



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 060 353 A1** 2005.08.04

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 060 353.7**

(22) Anmeldetag: **15.12.2004**

(43) Offenlegungstag: **04.08.2005**

(51) Int Cl.7: **F42D 3/00**

(30) Unionspriorität:

10/736,123 15.12.2003 US

(71) Anmelder:

Halliburton Energy Services, Inc., Dallas, Tex., US

(74) Vertreter:

**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
 Schwanhäusser, 80538 München**

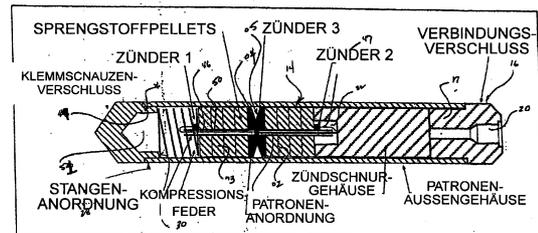
(72) Erfinder:

**Grattan, Antony F., Mansfield, Tex., US; Patterson,
 Michael L., Lafayette, La., US; Barker, James M.,
 Mansfield, Tex., US; Wuensche, Thomas J.,
 Granbury, Tex., US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zum Abtrennen eines Rohrs unter Verwendung einer Sprengvorrichtung mit Mehrpunktzündung**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft das Abtrennen eines Steigrohrs, Leitungsrohrs oder Futterrohrs in einem Öl- oder Gasförderschacht und genauer ein System und ein Verfahren zum Herstellen und Verwenden einer Sprengvorrichtung mit Mehrpunktzündung, welche eine verstärkte Druckwelle zum Abtrennen eines Steigrohrs, Leitungsrohrs oder Futterrohrs in einem Öl- oder Gasförderschacht erzeugt. Ein Ausführungsbeispiel verwendet mindestens zwei gegenüberliegende Zünder zum Zünden einer Säule aus Sprengmaterial von gegenüberliegenden Enden her, wodurch gegenläufige Druckwellen erzeugt werden, welche zu einem Mittelpunkt zwischen den Initialzündern laufen, und eine Formladungsanordnung mit einer Beschichtung, welche sich bei dem Mittelpunkt befindet, welche unmittelbar vor der Ankunft der gegenläufigen Druckwellen zündet und welche einen anfänglichen, schnell strömenden Strahl erzeugt, um das Zielrohr vor der Ankunft des Druckstoßes, welcher von den Initialzündungen ausgeht, vorzuerben.



Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen und Verwenden einer Sprengvorrichtung mit Mehrpunktzündung, welche eine verstärkte Druckwelle erzeugt, und insbesondere ein System zum Abtrennen eines Steigrohrs, Leitungsrohrs oder Futterrohrs bzw. zum Ausüben von Stoßwirkungen auf in einem Bohrloch befindliche Strukturen in einem Öl- oder Gasförderschacht unter Verwendung einer Sprengvorrichtung mit Mehrpunktzündung.

Stand der Technik

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Die Verwendung von Sprengvorrichtungen zum Abtrennen von Leitungsrohren, Steigrohren oder Futterrohren, welche zum Auskleiden von Förderschächten, wie etwa Öl- und Erdgasförderschächten oder ähnlichem verwendet werden, ist in der Technik gut bekannt. Beispielsweise offenbart die U.S.-Patentanmeldungsveröffentlichung Nr. US 2003/0047312, veröffentlicht am 13. März 2003 durch William T. Bell, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Abtrennen eines Bohrrohrs, eines Futterrohrs und anderer massiver rohrförmiger Strukturen durch die Fernzündung einer Trennsprengladung.

[0003] Gewerbliche Aktivitäten, welche die Exploration von Gas, Rohöl, Mineralien und selbst von Wasser oder Dampf betreffen, erfordern die Verwendung eines Steigrohrmaterials mit einem großem Durchmesser und einer großen Wanddicke, welches in einem Bohrloch hängt, welches bis zu mehrere Meilen weit in die Erdkruste eindringen kann. Das Bohrloch kann Abweichungen in einer beliebigen Anzahl von Graden aufweisen, so daß Biegungen und Winkel in dem Bohrloch erzeugt werden. In derartigen Tiefen und in derartigen Umgebungen wirken extreme hydrostatische Drücke.

[0004] Bei gewerblichem Betrieb von Förderschächten können Ereignisse vorkommen, welche es erfordern, daß der Rohrzug an einem Punkt unter der Oberfläche abgetrennt wird. Beispielsweise kann die Förderschachtbohrungs-Seitenwand gegen das Bohrgestänge kollabieren und dabei verhindern, daß dieses in der Förderschachtbohrung bewegt oder aus dieser entfernt wird. Typischerweise ist es wünschenswert, durch Abtrennen des Rohrs an einem Punkt unmittelbar über dem Punkt, bei welchem das Rohr gefangen ist, möglichst viel von dem Rohr zu entfernen und den freien Abschnitt herauszuziehen.

[0005] In einem derartigen Fall kann ein verseiltes Gerät in dem zentralen Bohrrohrströmungskanal auf-

gehängt werden, um die Tiefenposition des Behinderungspunkts zu bestimmen und zu messen. Diese Information kann verwendet werden, um ein Sprengabtrennungsgerät in dem Bohrrohrströmungskanal anzuordnen, um das Bohrgestänge über dem Behinderungspunkt abzutrennen und danach das freie Bohrgestänge über dem Behinderungspunkt herauszuziehen und dadurch möglichst viel von der Förderschachtbohrungs-Investition zu retten.

[0006] Typischerweise umfaßt ein Sprengabtrennungsgerät für ein Bohrrohr eine bedeutende Menge eines starken Sprengstoffs, wie etwa RDX, HMX oder HNS, welcher zu „Pellets“ hoher Dichte kompaktiert ist. Die Pelletdichte wird typischerweise kompaktiert, um bei einer Detonation eine Druckwellengeschwindigkeit zu erreichen, welche einen Druckstoß liefert, welcher das Rohr abtrennt.

[0007] Typischerweise umfaßt das Rohrabtrennungsgerät ein Außengehäuse, welches ein dünnwandiges metallisches Rohr mit einem geeigneten Außendurchmesser, welcher mit dem Durchmesser des Bohrrohrströmungskanals, welcher zum Abtrennen vorgesehen ist, verträglich ist. Das obere Ende des Außengehäuserohrs ist mit einem Gewindeverschluß abgeschlossen, welcher isolierte elektrische Verbinder entlang einer Axialrichtungsöffnung aufweist. Der Verschluß des oberen Endes des Außengehäuses wird extern geeignet vorbereitet, um einen Hängezug aufzunehmen, wie etwa ein elektrisch leitendes Seilgestänge oder eine kontinuierliche Rohrverbindungs-Untereinheit.

[0008] Typischerweise ist das untere Ende des Außengehäuses mit einer rohrförmigen Anordnung verschlossen, welche einen Schnauzenverschluß mit Bajonettverschluß umfaßt. Die Schnauzenverschlußanordnung umfaßt eine relativ kurze Länge eines starkwandigen Rohrs, welches in Axialrichtung von einem Innenbohrungsverschluß ausgehend verläuft. Der Bohrungsverschluß durchdringt die Hülse des Außengehäuserohres, während der rohrförmige Abschnitt des Schnauzenverschlusses von dem unteren Ende des Außengehäuserohrs ausgehend verläuft. Der Bohrungsverschluß ist in Verlauf um den Umfang davon durch Hochdruck-Dichtungsringe abgedichtet und um den Außendurchmesser des Außengehäuserohrs befestigt.

[0009] Der rohrförmige Abschnitt des Schnauzenverschlusses liefert typischerweise einen geschlossenen Kammerraum zum Umschließen elektrischer Leiter und ein unteres Zündvorrichtungsgehäuse zum Umschließen eines Zünders, wie etwa eines Sprengbrückendrahtzünders (EBW-Zünders (für engl.: exploding bridge wire; A.d.Ü.)) oder eines Sprengfolienzünders (EFI's (für engl.: exploding foil initiator; A.d.Ü.)).

[0010] Bei einem typischen Rohrabtrennungsgerät ist das obere Ende des Außengehäuses ein rohrförmiges Innengehäuse zum Umschließen einer elektronischen Sprengpatrone. Unter dem rohrförmigen Innengehäuse befindet sich ein zylindrisches oberes Zündvorrichtungsgehäuse. Unter dem unteren Zündvorrichtungsgehäuse befindet sich eine Menge eines Sprengmaterials. Das untere Zündvorrichtungsgehäuse ist durch eine geeignete Feder elastisch von dem Bohrungsverschluß des Schnauzenverschlusses mit Bajonettverschluß getrennt. Das obere Zündvorrichtungsgehäuse umfaßt einen geschlossenen Kammerraum zum Umschließen elektrischer Leiter, gewöhnlich eines Sprengbrückendrahtzünders (EBW-Zünder) oder eines Sprengfolienzünder (EFI's).

[0011] Typischerweise besteht das Sprengmaterial aus Sprengstoffpellets, welche als feste Zylinderabschnitte mit einer Axialöffnung ausgebildet sind, welche innerhalb der Außengehäusehülse angeordnet sind, so daß die oberste Pelletseite anliegend mit dem oberen Zündvorrichtungsgehäuse verbunden ist und sich die untere Zündvorrichtung in anliegender Verbindung mit der untersten Pelletseite befindet. Die Anordnung wird sodann durch die Druckfeder zwischen dem Schnauzenverschlußabsatz und dem unteren Zündvorrichtungsgehäuse zusammengedrückt, bis ein Anschlag zwischen dem Schnauzenverschlußabsatz und dem unteren distalen Ende des Außengehäuserohrs erfolgt.

[0012] Die Verwendung von Sprengladungen zum Durchschlagen von Leitungsrohr und Steigrohr in einem Ölförderschacht ist in der Technik gut bekannt. Das Patent von Bell offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Abtrennen eines Bohrrohrs durch gleichzeitiges Zünden gegenüberliegender Enden einer Säule aus Sprengstoffpellets durch elektrisch ausgelöste Sprengdrahtzündler (EBW's). Ferner ist die Verwendung von Formladungen zum Durchschlagen von Leitungsrohr oder Steigrohr bei einer Förderschachtbohrung gut bekannt. Eine Formladung ist ein generell zylindrisches oder becherförmiges Gehäuse, welches ein offenes Ende aufweist und worin ein geformter Sprengstoff angebracht ist, welcher generell als Hohlkegel gestaltet ist, dessen konkave Seite dem offenen Ende des Gehäuses zugewandt ist. Die konkave Oberfläche des Sprengstoffs ist mit einer dünnen Metallbeschichtung beschichtet, welche, wie in der Technik gut bekannt ist, bei Detonation des Sprengstoffs durch Explosionswirkung veranlaßt wird, hydrodynamisch einen Materialstrahl mit fluidartigen Eigenschaften zu bilden. Dieser Strahl aus viskosem Material besitzt eine geeignete Durchschlagskraft zum Durchschlagen des Förderschachtrohrs, dessen Betonauskleidung und der umgebenden Erdformation. Typischerweise ist die Formladung derart gestaltet, daß die Beschichtung auf der konkaven Oberfläche davon eine einfache konische Be-

schichtung definiert, welche einen kleinen in Radialrichtung verlaufenden Scheitelbereich mit einem Radialwinkel in zu der Achse des im Bohrloch befindlichen Geräts, welches verwendet wird, um die Formladung in dem Bohrloch anzuordnen, hin gewandter Anordnung aufweist. Formladungen des Typs, welcher typischerweise verwendet wird, um Leitungsrohr, Futterrohr und Steigrohr in einer Förderschachtbohrung zu durchschlagen, können konische Formladungen, gerade Formladungen oder gekrümmte Formladungen sein. Formladungen können dem beschichteten oder dem unbeschichteten Typ angehören.

[0013] Generell wird die resultierende Formladung mittels einer Zündvorrichtung gezündet, welche eine zeitgesteuerte Zündungsabfolge einer Zünderanordnung auslöst. Die Zünderanordnung leitet ein Signal, wie etwa die kontinuierliche Verbrennung einer Sprengschnur oder eine elektrische Ladung, zu einem Zünder, welcher bei dem Zündungspunkt in proximaler Anordnung an dem Sprengmaterial angeordnet ist. Der Zünder kann ein Zwischendetonator bzw. eine Zündladung sein, welcher bzw. welche bei bzw. nahe bei dem Scheitelbereich der Formladung angeordnet ist und derart angeordnet ist, daß die Sprengzündschnur, die Sprengschnur oder der elektrische Zünder in enger Nähe zu der Zündladung zur Zündung der Formladung angeordnet werden können.

[0014] Die Tiefe, in welcher derartige Arbeitsvorgänge erfolgen können, kann zu einem großen hydrostatischen Druck führen, welcher dazu neigt, den Druck des Explosionsstoßes zu dämpfen und zu unterdrücken und eine Abtrennung des Rohrs zu verhindern.

[0015] Um die Wirkung eines derartigen hydrostatischen Drucks zu überwinden und den Rohrabtrennungs-Druckstoß zu verstärken, erfolgten bei früheren Geräten Bemühungen, den Sprengstoff gleichzeitig von gegenüberliegenden Enden der Sprengstoffsäule her zu zünden. Gleichzeitige Zündungen an gegenüberliegenden Enden des Sprengstoffs liefern eine Druckwellenfront von einem Ende, welche bei dem Mittelpunkt des Sprengstoffs mit einer Druckwellenfront von dem gegenüberliegenden Ende des Sprengstoffs kollidiert. Die Kollision der Druckwellenfronten kann die Wirkungen der Explosion an dem Ort der Kollision auf das 4- bis 5fache des Normaldrucks vervielfachen.

[0016] Ungeachtet der Verstärkung des vorgesehenen Rohrabtrennungs-Druckstoßes, welcher durch die kollidierenden Wellenfronten erzeugt wird, kann die Verstärkung des Drucks in bestimmten Tiefen und für bestimmte Dicken von Leitungsrohr, Steigrohr oder Futterrohr ungenügend sein, um die erwünschte Rohrabtrennung zu bewirken.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0017] Einige Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung betreffen eine Spreng-Abtrennvorrichtung mit Mehrpunktzündung, welche ein äußeres Gehäuse umfaßt, welches einen Innenraum aufweist, welcher sich zwischen gegenüberliegenden distalen Enden des Gehäuses erstreckt. Eine explosionsgekoppelte Ansammlung von Sprengmaterial ist in dem Gehäuseinneren angeordnet. Ein erster, ein zweiter und ein dritter Zünder sind an einem ersten, zweiten und dritten Ort jeweils mit der Ansammlung von Sprengmaterial verbunden, wobei sich der dritte Ort zwischen dem ersten und dem zweiten Ort befindet. Bei einem Ausführungsbeispiel wird mindestens eine Zündvorrichtung verwendet, um eine zeitgesteuerte Zündungsabfolge der Zünder auszulösen, welche mit den Sprengmaterialien verbunden sind.

[0018] Bei einem Ausführungsbeispiel der Offenbarung umfaßt die Sprengvorrichtung mit Mehrpunktzündung eine Formladung und eine Beschichtung, welche eine Vorkerbung des Leitungsrohrs bzw. Steigrohrs an dem Ort der vorgesehenen Trennung bewirkt, wodurch die Trennwirkung der mehreren Druckwellen und der nachfolgenden Wellenkollisionen verstärkt wird.

[0019] Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel betrifft die Offenbarung ein Verfahren zum Abtrennen einer rohrförmigen Struktur, welches das Anordnen einer explosionsgekoppelten Ansammlung von Sprengmaterial, welche einen ersten Bereich, einen zweiten Bereich und einen dritten Bereich, welcher sich mindestens teilweise zwischen dem ersten und dem zweiten Bereich befindet, in der rohrförmigen Struktur umfaßt. Es werden mindestens zwei Druckwellen, welche durch das Sprengmaterial laufen, durch Verwenden mindestens eines Zünders, welcher mit dem ersten Bereich eines Sprengmaterials verbunden ist, zum Zünden einer ersten Druckwelle in dem ersten Bereich eines Sprengmaterials, und durch Verwenden mindestens eines Zünders, welcher mit dem zweiten Bereich eines Sprengmaterials verbunden ist, zum Zünden einer zweiten Druckwelle in dem zweiten Bereich eines Sprengmaterials erzeugt. Mindestens eine weitere Druckwelle wird durch Verwenden mindestens eines Zünders, welcher mit dem dritten Bereich eines Sprengmaterials verbunden ist, zum Auslösen einer dritten Druckwelle in dem dritten Bereich eines Sprengmaterials zwischen der ersten und der zweiten Druckwelle erzeugt.

[0020] Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel betrifft die Offenbarung ein Verfahren zum Ausüben von Stoßwirkungen auf eine Struktur, wobei das Verfahren das Anordnen einer explosionsgekoppelten Ansammlung von Sprengmaterial, welche einen ersten Bereich und einen zweiten Bereich aufweist, nahe bei

der Struktur umfaßt. Es werden mindestens zwei Druckwellen erzeugt, welche durch das Sprengmaterial laufen, wobei mindestens eine Welle in dem ersten Bereich eines Sprengmaterials entsteht und mindestens eine Welle in dem zweiten Bereich eines Sprengmaterials entsteht. Mindestens eine weitere Druckwelle wird zwischen der ersten und der zweiten Druckwelle erzeugt.

Ausführungsbeispiel

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

[0021] Die Erfindung ist gemeinsam mit weiteren Vorteilen davon am besten durch Verweis auf die folgende Beschreibung bei Betrachtung in Verbindung mit der beigefügten Zeichnung zu verstehen, wobei:

[0022] [Fig. 1](#) ein Querschnittsdiagramm ist, welches eine zusammengesetzte Sprengpatronenanordnung mit einer konischen Beschichtung, welche einen halbkugelförmigen Scheitelbereich aufweist, darstellt;

[0023] [Fig. 2](#) ein Querschnittsdiagramm ist, welches eine zusammengesetzte Sprengpatronenanordnung darstellt, welche einen einzigen Zünder umfaßt, welcher an einem Ort zwischen mehreren Zündern angeordnet ist;

[0024] [Fig. 3](#) ein Querschnittsdiagramm ist, welches eine Sprengpatronenanordnung darstellt und gegenläufige Wellenfronten und eine Formladung umfaßt;

[0025] [Fig. 4](#) ein Querschnittsdiagramm ist, welches eine Sprengpatronenanordnung darstellt und mehrere gegenläufige Wellenfronten umfaßt;

[0026] [Fig. 5](#) ein Querschnittsdiagramm ist, welches eine Sprengpatronenanordnung mit einer Formladung mit einer konischen Beschichtung darstellt;

[0027] [Fig. 6](#) ein Querschnittsdiagramm ist, welches eine Formladung mit einer konischen Beschichtung mit mehreren Zündern, welche an dem Außenumfang der konischen Ladung angeordnet sind, darstellt;

[0028] [Fig. 7](#) ein Querschnittsdiagramm ist, welches eine Sprengpatronenanordnung und eine Formladung, welche eine konische Beschichtung mit einem halbkugelförmigen Scheitelbereich umfaßt, darstellt und ferner ein Mehrgeschwindigkeits-Sprengmaterial mit relativ unterschiedlichen Detonationsgeschwindigkeiten darstellt.

GENAUE BESCHREIBUNG

[0029] Die vorliegende Offenbarung betrifft eine

Spreng-Abtrennvorrichtung und ein Verfahren zum Erzeugen des Phänomens einer verstärkten Druckwelle. Die Vorrichtung wird typischerweise zum Abtrennen dickwandiger rohrförmiger Zielobjekte durch Detonieren einer Sprengladung in dem ringförmigen Umfang eines Zielrohrs verwendet, wo die Wirkung herkömmlicher Trennvorrichtungen aufgrund der extremen Dicke des Zielrohrs oder aufgrund extremer hydrostatischer Drücke, welche die Wirkung der Explosion dämpfen, wie etwa in einem tiefen Öl- oder Gasförderschacht, begrenzt ist bzw. diese unwirksam sind. Die Vorrichtung und das Verfahren sind nicht auf diese Typen von Zielobjekten beschränkt und können auch für dünnwandige Zielobjekte und weniger extreme hydrostatische Drücke verwendet werden.

[0030] Die Vorrichtung und das Verfahren der vorliegenden Offenbarung verwenden typischerweise ein Sprengmaterial oder eine Ansammlung von Sprengmaterialien zum Erzeugen mehrerer Druckwellen. Ein Sprengmaterial ist ein Material, welches unter definierten Bedingungen unter Erzeugung einer Druckwelle explodiert. Ein Sprengmaterial kann aus mehreren Komponenten zusammengesetzt sein, welche mehrere Sprengstoffe umfassen und nichtexplosive Materialien umfassen können, solange die gesamte Ansammlung explosionsfähig ist. Ferner können benachbarte Gruppen mit verschiedenen Kombinationen bzw. Mischungen von Sprengstoffen vorhanden sein. Wenn eine Explosionskopplung derartiger Gruppen vorliegt, können diese weiterhin gemeinsam als „Sprengmaterial“ bezeichnet werden, obgleich mehrere Materialien vorhanden sein können und sogar mehrere unterschiedliche benachbarte Gruppen, welche jeweils aus mehreren Materialien bestehen, vorhanden sein können.

[0031] Für die vorliegende Offenbarung wird „explodieren“ als Durchlaufen einer schnellen chemischen Reaktion unter Erzeugung von Lärm, Wärme und gewaltsamer Ausdehnung von Gasen definiert und umfaßt keine Kernreaktionen. Die Explosion läuft durch das Material und wird durch das Sprengmaterial mit Brennstoff versorgt. Wenn die Druckwelle, welche durch die Explosion erzeugt und angetrieben wird, schneller als mit Schallgeschwindigkeit läuft, so kann die Druckwelle speziell als Schockwelle bezeichnet werden und kann die Explosion als Detonation bezeichnet werden. Wenn die Druckwelle, welche durch die Explosion erzeugt und angetrieben wird, langsamer als mit Schallgeschwindigkeit läuft, so kann die Druckwelle allgemeiner als Druckwelle bezeichnet werden und kann die Explosion als Verpuffung bezeichnet werden. Obgleich das Sprengmaterial bei vielen Beispielen durch eine Detonation explodiert und Schockwellen erzeugt, können alternative Beispiele, welche viele der Vorteile der vorliegenden Erfindung bieten, Druckwellen verwenden, welche durch eine Verpuffung eines Sprengmaterials er-

zeugt werden. Für die Zwecke der vorliegenden Offenbarung werden Schockwellen und Druckwellen gemeinsam als Druckwellen bezeichnet.

[0032] Ferner werden, wenn benachbarte Gruppen oder Abschnitte eines Sprengmaterials anliegend oder in ausreichender Nähe angeordnet sind, so daß eine Explosion einer Gruppe bzw. eines Abschnitts des Sprengmaterials (durch Detonation oder durch Verpuffung) zu einer Explosion einer benachbarten Gruppe bzw. eines benachbarten Abschnitts führt, die zwei benachbarten Gruppen bzw. Abschnitte als explosionsgekoppelt bezeichnet. Es können Sperren bzw. Zwischenmaterialien zwischen den explosionsgekoppelten Materialien vorhanden sein, solange eine Explosion von mindestens einem davon zu einer Explosion der gekoppelten Gruppe führt.

[0033] Die mehreren Ausführungsbeispiele der Erfindung bestehen aus zwei allgemeinen geometrischen Anordnungen. Bei einem Ausführungsbeispiel sind eine Säule aus einem Sprengmaterial und mehrere Zünder entsprechend den Explosionszeitsteuerungs- und Trennanforderungen geometrisch entlang einer gemeinsamen Achse verteilt. Die Säule kann eine anliegend angeordnete Ansammlung von Sprengmaterial, eine Ansammlung von Abschnitten verschiedener Kombinationen von Sprengmaterialien, welche anliegend angeordnet sind, oder eine Säule von Abschnitten aus einem Sprengmaterial (aus Sprengmaterialien), welche durch Wände oder andere Materialien getrennt sein können, jedoch weiterhin explosionsgekoppelt sind, sein. Bei jedem der obigen Fälle ist das Sprengmaterial (sind die Sprengmaterialien) üblicherweise explosionsgekoppelt. Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel ist eine Formladungspatronenanordnung oder eine andere Wellenformungs- oder Metallstrahlprojektilformungsanordnung zwischen zwei Säulen aus einem Sprengmaterial angeordnet, welche entlang einer gemeinsamen Achse angeordnet sind. Die Sprengstoffsäulen können bezüglich der gemeinsamen Achse die gleiche Länge aufweisen oder nicht, und die Sprengstofftypen können den gleichen Typen zugehören oder nicht, basierend auf den Anforderungen hinsichtlich der Explosionsgeschwindigkeit. Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel kann das Sprengmaterial bzw. können Abschnitte des Sprengmaterials explosionsgekoppelt und in einer nicht säulenförmigen Gestalt, wie etwa einer kugelförmigen Masse oder einer anderen Gestalt, welche für bestimmte erwünschte Wellenwechselwirkungen oder Wirkungsabgabebedingungen nützlicher sein kann, angeordnet sein.

[0034] Die vorliegende Offenbarung beschreibt hinsichtlich Geometrie und Zeitsteuerung mehrere Anordnungen zur Zündung der Explosion in dem Sprengmaterial. Generell sind die geometrische Anordnung und die Zeitsteuerung der Initialzündung der Explosion in dem Sprengmaterial geeignet abge-

stimmt, um zu bewirken, daß mehrere Druckwellen an gegenüberliegenden Enden des Sprengmaterials entstehen, und zu bewirken, daß die Druckwellen bei bzw. nahe bei einem Mittelpunkt kollidieren.

[0035] Eine weitere Zündung einer Explosion in dem Sprengmaterial ist geeignet abgestimmt, um vor, nach oder gleichzeitig mit den Initialzündungen bei bzw. nahe bei dem Ort der Kollision der ursprünglichen Druckwellen zu erfolgen. Der Vorgang wird gewöhnlich durch eine primäre Zündvorrichtung ausgelöst, welche mit den jeweiligen Zündern verbunden ist, wobei die Zeitsteuerung zwischen dem ursprünglichen Auslösen der Zündvorrichtung bis zu der tatsächlichen Zündung bei den mehreren Zündungspunkten durch die jeweiligen Zünder gesteuert wird. Für die Zwecke der vorliegenden Offenbarung umfaßt der Ausdruck „verbunden“ bzw. „gekoppelt“ sowohl eine direkte Verbindung bzw. Berührung als auch eine indirekte Verbindung, wobei beispielsweise Wirkungen auf oder durch ein Element eines verbundenen Paares das andere Element des verbundenen Paares selbst in Abwesenheit einer direkten Verbindung wirksam beeinflussen. Die kombinierte Wirkung der mehreren Druckwellen erzeugt einen verstärkten Druckstoß bzw. verstärkte Druckstöße, wodurch eine Abtrennung des Zielrohrs bewirkt wird. Obgleich die Initialauslösungsvorrichtung als primäre Zündvorrichtung bezeichnet wird, soll der Ausdruck eine beliebige Vorrichtung, einen Schalter, eine Maschine oder ein anderes Instrument bezeichnen, welches verwendet wird, um den Ablauf zu starten, welcher zu der Zündung von Explosionen (Detonationen oder Verpuffungen) in dem Sprengmaterial führt. Ferner können, obgleich in vielen Fällen eine einzige Zündvorrichtung vorhanden ist, um die Zeitsteuerung der mehreren Zündungen sehr genau zu steuern, bei alternativen Ausführungsbeispielen mehrere Zündvorrichtungen vorhanden sein, welche verschiedene Aspekte der Zündungsabfolge getrennt und unabhängig auslösen.

[0036] Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel ist der Zündungsort, welcher sich bei bzw. nahe bei dem Ort der Kollision der ursprünglichen Druckwellen befindet, eine Formladungsvorrichtung mit einer Beschichtung, welche unmittelbar vor der Ankunft der Druckwellen zu einer Strahlausbildungswirkung des Beschichtungsmaterials, welche gegen das Zielrohr gerichtet ist, führt, was zu einer Vorkerbung des Zielrohrs führt, welche das Zielrohr schwächt und dessen Abtrennung fördert. Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel kann die Formladung unbeschichtet sein.

[0037] Es kann eine Anzahl möglicher Verfahrensweisen verwendet werden, um die Zeitsteuerung der Zündung des Sprengmaterials und den Ort der Verstärkung der resultierenden Druckwellen und des Druckstoßes abzustimmen. Die Zündtechnik erfor-

dert, daß mindestens zwei genau zeitgesteuerte Zündungsereignisse zu dem Zweck ausgelöst werden, daß diese mit einem dritten Zündungsereignis oder mehreren nachfolgenden Zündungsereignissen, welches bzw. welche zwischen den ursprünglichen Druckfronten erfolgt bzw. erfolgen, oder mit den mehreren Druckfronten, welche erzeugt werden, wechselwirken. Die ersten zwei Druckfronten dienen dazu, eine dritte, ursprüngliche Druckfront zu verstärken oder ein drittes, nachfolgendes Druckereignis zu begrenzen. Die verbesserte Druckwechselwirkung bewirkt aufgrund der Druckwellenwechselwirkung und der Zerstörungswirkung auf das Zielrohr eine wirksamere Trennung des Zielrohrs.

[0038] Eine Verfahrensweise besteht darin, gleichzeitige Zündungen an gegenüberliegenden Enden einer Säule aus einem Sprengmaterial erfolgen zu lassen, wobei mehrere Wellenfronten erzeugt werden, welche zu einem Zwischenpunkt der Säule aus Sprengmaterial laufen, und ein drittes Zündungsereignis einer Formladung oder einer anderen Wellenformungsanordnung mit einer Beschichtung, welche einen Strahl in Radialrichtung von der dritten Explosionsstelle gegen die Innenwand des Zielrohrs erzeugt, erfolgen zu lassen, was zu einer Schwächung und Vorkerbung des Zielrohrs unmittelbar vor der Ankunft des Druckstoßes, welcher durch die gegenüberliegenden Initialzündungen des Sprengmaterials erzeugt wird, führt. Das dritte Zündungsereignis kann derart zeitgesteuert werden, daß dieses unmittelbar vor der Ankunftszeit des Druckstoßes erfolgt, welcher durch die gegenüberliegenden Initialzündungen des Sprengmaterials erzeugt wird.

[0039] Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel kann die Auslösung des dritten Explosionsereignisses gleichzeitig mit der Ankunftszeit des Druckstoßes, welcher durch die gegenüberliegenden Initialzündungen des Sprengmaterials erzeugt wird, oder danach erfolgen.

[0040] Die Zündung der Sprengstoffe kann durch eine beliebige Anzahl verschiedener Zünder, welche optische Zünder, elektrische Zünder oder elektrische Zündvorrichtungen (in der vorliegenden Schrift gemeinsam als Sprengzünder bezeichnet), Schwachsprengzündschnüre oder eine zeitgesteuerte Sprengkette (in der vorliegenden Schrift gemeinsam als Sprengzünder bezeichnet) umfassen, erreicht werden. Eine elektrische Zündung kann durch Verwenden eines Hochspannungsentladungssystems und Zünder des EBW- oder EFI-Typs erreicht werden, wobei das Hochspannungsentladungssystem eine zusätzliche Zeitsteuerungsschaltungsanordnung aufweisen kann, um die erforderlichen Verzögerungen zwischen Zündungsereignissen zu erzeugen. Eine Sprengzündung kann ferner durch Verwenden einer Schwachsprengzündschnur (MDF; für engl.: Mild Detonation Fuze; A.d.Ü.) zum Herstellen

einer ununterbrochenen Zündungssprengkette in Verlauf durch die Sprengstoffsäule (ohne vorherige Zündung der Säule) erreicht werden, wobei die Zeitsteuerung durch Verwenden zuvor abgemessener MDF-Längen verwirklicht wird. Ein weiteres Verfahren zum Verwirklichen einer Zeitsteuerung durch eine Sprengkette besteht darin, verschiedene Sprengstofftypen zu verwenden, welche entsprechend den Änderungen der Zeit, welche zum Verbrauchen verschiedener Abschnitte der Sprengstoffsäule benötigt wird, ausgewählt sind. Die Druckwellenform kann gleichfalls in dieser Weise manipuliert werden, beispielsweise mit einem Kern, welcher aus einem schneller verbrennenden Sprengstoff hergestellt ist, und einem umgebenden Zylinder aus einem langsamer verbrennenden Sprengstoff, welche beide Bestandteil des gleichen Sprengstoffbereichs bzw. der gleichen Sprengstoffgruppe sein können. Ungeachtet des Verfahrens der Zeitsteuerung werden mehrere Zündungspunkte eingerichtet, um wechselwirkende Druckfronten zu erzeugen. Ähnlich sind die Zünder ungeachtet des verwendeten Verfahrens dadurch mit dem Sprengmaterial verbunden, daß sich diese in Kontakt mit dem Sprengmaterial oder in der Nähe davon befinden und über einen ausreichenden Wirkungszugang verfügen, so daß der Zünder eine Explosion in dem Sprengmaterial auslösen kann. Wechselwirkungen mehrerer Druckwellen können durch Einführen nachfolgender Zündungspunkte und Einrichten weiterer Orte von Druckwellenkollisionen und Druckwellenwechselwirkungen erreicht werden.

[0041] Ungeachtet der Endgestaltung besteht die verbesserte Vorrichtung aus mehreren Zündungspunkten (es werden mindestens 3 Zündungspunkte verwendet), um eine Begrenzung oder eine Wechselwirkung von Druckwellenfronten zu erreichen, welche den Druck und die Wirkung der mehreren Zündungsereignisse verstärkt, um eine Abtrennungswirkung auf das Zielrohr durch Vorkerbungs- oder Druckwellenwechselwirkungstechniken zu erreichen.

Sprenganordnung

[0042] Die Sprenganordnung umfaßt generell eine Säule aus einem Sprengmaterial, wobei Zünder an mehreren gegenüberliegenden oder geometrisch verteilten Orten an oder in dem Sprengmaterial angeordnet sind. **Fig. 1** stellt die zweiendige gleichzeitige Zündung mit einer Formladung und einer Beschichtung in Anordnung an einem Ort zwischen den mehreren Zündern dar. Eine Sprenganordnung kann unter Verwendung einer Anzahl von Zündungsvorrichtungen, wie etwa Schwachsprengzündschnur- und -Zwischendetonator-Anordnungen oder unter Verwendung von Sprengbrückendrahtzündern (EBW-Zündern) oder eines Sprengfolienzünders (EFI's) oder anderer Zünder hergestellt werden, um eine Explosion des Sprengmaterials auszulösen.

[0043] **Fig. 1** ist eine Querschnittsansicht der Sprenganordnung **10**, welche ein rohrförmiges Patronenaußengehäuse **12** und eine Innenbohrung **14** aufweist und eine obere Säule aus einem Sprengmaterial **2** in Abschluß durch einen Verbindungsverschluß **16** an einem oberen Ende und an dem gegenüberliegenden unteren Ende eine untere Säule aus einem Sprengmaterial **3** in Abschluß durch einen Klemmschnauzenverschluß **18** enthält. Der Verbindungsverschluß **16** umfaßt eine Axialbohrung **20** zum Führen von Zündsignalleitungen zu einem Zündschnurgehäuse **22**, wobei dies allgemeiner als Bestandteil der Zündungsvorrichtung bzw. -vorrichtungen bezeichnet wird. Ein Vorsprung **17**, welcher von der Basis des unteren Endes des Verbindungsverschlusses **16** hervorsticht, ist außen mit einem Gewinde zur Befestigung des erwünschten Hängezugs, wie etwa eines Stromkabels oder eines Versorgungsrohrs, an dem Patronenaußengehäuse **12** versehen. Das Zündschnurgehäuse **22** ist nahe bei einem oberen Sprengmaterial **2** angeordnet.

[0044] Das untere Ende des Patronenaußengehäuserohrs **12** wird durch einen Klemmschnauzenverschluß **18** wirksam geöffnet und geschlossen. Der Klemmschnauzenverschluß **18** umfaßt eine Verschlußbasis **26**, welche einen Dichtungsring aufweist, welcher in dem unteren Ende der Bohrung **28** des Patronenaußengehäuses angebracht ist. Von dem inneren Ende der Verschlußbasis **26** steht ein Führungsrohrvorsprung **30** hervor, welcher eine Axialdurchbohrung **49** und eine Aufnahmefassung **51** für eine untere Zünderanordnung aufweist. Die Verschlußbasis **26** ist durch Befestigungselemente, wie etwa Scherstifte oder Schrauben, an dem Patronenaußengehäuse **12** befestigt oder ist außen mit einem geeigneten Gewinde versehen, so daß diese mit der Innenbohrung des unteren Endes des Patronenaußengehäuses übereinstimmt. Von dem oberen inneren Ende des Basisverschlusses **26** steht ein Führungsrohrvorsprung **30** zum Berühren eines unteren Endes einer Kompressionsfeder **33** hervor. Das obere Ende der Kompressionsfeder **33** befindet sich in proximalem Kontakt mit dem unteren Ende einer unteren Masse des Sprengmaterials **3**.

[0045] Bei einem Ausführungsbeispiel ist ein drittes Sprengmaterial **4** proximal zwischen einer unteren Seite des oberen Sprengmaterials **2** und einer oberen Seite des unteren Sprengmaterials **3** angeordnet. Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel umfaßt das dritte Sprengmaterial eine Formladungsvorrichtung mit einer Beschichtung **5** mit konischem Profil. Bei den beschriebenen Ausführungsbeispielen kann das Sprengmaterial **2**, **3** und **4** aus dem gleichen Materialtyp oder aus verschiedenen Materialien oder verschiedenen Kombinationen von Materialien bestehen. Ferner kann jedes Sprengmaterial ein gleichförmiges Material oder ein Verbund bzw. eine Mischung verschiedener Materialien sein. Derartige verschie-

dene Materialien können gleichmäßig gemischt werden, generell in Bereichen, welche in Radial- oder Axialrichtung verlaufen, angeordnet werden, wie etwa als Kern und ein umgebender Zylinder oder als eine Reihe von Scheiben, oder in anderer Weise in einer anliegenden Weise bzw. allgemeiner in einer explosionsgekoppelten Weise kombiniert werden.

Elektrische Anordnung

[0046] Das obere Ende des Zündschnurgehäuses **22** befindet sich in proximalem Kontakt mit dem unteren Ende des Verbindungsverschlusses **16**. Das Zündschnurgehäuse **22** bzw. allgemeiner die Zündungsanordnung umschließt eine primäre Zündvorrichtung, wie etwa eine kapazitive Auslösepatrone zum Auslösen der sequentiellen zeitgesteuerten Auslösung eines oberen Zünders **42** und eines unteren Zünders **40** und eines mittleren Zünders **44**, welcher an einem Ort zwischen dem ersten und dem zweiten Zünder angeordnet ist.

[0047] Bei einem ersten Ausführungsbeispiel läuft eine erste Schwachsprengzündschnur **46** in einem Rohr **50**, welches in Axialrichtung durch die Säule aus Sprengstoffpellets verläuft, nach unten, und eine zweite Schwachsprengzündschnur **47** von gleicher Länge ist spiralförmig über der Säule aus Sprengstoffpellets angeordnet. Aufgrund der gleichen Längen davon bewirken diese eine gleichzeitige Zündung der Oberseite und der Unterseite der Säule. Bei diesem Ausführungsbeispiel läuft eine dritte Schwachsprengzündschnur **48** durch das Rohr **50** zu einem Zünder **44** an einem Ort zwischen dem ersten und dem zweiten Zündungspunkt. Für die Zwecke der vorliegenden Offenbarung kann jede dieser Zündschnüre als Zündungsanordnung bezeichnet werden, welche eine Leitungsbahn zwischen der primären Zündvorrichtung und einem der Zündungspunkte herstellt. Da jede Zündungsanordnung mit der Zündvorrichtung verbunden ist, ist für gewöhnlich Fachkundige zu ersehen, daß die Gruppe von Zündungsanordnungen auch als eine einzige Zündungsanordnung bezeichnet werden kann, welche die getrennten Leitungsbahnen verbindet. In der vorliegenden Offenbarung sollen Ausdrucksweisen, welche getrennte Anordnungen für jede Leitungsbahn betreffen, beide Gesichtspunkte gleichermaßen betreffen.

[0048] Bei weiteren Ausführungsbeispielen kann die Sprenganordnung mit Sprengbrückendrahtzündern (EBW-Zündern) oder einem Sprengfolienzünder (EFI) oder anderen Zündern hergestellt werden, um die Explosion des Sprengmaterials auszulösen.

[0049] Bei weiteren Ausführungsbeispielen können mehrere Zündungen vorhanden sein, nämlich eine erste, eine zweite und eine dritte. Bei sämtlichen Ausführungsbeispielen sind mindestens drei Zündungen vorhanden, bei welchen eine geeignete Zeitsteue-

rung erfolgt, um eine erste Druckwelle (bzw. eine Gruppe von Druckwellen), welche an einem ersten Ort einer Sprengstoffmasse beginnt, und eine zweite Druckwelle (bzw. eine Gruppe von Druckwellen), welche an einem zweiten Ort einer Sprengstoffmasse beginnt, und eine dritte bzw. nachfolgende Zündung an einem Ort zwischen dem ersten Ort und dem zweiten Ort, vorzugsweise einem Ort, welcher derart angeordnet ist, daß sich die Druckwellen von der ersten und der zweiten Zündung bei bzw. nahe bei dem dritten bzw. nachfolgenden Zündungspunkt zwischen dem ersten und dem zweiten Zündungspunkt kreuzen, auszulösen.

[0050] Ein Zündschnurgehäuse **22** ist an dem unteren Ende des Verbindungsverschlusses **16** befestigt und erstreckt sich von diesem ausgehend in die Innenbohrung des Patronenaußengehäuses **12**. Unter dem Zündschnurgehäuse **22** befindet sich ein oberes Zündergehäuse **32**. Ein oberer Zünder, wie etwa ein Sprengbrückenzünder (EBW-Zünder) oder ein Sprengfolienzünder (EFI), ist in eine Aufnahmefassung eingesetzt, welche in dem oberen Zündergehäuse seitlich von der Gehäuseachse ausgebildet ist. Eine Rohrleitung **50** verbindet die kapazitive Auslösepatrone in dem Zündschnurgehäuse mit dem oberen Zünder. Die Rohrleitung **50** verbindet die kapazitive Auslösepatrone ferner mit einem unteren Zünder. Die gleiche Rohrleitung **50**, bzw. bei einigen Ausführungsbeispielen verschiedene Rohrleitungen, verbindet die kapazitive Auslösepatrone mit einem Zünder, welcher an einem Ort zwischen dem oberen und dem unteren Zünder angeordnet ist. Zündsignalleitungen **46** und **48** laufen von der Auslösepatrone zu dem oberen Zündergehäuse und entlang der Wand der Gehäusebohrung **14**. Ein Leitungskanal führt die Leitungen **46** durch die Schnauzenverschlußbasis **26** in das Innere **51** des Schnauzenrohrs.

[0051] Ein weiteres Verfahren, welches verwendet wird, um zeitgesteuerte sequentielle Zündungen der Sprengstoffsäule zu erzeugen, besteht darin, elektrische Zünder, wie etwa Sprengbrückendrahtzündern (EBW-Zünder) und Sprengfolienzünder (EFI's), zu verwenden. Ein Sprengbrückendrahtzünder (EBW-Zünder) umfaßt eine kleine Menge eines mäßig starken bis starken Sprengstoffs, welche durch die explosive Verdampfung eines Metallfilaments bzw. einer -folie (EFI) aufgrund eines Hochspannungsstoßes, welcher auf das Filament wirkt, gezündet wird. Eine kapazitive Auslösepatrone ist grundsätzlich eine elektrische Kondensatorentladungsschaltung, welche geeignet wirkt, um sich mit einer hohen Schwellenspannung abrupt zu entladen. Bedeutsamerweise ist der EBW-Zünder oder der EFI relativ unempfindlich gegen statische oder Hochfrequenzspannungen. Infolgedessen wirken die kapazitive Auslöseschaltung und der EBW bzw. EFI zusammen, um einen bedeutenden Sicherheitsvorteil zu erreichen. Es ist ein Stoß ungewöhnlich hoher Span-

nung erforderlich, um den EBW-Zünder (bzw. den EFI) zu zünden, und die kapazitive Auslösepatrone liefert den Hochspannungsstoß in einer genau gesteuerten Weise. Das System ist relativ unempfindlich gegen statische Entladungen, elektrische Streufelder und Hochfrequenzemissionen. Aufgrund der Tatsache, daß die EBW- und EFI-Zündersysteme funktional gleich sind, soll ein Verweis auf einen EBW-Zünder einen EFI im folgenden und in den beigefügten Ansprüchen der Erfindung umfassen und einschließen.

[0052] [Fig. 2](#) stellt ein getrenntes Ausführungsbeispiel einer Sprenganordnung dar, welches generell eine Säule aus Sprengmaterial umfaßt, wobei Zünder an mehreren gegenüberliegenden oder geometrisch verteilten Orten an bzw. in dem Sprengmaterial angeordnet sind. [Fig. 1](#) stellt die zweiendige gleichzeitige Zündung, wobei ein dritter Zünder an einem Ort zwischen den mehreren Zündern angeordnet ist, dar. Ferner können elektrische und nichtelektrische Techniken, welche Fachkundigen bekannt sind, gleichfalls verwendet werden, um das Zündsignal bzw. den Detonationsvorgang wirksam von der primären Zündvorrichtung zu den mehreren Zündungspunkten in, an oder in Verbindung mit der explosionsgekoppelten Anordnung des Sprengmaterials zu übertragen.

Arbeitsweise

[0053] [Fig. 3](#) stellt ein Ausführungsbeispiel eines Mehrpunktzündungssystems dar, wobei genau zeitgesteuerte Zündungspunkte mehrere Druckwellenfronten und Wechselwirkungen mehrerer Druckwellen erzeugen. Ein erster Zünder **40** und ein zweiter Zünder **42** sind geeignet, gleichzeitig und vorzugsweise vor einem dritten Zünder **44** ausgelöst zu werden. Zu einer vorbestimmten Zeit sind die Druckwellenfronten, welche durch den ersten und den zweiten Zünder erzeugt wurden, in gleichachsige, jedoch entgegengesetzte Richtungen entlang der gemeinsamen Achse **60** gelaufen. Zu einer vorbestimmten Zeit beginnt ein dritter Zünder **44** an einem dritten Zündungspunkt zwischen dem ersten und dem zweiten Zünder. Die dritte Druckwelle läuft in gleichachsigen und entgegengesetzten Richtungen in Axialrichtung durch die Säule aus Sprengmaterial und in Radialrichtung durch die Säule aus Sprengmaterial. Die Druckwellenfronten, welche durch den ersten und den zweiten Zünder erzeugt werden, sind von begrenztem Charakter und erzeugen jeweils eine relativ inkompressible Wellenfront, welche in Axialrichtung zu einem Ort zwischen dem ersten und dem zweiten Zünder läuft. Die Amplitude der Druckwellen, welche durch den dritten Zünder **44** erzeugt werden (welche sich auf die Druckwellen zubewegen, welche durch den ersten und den zweiten Zünder erzeugt wurden), steigt an, und diese kollidieren mit den Druckwellenfronten, welche durch den ersten und

den zweiten Zünder erzeugt wurden. Die Wechselwirkung dieser Druckwellenfronten pflanzt sich in Radialrichtung fort und bewirkt eine Druckwellenwechselwirkung mit dem Zielrohr. Ferner werden tertiäre und nachfolgende Druckwellenkollisionen durch die sekundären Kollisionen erzeugt.

[0054] [Fig. 4](#) stellt das weitere Ausführungsbeispiel eines Mehrpunktzündungssystems dar, wobei genau zeitgesteuerte Zündungspunkte und eine Formladungs-Sprenganordnung mehrere Druckwellenfronten und Wirkungen erzeugen, welche die Abtrennung des Zielrohrs durch Vorkerben der Innenwand des Zielrohrs verbessern. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind ein erster Zünder **40** und ein zweiter Zünder **42** geeignet, gleichzeitig ausgelöst zu werden. Zu einer vorbestimmten Zeit sind die Druckwellenfronten, welche durch den ersten und den zweiten Zünder erzeugt wurden, in gleichachsige, jedoch entgegengesetzte Richtungen entlang der gemeinsamen Achse **60** gelaufen. Zu einer vorbestimmten Zeit beginnt ein dritter Zünder **44** an einem dritten Zündungspunkt zwischen dem ersten und dem zweiten Zünder. Bei diesem Ausführungsbeispiel befindet sich der dritte Zündungspunkt in einer Formladungsanordnung. Die Sprengkraft der Formladungsanordnung bewirkt eine Strahlwirkung der Beschichtung der Formladungsanordnung, welche gegen die Innenwand des Zielrohrs gerichtet ist. Bei alternativen Ausführungsbeispielen ist es möglich, daß diese Formladung keine Beschichtung aufweist, jedoch weiterhin einige der gleichen vorteilhaften Ergebnisse liefert. Die Druckwellenfronten, welche durch den ersten und den zweiten Zünder erzeugt werden, erzeugen jeweils eine relativ inkompressible Wellenfront, welche zu einem Punkt zwischen dem ersten und dem zweiten Zünder läuft, wo der dritte Zünder und die Formladungsanordnung angeordnet sind. Die Wirkung der Zündung und eines nachfolgenden Strahls bzw. nachfolgender Metallteilchen, welche durch den dritten Zünder erzeugt wird, wird fokussiert und wirkt in Radialrichtung in Richtung der Zielwand. Vorzugsweise, jedoch nicht notwendigerweise, wird die Zeitsteuerung derart verwirklicht, daß eine erste Abtrennungswirkung durch die Vorkerbung des Zielrohrs vor einer zweiten Wirkung, welche durch die Kollision der ersten und zweiten Wellenfront, welche gegenläufig sind, erzeugt wird. Eine stark fokussierte Radialrichtungswirkung wird aufgrund der begrenzenden Druckwellenfronten, welche konvergierend auf den Punkt der dritten Zündung zulaufen, erzeugt. Die Verstärkung und die Fokussierung, welche durch dieses Prinzip erreicht werden, liefern eine sehr wirksame Trennwirkung, wenn die Vorrichtung in einem rohrförmigen Zielobjekt angeordnet und gezündet wird, und können vorteilhafte Wirkungen bei anderen Zielobjekten liefern. Die Abtrennung wird durch Stahldurchschlags- und Druckwellenwechselwirkungs-Bruchmechanismen infolge des starken angewandten Druckstoßes innerhalb der Begrenzung der

ersten und der zweiten Druckwellenfront und der nachfolgenden Kollision davon erreicht.

[0055] **Fig. 5** stellt ein Ausführungsbeispiel einer Sprengpatronenanordnung dar, welche eine Formladung mit einer konischen Beschichtung umfaßt. Die Anordnung umfaßt einen ersten Bereich eines Sprengmaterials **2**, einen zweiten Bereich eines Sprengmaterials **3** und einen dritten Bereich eines Sprengmaterials **4**, welches aus einer anderen Materialkombination als Material **2** oder Material **3** bestehen kann. Der dritte Bereich eines Sprengmaterials **4** ist in einer Formladung enthalten, welche eine Beschichtung **5** und einen Zünder **44** aufweist.

[0056] **Fig. 6** stellt ein Ausführungsbeispiel einer Ansammlung von Sprengmaterial dar, welche generell eine kugelförmige Gesamtgestalt aufweist. Das dargestellte spezielle Ausführungsbeispiel umfaßt eine Formladung in der Mitte, jedoch können andere Ausführungsbeispiele einfach eine Ansammlung von explosionsgekoppeltem Sprengmaterial umfassen, ohne eine Formladung zu umfassen.

[0057] **Fig. 7** stellt ein Ausführungsbeispiel eines Abschnitts einer Ansammlung von Sprengmaterial dar, wobei ein Bereich eines Sprengmaterials **4** aus einem äußeren Ring eines Sprengmaterialtyps und einem inneren Kern eines alternativen Sprengmaterialtyps, welcher eine andere Explosionsgeschwindigkeit aufweisen kann, hergestellt ist.

[0058] Ein Abtrennungsgesetz mit Mehrpunktzündung des offenbarten Typs und eine Verfahrensweise gemäß Beschreibung führen aufgrund der erreichten Fokussierungs- und Richtungsabstimmung der Explosionsdruckwelle zu einer wirksameren Sprengvorrichtung. Die Säulenlänge und der Durchmesser des Geräts sind durch die Zielgröße und betriebliche Anforderungen bestimmt. Das Gerät soll einen relativ schmalen Durchmesser aufweisen und kann eine beliebige Länge aufweisen.

[0059] Obgleich lediglich einige Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beschrieben wurden, sei darauf hingewiesen, daß die vorliegende Erfindung in vielen weiteren speziellen Formen verwirklicht werden kann, ohne von Prinzip oder Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Daher sind die vorliegenden Beispiele in erläuterndem Sinne und nicht in beschränkendem zu verstehen, und die Erfindung soll nicht auf die in der vorliegenden Schrift angegebenen Einzelheiten beschränkt sein, sondern kann innerhalb des Schutzzumfangs der beigefügten Ansprüche samt dem vollständigem Umfang von Äquivalenten davon abgewandelt werden.

Patentansprüche

1. Spreng-Abtrennvorrichtung, umfassend:

ein äußeres Gehäuse, welches einen Innenraum aufweist, welcher sich zwischen gegenüberliegenden distalen Enden des Gehäuses erstreckt;
eine explosionsgekoppelte Ansammlung von Sprengmaterial, welche in dem Innenraum angeordnet ist;
einen ersten Zünder, welcher an einem ersten Ort mit der Ansammlung von Sprengmaterial verbunden ist;
einen zweiten Zünder, welcher an einem zweiten Ort mit der Ansammlung von Sprengmaterial verbunden ist;
einen dritten Zünder, welcher an einem Ort zwischen dem ersten Ort und dem zweiten Ort mit der Ansammlung von Sprengmaterial verbunden ist; und
mindestens eine Zündvorrichtung, welche mit mindestens einem der Zünder verbunden ist, um eine zeitgesteuerte Zündungsabfolge der Zünder, welche sich in Kontakt mit den Sprengmaterialien befinden, auszulösen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Gehäuse ungefähr rohrförmig ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Ansammlung von Sprengmaterial eine Säule aus Sprengmaterial umfaßt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Ansammlung von Sprengmaterial eine kugelförmige Sprengmaterialmasse umfaßt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der erste und der zweite Zünder an gegenüberliegenden Enden des Sprengmaterials angeordnet sind und der dritte Zünder an einem Ort zwischen dem ersten und dem zweiten Zünder angeordnet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei der dritte Zünder mit einer Formladungsanordnung in Anordnung an einem Ort zwischen dem ersten und dem zweiten Zünder verbunden ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei der dritte Zünder mit einer Formladungsanordnung mit einer Beschichtung verbunden ist und an einem Ort zwischen dem ersten und dem zweiten Zünder angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der erste und der zweite Zünder jeweils in einer geeigneten Weise mit der Zündvorrichtung verbunden sind, um eine ungefähr gleichzeitige Auslösung des ersten und des zweiten Zünders zu bewirken.

9. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei der dritte Zünder an einem Ort zwischen dem ersten und dem zweiten Zünder angeordnet ist und in einer geeigneten Weise mit der Zündvorrichtung verbunden ist, um eine Zündung zu einer vorgewählten Zeit zu bewirken.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die vorgewählte Zeit vor der Auslösung des ersten und des zweiten Zünders liegt.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die vorgewählte Zeit ungefähr gleichzeitig mit der Zündung des ersten und des zweiten Zünders ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die vorgewählte Zeit nach der Zündung des ersten und des zweiten Zünders liegt.

13. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei die Vielzahl der Zünder auf der Oberfläche des kugelförmigen Sprengmaterials verteilt ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei eine Vielzahl der Zünder in der Oberfläche des kugelförmigen Sprengmaterials verteilt ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei eine Vielzahl der Zünder in enger Nähe zu der Oberfläche des kugelförmigen Sprengmaterials, jedoch von dieser abgesetzt verteilt ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Zünder elektrische Zünder sind.

17. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Zünder Sprengzünder sind.

18. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei mindestens einer der Zünder ein optischer Zünder ist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei mindestens einige der Zünder elektrische Zünder sind und wobei mindestens einige der Zünder Sprengzünder sind.

20. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Sprengmaterialien die gleiche Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer Druckwelle aufweisen.

21. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Sprengmaterialien verschiedene Fortpflanzungsgeschwindigkeiten einer Druckwelle aufweisen.

22. Verfahren zum Abtrennen einer rohrförmigen Struktur, umfassend:

Anordnen einer explosionsgekoppelten Ansammlung von Sprengmaterial, welche einen ersten Bereich, einen zweiten Bereich und einen dritten Bereich, welcher sich mindestens teilweise zwischen dem ersten und dem zweiten Bereich befindet, aufweist; Erzeugen von mindestens zwei Druckwellen, welche durch das Sprengmaterial laufen, durch Verwenden mindestens eines Zünders, welcher mit dem ersten Bereich eines Sprengmaterials verbunden ist, zum Auslösen einer ersten Druckwelle in dem ersten Bereich eines Sprengmaterials und durch Verwenden

mindestens eines Zünders, welcher mit dem zweiten Bereich eines Sprengmaterials verbunden ist, zum Auslösen einer zweiten Druckwelle in dem zweiten Bereich eines Sprengmaterials;

Erzeugen mindestens einer weiteren Druckwelle zwischen der ersten und der zweiten Druckwelle durch Verwenden mindestens eines Zünders, welcher mit dem dritten Bereich eines Sprengmaterials verbunden ist, zum Auslösen einer dritten Druckwelle in dem dritten Bereich eines Sprengmaterials.

23. Verfahren nach Anspruch 22, wobei die erste und die zweite Druckwelle ungefähr gleichzeitig ausgelöst werden.

24. Verfahren nach Anspruch 22, wobei die erste und die zweite Druckwelle nacheinander ausgelöst werden.

25. Verfahren nach Anspruch 23, wobei die dritte Druckwelle vor der Auslösung der ersten und der zweiten Druckwelle ausgelöst wird.

26. Verfahren nach Anspruch 23, wobei die dritte Druckwelle nach der Auslösung der ersten und der zweiten Druckwelle ausgelöst wird.

27. Verfahren nach Anspruch 23, wobei die dritte Druckwelle ungefähr gleichzeitig mit der Auslösung der ersten und der zweiten Druckwelle erzeugt wird.

28. Verfahren nach Anspruch 23, wobei der Verbindungspunkt des Zünders, welcher die dritte Druckwelle auslöst, die Auslösungsstelle der dritten Druckwelle ist; und wobei die dritte Druckwelle vor der Ankunft der ersten oder der zweiten Druckwelle an der Auslösungsstelle der dritten Druckwelle ausgelöst wird.

29. Verfahren nach Anspruch 22, wobei eine primäre Zündvorrichtung verwendet wird, um die zeitgesteuerte Auslösung der Druckwellen zu beginnen; und wobei die Zeitsteuerung der Auslösung der Druckwellen durch die Verwendung von Sprengzündern mit definierter Länge abgestimmt wird, welche die primäre Zündvorrichtung mit den Auslösungsstellen der jeweiligen Druckwellen verbinden, welche sich in Kontakt mit den jeweiligen Bereichen eines Sprengmaterials befinden, welche die jeweiligen Wellen erzeugen.

30. Verfahren nach Anspruch 22, wobei eine primäre Zündvorrichtung verwendet wird, um die zeitgesteuerte Auslösung der Druckwellen zu beginnen; und wobei die Zeitsteuerung der Auslösung der Druckwellen durch die Verwendung von elektrischen Zündern abgestimmt wird, welche die primäre Zündvorrichtung mit den Auslösungsstellen der jeweiligen Druckwellen verbinden, welche sich in Kontakt mit den jeweiligen Bereichen eines Sprengmaterials be-

finden, welche die jeweiligen Wellen erzeugen.

31. Verfahren nach Anspruch 22, wobei eine primäre Zündvorrichtung verwendet wird, um die zeitgesteuerte Auslösung der Druckwellen zu beginnen; und wobei die Zeitsteuerung der Auslösung der Druckwellen durch die Verwendung von optischen Zündern abgestimmt wird, welche die primäre Zündvorrichtung mit den Auslösungsstellen der jeweiligen Druckwellen verbinden, welche sich in Kontakt mit den jeweiligen Bereichen eines Sprengmaterials befinden, welche die jeweiligen Wellen erzeugen.

32. Verfahren nach Anspruch 22, wobei eine primäre Zündvorrichtung verwendet wird, um die zeitgesteuerte Auslösung der Druckwellen zu beginnen; und wobei die Zeitsteuerung der Auslösung der ersten und der zweiten Druckwelle durch die Verwendung von Sprengzündern mit gleicher Länge abgestimmt wird, welche die primäre Zündvorrichtung mit den Auslösungsstellen der jeweiligen Druckwellen verbinden, welche sich jeweils in Kontakt mit den jeweiligen Bereichen eines Sprengmaterials befinden.

33. Verfahren nach Anspruch 22, wobei eine primäre Zündvorrichtung verwendet wird, um die zeitgesteuerte Auslösung mindestens einiger der Druckwellen zu beginnen; und wobei die Zeitsteuerung der Auslösung der ersten und der zweiten Druckwelle durch die Verwendung von Sprengzündern mit ungleicher Länge abgestimmt wird, welche die primäre Zündvorrichtung mit den Auslösungsstellen verbinden, welche sich jeweils in Kontakt mit dem ersten und dem zweiten Bereich eines Sprengmaterials befinden.

34. Verfahren nach Anspruch 22, wobei eine primäre Zündvorrichtung verwendet wird, um die zeitgesteuerte Auslösung mindestens einiger der Druckwellen zu beginnen; und wobei die Zeitsteuerung der Auslösung der ersten und der zweiten Druckwelle durch die Verwendung von elektrischen Zündern abgestimmt wird, welche die primäre Zündvorrichtung mit den Auslösungsstellen verbinden, welche sich jeweils in Kontakt mit dem ersten und dem zweiten Bereich eines Sprengmaterials befinden.

35. Verfahren nach Anspruch 22, wobei der dritte Bereich eines Sprengmaterials eine Formladung umfaßt; und wobei die Formladung vor der Ankunft der ersten oder der zweiten Druckwelle an der Zündungsstelle der Formladung gezündet wird.

36. Verfahren nach Anspruch 35, wobei die Formladung in dem dritten Bereich eines Sprengmaterials eine Beschichtung aufweist.

37. Verfahren nach Anspruch 36, wobei die Formladung die rohrförmige Struktur in Radialrichtung außerhalb der Formladung vor der Ankunft der

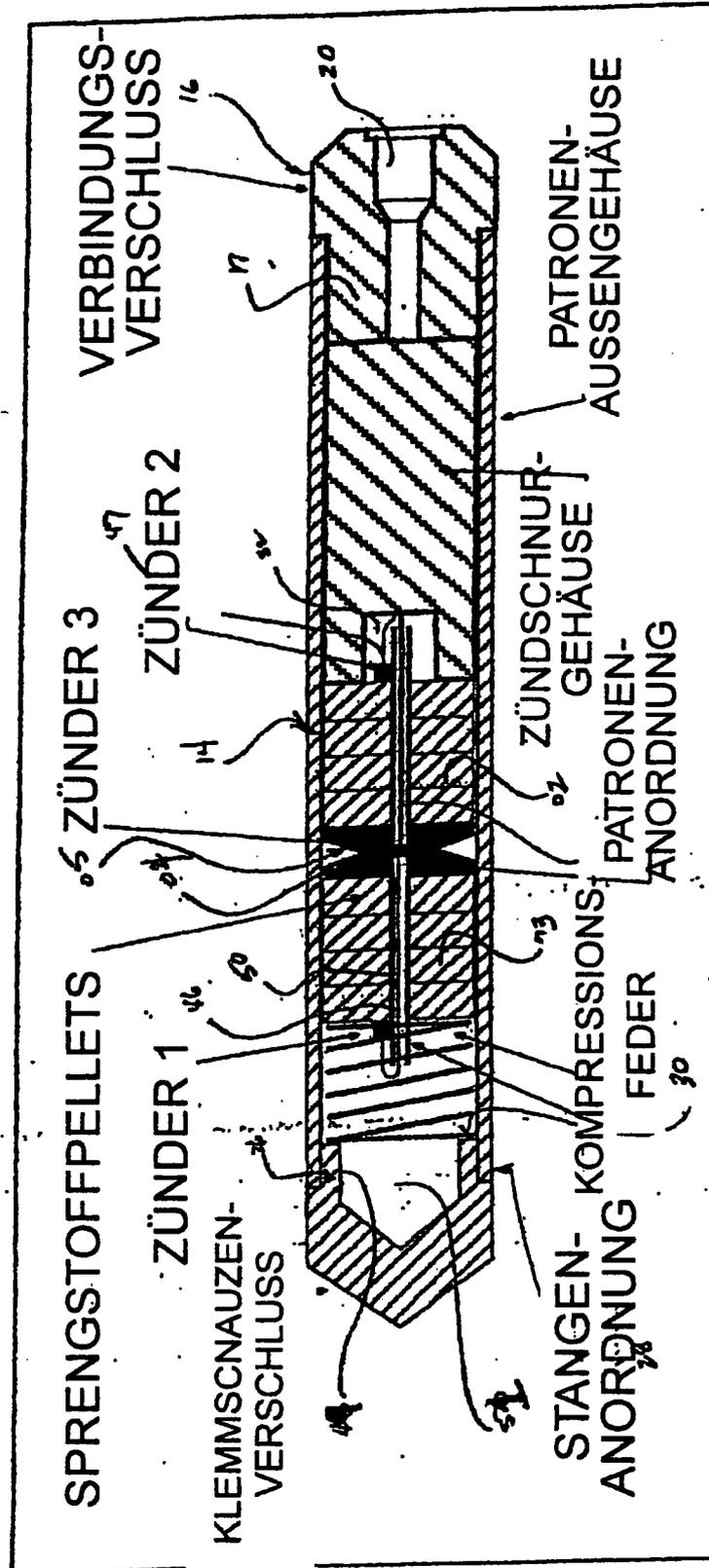
ersten oder der zweiten Druckwelle bei der rohrförmigen Struktur in Radialrichtung außerhalb der Formladung vorkerbt.

38. Verfahren nach Anspruch 36, wobei die Formladung die rohrförmige Struktur in Radialrichtung außerhalb der Formladung ungefähr gleichzeitig mit der Ankunft der ersten und der zweiten Druckwelle bei der rohrförmigen Struktur in Radialrichtung außerhalb der Formladung vorkerbt.

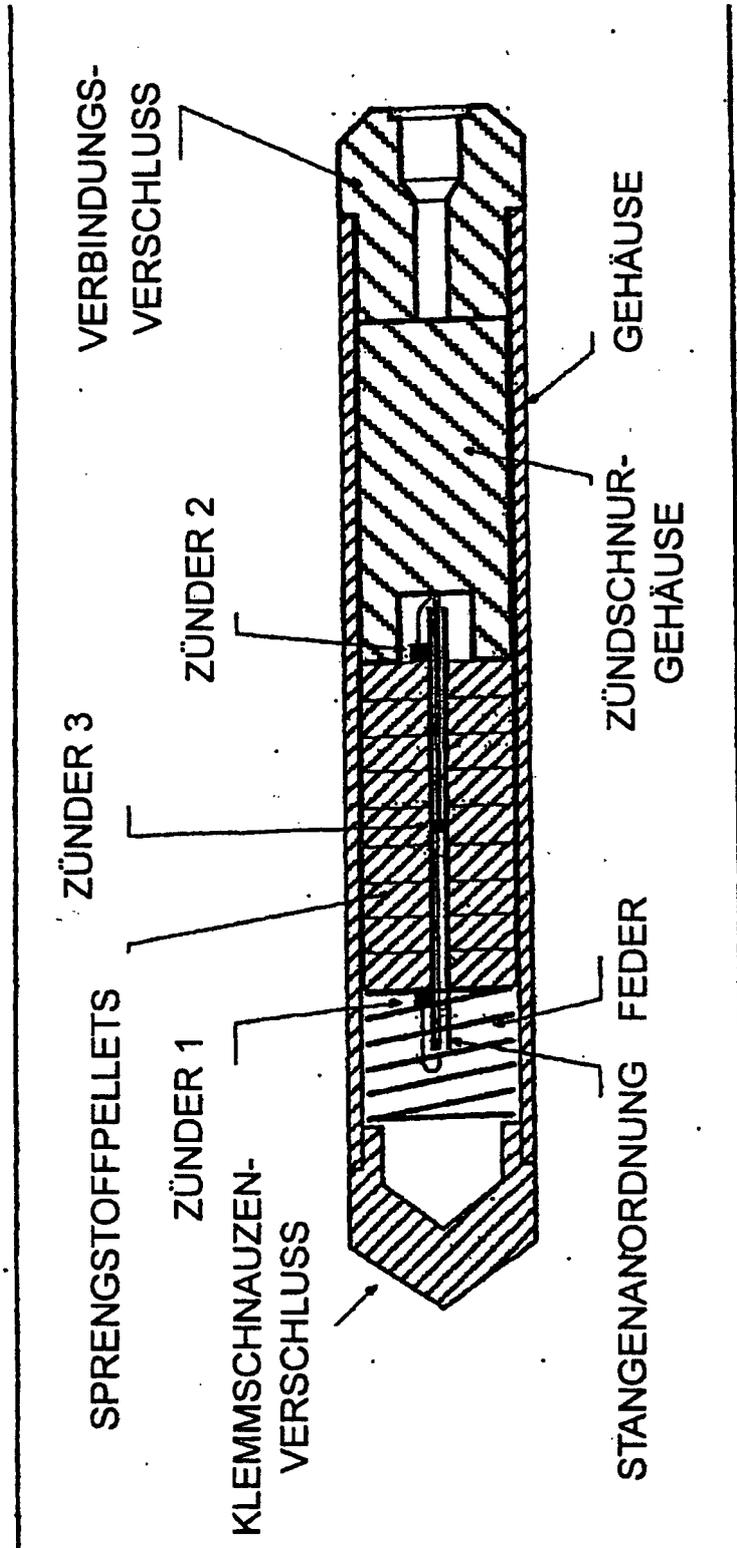
39. Verfahren zum Ausüben einer Stoßwirkung auf eine Struktur, wobei das Verfahren umfaßt:
Anordnen einer explosionsgekoppelten Ansammlung von Sprengmaterial, welche einen ersten Bereich, einen zweiten Bereich und einen dritten Bereich, welcher sich mindestens teilweise zwischen dem ersten und dem zweiten Bereich befindet, aufweist;
Erzeugen von mindestens zwei Druckwellen, welche durch das Sprengmaterial laufen, durch Verwenden mindestens eines Zünders, welcher mit dem ersten Bereich eines Sprengmaterials verbunden ist, zum Auslösen einer ersten Druckwelle in dem ersten Bereich eines Sprengmaterials und durch Verwenden mindestens eines Zünders, welcher mit dem zweiten Bereich eines Sprengmaterials verbunden ist, zum Auslösen einer zweiten Druckwelle in dem zweiten Bereich eines Sprengmaterials;
Erzeugen mindestens einer weiteren Druckwelle zwischen der ersten und der zweiten Druckwelle durch Verwenden mindestens eines Zünders, welcher mit dem dritten Bereich eines Sprengmaterials verbunden ist, zum Auslösen einer dritten Druckwelle in dem dritten Bereich eines Sprengmaterials.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

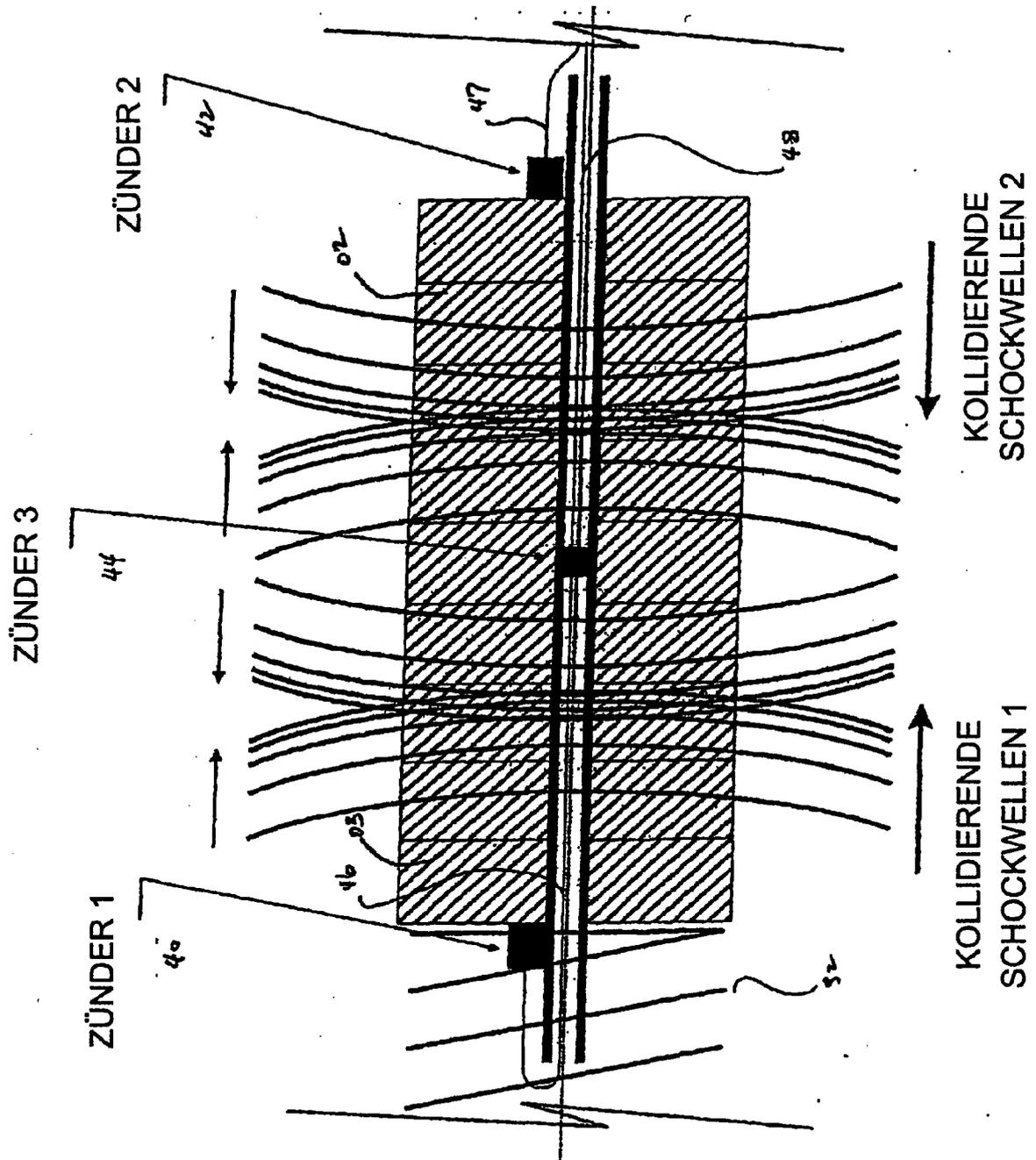
FIGUR 1



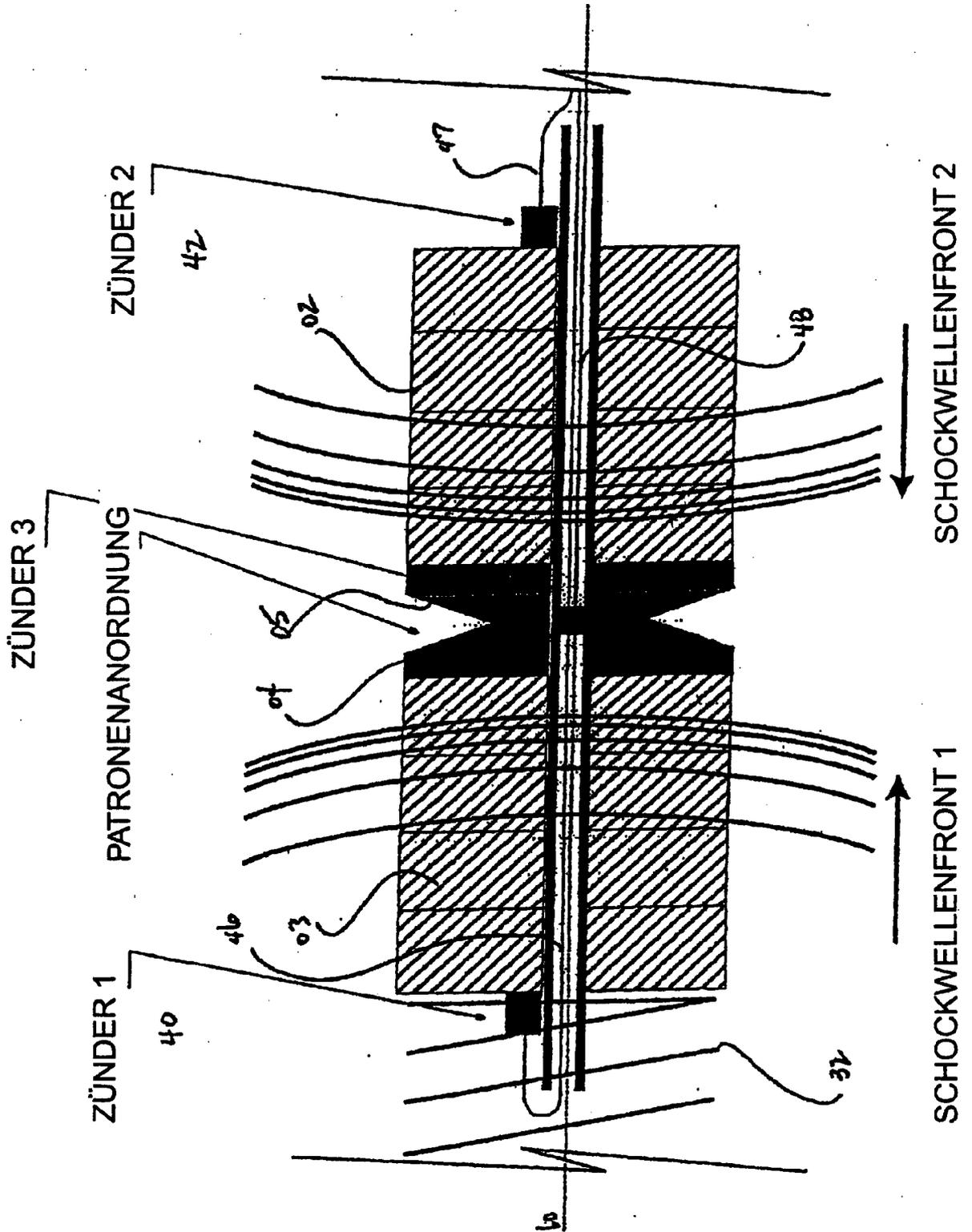
FIGUR 2



FIGUR 3



FIGUR 4



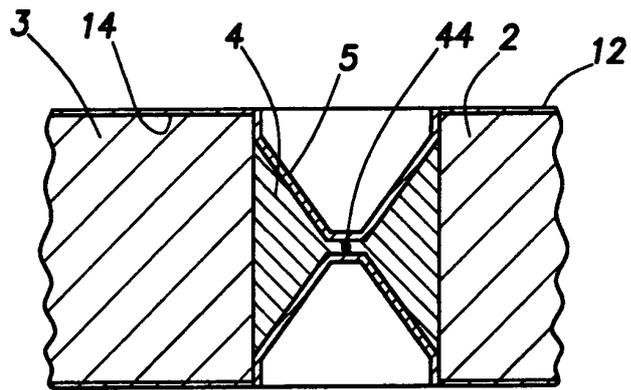


FIG. 5

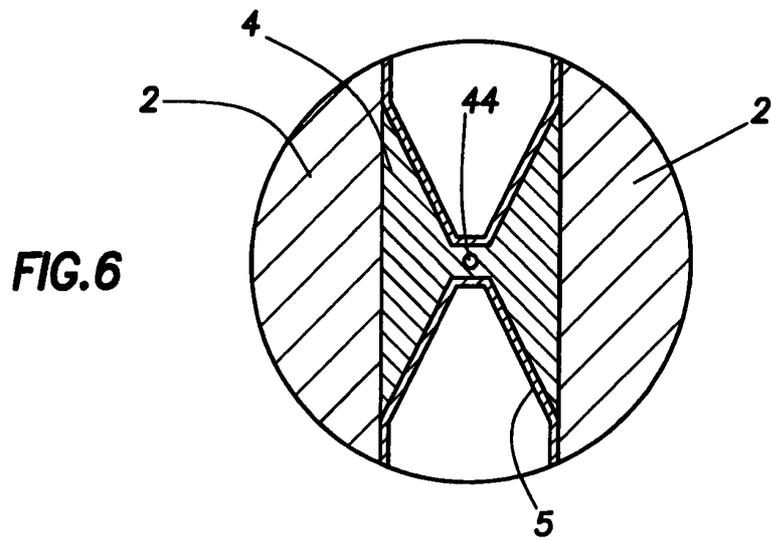


FIG. 6

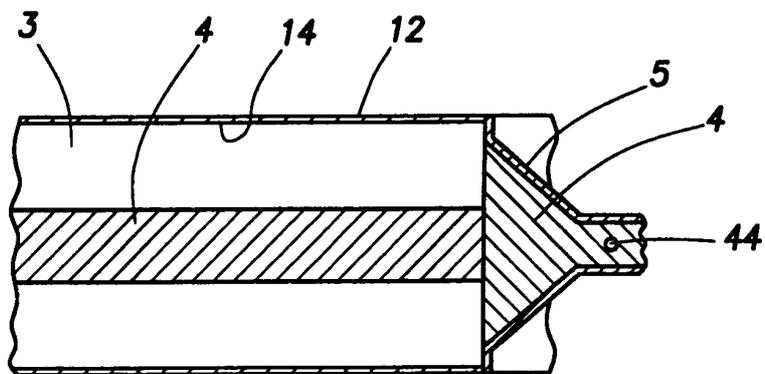


FIG. 7