerdings mit einem erheblichen Zuwachs in der Gesamtmasse verbunden, was für bestimmte Anwendungen nicht akzeptabel ist, insbesondere in Fällen, in denen die Masse der Verdämmung wesentlich größer sein muss als die Sprengstoffmasse.

Darstellung der Erfindung

[0015] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Explosivstoffladung, die eine aus explosivem Material bestehende Raumform aufweist und im Wege der Explosion eine räumliche anisotrope Druckwirkung in mindestens eine Hauptwirkungsrichtung entfaltet, in die die Druckwirkung größer ist als in andere Wirkrichtungen, wie dies beispielsweise bei der vorstehend erläuterten Zylinderladung der Fall ist, derart weiterzubilden, dass eine deutliche Verbesserung der Reichweite der Druckwirkung sowie auch der räumlichen Fokussierbarkeit der Druckwirkung bei der Detonation erreicht werden sollen. So soll insbesondere eine kontrolliert gerichtete Ausbreitung der Druckwirkung in eine scharf definierte Raumrichtung möglich werden. Ausdrücklich gilt es sich Strahl- oder Projektil-artig ausbreitende Körper oder Splitter zu vermeiden, zumal deren Reichweite nicht oder nur sehr schwer zu begrenzen ist.

[0016] Die Lösung der der Erfindung zugrunde liegenden Aufgabe ist im Anspruch 1 angegeben. Den Erfindungsgedanken vorteilhaft weiterbildende Merkmale sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der weiteren Beschreibung, insbesondere unter Bezugnahme auf die Ausführungsbeispiele, zu entnehmen.

[0017] Lösungsgemäß ist eine Explosivstoffladung, die eine aus explosivem Material bestehende Raumform aufweist und im Wege der Explosion eine räumliche anisotrope Druckwirkung in mindestens eine Hauptwirkungsrichtung entfaltet, in die Druckwirkung größer ist als in andere Wirkrichtungen, dadurch ausgebildet, dass die aus explosivem Material bestehende Raumform einen der Hauptwirkungsrichtung zugewandten, sich in die Hauptwirkungsrichtung erstreckenden Oberflächenbereich aufweist, auf dem Partikel aufgebracht sind und/oder auf dem eine bei der Explosion in Partikel zerfallende Materialschicht aufgebracht ist. Die Partikel bestehen vorzugsweise aus nicht metallischem Material und verfügen über eine den Partikeln zuordenbare Gesamtmasse, die kleiner ist als eine dem explosiven Material zuordenbare Masse.

[0018] Es ist erfindungsgemäß erkannt worden, dass eine sehr markante Erhöhung der Druckwirkung mit zugleich verbesserten räumlichen Fokussierungseigen-

schaften - d.h. eine maximale Druckwirkung kann in einem sehr eng begrenzten Raumbereich erzielt werden - durch die räumlich geometrische Ausgestaltung der Raumform des explosiven Materials erzielt werden kann, ohne dabei an sich bekannte, die Druckwirkung verstärkende sowie die Anisotropie der Druckwirkung beeinflussende, zumeist aus massivem Materialien bestehende Verdämmungen einzusetzen. Auch können die angestrebten Ziele ohne jegliche Metalleinlagen erreicht werden, die bei den eingangs erläuterten Hohlladungen die in diesem Zusammenhang bekannten Wirkungen entfalten. Auch bedarf es grundsätzlich keiner, das explosive Material umgebenden Tragstruktur, beispielsweise in Form einer Kapselung, vielmehr können die angestrebten Ziele unter Zugrundelegung einer eigenstabilen Formgebung des explosiven Materials erreicht werden. Dies setzt voraus, dass das explosive Material zur Ausbildung einer stabilen Raumform geeignet ist und eine eigenstabile mechanische Tragfähigkeit besitzt ist. Im Falle von den räumlich nicht eigenstabilen explosiven Materialien, wie beispielsweise Gele etc., sind entsprechende, die Raumform des explosiven Materials vorgebende Umhüllungen bzw. Umkapselungen vorzusehen, die ihrerseits möglichst detonationsneutral sind, d.h. möglichst keinerlei die Entfaltung der Druckwirkung bei der Detonation des explosiven Materials negativ beeinträchtigenden Effekte besitzen.

[0019] Das der Fokussierung der Druckwirkung bei einer lösungsgemäß ausgebildeten Explosivstoffladung zugrunde liegende Wirkprinzip sei zur besseren Illustration anhand eines einfachen möglichen Ausführungsbeispiels beschrieben. Es sei angenommen, dass das explosive Material eine Raumform aufweist, die teller- oder schalenförmig ist, wobei die im Weiteren als Tellerform bezeichnete Raumform rotationssymmetrisch und dünnwandig ausgebildet ist und insbesondere eine konkav gekrümmte Oberfläche vorsieht. Es sei ferner angenommen, dass eine derartige Explosivstoffladung im Bereich des Tellermittelpunktes, der als Durchstoßpunkt der Symmetrieachse der Tellerform aufzufassen ist, zur Auslösung bzw. Initiierung der Detonation einen Zündpunkt vorsieht. Unmittelbar nach dem Zündereignis erfolgt eine sich symmetrisch um den Zündpunkt längs der räumlichen Erstreckung der Tellerform explosiv ausbreitende, chemische Stoffumwandlung, die sich mit einer von der Wahl des explosiven Materials abhängigen Detonationswellengeschwindigkeit ausbreitet. Aufgrund der konkav vorgegebenen Tellerform der Explosivstoffladung erfolgt die Schwadenausbreitung und die damit verbundene Schwadenströmung primär in Richtung der durch die Tellerform vorgegebene Rotationsachse, die sich virtuell von dem konkaven Oberflächenbereich der Tellerform in eine Raumrichtung erstreckt, die in der weiteren Terminologie als Hauptwirkungsrichtung bezeichnet wird, längs der sich eine Fokussierung der mit der Schwadenausbildung einhergehenden Druckwirkung ergibt.

[0020] Nach derzeitigem Verständnis der mit einer derartigen Raumform einer Explosivstoffladung verbundenen räumlichen Fokussierung der sich bei Detonation ausbildenden Druckwirkung längs einer räumlichen Hauptwirkungsrichtung gilt es, die Schwadenausbreitungsgeschwindigkeit entlang der Hauptausbreitungsgeschwindigkeit in der Atmosphäre an die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Detonation im Sprengstoff, d.h. die Geschwindigkeit mit der sich die chemische Stoffumwandlung innerhalb des Sprengstoffes ausbreitet, anzupassen. Von großer Bedeutung scheint hierbei der Neigungs- bzw. Öffnungswinkel zu sein, unter dem sich der konkav ausgebildete Oberflächenbereich längs zur Hauptwirkungsrichtung erstreckt. Weist die konkav ausgebildete Oberflächenform einen sehr großen Öffnungswinkel auf, d.h. die Tellerform ist sehr flach ausgebildet, so ist die Geschwindigkeitskomponente, mit der sich die chemische Stoffumwandlung in Richtung der durch die Konkavform vorgegebene Hauptwirkungsrichtung ausbreitet, kleiner als im Falle einer sehr stark gekrümmten Tellerform. Zum anderen ist es möglich, die Schwadenausbreitungsgeschwindigkeit durch geeignete Wahl des explosiven Materials vorzugeben. Zusammenfassend kann daher festgestellt werden, dass eine wirksame Fokussierung der detonationsbedingten Druckwirkung zu beobachten ist, sofern der Öffnungswinkel der konkaven Oberflächenform einer lösungsgemäß ausgebildeten Raumform, die aus explosivem Material besteht, sowie das explosive Materials derart gewählt werden, so dass die anfängliche Schwadenausbreitungsgeschwindigkeit in die Hauptwirkrichtung und die Geschwindigkeit, mit der sich die Stoffumwandlung des Sprengstoff in diese Richtung räumlich ausbreitet, identisch oder weitgehend identisch sind.

[0021] Selbstverständlich eröffnet sich eine Vielzahl von Möglichkeiten für die Ausbildung derartig konkreter Raumformen für explosives Material zur Realisierung der vorstehend beschriebenen räumlich gerichteten Fokussierung der mit der Detonation verbundenen Druckwirkung. So sind neben der vorstehend erwähnten teller- oder schalenförmigen Raumform, die typischerweise einen sphärisch oder parabolisch gekrümmten konkaven Oberflächenbereich vorsieht, auch kegelförmige, vorzugsweise flachkegelförmige Raumformen denkbar, deren Kegelöffnungswinkel die sich in Hauptbreitungsrichtung orientierte Schwadenausbreitungsgeschwindigkeit wesentlich bestimmt.

[0022] Die vorstehenden Raumformen werden typischerweise lediglich mit einem einzigen Zündpunkt, an dem die initiale Zündauslösung erfolgt, versehen, der im Symmetriepunkt der jeweiligen Raumform angeordnet ist.

[0023] Grundsätzlich ist es jedoch möglich, bei vergleichbaren oder anders gestalteten Raumformen mehrere Zündpunkte oder auch Zündflächenbereiche vorzusehen, um hierdurch eine hinreichende Schwadenfokussierung längs einer Hauptwirkungsrichtung zu erhalten. In vorteilhafter Weise bietet es sich an, eine aus explosivem Material gefertigte Raumform, die nicht notwendigerweise rotationssymmetrisch um eine Rotationsachse

ausgebildet ist, mit einer Vielzahl räumlich voneinander getrennter Zündpunkte auszustatten, die beispielsweise arrayförmig an einem Oberflächenbereich der Raumform angeordnet sind und die einzeln über eine entsprechende Zündauslöseeinheit ausgelöst werden können. Bei entsprechender Ausführung der Raumform der Explosivstoffladung mit einer Vielzahl einzelner Zündpunkte kann durch die Auswahl der räumlich verteilten Zündpunkte und deren getrennte Auslösung eine Leistungssteigerung der Druckwirkung sowie auch eine räumliche Ausrichtung der Hauptwirkungsrichtung, in die sich die Druckwirkung ausbreitet, bewirkt werden, ohne dabei die räumliche Orientierung der Raumform des explosiven Materials zu ändern.

[0024] In diesem Zusammenhang sei beispielsweise angenommen, dass bei dem vorstehend beschriebenen Beispiel einer teller- oder schalenförmig ausgebildeten Raumform rückseitig zum konkaven Oberflächenbereich eine Vielzahl arrayförmig angeordneter Zündpunkte vorgesehen ist, deren Zündauslösung im Unterschied zu einer Zündauslösung ausschließlich am Ort des Symmetriezentrums anderweitig erfolgt.

[0025] So können die um die Symmetrieachse der tellerförmigen Raumform verteilt angeordneten Zündpunkte unter Vorgabe einer bestimmten Zeitabfolge sowie auch unter Vorgabe eines bestimmten Zündauslösemusters gezündet werden, das beispielsweise nicht notwendigerweise die Auslösung aller vorhandenen Zündpunkte vorsieht, sondern vielmehr nur eine selektive Auswahl von vorhandenen Zündpunkten. Auf diese Weise ist es möglich, die räumliche Hauptwirkrichtung längs der eine Fokussierung der detonationsbedingten Druckwellen erfolgt, vorgebbar zu schwenken ohne dabei die Orientierung der Raumform der Explosivstoffladung zu verändern.

[0026] Bei einer derart erzielten Schwadenfokussierung bzw. räumlichen Variation der Hauptwirkungsrichtung längs der sich die Druckwirkung maximal entfaltet, ist es erforderlich, eine Anpassung zwischen der räumlichen Anordnung sowie der zeitlichen Abfolge der Auslösung der Zündpunkte und den Eigenschaften des explosiven Materials und dessen Raumform vorzunehmen.

[0027] Weiterhin ist es ebenso denkbar, neben der Verwendung nur eines einzigen einheitlichen explosiven Materials zur Ausbildung der Raumform, das über eine bestimmte Schwadenausbreitungsgeschwindigkeit verfügt, auch unterschiedliche Explosivstoffe einzusetzen, um die Raumform auszubilden. Hierdurch können längs der Raumform der Explosivstoffladung Übergänge mit verschiedenen Explosivstoffeigenschaften geschaffen werden, die durchaus zielführend zum Zwecke einer Fokussierung der detonationsbedingten Druckwellen eingesetzt werden können.

[0028] Wie bereits vorstehend kurz angesprochen, eröffnet sich eine nahezu unbegrenzte Vielfalt an möglichen geometrischen Raumformen für eine Realisierung der lösungsgemäß erkannten Fokussierung der Druckwirkung längs einer Hauptausbreitungsrichtung. Neben Teller-, Scheiben- oder Flachkegelformen sind auch andere Ladungsgeometrien, wie beispielsweise Doppelkonusformen oder vielfältig gekrümmte Oberflächen, mit konkaver Gesamtkontur und fokussierender Wirkung denkbar.

[0029] Neben der vorstehenden, sehr wesentlichen räumlichen Auslegung der Raumform des explosiven Materials sowie auch der räumlich und zeitlichen Vorgehensweise zu deren Zündung, ist darüber hinaus als sehr Wesentlich erkannt worden, dass eine weitere Maßnahme zu treffen ist, um eine deutliche Erhöhung des Wirkabstandes der fokussierten Druckwirkung zu erhalten. Diese Maßnahme betrifft das Vorsehen einer Partikelbeschichtung zumindest auf Teilbereichen des konkaven Oberflächenbereiches der Raumform. Durch die Partikelbeschichtung, beispielsweise in Form einzelner Partikel oder einer, bei der Explosion in Partikel zerfallende Materialschicht, kann eine deutliche Erhöhung der Druckwirkung in einem gegebenen Abstand erzielt werden kann.

[0030] Insbesondere und ausdrücklich bestehen die Partikel nicht notwendigerweise aus Metall, sondern vorzugsweise aus glasartigen oder keramischen Werkstoffen.

[0031] Lösungsgemäß ist erkannt worden, dass durch Vorsehen von Partikel oder einer in Partikel zerfallenden Materialschicht auf dem konkav ausgebildeten Oberflächenbereich eine entscheidende Erhöhung der Druckwirkung in einem gegebenen Abstand bewirkt wird. Zwar wird jedes einzelne Partikel bei einem möglichen Auftreffen auf einer Zielstruktur zur lokalen Penetration an der Einschlagstelle beitragen, jedoch ist dies nicht der Grund für eine erhöhte Druckwirkung, vielmehr lässt sich die markante Erhöhung der Druckwirkung auf eine Zielstruktur durch das Schwarmverhalten aller Partikel zurückführen, wobei der Einschlag der Partikelwolke die Druckwirkung unterstützt. Wesentlich scheint jedoch zu sein, dass die sich nach der Detonation ausbildende Partikelwolke die Strömungsvorgänge der Explosionsprodukte nachhaltig verändert. Ferner soll die den Partikeln zuordenbare Gesamtmasse kleiner sein als die dem explosiven Material zuordenbare Masse. Die Partikel sollen daher möglichst nicht metallisch sein, beispielsweise aus keramischen Materialien bestehen. Durch diese Forderung unterscheidet sich die lösungsgemäße Explosivstoffladung insbesondere von jenen Sprengstoffen, denen zur Wirkungssteigerung Schwermetallpartikel zugesetzt werden, den so genannten Dense-Inert-Metal-Explosives (DIME).

[0032] Das Aufbringen der Partikel bzw. einer in Partikel durch Detonation zerfallenden Materialschicht auf den konkav ausgebildeten Oberflächenbereich der Raumform wird vorzugsweise mit adhäsiv wirkenden Substanzen zur Herstellung einer innigen Verbindung zwischen Partikel und Raumform vorgenommen, die ihrerseits geeignet ausgewählt sind und somit einen positiven Beitrag zur Gesamtwirkung leisten können.

[0033] Durch die Wahl der Partikelgröße und damit

auch der Masse der Partikel kann darüber hinaus ausgeschlossen werden, dass sich die Partikelwolke unkontrolliert weit vom Ort der Detonation ausbreitet, wie dies beispielsweise bei den Penetratoren aus konventionellen Projektilsprengstoffladungen der Fall ist. Die lösungsgemäße Explosivstoffladung ermöglicht eine räumlich extrem gerichtete Druckwirkung, deren Wirkweite vordefinierbar ist. Die Druckwirkung in großem Abstand vom Ort der Explosivstoffladung kann vergleichbar zur Wirkung einer Kugelladung sein, die sich direkt in Kontakt mit einer Zielstruktur befindet. Wesentlich ist, dass sich die extrem hohe Druckwirkung der lösungsgemäß ausgebildeten Explosivstoffladung in großem Abstand von der Ladung nur in einem definierten Raumwinkelbereich entfaltet, dessen Richtung im Wesentlichen durch die geometrische Ausbildung der Raumform und der Zündweise vorgebbar ist. Die Reichweite der Partikelwolke ist bei gegebener Partikel-Gesamtmasse und Sprengstoffmenge durch die Auswahl von Größe, Masse und Form der Einzelpartikel beeinflussbar.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0034] Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen exemplarisch beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 Perspektivische Darstellung einer flachkegeligen Explosivstoffladung,

Fig. 2a, b Diagrammdarstellungen zur Veranschaulichung der Druckwirkung im Nah- und Fernfeld (Stand der Technik),

Fig. 3 Gegenüberstellung der Druckwirkung einer an sich bekannten Zylinderladung mit einer lösungsgemäß ausgebildeten Explosivstoffladung, sowie

Fig. 4 a - e Mehrseitenansicht einer mit schalenförmiger Raumform ausgebildeten Explosivstoffladung, Ausführungsform einer lösungsgemäß ausgebildeten Explosivstoffladung mit zwei und mehr Zündpunkten.

Wege zur Ausführung der Erfindung, gewerbliche Verwendbarkeit

[0035] Bei der lösungsgemäßen Explosivstoffladung, die sich letztlich einzig und allein durch die Kombination einer bestimmt vorgegebenen Raumform aus explosivem Material sowie mit an einem bestimmten Oberflächenbereich der Raumform vorgesehenen Partikeln und/oder mit einer durch die Detonation im Partikel zerfallenden Materialschicht ergibt, kommt es im Wesentlichen darauf an, dass die geometrische Ausbildung der Raumform sowie die Wahl des explosiven Materials derart gewählt sind, dass sich in Abhängigkeit von der Zündweise ein für die weitere Ausbreitung günstiger zeitlicher räumlicher Verlauf der Front der sich ausbreitenden chemischen Stoffumwandlung und einer damit einhergehenden resultierende Schwadenausbildung durch die freie Atmosphäre ergibt.

[0036] Für den Fall einer, auf einen räumlichen Punkt gerichteten rotationssymmetrischen Raumform, erfüllt beispielsweise die in den Fig. 1 perspektivisch dargestellte Flachkegelladung. Die als Flachkegel ausgebildete Explosivstoffladung 1 weist einen konkaven Oberflächebereich 2 auf, der sich in der Figurdarstellung in die Zeichenebene kegelförmig in den Bereich der Kegelspitze 3 zusammenlaufen verjüngt. Die Raumform ist dünnwandig mit einer Wandstärke von einigen Millimetern bis zu einigen Zentimetern, je nach Wahl des Flachkegeldurchmessers, ausgebildet. Ausdrücklich wird darauf hingewiesen, dass sowohl an der in der Figur 1 sichtbaren konkaven Oberfläche 2 als auch an der nicht sichtbaren Rückseite keine Verdämmungsschichten zwingend vorgesehen sind, die die Detonationswirkung des explosiven Materials, aus der die flachkegelige Raumform der Explosivstoffladung 1 besteht, beeinflusst.

[0037] Bei einer konkreten Realisierungsform sieht die Flachkegelform einen Öffnungswinkel von etwa 130° vor, wobei als explosives Material Nitropenta (PETN) gewählt ist und die Zündung im Zentrum 3 der Flachkegelladung erfolgt, da in diesem Fall die durch die Raumform mitbestimmte Laufzeit in dem explosiven Material auf die Detonationsgeschwindigkeit der Explosivstoffladung abgestimmt ist.

[0038] Eine Fokussierung der sich durch die Detonation der Explosivstoffladung 1 ausbildenden Druckwirkung ist längs der Kegelsymmetrieachse A, längs der sich der konkave Oberflächenbereich 2 der Explosivstoffladung sich konisch erweiternd erstreckt, zu beobachten.

[0039] Neben der speziellen Wahl der Raumform der Explosivstoffladung 1 trägt eine nicht weiter dargestellte Belegung der konkav ausgebildeten Oberfläche 2 mit aus nichtmetallischen Partikeln, beispielsweise in Form von Glasperlen oder anderen nichtmetallischen, vorzugsweise aus keramischen Werkstoffen bestehenden Partikeln, mit einer Partikelgröße bis hinab zu Mikro- oder Nanometern dazu bei, die Reichweite der nahfeldartigen Druckwirkung aufgrund einer gerichteten Schwadenströmung längs der Hauptwirkungsrichtung A drastisch zu erhöhen. Erst durch das Vorsehen der an dem konkaven Oberflächenbereich 2 aufgebrachten Partikel P oder einer entsprechenden Materialschicht, die im Wege einer Detonation in eine Vielzahl von Partikeln zerfällt, ist eine drastische Steigerung der Reichweite der Druckwirkung erzielbar. Zwar tragen die Partikel bei Auftreffen auf einer Zielstruktur zu einem gewissen lokalen Penetrationseffekt bei, die drastische Erhöhung der Reichweite der Druckwirkung ist jedoch durch die Gesamtwirkung des Systems durch die sich ausbreitende Schwadenströ-

mung kombiniert mit der partikulären Strömung von Zusatzstoffen bestimmt.

[0040] Anhand der in Fig. 3 gezeigten Bilddarstellungen kann ersehen werden, wie groß der Druckunterschied zwischen einer an sich bekannten Zylinderladung, gemäß Fig. 3 (oben) und einer lösungsgemäß ausgebildeten Flachkegelladung mit Partikelbeschickung, gem. Fig. 3 (unten), sein kann. So sei angenommen, dass in Fig. 3 (oben), linke Darstellung im Zentrum, die Zylinderladung mit horizontal verlaufender Zylinderachse angeordnet ist, die linksseitig an längs der Zylinderachse gezündet wird. Zur Erfassung der Druckwirkung sind ein Drucksensor Nr. 1 längs der Zylinderachse und zwei Drucksensoren Nr. 2 jeweils beidseitig senkrecht zur Zylinderachse angeordnet. Anhand des Druck/Zeit-Verlaufes, der in dem Diagramm getrennt für die Sensoren 1 und 2 dargestellt ist, kann ersehen werden, dass sich längs der Zylinderachse eine leicht erhöhte Druckwirkung (siehe Graph Nr. 1) im Vergleich zu der von den Sensoren 2 erfassten Druckwirkung einstellt. In Fig. 3 (unten) ist eine identische Situation bezüglich der zu erfassenden Druckwirkung dargestellt, jedoch wird in diesem Fall eine Flachkegelladung mit einem einzigen, an der Spitze der Flachkegelladung angebrachten Zündpunkt, zur Detonation gebracht. Auch in diesem Fall sind die Druckwirkungen in dem nebenstehenden Diagramm getrennt für den Sensor 1 längs der Flachkegelachse sowie der Sensoren 2 dargestellt. Deutlich ersichtlich ist die weitaus größere Druckwirkung längs der Hauptwirkungsrichtung bei gleichem Abstand im Vergleich zum Fallbeispiel in Fig. 3 (oben). Zudem ist der ausgeprägte Druckunterschied zwischen den Sensoren 1 und 2 in Figur 3 (unten) zu beachten.

[0041] In den Figuren 4 a bis e ist eine alternative Raumform zur Ausgestaltung einer Explosivstoffladung 1 perspektivisch aus unterschiedlichen Blickwinkeln dargestellt.

[0042] Die Explosivstoffladung 1 weist in diesem Fall eine schalenförmige bzw. kalottenförmige Raumform auf, die gem. Figur 4a über einen sphärisch geformten Oberflächenbereich 2 verfügt. Anhand der Figur 4b, die eine Seitenansicht der Explosivstoffladung zeigt ist gleichsam ersichtlich, dass weder an der konkaven Vorderseite als auch der rückwärtigen Seite Verdämmungsschichten vorgesehen sind. Die eingezeichnete Achse gibt die Hauptwirkungsrichtung A an, im Falle einer Zündung der Explosivstoffladung am Zündpunkt Z1, der von der Symmetrieachse, gleichbedeutend mit der Hauptwirkrichtung A durchsetzt wird.

[0043] In den Figuren 4 c und d ist jeweils die gleiche kalottenförmig ausgebildete Explosivstoffladung 1 gezeigt aber nun mit zwei Zündpunkten Z1 und Z2.

Wie bereist vorstehend erwähnt würde eine Zündung der Explosivstoffladung 1 am Zündpunkt Z1 eine längs der Achse A1 sich fokussierend ausbildende Druckwirkung bewirken. Wird hingegen die gleiche Explosivstoffladung, ohne diese räumlich zu schwenken, an dem Punkt Z2 initial gezündet, so ergibt sich eine um die Hauptwirkungsrichtung A1 geschwenkte zweite Hauptwirkungsrichtung A2, längs der sich die Druckwirkung fokussierend ausbreitet. Es kann somit gezeigt werden, dass durch bestimmte Verlagerung des Zündpunktes zur Raumform der Explosivstoffladung die Raumrichtung, längs der sich die Druckwirkung fokussierend ausbreitet, geschwenkt werden kann.

[0044] Fig. 4e zeigt eine arrayförmige Anordnung von jeweils fünf Zündpunkten Z1 bis Z5, die verteilt auf der Rückseite der schalenförmig ausgebildeten Raumform der Explosivstoffladung 1 aufgebracht sind. Die einzelnen Zündpunkte Z1 bis Z5 können einzeln, getrennt oder in Kombination mit einer entsprechenden Zündauslöseeinheit getriggert werden. So konnte bereits experimentell nachgewiesen werden, dass eine Steuerung der Hauptwirkungsrichtung, längs der sich die Druckwirkung fokussierend ausbreitet, durch Variation der Lage der Zündpunkte möglich ist.

[0045] Mit einer lösungsgemäßen Explosivstoffladung wurden bereits erfolgreiche Versuche durchgeführt, mit denen demonstriert werden konnte, dass Stahlbleche, die in Abständen von bis zu 5 m vom Ort der Explosivstoffladung angeordnet waren, aufgrund intensiver kurzzeitiger Druckeinwirkung zum Aufplatzen gebracht werden konnten. Bei Beabstandung der lösungsgemäß ausgebildeten Explosivstoffladung in nur einem Meter zu dem Stahlblech ähnelte das sich an dem Stahlblech ausbildende Schadensbild jenem Schaden, den eine kugelförmige Ladung gleicher Sprengstoffmasse in direkten Kontakt zum Stahlblech verursacht. Dies verdeutlicht das weitaus höhere Druckwirkungspotential der lösungsgemäßen Explosivstoffladung zum Beispiel gegenüber herkömmlichen kugelförmigen Ladungen.

[0046] Mit den lösungsgemäßen Maßnahmen konnte nachweisbar die nahfeldartige Druckwirkung der Schwadenströmung, verglichen mit den Ausdehnungen des Nahfeldes einer herkömmlichen massegleichen Kugelladung, über sehr große Abstände übertragen werden. Die hierzu erforderlichen Maßnahmen tragen insbesondere dem Aspekt einer technisch einfachen und kostengünstigen Realisierung Rechnung und lassen sich überdies mit geringerem Gewicht realisieren. Gleichzeitig basiert die Erhöhung der Druckwirkung nicht, wie bei bisherigen vergleichbaren bekannten Lösungen, auf projektilartigen Eigenschaften oder Splitterwirkungen, da Projektile oder Splitter entlang ihrer Flugbahn über große Entfernungen weiter fliegen, während die Druckwirkung von Ladungen, die nach dem obigen Prinzip ausgelegt sind, in der Reichweite der Druckwirkung effektiv einstellbar und damit begrenzbar ist. Gefährdungen durch Splitterflug können somit effektiv ausgeschlossen werden.

[0047] Die lösungsgemäße Explosivstoffladung lässt sich durch eine Vielzahl wissenschaftlicher Zwecke, in technischen Verfahren sowie Apparaten einsetzen, beispielsweise durch Beschleunigung von Objekten oder zur Umformung von Werkstoffen.

Bezugszeichenliste

[0048]

1 Explosivstoffladung
2 Konkaver Oberflächenbereich
3 Kegelspitze
P Partikel
Z Zündpunkt
A Hauptwirkungsrichtung

Patentansprüche

1. Explosivstoffladung, die eine aus explosivem Material bestehende Raumform aufweist und im Wege der Explosion eine räumliche anisotrope Druckwirkung in mindestens eine Hauptwirkungsrichtung entfaltet, in die die Druckwirkung größer ist als in andere Richtungen,
dadurch gekennzeichnet, dass die aus explosivem Material bestehende Raumform einen der Hauptwirkungsrichtung zugewandten und sich in die Hauptwirkungsrichtung erstreckenden Oberflächenbereich aufweist,
dass auf dem Oberflächenbereich Partikel aufgebracht sind und/oder eine bei der Explosion in Partikel zerfallende Materialschicht aufgebracht ist und dass eine der Partikeln zuordenbare Gesamtmasse kleiner ist als eine dem explosiven Material zuordenbare Masse.

2. Explosivstoffladung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die Raumform des explosiven Materials in Art einer Hohlladungsgeometrie ausgebildet ist und einen konkav ausgebildeten Oberflächenbereich aufweist, auf dem zumindest Abschnittsweise die Partikel aufgebracht sind und/oder die bei der Explosion in Partikel zerfallende Materialschicht aufgebracht ist.

3. Explosivstoffladung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zur Aufbringung der Partikel auf einen Oberflächenbereich auch eine Einbringung von Partikeln in das Sprengstoffvolumen vorgenommen wird.

4. Explosivstoffladung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass das Material, aus dem die Partikel bestehen, nichtmetallisch ist.

5. Explosivstoffladung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass die Raumform des explosiven Materials wenigstens einen Bereich, den so genannten Zündpunkt, vorsieht, an dem ein Zünder zur Auslösung der Explosion vorgesehen ist, und dass die Lage des wenigstens einen Zündpunktes relativ zur Raumform sowie die Raumform des explosiven Materials derart gewählt sind, dass eine im Wege der Explosion erfolgende Stoffumwandlung des explosiven Materials mit einer in die Hauptwirkungsrichtung orientierten Ausbreitungsgeschwindigkeitskomponente erfolgt, die einer sich in die Hauptwirkungsrichtung ausbreitenden Schwadenausbreitungsgeschwindigkeit entspricht, mit der sich die Druckwirkung ausbreitet.

6. Explosivstoffladung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass die Raumform des explosiven Materials eigenstabil ist und keine für die sich längs der bevorzugten Raumrichtung ausbreitende, explosionsbedingte Druckwirkung richtungsgebenden Komponenten vorgesehen sind.

7. Explosivstoffladung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass der Oberflächenbereich der Raumform konkav ausgebildet ist und sich in der bevorzugten Raumrichtung radial zu dieser aufweitet.

8. Explosivstoffladung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass der konkave Oberflächenbereich rotationssymmetrisch zu der bevorzugten Raumrichtung ist.

9. Explosivstoffladung nach Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet, dass die Raumform in Form eines Flachkegels ausgebildet ist, mit einer Art Kegelspitze sowie einen in Richtung der bevorzugten Raumrichtung sich konisch aufweitenden Flachkegeltrichter, an dessen der bevorzugten Raumrichtung zugewandten Flachkegeloberfläche die Partikel vorgesehen sind und/oder die Materialschicht vorgesehen ist.

10. Explosivstoffladung nach Anspruch 5 und 9,
dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich der Kegelspitze der Zünder vorgesehen ist.

11. Explosivstoffladung nach Anspruch 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet, dass die Raumform konkavseitig sowie konvexseitig zum Flachkegel frei zugänglich ist.

12. Explosivstoffladung nach einem der Ansprüche 9 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass die Raumform des Flachkegels eine Flachkegelwanddicke von einem Millimeter oder einigen Millimetern bis einigen Zentimetern aufweist.

13. Explosivstoffladung nach einem der Ansprüche 8 bis

11,
dadurch gekennzeichnet, dass der Flachkegel einen Kegelwinkel einschließt, der im Bereich zwischen größer 90° und kleiner 180° liegt.

14. Explosivstoffladung nach einem der Ansprüche 9 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass das explosive Material Nitropenta enthält und der Flachkegel einen Kegelwinkel einem Winkel zwischen 125° und 135°, vorzugsweise 130° entspricht.

15. Explosivstoffladung nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass die Raumform der Explosivstoffladung wenigstens zwei räumlich voneinander getrennte Zündpunkte vorsieht, die mit einer Zündauslöseeinheit verbunden und mit einer vorgebbaren Zeitabfolge auslösbar sind, und
dass die Anbringung der Zündpunkte an der Explosivstoffladung sowie die Wahl der Zeitabfolge für die Zündungen durch die gewünschte Anisotropie der Druckwirkung bestimmt werden.

16. Explosivstoffladung nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass eine Vielzahl arrayförmig an der Raumform angeordnete Zündpunkte vorgesehen ist, die mit einer Zündauslöseeinheit verbunden und mit einer vorgebbaren Zeitabfolge und einer räumlichen Zündabfolge auslösbar sind, und
dass die Anbringung der Zündpunkte an der Explosivstoffladung und/oder die Wahl der Zeitabfolge und/oder der räumlichen Zündabfolge für die Zündungen durch die gewünschte Anisotropie der Druckwirkung bestimmt werden.

17. Explosivstoffladung nach einem der Ansprüche 1 bis 16,
dadurch gekennzeichnet, dass die Raumform der Explosivstoffladung derart ausgebildet ist, dass die Druckwirkung auf einen Raumpunkt, eine Linie oder längs einer Fläche fokussierbar oder konzentrierbar ist.

18. Explosivstoffladung nach einem der Ansprüche 1 bis 17,
dadurch gekennzeichnet, dass die Raumform Bereiche aus unterschiedlichem explosivem Material vorsieht.

19. Explosivstoffladung nach einem der Ansprüche 1 bis 18,
dadurch gekennzeichnet, dass die auf dem Oberflächenbereich aufgebrachten Partikel in wenigstens zwei Partikelgruppen mit jeweils unterschiedlichen Größen und/oder Partikelmaterialien unterteilbar sind und/oder die auf dem Oberflächenbereich aufgebrachte Materialschicht wenigstens zwei Bereiche mit unterschiedlichen Schichtmaterialien aufweist.

20. Explosivstoffladung nach einem der Ansprüche 1 bis 19,
dadurch gekennzeichnet, dass die Partikel Nano- oder Mikropartikel sind.

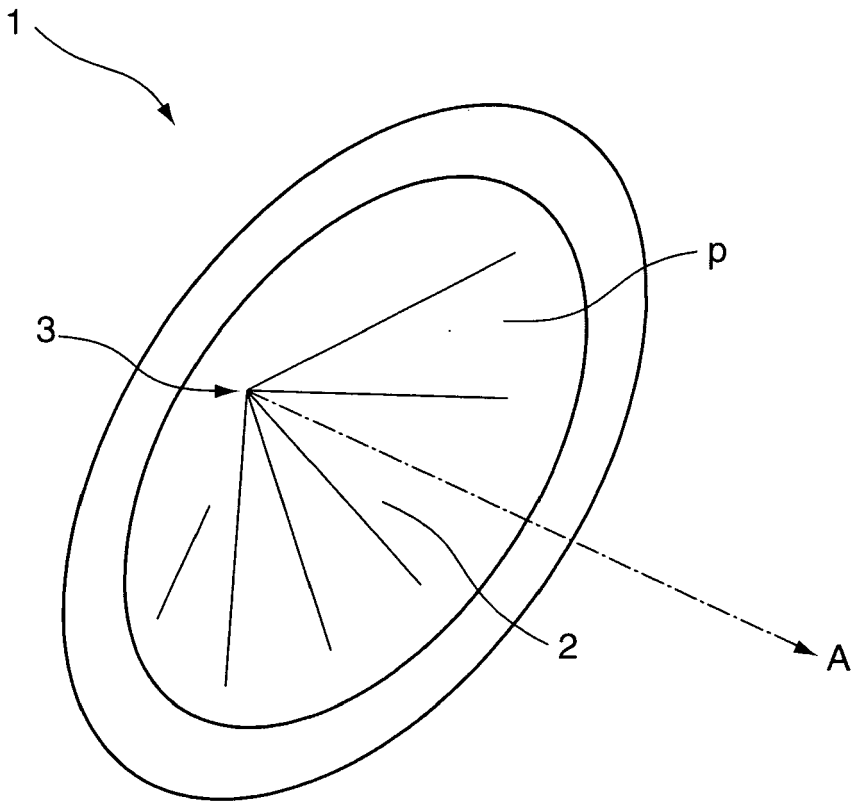

Fig. 1

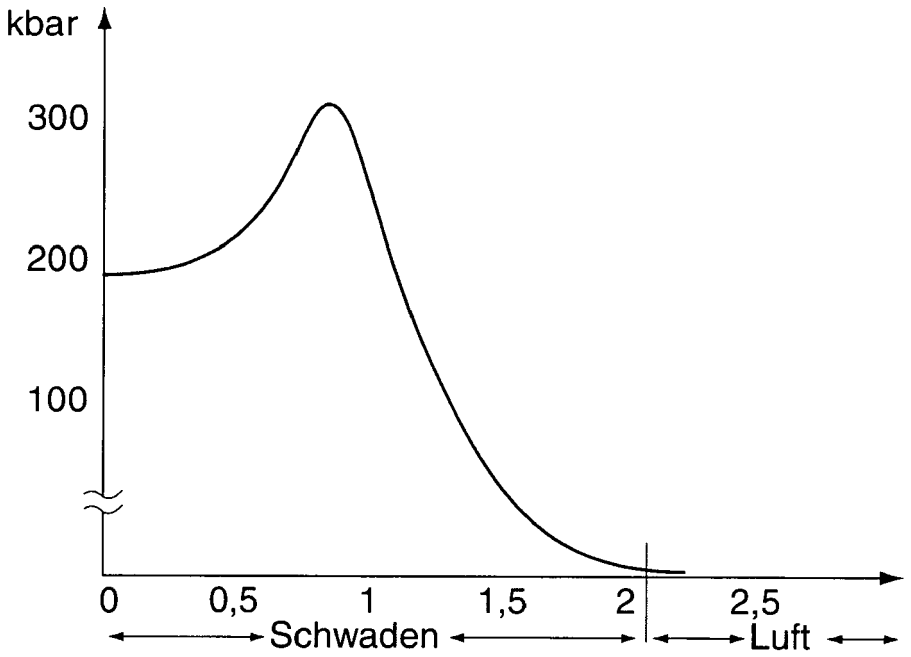
kbar
300
200
100
0
0,5
1
1,5
2
2,5
Schwaden
Luft

Fig. 2a

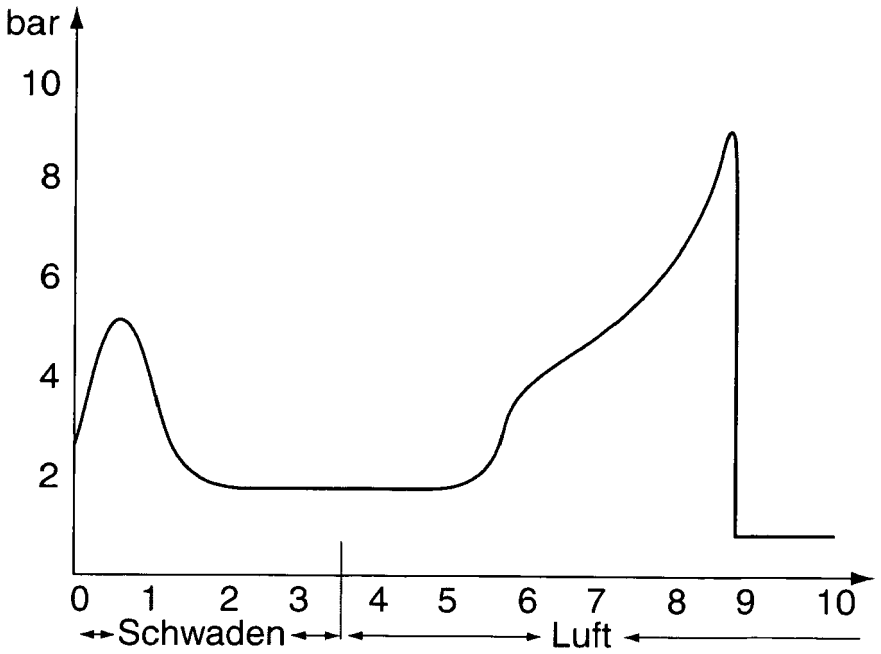
bar
10
8
6
4
2
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
Schwaden
Luft

Fig. 2b

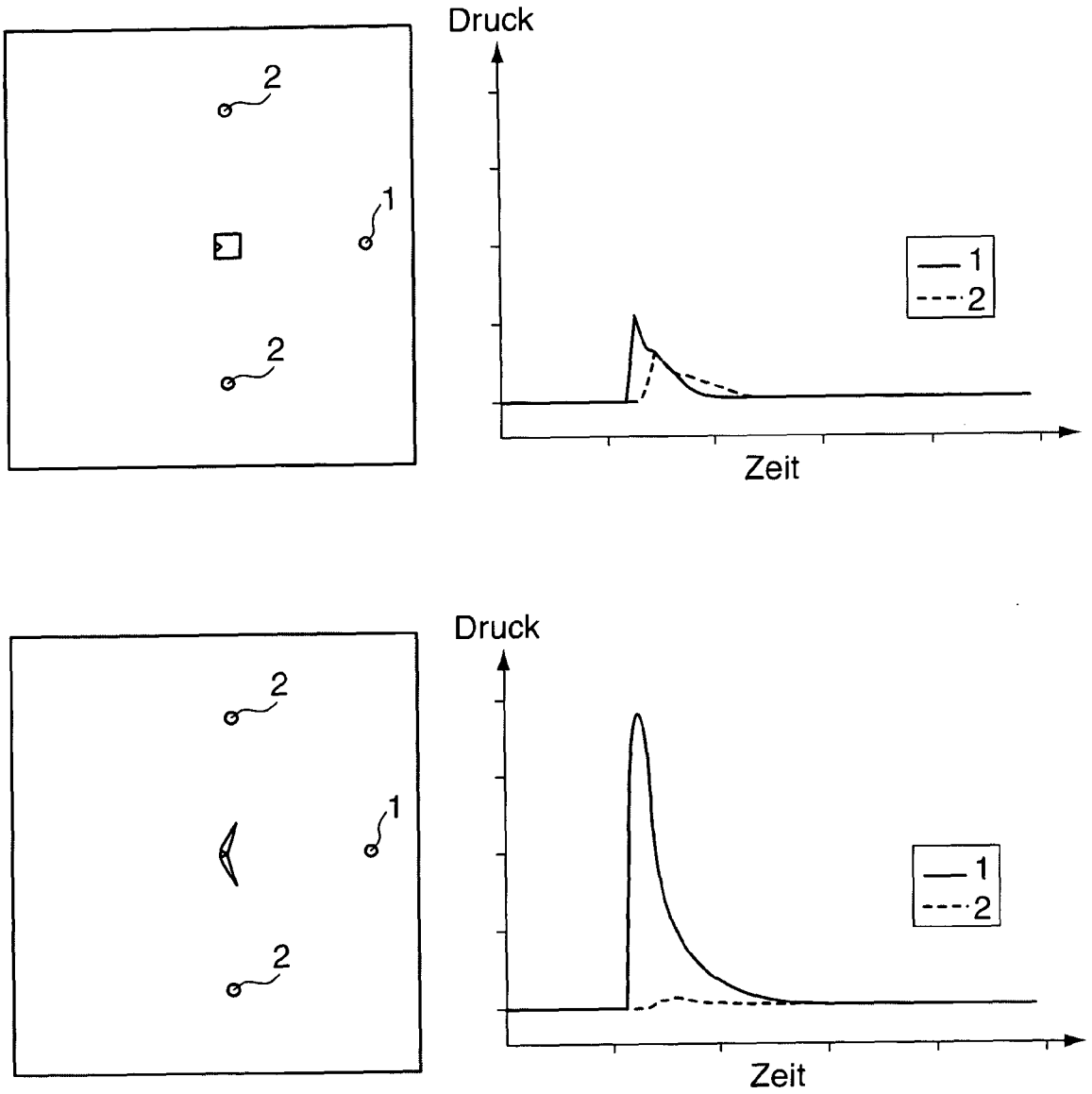

Fig. 3

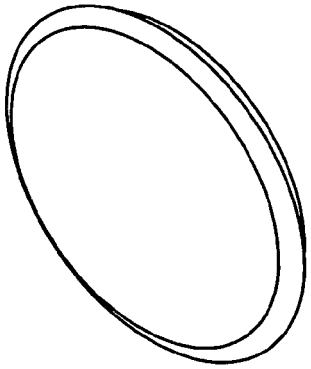

Fig. 4a

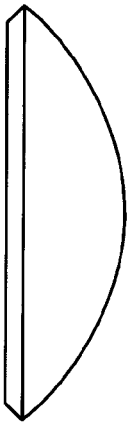

Fig. 4b

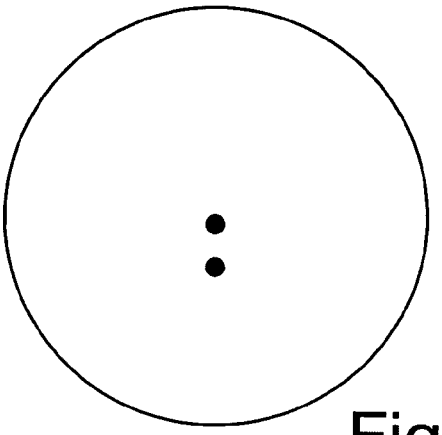

Fig. 4d

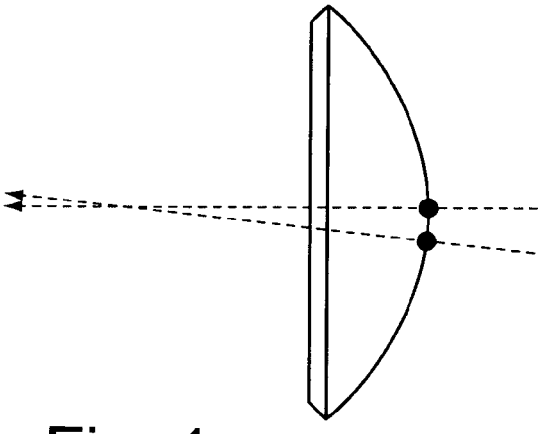

Fig. 4c

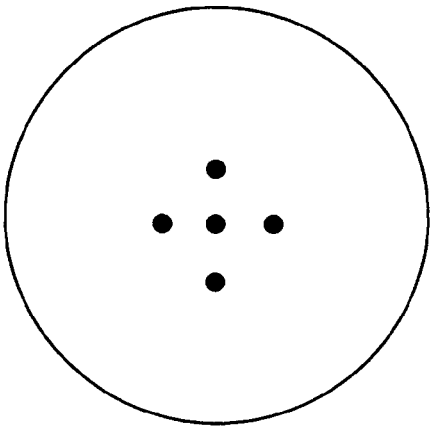

Fig. 4e

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 3117091 C2 **[0008]**
- DE 3336516 A1 **[0008]**
- DE 2913103 C2 **[0008]**
- DE 3739683 C2 **[0009]**
- DE 112005000960 T5 **[0010]**
- DE 3941245 A1 **[0011]**

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **VON SCHRAML et al.** Effects of initiator position on near-field blast from cylindrical charges. *Konferenzbeitrag zu Military Aspects of Blast and Shock (MABS),* 2002, 17 **[0013]**
- **M. HELD.** Impulse Method for the Blast Contour of Cylindrical High Explosive Charges. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics,* 1999, vol. 24, 17-26 **[0013]**