

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 802 391 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
13.12.2000 Patentblatt 2000/50

(51) Int Cl.7: **F42C 17/04**

(21) Anmeldenummer: **96118044.5**

(22) Anmeldetag: **11.11.1996**

(54) **Verfahren zur Bestimmung einer korrigierten Zerlegungszeit eines programmierbar zerlegbaren Geschosses**

Method of identifying a corrected disintegration time of a programmable and frangible projectile

Procédé de détermination d'un temps de désintégration corrigé d'un projectile programmable et frangible

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE

(30) Priorität: **19.04.1996 CH 100196**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.10.1997 Patentblatt 1997/43

(73) Patentinhaber: **OERLIKON CONTRAVES AG**
8050 Zürich (CH)

(72) Erfinder: **Boss, André**
8050 Zürich (CH)

(74) Vertreter: **Hotz, Klaus, Dipl.-El.-Ing./ETH**
c/o OK pat AG,
Patente Marken Lizenzen,
Hinterbergstrasse 36,
Postfach 5254
6330 Cham (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 300 255 EP-A- 0 467 055
GB-A- 2 107 835 US-A- 4 142 442
US-A- 4 449 041

EP 0 802 391 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer korrigierten Zerlegungszeit eines aus einem Geschützrohr abgeschossenen programmierbar zerlegbaren Geschosses nach dem Oberbegriff des einzigen Anspruchs.

[0002] Mit der europäischen Patentanmeldung **0 300 255** ist eine Vorrichtung bekannt geworden, die eine an der Mündung eines Geschützrohres angeordnete Messvorrichtung für die Geschossgeschwindigkeit aufweist. Die Messvorrichtung besteht aus zwei in einem bestimmten Abstand voneinander angeordneten Ringspulen. Beim Durchgang eines Geschosses durch die beiden Ringspulen wird aufgrund der dabei auftretenden Änderung des magnetischen Flusses kurz hintereinander in jeder Ringspule ein Impuls erzeugt. Die Impulse werden einer Auswerteelektronik zugeführt, in welcher aus dem zeitlichen Abstand der Impulse und dem Abstand zwischen den Ringspulen die Geschossgeschwindigkeit errechnet wird. In Bewegungsrichtung des Geschosses ist hinter der Messvorrichtung für die Geschwindigkeit eine Sendespule angeordnet, die mit einer im Geschoss vorgesehenen Empfangsspule zusammenwirkt. Die Empfangsspule ist über ein Hochpassfilter mit einem Zähler verbunden, der ausgangsseitig mit einem Zeitzähler in Verbindung steht. Aus der errechneten Geschossgeschwindigkeit und einer aus Sensordaten ermittelten Trefferdistanz zu einem Zielobjekt wird eine Zerlegungszeit gebildet, die unmittelbar nach dem Durchfliegen der Messvorrichtung induktiv auf das Geschoss übertragen wird. Mit dieser Zerlegungszeit wird der Zeitzähler eingestellt, so dass das Geschoss im Bereiche des Zielobjektes zerlegt werden kann.

[0003] Werden Geschosse mit Subprojektilen verwendet (Munition mit Primär- und Sekundärballistik), so kann wie beispielsweise aus einer Druckschrift **OC 2052 d 94** der Firma Oerlikon-Contraves, Zürich, bekannt, ein angreifendes Ziel durch mehrfache Treffer zerstört werden, wenn nach Ausstossen der Subprojektilen im Zerlegungszeitpunkt das Erwartungsgebiet des Zieles von einer durch die Subprojektilen gebildeten Wolke belegt ist. Bei der Zerlegung eines solchen Geschosses wird der die Subprojektilen tragende Teil abgetrennt und an Sollbruchstellen aufgerissen. Die ausgestossenen Subprojektilen beschreiben eine durch die Rotation des Geschosses hervorgerufene drallstabilisierte Flugbahn und liegen gleichmässig verteilt auf annähernd halbkreisförmigen Kurven von Kreisflächen eines Kegels, so dass eine gute Treffwahrscheinlichkeit erreicht werden kann.

[0004] Bei vorstehend beschriebener Vorrichtung kann durch Streuungen in der Zerlegungszeit, die beispielsweise durch Streuungen der Geschossgeschwindigkeit und/oder Verwendung nicht aktualisierter Werte verursacht werden, nicht in jedem Fall eine gute Treff- bzw. Abschusswahrscheinlichkeit erreicht werden. Bei grösseren Zerlegungszeiten würde wohl die Kreisfläche grösser, die Dichte der Subprojektilen jedoch kleiner werden. Bei kleineren Zerlegungszeiten tritt der umgekehrte Fall ein: Die Dichte der Subprojektilen wäre grösser, die Kreisfläche jedoch kleiner.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde ein Verfahren gemäss Oberbegriff vorzuschlagen, mittels welchen unter Vermeidung vorstehend erwähnter Nachteile eine optimale Treff- bzw. Abschusswahrscheinlichkeit erreichbar ist.

[0006] Diese Aufgabe wird durch die im einzigen Patentanspruch angegebene Erfindung gelöst. Hierbei wird eine gegebene optimale Zerlegungszeit zwischen einem Zerlegungspunkt des Geschosses und einem Treffpunkt des Zieles durch Korrektur der Zerlegungszeit des Geschosses gleichbleibend gehalten. Die Korrektur erfolgt indem zur Zerlegungszeit ein mit einer Geschwindigkeitsdifferenz multiplizierter Korrekturfaktor addiert wird. Die Geschwindigkeitsdifferenz wird aus der Differenz der aktuellen gemessenen Geschossgeschwindigkeit und einer Vorhaltgeschwindigkeit des Geschosses gebildet, wobei die Vorhaltgeschwindigkeit aus dem Mittelwert einer Anzahl vorhergehender, aufeinanderfolgender Geschossgeschwindigkeiten errechnet wird.

[0007] Die mit der Erfindung erzielten Vorteile sind darin zu sehen, dass eine gegebene Zerlegungszeit von der aktuellen gemessenen Geschossgeschwindigkeit unabhängig ist, so dass eine dauernde optimale Treff- bzw. Abschusswahrscheinlichkeit erzielt werden kann. Der vorgeschlagene Korrekturfaktor für die Korrektur der Zerlegungszeit basiert lediglich auf der relativen Geschwindigkeit Geschoss-Ziel und einer Ableitung der Ballistik im Treffpunkt.

[0008] Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen.

Fig.1 eine schematische Darstellung eines Waffensteuerungs-Systems mit der erfindungsgemässen Vorrichtung,

Fig.2 einen Längsschnitt durch eine Mess- und Programmier Vorrichtung,

Fig.3 ein Diagramm der Verteilung von Subprojektilen in Abhängigkeit von der Zerlegungszeit, und

Fig.4 eine andere Darstellung des Waffensteuerungs-Systems gemäss **Fig.1**.

[0009] In der **Fig.1** ist mit **1** eine Feuerleitung und mit **2** ein Geschütz bezeichnet. Die Feuerleitung **1** besteht aus einem Suchsensor **3** für die Entdeckung eines Zieles **4**, einem mit dem Suchsensor **3** verbundenen Folgesensor **5** für

die Zielerfassung, die 3-D-Zielverfolgung und die 3-D-Zielvermessung, sowie einem Feuerleitungsrechner 6. Der Feuerleitungsrechner 6 weist mindestens ein Hauptfilter 7, eine Vorhalt-Recheneinheit 9 und eine Korrektur-Recheneinheit 12 auf. Das Hauptfilter 7 ist eingangsseitig mit dem Folgesensor 5 und ausgangsseitig mit der Vorhalt-Recheneinheit 9 verbunden, wobei das Hauptfilter 7 die vom Folgesensor 5 empfangenen 3-D-Zieldaten in Form von geschätzten Zieldaten 2 wie Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung usw. an die Vorhalt-Recheneinheit 9 weiterleitet, die ausgangsseitig mit der Korrektur-Recheneinheit in Verbindung steht. Ueber einen weiteren Eingang Me können der Vorhalt-Recheneinheit 9 meteorologische Daten zugeführt werden. Die Bedeutung der Bezeichnungen an den einzelnen Verbindungen bzw. Anschlüssen wird nachstehend anhand der Funktionsbeschreibung näher erläutert.

[0010] Ein Rechner des Geschützes 2 weist eine Auswerteschaltung 10 und eine Aufdatierungs-Recheneinheit 11 auf. Die Auswerteschaltung 10 ist eingangsseitig an einer an der Mündung eines Geschützrohres 13 angeordneten, nachstehend anhand der Fig.2 näher beschriebenen Messvorrichtung 14 für die Geschossgeschwindigkeit angeschlossen und ausgangsseitig mit der Vorhalt-Recheneinheit 9 und der Aufdatierungs-Recheneinheit 11 verbunden. Die Aufdatierungs-Recheneinheit 11 ist eingangsseitig an der Vorhalt- und an der Korrektur-Recheneinheit 9,12 angeschlossen und steht ausgangsseitig mit einem in der Messvorrichtung 14 integrierten Programmerteil in Verbindung. Die Korrektur-Recheneinheit 12 ist eingangsseitig mit der Vorhalt-Recheneinheit 9 und ausgangsseitig mit der Aufdatierungs-Recheneinheit 11 verbunden. Ein Geschützservo 15 und eine auf einen Feuerbefehl ansprechende Auslöseinrichtung 16 sind ebenfalls an der Vorhalt-Recheneinheit 9 angeschlossen. Die Verbindungen zwischen der Feuerleitung 1 und dem Geschütz 2 sind zu einer Data-Transmission zusammengefasst, die mit 17 bezeichnet ist. Die Bedeutung der Bezeichnungen an den einzelnen Verbindungen zwischen den Recheneinheiten 10,11,12 sowie zwischen der Feuerleitung 1 und dem Geschütz 2 wird nachstehend anhand der Funktionsbeschreibung näher erläutert. Mit 18 und 18' ist ein Geschoss bezeichnet, das während einer Programmierphase (18) und im Zerlegungszeitpunkt (18') dargestellt ist. Beim Geschoss 18 handelt es sich um ein programmierbares Geschoss mit Primär- und Sekundärballistik, das mit einer Ausstossladung und einem Zeitzünder ausgestattet und mit Subprojektilen 19 gefüllt ist.

[0011] Gemäss Fig.2 besteht ein an der Mündung des Geschützrohres 13 befestigtes Tragrohr 20 aus drei Teilen 21, 22, 23. Zwischen dem ersten Teil 21 und dem zweiten bzw. dritten Teil 22, 23 sind Ringspulen 24, 25 für die Messung der Geschossgeschwindigkeit angeordnet. Am dritten Teil 23 -auch Programmier-teil genannt- ist eine in einem Spulenkörper 26 gehaltene Sendespule 27 befestigt. Die Art der Befestigung des Tragrohres 20 und der drei Teile 21, 22, 23 miteinander ist nicht weiter dargestellt und beschrieben. Für die Speisung der Ringspulen sind Leitungen 28, 29 vorgesehen. Am Umfang des Tragrohres 20 sind zwecks Abschirmung von der Messung störenden Magnetfeldern Weicheisenstäbe 30 angeordnet. Das Geschoss 18 weist eine Empfangsspule 31 auf, die über ein Filter 32 und einen Zähler 33 mit einem Zeitzünder 34 verbunden ist. Beim Durchgang des Geschosses 18 durch die beiden Ringspulen 24,25 wird kurz hintereinander in jeder Ringspule ein Impuls erzeugt. Diese Impulse werden der Auswerteschaltung 10 (Fig.1) zugeführt, in welcher aus dem zeitlichen Abstand der Impulse und einem Abstand a zwischen den Ringspulen 24,25 die Geschossgeschwindigkeit errechnet wird. Unter Berücksichtigung der Geschossgeschwindigkeit wird, wie nachstehend näher beschrieben, eine Zerlegungszeit errechnet, die in digitaler Form beim Durchgang des Geschosses 18 durch die Sendespule 27 zum Zwecke der Einstellung des Zählers 32 induktiv auf die Empfangsspule 31 übertragen wird.

[0012] In der Fig.3 ist mit Pz ein Zerlegungspunkt des Geschosses 18 bezeichnet. Die ausgestossenen Subprojektilen liegen je nach Abstand von Zerlegungspunkt Pz gleichmässig verteilt auf annähernd halbkreisförmigen Kurven von (perspektivisch dargestellten) Kreisflächen F1, F2, F3, F4 eines Kegels C. Auf einer ersten Abzisse list der Abstand vom Zerlegungspunkt Pz in Metern m aufgetragen, während auf einer zweiten Abzisse II die Flächengrössen der Flächen F1, F2, F3, F4 in Quadratmetern m² und deren Durchmesser in Metern m aufgetragen sind. Bei einem charakteristischen Geschoss mit beispielsweise 152 Subprojektilen und einem Scheitelwinkel des Kegels C von anfänglich 10° ergeben sich in Abhängigkeit vom Abstand die auf der Abzisse II aufgetragenen Werte. Die Dichte der auf den Kreisflächen F1, F2, F3, F4 befindlichen Subprojektilen nimmt mit zunehmendem Abstand ab und beträgt bei den gewählten Verhältnissen 64, 16, 7 und 4 Subprojektilen pro Quadratmeter. Bei einer vorgegebenen, der nachfolgend beschriebenen Berechnung der Zerlegungszeit zugrunde gelegten Zerlegungsdistanz Dz von beispielsweise 20 m, würde beim angenommenen Beispiel ein Zielgebiet von 3,5 m Durchmesser mit 16 Subprojektilen pro Quadratmeter belegt sein.

[0013] In der Fig. 4 ist mit 4 und 4' das abzuwehrende Ziel bezeichnet, das in einer Treff- bzw. Abschussposition (4) und in einer der Treff- bzw. Abschussposition vorhergehenden Position (4') dargestellt.

[0014] Die vorstehend beschriebene Vorrichtung arbeitet wie folgt:

[0015] Die Vorhalt-Recheneinheit 9 errechnet aus einer vorgegebenen Zerlegungsdistanz Dz, einer Vorhaltgeschwindigkeit VOv und den Zieldaten Z unter Berücksichtigung von meteorologischen Daten bei Geschossen mit Primär- und Sekundärballistik eine Treffdistanz RT, eine Zerlegungszeit Tz und eine Subprojektilflugzeit ts. Hierbei ist Tz die Flugzeit des Geschosses bis zum Zerlegungspunkt Pz und ts die Flugzeit eines in der Geschossrichtung fliegenden Subprojektils vom Zerlegungspunkt Pz bis zum Treffpunkt Pf (Fig.3,4).

[0016] Die Vorhaltgeschwindigkeit VOv wird beispielsweise aus dem Mittelwert einer Anzahl über die Data-Trans-

mission 17 zugeführter gemessener Geschossgeschwindigkeiten V_m gebildet, die der aktuellen gemessenen Geschossgeschwindigkeit V_m unmittelbar vorhergehen.

[0017] Die Vorhalt-Recheneinheit 9 ermittelt ferner einen Geschützwinkel α des Azimutes und einen Geschützwinkel λ der Elevation. Die Grössen α , λ , T_z und VO_v werden der Korrektur-Recheneinheit 12 zugeführt, die wie nachstehend näher beschrieben einen Korrekturfaktor K errechnet. Die Grössen α , λ , T_z , VO_v und K werden als Schiesselemente des Treffpunktes bezeichnet und über die Data-Transmission 17 dem Geschützrechner zugeführt, wobei die Schiesselemente α und λ dem Geschützservo 15 und die Schiesselemente VO_v , T_z und K der Aufdatier-Recheneinheit 11 zugeführt werden. Wenn nur Primärballistik zur Anwendung kommt, so wird anstelle der Zerlegungszeit T_z die Treffzeit $T_f = T_z + t_s$ übermittelt (**Fig.1, Fig.4**).

[0018] Die vorstehend beschriebenen Berechnungen werden taktweise wiederholt durchgeführt, so dass jeweils im aktuellen Takt i die neuesten Daten α , λ , T_z oder T_f , VO_v und K für eine bestimmte Gültigkeitsdauer zur Verfügung stehen.

[0019] Zwischen den Taktwerten wird für die aktuellen (laufende) Zeit (t) jeweils interpoliert bzw. extrapoliert.

[0020] Die Ballistik eines Geschosses wird durch ein System von Differentialgleichungen der Form

$$\dot{\vec{p}}_G = \vec{v}_G \quad \text{Gl. 1}$$

$$\dot{\vec{v}}_G = f(\vec{p}_G, \vec{v}_G) \quad \text{Gl. 2}$$

beschrieben, wobei zusammen mit den Anfangsbedingungen

$$\vec{p}_G(0) = \vec{Pos}(t_o, \vec{v}_o(t_o)) , \quad \vec{v}_G(0) = \vec{v}_o(t_o)$$

eine eindeutige ballistische Lösung

$$t \mapsto \vec{p}_G(t, \vec{Pos}(t_o, \vec{v}_o(t_o)), \vec{v}_o(t_o)) ,$$

$$t \mapsto \vec{v}_G(t, \vec{Pos}(t_o, \vec{v}_o(t_o)), \vec{v}_o(t_o))$$

bestimmt wird. Im durch die Gleichungen Gl.1 und Gl.2 bestimmten System ist als Randbedingung die Treffbedingung

$$\vec{p}_G(TG, \vec{Pos}(t_o, \vec{v}_o(t_o)), \vec{v}_o(t_o)) = \vec{p}_Z(t_o + TG) \quad \text{Gl. 3}$$

enthalten, wobei $TG = TG(t_o, \vec{v}_o(t_o))$ ist, und wobei die Vorhalt-Grösse $\vec{v}_o(t_o)$ vom Geschoss nicht als Anfangsgeschwindigkeit angenommen wird. Mit

$$\vec{v}_o^{(1)} = \|\vec{v}_o^{(1)}\| \cdot \frac{\vec{Pos}(t_o, \vec{v}_o(t_o))}{\|\vec{Pos}(t_o, \vec{v}_o(t_o))\|}$$

wird eine Komponente von $\vec{v}_o(t_o)$ in Rohrrichtung und mit $\vec{v}_o^{(2)}$ eine senkrecht dazu gerichtete Komponente definiert, so dass

$$\vec{v}_o(t_o) = \vec{v}_o^{(1)} + \vec{v}_o^{(2)} \quad \text{Gl. 4}$$

ist, wobei

$$\vec{v}_o^{(2)} = \dot{P\vec{o}s}(t_o, \vec{v}_o(t_o))$$

die Geschwindigkeit der Rohrmündung bedeutet und eine Vorhalt-Grösse ist, welche vom Geschoss tatsächlich eingehalten wird. Dagegen kann à priori keine Aussage über den Betrag der Komponente der Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses in Rohrrichtung gemacht werden. Die Grösse

$$v_o = v_o(t_o) := \|\vec{v}_o^{(1)}\|$$

wird vom Geschoss in der Tat nicht genau angenommen. Der tatsächliche Betrag der Komponente der Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses in Rohrrichtung wird mit v_m bezeichnet. Diese Grösse wird für jedes Geschoss an der Rohrmündung gemessen (Fig.1 und 2). Die effektive Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses beträgt jetzt

$$\vec{v}_G(0) = v_m \cdot \frac{\vec{v}_o^{(1)}}{v_o} + \vec{v}_o^{(2)} = v_m \cdot \frac{P\vec{o}s(t_o, \vec{v}_o(t_o))}{\|P\vec{o}s(t_o, \vec{v}_o(t_o))\|} + \dot{P\vec{o}s}(t_o, \vec{v}_o(t_o)) . \quad \text{Gl. 5}$$

Der Einfachheit halber kann die Abhängigkeit von der Anfangsgeschwindigkeit durch die Abhängigkeit vom Betrag der Komponente der Anfangsgeschwindigkeit in Rohrrichtung ersetzt werden, so dass

$$TG = TG(t_o, v_o) , \quad P\vec{o}s = P\vec{o}s(t_o, v_o) =: P\vec{o}s_o$$

ist und sich die ballistische Lösung zu

$$t \mapsto \vec{p}_G(t, P\vec{o}s_o, v_o)$$

$$t \mapsto \vec{v}_G(t, P\vec{o}s_o, v_o)$$

ergibt. Mit der effektiven Anfangsgeschwindigkeit gemäss Gleichung Gl.5 ist die Lösung der Gleichungen Gl.1, Gl.2 von der Form

$$t \mapsto \vec{p}_G(t, P\vec{o}s_o, v_m) ,$$

$$t \mapsto \vec{v}_G(t, P\vec{o}s_o, v_m) .$$

Ein Geschoss mit der durch

$$t \mapsto \vec{p}_G(t, P\vec{o}s_o, v_m)$$

gegebenen Bahn wird das Ziel im allgemeinen nicht mehr treffen. Bei der Berechnung des Korrekturfaktors K wird daher von der durch die Definition

$$t^* = t^*(v_m) := \inf_t \{ \|\vec{p}_G(t, \vec{P}os_o, v_m) - \vec{p}_Z(t_o + t)\|^2 \}$$

5 gegebenen Flugzeit t^* des kleinsten Abstandes zwischen einem Geschoss und einem Ziel und der partiellen Ableitung nach der Flugzeit

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \|\vec{p}_G(t, \vec{P}os_o, v_m) - \vec{p}_Z(t_o + t)\|^2_{t=t^*} \\ &= 2 \langle \vec{v}_G(t^*, \vec{P}os_o, v_m) - \vec{v}_Z(t_o + t^*), \vec{p}_G(t^*, \vec{P}os_o, v_m) - \vec{p}_Z(t_o + t^*) \rangle \\ &= 0 \end{aligned} \quad \text{Gl.6}$$

15 ausgegangen und durch Einsetzen der Definition

$$\begin{aligned} \vec{p}_{rel}(v_m) &:= \vec{p}_G(t^*(v_m), \vec{P}os_o, v_m) - \vec{p}_Z(t_o + t^*(v_m)) , \\ \vec{v}_{rel}(v_m) &:= \vec{v}_G(t^*(v_m), \vec{P}os_o, v_m) - \vec{v}_Z(t_o + t^*(v_m)) = \dot{\vec{p}}_{rel}(v_m) , \\ \vec{a}_{rel}(v_m) &:= \vec{a}_G(t^*(v_m), \vec{P}os_o, v_m) - \vec{a}_Z(t_o + t^*(v_m)) = \ddot{\vec{p}}_{rel}(v_m) \end{aligned}$$

die Gleichung Gl.6 vereinfacht. Durch differenzieren der Gleichung Gl.6 wird

$$\begin{aligned} & \langle \vec{a}_{rel}(v_m) \cdot D_1 t^*(v_m) + D_3 \vec{v}_G(t^*(v_m), \vec{P}os_o, v_m), \vec{p}_{rel}(v_m) \rangle \\ & + \langle \vec{v}_{rel}(v_m), \vec{v}_{rel}(v_m) \cdot D_1 t^*(v_m) + D_3 \vec{p}_G(t^*(v_m), \vec{P}os_o, v_m) \rangle = 0 \end{aligned} \quad \text{Gl.7}$$

35 gewonnen. Danach wird die als Randbedingung im System der Differentialgleichungen der Ballistik enthaltene Treffbedingung gemäss Gleichung Gl.3 unter Berücksichtigung der Definition für t^*

$$t^*(v_o) = TG$$

40

$$\vec{p}_{rel}(v_o) = \vec{p}_G(TG, \vec{P}os_o, v_o) - \vec{p}_Z(t_o + TG) = 0$$

eingesetzt, wobei aus Gleichung Gl.7 für $v_m=v_o$

45

$$D_1 t^*(v_o) = - \frac{\langle \dot{\vec{v}}_{rel}(v_o), D_3 \vec{p}_G(TG, \vec{P}os_o, v_o) \rangle}{\langle \vec{v}_{rel}(v_o), \vec{v}_{rel}(v_o) \rangle} \quad \text{Gl.7.1}$$

50

folgt. Durch Einsetzen der Definition

55

$$\frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} := D_3 \vec{p}_G(TG, \vec{P}os_o, v_o)$$

wird Gleichung Gl.7.1 vereinfacht, wobei sich der Korrekturfaktor K zu

$$K := D_1 t^*(v_o) = - \frac{\langle \vec{v}_{rel}(v_o), \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \rangle}{\langle \vec{v}_{rel}(v_o), \vec{v}_{rel}(v_o) \rangle} \quad \text{Gl.8}$$

ergibt.

[0021] Die vorstehend angewendete mathematische bzw. physikalische Notation bedeutet:

$\vec{v}$	ein Vektor
$\ \vec{v}\ $	Norm des Vektors
$\langle \vec{u}, \vec{v} \rangle$	Skalarprodukt
$\cdot$	skalare oder Matrixmultiplikation
$g := A$	die Grösse g wird definiert als Ausdruck A
$g = g(x_1, \dots, x_n)$	die Grösse g hängt ab von $x_1, \dots, x_n$
$t \mapsto g(t)$	Zuordnung (t wird die Auswertung von g an der Stelle t zugeordnet)
$\dot{g}$	Ableitung von g nach der Zeit
$D_i g(x_1, \dots, x_n)$	partielle Ableitung von g nach der i-ten Variablen
$\frac{\partial}{\partial t} g(t, x_1, \dots, x_n)$	partielle Ableitung von g nach der Zeit t
$\inf_t M$	Infimum der Menge M über alle t
$\vec{p}_G, \vec{v}_G, \vec{a}_G$	Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung des Geschosses
$\vec{p}_Z, \vec{v}_Z, \vec{a}_Z$	Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung des Zieles
$\vec{p}_{rel}, \vec{v}_{rel}, \vec{a}_{rel}$	relative Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung Geschoss-Ziel
$\vec{P}_{Os}$	Position der Rohrmündung
$\vec{v}_o$	Vorhalt-Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses
v_o	Betrag der Komponente der Vorhalt-Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses in Rohrrichtung
v_m	Betrag der Komponente der effektiven Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses in Rohrrichtung
$TG.$	Vorhalt-Flugzeit des Geschosses
t^*	Flugzeit des Geschosses
t_o	Zeitpunkt zu dem das Geschoss die Rohrmündung passiert.

[0022] Die Aufdatierungs-Recheneinheit 11 errechnet aus dem von der Korrektur-Recheneinheit 12 zugeführten Korrekturfaktor K, der von der Auswerteschaltung 10 zugeführten aktuellen gemessenen Geschossgeschwindigkeit V_m und der von der Vorhalt-Recheneinheit 9 zugeführten Vorhaltgeschwindigkeit V_{ov} und Zerlegungszeit T_z eine korrigierte Zerlegungszeit $T_z(V_m)$ nach der Beziehung

$$T_z(V_m) = T_z \div K * (V_m - V_{ov}).$$

[0023] Die korrigierte Zerlegungszeit $T_z(V_m)$ wird je nach Zeitgültigkeit für die aktuelle laufende Zeit t interpoliert bzw. extrapoliert. Die nun errechnete Zerlegungszeit $T_z(V_m, t)$ wird der Sendespule 27 des Programmerteils 23 der Messvorrichtung 14 zugeführt und wie bereits vorstehend anhand der Fig.2 beschrieben induktiv auf ein vorbeifliegendes Geschoss 18 übertragen.

[0024] Mit der Korrektur der Zerlegungszeit T_z kann die Zerlegungsdistanz D_z (Fig.3,4) unabhängig von den Streuungen der Geschossgeschwindigkeit, und/oder verursacht durch Verwendung nicht aktualisierter Werte gleichbleibend gehalten werden, so dass eine optimale Treff-bzw. Abschusswahrscheinlichkeit erzielt werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung einer korrigierten Zerlegungszeit ($T_z(V_m)$) eines aus einem Geschützrohr (13) abgeschossenen, programmier zerlegbaren Geschosses (12), zwecks gleichbleibend Halten einer gegebenen Zerlegungsdistanz (D_z) zwischen einem Zerlegungspunkt (P_z) des Geschosses (12) und einem Treffpunkt (P_f) des Geschosses (12) mit einem eine Geschwindigkeit aufweisenden Zielobjekt, wobei

- Sensordaten gemessen werden, aus welchen eine Treffdistanz (RT) vom Geschützrohr (13) zum Zielobjekt

berechnet wird,

- an der Mündung des Geschützrohres (13) die Geschwindigkeit (**Vm**) des abgeschossenen Geschosses gemessen wird, und
- der Bestimmung der korrigierten Zerlegungszeit (**Tz(Vm)**) mindestens

- die genannte Treffdistanz (**RT**),
- die genannte Geschwindigkeit (**Vm**) des Geschosses (12) sowie
- die Zerlegungszeit (**Dz**) zugrunde gelegt wird,

dadurch gekennzeichnet,

- dass aus den gemessenen Sensordaten im weiteren eine Vorhaltgeschwindigkeit (**Vov**) des Geschosses ermittelt wird, und
- dass die korrigierte Zerlegungszeit (**Tz(Vm)**) aus der ursprünglich festgelegten Zerlegungszeit (**Tz**) durch die Beziehung

$$T_z(V_m) = T_z + K \cdot (V_m - V_{ov})$$

bestimmt wird, in welcher Beziehung

$T_z(V_m)$ die korrigierte Zerlegungszeit,
 T_z die ursprünglich festgelegte Zerlegungszeit,
 K einen Korrekturfaktor,
 V_m die aktuelle gemessene Geschwindigkeit an der Mündung und
 V_{ov} eine Vorhaltgeschwindigkeit des Geschosses bedeuten.

wobei der Korrekturfaktor (K) ausgehend von der durch die Definition

$$t^* = t^*(v_m) := \inf_t \{ \|\tilde{p}_G(t, \vec{Pos}_o, v_m) - \tilde{p}_Z(t_o + t)\|^2 \}$$

gegebenen Flugzeit (t^*) des kleinsten Abstandes zwischen einem Geschoss und einem Ziel und der partiellen Ableitung nach der Flugzeit

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \|\tilde{p}_G(t, \vec{Pos}_o, v_m) - \tilde{p}_Z(t_o + t)\|^2_{t=t^*} \\ &= 2 \langle \tilde{v}_G(t^*, \vec{Pos}_o, v_m) - \tilde{v}_Z(t_o + t^*), \tilde{p}_G(t^*, \vec{Pos}_o, v_m) - \tilde{p}_Z(t_o + t^*) \rangle \quad \text{Gl. 6} \\ &= 0 \end{aligned}$$

durch folgende Berechnungsschritte ermittelt wird

- vereinfachen der Gleichung Gl.6 durch Einsetzen der Definitionen

$$\tilde{p}_{rel}(v_m) := \tilde{p}_G(t^*(v_m), \vec{Pos}_o, v_m) - \tilde{p}_Z(t_o + t^*(v_m)) ,$$

$$\tilde{v}_{rel}(v_m) := \tilde{v}_G(t^*(v_m), \vec{Pos}_o, v_m) - \tilde{v}_Z(t_o + t^*(v_m)) = \dot{\tilde{p}}_{rel}(v_m) ,$$

$$\tilde{a}_{rel}(v_m) := \tilde{a}_G(t^*(v_m), \vec{Pos}_o, v_m) - \tilde{a}_Z(t_o + t^*(v_m)) = \dot{\tilde{v}}_{rel}(v_m)$$

- differenzieren der Gleichung Gl.6 nach der aktuellen gemessenen Geschwindigkeit (V_m), wobei sich

$$\langle \vec{a}_{rel}(v_m) \cdot D_1 t^*(v_m) + D_3 \vec{v}_G(t^*(v_m), \vec{Pos}_o, v_m), \vec{p}_{rel}(v_m) \rangle + \langle \vec{v}_{rel}(v_m), \vec{v}_{rel}(v_m) \cdot D_1 t^*(v_m) + D_3 \vec{p}_G(t^*(v_m), \vec{Pos}_o, v_m) \rangle = 0 \quad \text{Gl.7}$$

ergibt,

- einsetzen einer als Randbedingung im System der Differentialgleichungen der Ballistik enthaltenen Treffbedingung Gl.3 in Gleichung Gl.7 unter Berücksichtigung der Definition für t^*

$$t^*(v_o) = TG$$

$$\vec{p}_{rel}(v_o) = \vec{p}_G(TG, \vec{Pos}_o, v_o) - \vec{p}_Z(t_o + TG) = 0$$

wobei aus Gleichung Gl.7 für $v_m = v_o$

$$D_1 t^*(v_o) = - \frac{\langle \vec{v}_{rel}(v_o), D_3 \vec{p}_G(TG, \vec{Pos}_o, v_o) \rangle}{\langle \vec{v}_{rel}(v_o), \vec{v}_{rel}(v_o) \rangle} \quad \text{Gl.7.1}$$

folgt,

- vereinfachen der Gleichung Gl.7.1 durch Einsetzen der Definition

$$\frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} := D_3 \vec{p}_G(TG, \vec{Pos}_o, v_o)$$

wobei sich der Korrekturfaktor (K) zu

$$K := D_1 t^*(v_o) = - \frac{\langle \vec{v}_{rel}(v_o), \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \rangle}{\langle \vec{v}_{rel}(v_o), \vec{v}_{rel}(v_o) \rangle} \quad \text{Gl.8}$$

ergibt, und wobei

$\vec{p}_G, \vec{v}_G, \vec{a}_G$	Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung des Geschosses
$\vec{p}_Z, \vec{v}_Z, \vec{a}_Z$	Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung des Zieles
$\vec{p}_{rel}, \vec{v}_{rel}, \vec{a}_{rel}$	relative Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung Geschoss-Ziel
$\vec{Pos}$	Position der Rohrmündung
$\vec{v}_o$	Vorhalt-Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses
v_o	Betrag der Komponente der Vorhalt-Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses in Rohrrichtung
v_m	Betrag der Komponente der effektiven Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses in Rohrrichtung
TG	Vorhalt-Flugzeit des Geschosses
t^*	Flugzeit des Geschosses
t_o	Zeitpunkt zu dem das Geschoss die Rohrmündung passiert bedeuten.

Claims

1. Method for determining a corrected fragmentation time ($Tz(Vm)$) for a programmably fragmentable projectile (12)

fired from a gun-barrel (13) with a view to maintaining constant a given fragmentation distance (Dz) between a point of fragmentation (Pz) of the projectile (12) and a point of collision (Pf) of the projectile (12) with a target travelling at speed, in which

- sensor data are measured from which a strike distance (RT) from the gun-barrel (13) to the target is computed,
- the velocity (Vm) of the fired projectile is measured at the muzzle of the gun-barrel (13), and
- determination of the corrected fragmentation time ($Tz(Vm)$) is based upon at least

- the said strike distance (RT),
- the said velocity (Vm) of the projectile (12), and
- the fragmentation distance (Dz),

characterized in that

- a predicted velocity (VOv) of the projectile is also determined from the measured sensor data, and
- the corrected fragmentation time ($Tz(Vm)$) is determined from the originally defined fragmentation time (Tz) by the relation

$$Tz(Vm) = Tz + K \times (Vm - VOv)$$

in which

$Tz(Vm)$ stands for the corrected fragmentation time,
 Tz is the originally defined fragmentation time,
 K is a correction factor,
 Vm is the presently measured muzzle velocity of the projectile and
 VOv is a predicted velocity of the projectile,

where the correction factor (K), proceeding from the flight time (t^*) of the shortest distance between a projectile and a target - given by the definition

$$t^* = t^*(v_m) := \inf_t \{ \|\bar{p}_G(t, \bar{Pos}_o, v_m) - \bar{p}_Z(t_o + t)\|^2 \}$$

- and the partial derivative with respect to flight time

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \|\bar{p}_G(t, \bar{Pos}_o, v_m) - \bar{p}_Z(t_o + t)\|^2 \\ &= 2 \langle \bar{v}_G(t^*, \bar{Pos}_o, v_m) - \bar{v}_Z(t_o + t^*), \bar{p}_G(t^*, \bar{Pos}_o, v_m) - \bar{p}_Z(t_o + t^*) \rangle \quad \text{Equation 6} \\ &= 0 \end{aligned}$$

is found by the following calculation steps:

- simplifying Equation 6 by inserting the definitions

$$\bar{p}_{rel}(v_m) := \bar{p}_G(t^*(v_m), \bar{Pos}_o, v_m) - \bar{p}_Z(t_o + t^*(v_m)) ,$$

$$\bar{v}_{rel}(v_m) := \bar{v}_G(t^*(v_m), \bar{Pos}_o, v_m) - \bar{v}_Z(t_o + t^*(v_m)) = \dot{\bar{p}}_{rel}(v_m) ,$$

$$\bar{a}_{rel}(v_m) := \bar{a}_G(t^*(v_m), \bar{Pos}_o, v_m) - \bar{a}_Z(t_o + t^*(v_m)) = \ddot{\bar{p}}_{rel}(v_m)$$

- differentiating Equation 6 with respect to the presently measured muzzle velocity, to give

$$\langle \vec{a}_{rel}(v_m) \cdot D_1 t^*(v_m) + D_3 \vec{v}_G(t^*(v_m), \vec{P}_{os_o}, v_m), \vec{p}_{rel}(v_m) \rangle + \langle \vec{v}_{rel}(v_m), \vec{v}_{rel}(v_m) \cdot D_1 t^*(v_m) + D_3 \vec{p}_G(t^*(v_m), \vec{P}_{os_o}, v_m) \rangle = 0 \quad \text{Equation 7}$$

- inserting a strike condition (Equation 3) included as a boundary condition in the system of differential equations of the ballistics, taking account of the definition for t^*

$$t^*(v_o) = TG$$

$$\vec{p}_{rel}(v_o) = \vec{p}_G(TG, \vec{P}_{os_o}, v_o) - \vec{p}_Z(t_o + TG) = 0$$

so that Equation 7 yields, for $v_m = v_o$

$$D_1 t^*(v_o) = - \frac{\langle \vec{v}_{rel}(v_o), D_3 \vec{p}_G(TG, \vec{P}_{os_o}, v_o) \rangle}{\langle \vec{v}_{rel}(v_o), \vec{v}_{rel}(v_o) \rangle} \quad \text{Equation 7.1}$$

- simplifying Equation 7.1 by insertion of the definition

$$\frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} := D_3 \vec{p}_G(TG, \vec{P}_{os_o}, v_o)$$

yielding the correction factor

$$K := D_1 t^*(v_o) = - \frac{\langle \vec{v}_{rel}(v_o), \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \rangle}{\langle \vec{v}_{rel}(v_o), \vec{v}_{rel}(v_o) \rangle} \quad \text{Equation 8}$$

where

$\vec{p}_G, \vec{v}_G, \vec{a}_G$ stand for the position, velocity, acceleration of the projectile

$\vec{p}_Z, \vec{v}_Z, \vec{a}_Z$ the position, velocity, acceleration of the target

$\vec{p}_{rel}, \vec{v}_{rel}, \vec{a}_{rel}$ the relative position, velocity, acceleration of the projectile/target

$\vec{P}_{os}$ the position of the muzzle

$\vec{v}_o$ predicted initial velocity of the projectile

v_o the value of the predicted initial velocity component of the projectile in the direction of the barrel

v_m the value of the actual initial velocity component of the projectile in the direction of the barrel

TG the predicted flight time of the projectile

t^* the flight time of the projectile
 t_o the instant at which the projectile passes through the muzzle of the barrel.

Revendications

1. Procédé de détermination d'un temps de désintégration corrigé (Tz(Vm)) d'un projectile (12) programmable et frangible et tiré d'un canon (13), afin de maintenir constante une distance de désintégration donnée (Dz) entre un point de désintégration (Pz) du projectile (12) et un point d'impact (Pf) du projectile (12) avec une cible présentant une vitesse, où

- des données de détecteur sont mesurées, à partir desquelles on calcule une distance d'impact (RT) du canon (13) à la cible,
- on mesure au niveau de la bouche du canon (13) la vitesse (Vm) du projectile tiré, et
- on utilise pour déterminer le temps de désintégration corrigé (TZ(Vm)) au moins
- la distance d'impact nommée (RT)
- la vitesse nommée (Vm) du projectile (12) et
- la distance de désintégration (Dz),

caractérisé en ce que

- à partir des données de détecteur mesurées, on détermine de plus une vitesse de dérivation (VOv) du projectile, et en ce que
- le temps de désintégration corrigé (Tz(Vm)) est déterminé à partir du temps de désintégration originellement défini (Tz) par la relation

$$Tz(Vm) = Tz + K * (Vm - VOv)$$

dans laquelle

Tz(Vm) Temps de désintégration corrigé
 Tz Temps de désintégration originellement fixé
 K Facteur de correction
 Vm Vitesse du projectile actuellement mesurée au niveau de la bouche et
 VOv Vitesse de dérivation du projectile

- où le facteur de correction (K) est déterminé, à partir du temps de vol (t^*) donné par la définition

$$t^* = t^*(v_m) := \inf_t \left\{ \left\| \bar{p}_G(t, \bar{P}os_o, v_m) - \bar{p}_Z(t_o + t) \right\|^2 \right\}$$

du plus petit écartement entre un projectile et un objectif, et de la dérivée partielle en fonction du temps de vol

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \left\| \bar{p}_G(t, \bar{P}os_o, v_m) - \bar{p}_Z(t_o + t) \right\|_{t=t^*}^2 \\ &= 2 \left\langle \bar{v}_G(t^*, \bar{P}os_o, v_m) - \bar{v}_Z(t_o + t^*), \bar{p}_G(t^*, \bar{P}os_o, v_m) - \bar{p}_Z(t_o + t^*) \right\rangle \\ &= 0 \end{aligned} \quad \text{Eq. 6}$$

par les étapes de calcul suivantes :

- on simplifie l'équation Eq.6 par introduction des définitions

$$\vec{p}_{rel}(v_m) := \vec{p}_G(t^*(v_m), \vec{Pos}_o, v_m) - \vec{p}_Z(t_o + t^*(v_m)) ,$$

$$\vec{v}_{rel}(v_m) := \vec{v}_G(t^*(v_m), \vec{Pos}_o, v_m) - \vec{v}_Z(t_o + t^*(v_m)) = \dot{\vec{p}}_{rel}(v_m) ,$$

$$\vec{a}_{rel}(v_m) := \vec{a}_G(t^*(v_m), \vec{Pos}_o, v_m) - \vec{a}_Z(t_o + t^*(v_m)) = \ddot{\vec{p}}_{rel}(v_m)$$

- on dérive l'équation Eq. 6 par rapport à la vitesse du projectile actuellement mesurée (v_m), d'où

$$\langle \vec{a}_{rel}(v_m) \cdot D_1 t^*(v_m) + D_3 \vec{v}_G(t^*(v_m), \vec{Pos}_o, v_m) , \vec{p}_{rel}(v_m) \rangle \quad \text{Eq. 7}$$

$$+ \langle \vec{v}_{rel}(v_m) , \vec{v}_{rel}(v_m) \cdot D_1 t^*(v_m) + D_3 \vec{p}_G(t^*(v_m), \vec{Pos}_o, v_m) \rangle = 0$$

- on introduit une condition de tir Eq. 3 contenue en tant que condition secondaire dans le système des équations différentielles de la balistique dans l'équation Eq. 7 en tenant compte de la définition donnée pour t^*

$$t^*(v_o) = TG$$

$$\vec{p}_{rel}(v_o) = \vec{p}_G(TG, \vec{Pos}_o, v_o) - \vec{p}_Z(t_o + TG) = 0$$

d'où il découle de l'équation Eq. 7 pour $v_m = v_o$

$$D_1 t^*(v_o) = - \frac{\langle \vec{v}_{rel}(v_o) , D_3 \vec{p}_G(TG, \vec{Pos}_o, v_o) \rangle}{\langle \vec{v}_{rel}(v_o) , \vec{v}_{rel}(v_o) \rangle} \quad \text{Eq. 7.1}$$

- on simplifie l'équation Eq. 7.1 par utilisation de la définition

$$\frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} := D_3 \vec{p}_G(TG, \vec{Pos}_o, v_o)$$

le facteur de correction (K) donnant alors

$$K := D_1 t^*(v_o) = - \frac{\langle \vec{v}_{rel}(v_o) , \frac{\partial \vec{p}_G}{\partial v_o} \rangle}{\langle \vec{v}_{rel}(v_o) , \vec{v}_{rel}(v_o) \rangle}$$

et où

$\vec{p}_G, \vec{v}_G, \vec{a}_G$ Position, vitesse, accélération du projectile

$\vec{p}_Z, \vec{v}_Z, \vec{a}_Z$ Position, vitesse, accélération de l'objectif

$\vec{p}_{rel}, \vec{v}_{rel}, \vec{a}_{rel}$ Position, vitesse, accélération relatives projectile-objectif

EP 0 802 391 B1

	$\vec{P_{os}}$	Position de la bouche du canon
	$\vec{v}_0$	Vitesse de dérivation de départ du projectile
5	V_0	Montant de la composante de vitesse de dérivation de départ du projectile dans la direction du tube
10	V_m	Montant de la composante de vitesse de départ effective du projectile dans la direction du tube
	TG	Dérivation du temps de vol du projectile
	t^*	Temps de vol du projectile
15	t_0	Moment où le projectile passe la bouche du canon.
20		
25		
30		
35		
40		
45		
50		
55		

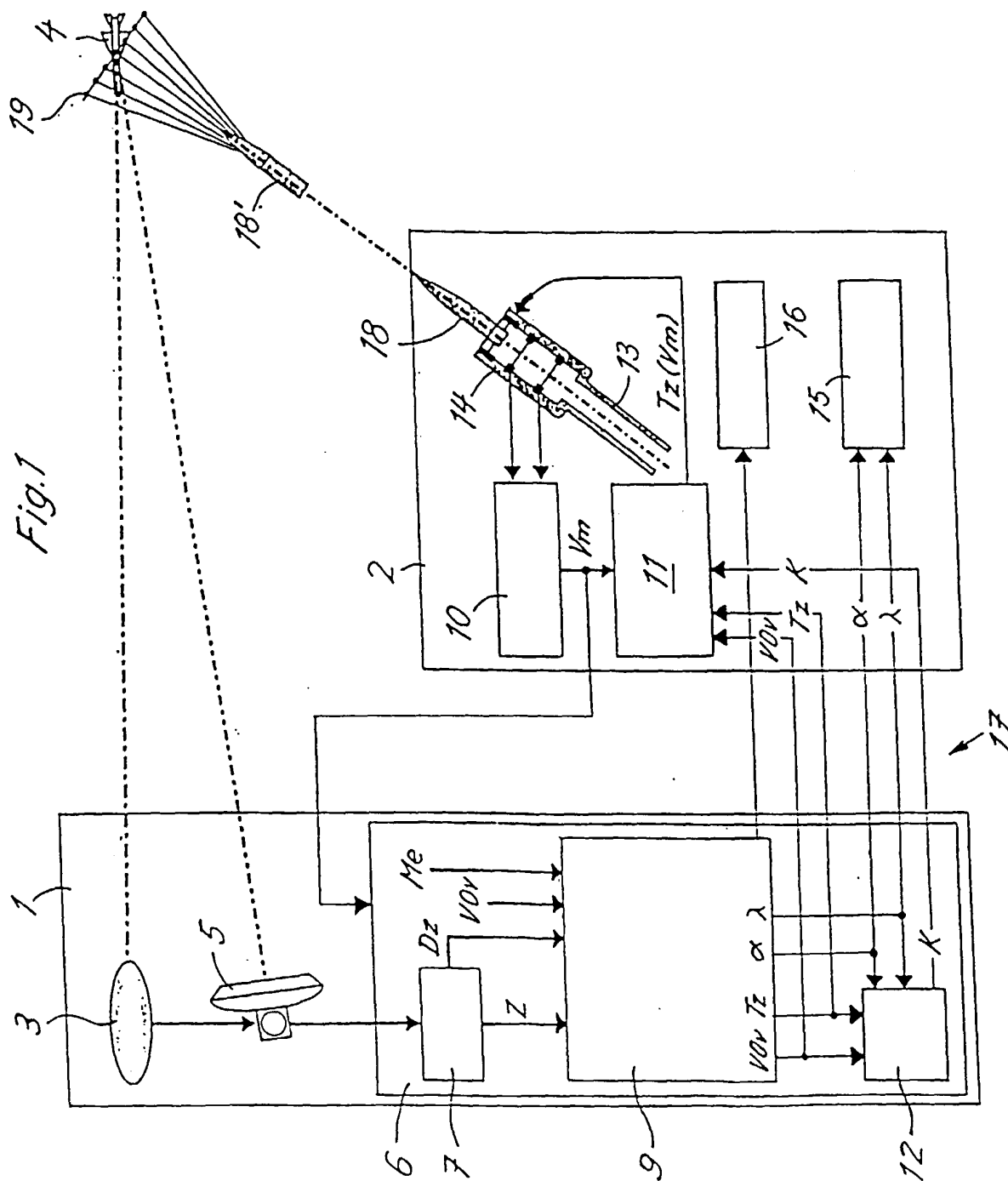


Fig. 2

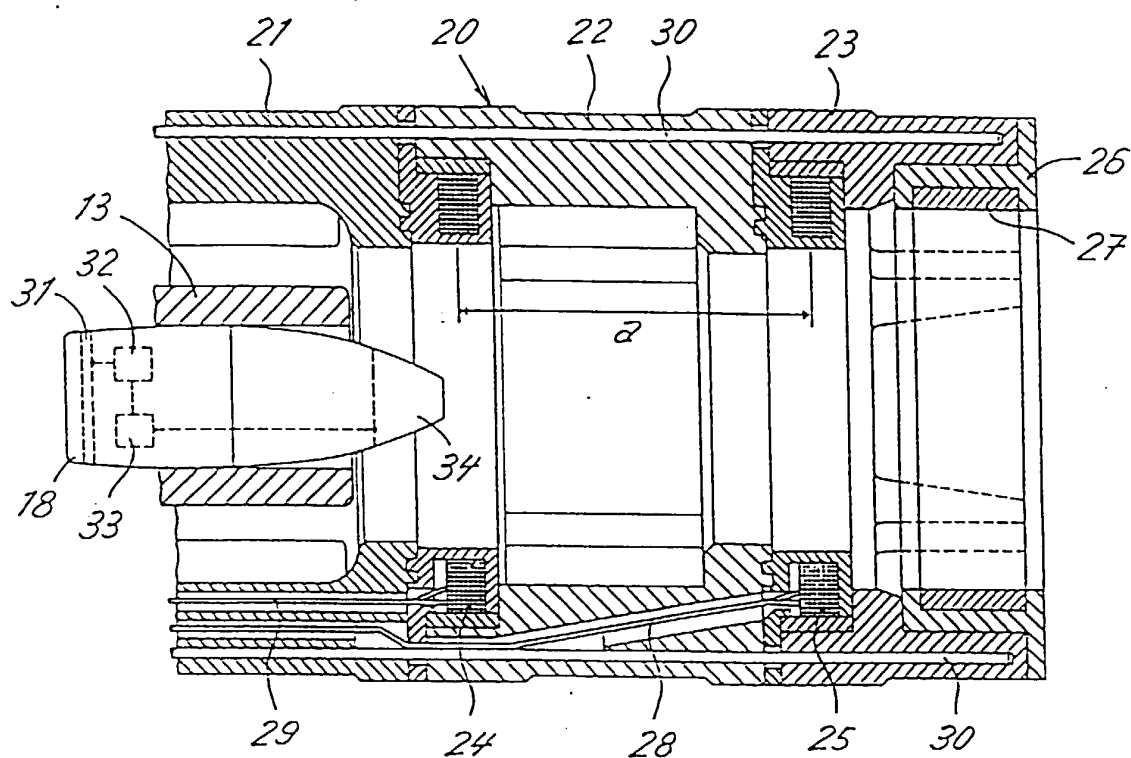


Fig. 3

